



MOSCOW CENTER
FOR DIAGNOSTICS & TELEMEDICINE

ISSN 2712-8490 (Print)
ISSN 2712-8962 (Online)

DIGITAL DIAGNOSTICS

A peer-reviewed scientific medical journal

5 Volume 2 Issue


ECO • VECTOR
jdigitaldiagnostics.com

2024

FOUNDERS

- Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine
- Eco-Vector

PUBLISHER

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191181, Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: <https://eco-vector.com>

ADVERTISE

Adv. department

Phone: +7 (968) 545 78 20
E-mail: adv2@eco-vector.com

EDITORIAL OFFICE

Executive editor

Elena A. Philippova
E-mail: ddjournal@eco-vector.com
Phone: +7 (965) 012 70 72

SUBSCRIPTION

For print version:
www.journals.eco-vector.com/

PUBLICATION ETHICS

Journal's ethic policies are based on:

- ICMJE
- COPE
- ORE
- CSE
- EASE

OPEN ACCESS

Immediate Open Access is mandatory for all published articles

INDEXATION

- SCOPUS
- Russian Science Citation Index
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals Directory
- WorldCat

TYPESET

completed in Eco-Vector
Copyeditor: *A.A. Ridel*
Proofreader: *A.A. Ridel*
Layout editor: *Ph. Ignashchenko*
Cover: *E. Bugaenko*

ISSN 2712-8490 (Print)
ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Volume 5 | Issue 2 | 2024

QUARTERLY PEER-REVIEWED MEDICAL JOURNAL

EDITOR-IN-CHIEF

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5649-2193

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-0208-5218

SCIENTIFIC EDITOR

Tatiana P. Berezovskaya MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Obninsk, Russia)
ORCID: 0000-0002-3549-4499

RESPONSIBLE SECRETARY

Irina A. Vinogradova, Cand. Sci. (Eng.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6465-4132

EDITORIAL BOARD

L. Berlin, Professor (Illinois, United States)
ORCID: 0000-0002-0717-0307
M.G. Belyaev, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Assistant Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-9906-6453
S. Bisdas, MD, PhD (London, United Kingdom)
ORCID: 0000-0001-9930-5549
D.A. Vazhenina, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-6236-709X
V.A. Gombolevskiy, MD, Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-1816-1315
A.S. Domozhirova, MD, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-0806-3164
G. Frija, Professor (Paris, France)
ORCID: 0000-0003-0415-0586
G. Guglielmi, MD, Professor (Foggia, Italy)
ORCID: 0000-0002-4325-8330
A. Holodny, MD (New York, United States)
ORCID: 0000-0002-1159-2705
H. Li, MD, Professor (Beijing, China)
G.S. Lebedev, Dr. Sci. (Eng.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-4289-2102
L. Mannelli, MD (New York, United States)
ORCID: 0000-0002-9102-4176
I.A. Matveev, Dr. Sci. (Tech.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-2005-9467
S.T. Matskeplishvili, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5670-167X
V.V. Mit'kov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Saint Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-1959-9618
S.P. Morozov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6545-6170
E. Neri, MD, Associate Professor (Pisa, Italy)
ORCID: 0000-0001-7950-4559
Oleg V. Sen'ko, Dr. Sci. (Phys.-Math.), (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5586-3503

V.V. Omel'yanovskiy, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-1581-0703
O.V. Omelyanskaya, (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-0245-4431
M. Oudkerk, Professor (Groningen, Netherlands)
ORCID: 0000-0003-2800-4110
P.R. Ros, MD, PhD, Professor (New York, United States)
ORCID: 0000-0003-3974-0797
A. Rovira, Professor (Barcelona, Spain)
ORCID: 0000-0002-2132-6750
R.V. Reshetnikov, Cand. Sci. (Phys.-Math.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-9661-0254
P.O. Rumyantsev, MD, Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-7721-634X
A.E. Khramov, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor (Saint Petersburg, Russia)
ORCID: 0000-0003-2787-2530
A.A. Ansheles, MD, Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-2675-3276
G.P. Arutyunov, MD, Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-6645-2515
A.S. Belevskiy, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-6050-724X
E.Y. Vasilieva, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-4111-0874
A.B. Gekht, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-1170-6127
O.S. Kobayakova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-0098-1403
E.I. Kremneva, MD, Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0001-9396-6063
S.S. Petrikov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0003-3292-8789
D.N. Protzenko, MD, Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-5166-3280
I.E. Khatkov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)
ORCID: 0000-0002-4088-8118

УЧРЕДИТЕЛИ

- ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»
- ООО «Эко-Вектор»

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ
ПИ № ФС 77 - 79539 от 09.11.2020

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191181, Санкт-Петербург, Аптекарский
переулок, д. 3, литера А, помещение 1Н
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: <https://eco-vector.com>

РЕКЛАМА

Отдел рекламы

Тел.: +7 (968) 545 78 20

E-mail: adv2@eco-vector.com

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Елена Андреевна Филиппова

E-mail: ddjournal@eco-vector.com

Тел: +7 (965) 012 70 72

Адрес: 125040, г. Москва,

ул. Расковой, д. 16/26, стр. 1

ПОДПИСКА

Подписка на печатную версию через интернет:

www.journals.eco-vector.com/

www.akc.ru

www.pressa-rf.ru

OPEN ACCESS

В электронном виде журнал распространяется
бесплатно —
в режиме немедленного открытого доступа

ИНДЕКСАЦИЯ

- SCOPUS
- РИНЦ
- Google Scholar
- Ulrich's International Periodicals Directory
- WorldCat

Оригинал-макет

подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».

Литературный редактор: А.А. Ридзль

Корректор: А.А. Ридзль

Вёрстка: Ф.А. Игнащенко

Обложка: Е.Д. Бугаенко

Сдано в набор 14.07.2024. Подписано в печать 05.08.2024.

Выход в свет 10.09.2024. Формат 60 × 88%.

Печать офсетная. Печ. л. 33. Усл. печ. л. 32,3.

Уч.-изд. л. 18. Тираж 5000 экз. Заказ 4-8044-lv.

Цена свободная.

Отпечатано в ООО «Типография Фурсова».

196105, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, 69.

Тел.: +7 (812) 646-33-77

16+

© ООО «Эко-Вектор», 2024

ISSN 2712-8490 (Print)

ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Том 5 | Выпуск 2 | 2024

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

Синицын Валентин Евгеньевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5649-2193

Заместитель главного редактора

Васильев Юрий Александрович, к.м.н., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-0208-5218

Научный редактор

Березовская Татьяна Павловна, д.м.н., профессор (Обнинск, Россия)

ORCID: 0000-0002-3549-4499

Ответственный секретарь

Виноградова Ирина Александровна, к.т.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6465-4132

Редакционная коллегия

Berlin L., профессор (Иллинойс, США)

ORCID: 0000-0002-0717-0307

Беляев М.Г., к.ф.-м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-9906-6453

Важенина Д.А., д.м.н., доцент (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-6236-709X

Bisdas S., MD, PhD (Лондон, Великобритания)

ORCID: 0000-0001-9930-5549

Гомболевский В.А., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-1816-1315

Доможирова А.С., д.м.н., доцент (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-0806-3164

Frija G., профессор (Париж, Франция)

ORCID: 0000-0003-0415-0586

Guglielmi G., MD, профессор (Фоджа, Италия)

ORCID: 0000-0002-4325-8330

Holodny A., д.м.н. (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0002-1159-2705

Лебедев Г.С., д.т.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-4289-2102

Li H., MD, профессор (Пекин, КНР)

Mannelli L., MD (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0002-9102-4176

Матвеев И.А., д.т.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-2005-9467

Мацкеплишвили С.Т., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5670-167X

Митьков В.В., д.м.н., профессор (Санкт-Петербург, Россия)

ORCID: 0000-0003-1959-9618

Морозов С.П., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6545-6170

Neri E., д.м.н. (Пиза, Италия)

ORCID: 0000-0001-7950-4559

Омельяновский В.В., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-1581-0703

Сенько О.В., докт.ф.-м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5586-3503

Омелянская О.В., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-0245-4431

Oudkerk M., профессор (Гронинген, Нидерланды)

ORCID: 0000-0003-2800-4110

Ros P.R., MD, PhD, профессор (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0003-3974-0797

Rovira A., профессор (Барселона, Испания)

ORCID: 0000-0002-2132-6750

Решетников Р.В., к.ф.-м.н., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-9661-0254

Румянцев П.О., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-7721-634X

Храмов А.Е., докт.ф.-м.н., профессор

(Санкт-Петербург, Россия)

ORCID: 0000-0003-2787-2530

Аншелес А.А., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-2675-3276

Арутюнов Г.П., д.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-6645-2515

Белевский А.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6050-724X

Васильева Е.Ю., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-4111-0874

Гехт А.Б., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-1170-6127

Кобякова О.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-0098-1403

Кремнева Е.И., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-9396-6063

Петриков С.С., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0003-3292-8789

Проценко Д.Н., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-5166-3280

Хатьков И.Е., д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-4088-8118

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются только статьи, подготовленные в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://journals.eco-vector.com/DD/>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с письменного разрешения издателя — издательства «Эко-Вектор».



CONTENTS

ORIGINAL STUDY ARTICLES

<i>Sofiia F. Ageeva, Valentin E. Sinitsyn, Elena A. Merzhina, Natalia A. Rucheva, Ekaterina I. Petrova</i> Liver function assessment based on hepatobiliary contrast agent-enhanced magnetic resonance imaging	137
<i>Irina B. Antonova, Svetlana P. Aksenova, Nikolay V. Nudnov, Anna V. Kriger</i> Possibilities and limitations of magnetic resonance imaging in the diagnostics of endocervical adenocarcinomas	149
<i>Gulische S. Muzafarova, Marina V. Vishnyakova, Alexander S. Abramenko, Vladimir A. Kuzmichev, Vladimir V. Gatsutsyn</i> Magnetic resonance imaging in the evaluation of pectus excavatum	167
<i>Elena S. Samsonova, Ilya A. Mikhailov, Vitaly V. Omelyanovsky, Maria V. Avksentieva, Inna A. Zheleznyakova, Georgy G. Lebedenko</i> Identification of indicators used to assess needs for telemedicine consultations in various profiles of medical care	178
<i>Anastasia N. Sergeeva, Sofya N. Morozova, Dmitrii V. Sergeev, Elena I. Kremneva, Alexey A. Zimin, Lyudmila A. Legostaeva, Elizaveta G. Iazeva, Marina V. Krotenkova, Yulia V. Ryabinkina, Natalia A. Suponeva, Michael A. Piradov</i> Conventional structural magnetic resonance imaging in differentiating chronic disorders of consciousness	190
<i>Anna V. Isaeva, Alexandra E. Demkina, Anton V. Vladzimirskyy, Boris V. Zingerman, Anna N. Korobeynikova, Alexandr N. Bykov, Olga G. Smolenskaya</i> Remote monitoring of patients with chronic heart failure: A prospective randomized study	203
<i>Daria A. Filatova, Elena A. Merzhina, Maria L. Plotnikova, Mariya V. Lisitskaya, Valentin E. Sinitsyn</i> Mitral valve calcinosis as an important finding during heart examination	219
<i>Arjun Kalyanpur, Neetika Mathur</i> Role of teleradiology in the interpretation of ultrasound images acquired in the emergency setting	231
<i>Dima Kh.I. Kassab, Irina G. Kamyschanskaya, Stanislav V. Trukhan</i> A new artificial intelligence program for the automatic evaluation of scoliosis on frontal spinal radiographs: Accuracy, advantages and limitations	243

SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES

<i>Yuriy A. Vasilev, Olga G. Nanova, Ivan A. Blokhin, Roman V. Reshetnikov, Anton V. Vladzimirskyy, Olga V. Omelyanskaya</i> Priority radiomic parameters for computed tomography of head and neck malignancies: A systematic review	255
---	-----

TECHNICAL REPORTS

<i>Yuriy A. Vasilev, Dmitry S. Semenov, Alexey V. Petraikin, Andrey A. Uchevatkin, Liya R. Abuladze, Alexander V. Bazhin, Dariya E. Sharova</i> Optimization of magnetic resonance imaging of the hand	269
---	-----

REVIEWS

<i>Valentina Testini, Laura Eusebi, Francesco Saverio Guerra, Willy Giannubilo, Manuel Di Biase, Annunziata Russo, Giuseppe Guglielmi</i> Multiparametric magnetic resonance imaging and magnetic resonance imaging fusion-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer: current status	283
<i>Alexandra E. Demkina, Anna N. Korobeynikova, Anatoliy N. Rogoza, Anton V. Vladzimirskyy</i> SWOT-analysis: Remote monitoring of blood pressure	303
<i>Federica Masino, Laura Eusebi, Gianmichele Muscatella, Manuela Montatore, Giuseppe Sortino, Willy Giannubilo, Giuseppe Guglielmi</i> Conventional and innovative imaging modalities in bladder cancer: Techniques and applications	318

CASE REPORTS

<i>Marina Balbino, Manuela Montatore, Giacomo Fascia, Ruggiero Tupputi, Federica Masino, Gianmichele Muscatella, Domenico Mannatrzio, Giuseppe Guglielmi</i> Multiple biliary microhamartomas diagnosed in an unsuspecting elderly patient	334
<i>Alexander V. Friedman, Tatiana A. Bergen, Dmitry A. Sirota, Boris N. Kozlov, Irina Yu. Zhuravleva, Alexandra R. Tarkova, Wladimir Yu. Ussov, Alexander M. Chernyavskiy</i> Prospective evaluation of the extensibility of the ascending aorta wall and its vascular prosthesis in a patient with an aneurysm with technically flawless surgical correction and postoperative decrease in functional parameters: A case report	342
<i>Rosario Francesco Balzano, Francesco Lattanzio, Giacomo Fascia, Manuela Montatore, Marina Balbino, Federica Masino, Domenico Mannatrzio, Giuseppe Guglielmi</i> Idiopathic enterocolic intussusception: imaging findings in an abdominal emergency	354
<i>Veronika V. Zharikova, Valentin A. Nechaev, Evgenia A. Kulikova, Andrey L. Yudin</i> Unilateral pulmonary vein atresia: Difficulties of radiological diagnosis	361
<i>Manuela Montatore, Marina Balbino, Federica Masino, Tupputi Ruggiero, Giuseppe Guglielmi</i> An unknown situs viscerum inversus totalis, accidentally discovered after computed tomography	370
<i>Ekaterina S. Shchelkanova, Galina V. Tereshchenko, Alexey S. Krasnov</i> Difficulties in the radiological diagnosis of mature adrenal teratoma mimicking neuroblastoma in a child	379

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

<i>С.Ф. Агеева, В.Е. Сеницын, Е.А. Мершина, Н.А. Ручьева, Е.И. Петрова</i> Возможности применения магнитно-резонансной томографии с использованием гепатотропных контрастных веществ для функциональной оценки печени	137
<i>И.Б. Антонова, С.П. Аксенова, Н.В. Нуднов, А.В. Кригер</i> Возможности и ограничения магнитно-резонансной томографии для диагностики эндоцервикальных аденокарцином шейки матки	149
<i>Г.С. Музафарова, М.В. Вишнякова, А.С. Абраменко, В.А. Кузьмичев, В.В. Гацуцын</i> Магнитно-резонансная томография при воронкообразной деформации грудной клетки	167
<i>Е.С. Самсонова, И.А. Михайлов, В.В. Омеляновский, М.В. Авксентьева, И.А. Железнякова, Г.Г. Лебеденко</i> Разработка системы показателей, определяющих потребность в проведении телемедицинских консультаций при оказании медицинской помощи различных профилей	178
<i>А.Н. Сергеева, С.Н. Морозова, Д.В. Сергеев, Е.В. Кремнева, А.А. Зимин, Л.А. Легостаева, Е.Г. Язева, М.В. Кротенкова, Ю.В. Рябинкина, Н.А. Супонева, М.А. Пирадов</i> Дифференциальная диагностика хронических нарушений сознания по данным структурной магнитно-резонансной томографии	190
<i>А.В. Исаева, А.Е. Демкина, А.В. Владимирский, Б.В. Зингерман, А.Н. Коробейникова, А.Н. Быков, О.Г. Смоленская</i> Телемедицинский мониторинг пациентов с хронической сердечной недостаточностью: проспективное рандомизированное исследование	203
<i>Д.А. Филатова, Е.А. Мершина, М.Л. Плотникова, М.В. Лисицкая, В.Е. Сеницын</i> Кальциноз митрального клапана как важная находка при сердечно-сосудистой визуализации	219
<i>A. Kalyanpur, N. Mathur</i> Роль телерадиологии в интерпретации изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи.	231
<i>Д.Х.И. Кассаб, И.Г. Камышанская, С.В. Трухан</i> Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения	243

СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ И МЕТААНАЛИЗЫ

<i>Ю.А. Васильев, О.Г. Нанова, И.А. Блохин, Р.В. Решетников, А.В. Владимирский, О.В. Омелянская</i> Приоритетные параметры радиомического анализа для компьютерной томографии при злокачественных новообразованиях головы и шеи: систематический обзор	255
---	-----

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОТЧЕТЫ

<i>Ю.А. Васильев, Д.С. Семенов, А.В. Петряйкин, А.А. Учеваткин, Л.Р. Абуладзе, А.В. Бажин, Д.Е. Шарова</i> Магнитно-резонансная томография кисти: оптимизация сканирования	269
---	-----

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

<i>V. Testini, L. Eusebi, F.S. Guerra, W. Giannubilo, M. Di Biase, A. Russo, G. Guglielmi</i> Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии при проведении фьюжн-биопсии под её контролем в диагностике рака предстательной железы: текущий статус	283
<i>А.Е. Демкина, А.Н. Коробейникова, А.Н. Розога, А.В. Владимирский</i> SWOT-анализ: дистанционный мониторинг артериального давления	303
<i>F. Masino, L. Eusebi, G. Muscatella, M. Montatore, G. Sortino, W. Giannubilo, G. Guglielmi</i> Традиционные и инновационные методы визуализации при раке мочевого пузыря: технология выполнения и применение	318

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

<i>M. Balbino, M. Montatore, G. Fascia, R. Tupputi, F. Masino, G. Muscatella, D. Mannatrzio, G. Guglielmi</i> Множественные билиарные микрогамартумы, случайно диагностированные у пожилого пациента	334
<i>А.В. Фридман, Т.А. Берген, Д.А. Сирота, Б.Н. Козлов, И.Ю. Журавлева, А.Р. Таркова, В.Ю. Усов, А.М. Чернявский</i> Перспективная оценка показателей растяжимости стенки восходящей аорты и её сосудистого протеза у пациентки с аневризмой при технически безупречной хирургической коррекции и послеоперационном снижении функциональных показателей: клинический случай	342
<i>R.F. Balzano, F. Lattanzio, G. Fascia, M. Montatore, M. Balbino, F. Masino, D. Mannatrzio, G. Guglielmi</i> Идиопатическая инвагинация кишечника: результаты визуализации неотложной абдоминальной патологии	354
<i>В.В. Жарикова, В.А. Нечаев, Е.А. Куликова, А.Л. Юдин</i> Односторонняя атрезия лёгочных вен: сложности лучевой диагностики	361
<i>M. Montatore, M. Balbino, F. Masino, T. Ruggiero, G. Guglielmi</i> Полная транспозиция внутренних органов неясной этиологии, случайно выявленная при компьютерной томографии	370
<i>Е.С. Щелканова, Г.В. Терещенко, А.С. Краснов</i> Трудности лучевой диагностики зрелой тератомы надпочечника, имитирующей нейробластомы, у ребёнка	379

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

Liver function assessment based on hepatobiliary contrast agent-enhanced magnetic resonance imaging

Sofiia F. Ageeva¹, Valentin E. Sinitsyn¹, Elena A. Merzhina¹, Natalia A. Rucheva², Ekaterina I. Petrova³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

² V.I. Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russia;

³ Industry Clinical Diagnostic Center of Gazprom PJSC, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Liver function assessment is very important in clinical practice. The use of magnetic resonance imaging for the anatomical and functional evaluation of the liver is possible in actual clinical practice.

AIM: To examine the possibility of using hepatobiliary contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the evaluation of liver function.

MATERIALS AND METHODS: Datasets of patients who underwent gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging were retrospectively reviewed. Patients were divided into two groups: group 1 included patients with impaired liver function, and group 2 included those with normal liver function. Based on magnetic resonance imaging in the hepatobiliary phase, the liver parenchyma signal intensity and its ratio to spleen signal intensity and portal vein signal intensity were estimated. Differences among these parameters were compared between groups. The correlation between liver parenchyma signal intensity and laboratory blood tests reflecting liver function (total bilirubin, albumen, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, alkaline phosphatase, gamma glutamyl transpeptidase, and prothrombin time) were analyzed.

RESULTS: Datasets of 53 patients (25 men and 28 women, aged 24–84 years) were analyzed. Group 1 included 19 patients, whereas group 2 included 34. The median liver parenchyma signal intensity was 919.05 [669.65; 1258.35] in group 1 and 1525.13 [1460.5; 1631.4] in group 2 ($p=0.0000001$). The median ratio of liver parenchyma signal intensity to spleen signal intensity was 1.2 [1.04; 1.7] in group 1 and 1.7 [1.46; 1.96] in group 2 ($p=0.00076$). The median ratio of liver parenchyma signal intensity to portal vein signal intensity was 1.44 [1.29; 1.83] in group 1 and 1.6 [1.43; 1.83] in group 2 ($p=0.1$). The estimated correlation values between liver parenchyma signal intensity and blood tests parameters were as follows: total bilirubin ($r=-0.61$; $p=0.000001$), albumen ($r=0.13$; $p=0.61$), aspartate aminotransferase ($r=-0.57$; $p=0.000009$), alanine aminotransferase ($r=-0.44$; $p=0.001$), alkaline phosphatase ($r=-0.45$; $p=0.0007$), gamma glutamyl transpeptidase ($r=-0.5$; $p=0.0003$), prothrombin time ($r=-0.34$; $p=0.04$).

CONCLUSION: The study reflects the ability to assess liver function using indices (liver parenchyma signal intensity and its ratio to spleen signal intensity) derived from gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging. However, this study did not confirm the assumed effectiveness of using the liver parenchyma signal intensity to portal vein signal intensity ratio as an index of liver function. A significant inverse correlation was identified between liver parenchyma signal intensity and blood test parameters in reflecting liver function, except for albumin. The results indicate the possibility of using magnetic resonance imaging to assess liver function.

Keywords: magnetic resonance imaging; liver; cirrhosis; contrast study; hepatotropic contrast agent; gadoxetic acid.

To cite this article:

Ageeva SF, Sinitsyn VE, Merzhina EA, Rucheva NA, Petrova EI. Liver function assessment based on hepatobiliary contrast agent-enhanced magnetic resonance imaging. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):137–148. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

Возможности применения магнитно-резонансной томографии с использованием гепатотропных контрастных веществ для функциональной оценки печени

С.Ф. Агеева¹, В.Е. Сеницын¹, Е.А. Мершина¹, Н.А. Ручьева², Е.И. Петрова³¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия;² Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова, Москва, Россия;³ Отраслевой клинико-диагностический центр ПАО «Газпром», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Оценка функции печени при различных заболеваниях остаётся важной клинической задачей. Применение магнитно-резонансной томографии с гепатотропным контрастным веществом для оценки функции печени представляет существенный научный и практический интерес.

Цель — изучить возможность функциональной оценки печени на основании показателей, полученных по данным магнитно-резонансной томографии с контрастированием гепатотропным веществом.

Материалы и методы. Были проанализированы данные пациентов, которым выполнялась магнитно-резонансная томография с внутривенным контрастированием гадооксетовой кислоты. Пациенты были разделены на две группы: с нарушенной (первая группа) и с нормальной (вторая группа) функцией печени. По данным магнитно-резонансных исследований оценивались следующие параметры: интенсивность сигнала печени, её отношение к интенсивности сигнала селезёнки и к интенсивности сигнала в просвете воротной вены. Были оценены показатели лабораторных анализов крови, отражающие функции печени: общий билирубин, альбумин, аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, γ -глутамилтранспептидаза, щелочная фосфатаза, протромбиновое время. Был проведён анализ статистической значимости различий между группами по параметрам магнитно-резонансной томографии, оценивалось наличие корреляционной связи между значениями интенсивности сигнала печени и данными лабораторных анализов крови.

Результаты. Были проанализированы данные 53 пациентов (25 мужчин и 28 женщин в возрасте от 24 до 84 лет). В первую группу вошло 19 человек, во вторую — 34 человека. Были установлены статистически значимые различия показателей интенсивности сигнала печени и её отношения к интенсивности сигнала селезёнки между исследуемыми группами. В первой группе значение интенсивности сигнала печени составило 919,05 [669,65; 1258,35], во второй — 1525,13 [1460,5; 1631,4] ($p=0,0000001$). Отношение интенсивности сигнала печени к интенсивности сигнала селезёнки в первой группе составило 1,2 [1,04; 1,7], во второй — 1,7 [1,46; 1,96] ($p=0,00076$). Отношение интенсивности сигнала печени к интенсивности сигнала в просвете воротной вены составило 1,44 [1,29; 1,83] в первой группе, 1,6 [1,43; 1,83] — во второй ($p=0,1$). Была оценена корреляция между интенсивностью сигнала печени и общим билирубином ($r=-0,61$; $p=0,000001$), альбумином ($r=0,13$; $p=0,61$), аспартатаминотрансферазой ($r=-0,57$; $p=0,000009$), аланинаминотрансферазой ($r=-0,44$; $p=0,001$), щелочной фосфатазой ($r=-0,45$; $p=0,0007$), γ -глутамилтранспептидазой ($r=-0,5$; $p=0,0003$), протромбиновым временем ($r=-0,34$; $p=0,04$). По шкале Чеддока заметная сила корреляционной связи была выявлена между показателем интенсивности сигнала печени и значениями общего билирубина, аспартатаминотрансферазы. Умеренная сила — между показателем интенсивности сигнала печени и значениями аланинаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, γ -глутамилтранспептидазы, протромбинового времени.

Заключение. Продемонстрирована эффективность применения параметров магнитно-резонансной томографии (интенсивность сигнала печени и её отношение к интенсивности сигнала селезёнки) в функциональной оценке печени. В исследовании не подтвердилось предположение об эффективности применения такого параметра, как отношение значения интенсивности сигнала печени к интенсивности сигнала в просвете воротной вены. Были установлены статистически значимые обратные связи между значениями интенсивности сигнала печени и показателями лабораторных анализов крови, отражающих функции печени, за исключением альбумина. Результаты свидетельствуют о возможности использования магнитно-резонансной томографии для функциональной оценки печени.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; печень; цирроз; контрастное исследование; гепатотропный контрастный агент; гадооксетовая кислота.

Как цитировать:

Агеева С.Ф., Сеницын В.Е., Мершина Е.А., Ручьева Н.А., Петрова Е.И. Возможности применения магнитно-резонансной томографии с использованием гепатотропных контрастных веществ для функциональной оценки печени // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 137–148. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

Рукопись получена: 21.12.2023

Рукопись одобрена: 06.02.2024

Опубликована online: 19.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

使用亲肝造影剂进行磁共振成像以评估肝脏功能的可能性

Sofiia F. Ageeva¹, Valentin E. Sinitsyn¹, Elena A. Mershina¹, Natalia A. Rucheva², Ekaterina I. Petrova³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia;

² V.I. Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russia;

³ Industry Clinical Diagnostic Center of Gazprom PJSC, Moscow, Russia

摘要

论证。评估各种疾病的肝功能仍然是一项重要的临床任务。使用亲肝造影剂的磁共振成像来评估肝功能具有相当大的科学和实用意义。

目的是研究根据亲肝造影剂 磁共振成像获得的指数对肝脏进行功能评估的可能性。

材料和方法。对接受静脉注射钆塞酸造影剂磁共振成像的患者数据进行了分析。患者分为两组：肝功能受损组（第一组）和肝功能正常组（第二组）。根据磁共振成像数据评估了以下参数：肝脏信号强度、肝脏信号强度与脾脏信号强度的比值以及肝脏信号强度与门静脉管腔信号强度的比值。对反映肝功能的实验室血液检查指标进行了评估：总胆红素、白蛋白、丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶、 γ -谷氨酰转肽酶、碱性磷酸酶、凝血酶原时间。我们分析了组间磁共振参数差异的统计学意义，评估了肝脏信号强度值与实验室血液检查数据之间是否存在相关性。

结果。对 53 名患者（25 名男性和 28 名女性，年龄在 24 至 84 岁之间）的数据进行了分析。第一组包括 19 人，第二组包括 34 人。研究组之间的肝脏信号强度和肝脏信号强度与脾脏信号强度的比值差异具有统计学意义。第一组的肝信号强度值为 919.05 [669.65; 1258.35]，第二组为 1525.13 [1460.5; 1631.4] ($P=0.0000001$)。第一组肝脏信号强度与脾脏信号强度的比值为 1.2 [1.04; 1.7]，第二组为 1.7 [1.46; 1.96] ($P=0.00076$)。第一组肝脏信号强度与门静脉管腔信号强度的比值为 1.44 [1.29; 1.83]，第二组为 1.6 [1.43; 1.83] ($P=0.1$)。对肝脏信号强度与总胆红素 ($r=-0.61$; $P=0.000001$)、白蛋白 ($r=0.13$; $P=0.61$)、天冬氨酸氨基转移酶 ($r=-0.57$; $P=0.000009$)、丙氨酸氨基转移酶 ($r=-0.44$; $P=0.001$)、碱性磷酸酶 ($r=-0.45$; $P=0.0007$)、 γ -谷氨酰转肽酶 ($r=-0.5$; $P=0.0003$)、凝血酶原时间 ($r=-0.34$; $P=0.04$) 的相关性也进行了评估。在 Chaddock 标上，肝脏信号强度指数与总胆红素、天门冬氨酸氨基转移酶值之间存在明显的相关性。肝脏信号强度指数与丙氨酸氨基转移酶、碱性磷酸酶、 γ -谷氨酰转肽酶、凝血酶原时间之间的相关性中等。

结论。磁共振成像参数（肝脏信号强度及其与脾脏信号强度的比值）在肝脏功能评估中的有效性得到了证实。研究并未证实肝脏信号强度与门静脉管腔信号强度的比值等参数的有效性假设。除白蛋白外，肝脏信号强度值与反映肝功能的实验室血液化验指标之间建立了统计学意义上的反相关关系。结果表明，磁共振成像可用于肝脏功能评估。

关键词：磁共振成像；肝脏；肝硬化；造影剂检查；亲肝造影剂；钆塞酸。

引用本文：

Ageeva SF, Sinitsyn VE, Mershina EA, Rucheva NA, Petrova EI. 使用亲肝造影剂进行磁共振成像以评估肝脏功能的可能性. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):137–148. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624826>

收到: 21.12.2023

接受: 06.02.2024

发布日期: 19.06.2024

论证

肝脏是一个重要器官，执行许多功能：解毒、代谢（蛋白质合成、参与脂肪和碳水化合物代谢等）和对外分泌功能。肝功能障碍发生在各种情况下（感染性疾病、自身免疫性疾病、药物损伤等），并且在早期阶段可能是无症状的。评估器官功能对于确定肝脏病变患者的治疗策略非常必要，尤其是在计划手术治疗时，以避免发生与切除后肝功能衰竭相关的并发症。现有的实验室和仪器分析方法各有缺点和优点[1, 2]。

使用细胞外造影剂的磁共振成像（MRI）已被广泛用于评估肝脏肿块的解剖结构和特征。肝特异性造影剂的出现通过引入一个新阶段——肝特异性（肝特异性），扩大了该方法的诊断能力。

肝脏造影剂包括钆喷酸（Gd-BOPTA, MultiHance; Bracco Diagnostics Inc.）和钆醋酸（Gd-EOB-DTPA, Eovist 或 Primovist; Bayer Healthcare）[3, 4]。上述药物之间存在显著差异。钆喷酸约有 5% 的给药剂量被肝细胞吸收。肝特异性在注射开始 1-3 小时后进行评估。当使用钆醋酸（GA）作为造影剂时，肝细胞吸收的物质要多得多，可达 50%。肝特异性通常在注射药物后 15-25 分钟得出。由于该药物的特性，临床上更常使用钆醋酸来评估肝特异性[3]。

有初步证据表明，磁共振研究（使用促肝造影剂）也可用于评估肝功能。研究使用磁共振成像作为肝脏解剖和功能评估方法的可能性具有重要的科学和实际意义。

目的

研究通过分析器官磁共振成像数据和肝脏显影剂对比获得的指数，对肝脏进行功能评估的可能性。

材料与方法

研究设计

本文介绍的是一项回顾性多中心随机抽样研究的结果。

资格标准

研究分析了接受腹部磁共振成像的 18 岁以上患者的数据，这些患者接受了静脉注射钆醋酸造影剂（Primovist; Bayer Healthcare）和实验室血液检查（一般血细胞计数、生化血细胞计数、凝血图）。

这些患者被分为两组进行进一步的统计分析。第一组包括根据临床和实验室分析有不同病因和肝功能损害体征的肝硬化患者。第二组包括根据临床和实验室分析无肝功能损害迹象的肝实质未改变、肝脏良性形成、动静脉分流的患者。

活动条件

这项工作使用 2020-2023 三个中心的数据进行的：V.I. Shumakov National Medical Research Center for Transplantology and Artificial Organs of the Ministry of Health of the Russian Federation; Medical Scientific and Educational Center, M.V. Lomonosov Moscow State University; Industry Clinical and Diagnostic Center, PJSC Gazprom。

磁共振成像协议

使用三种型号的核磁共振断层成像仪对肝脏进行了钆醋酸对比核磁共振研究。V.I. Shumakov National Medical Research Center for Transplantology and Artificial Organs 使用 Signa Voyager 1.5 Tesla (美国 GE Healthcare)，Medical Scientific and Educational Center, Lomonosov Moscow State University 使用 Magnetom Vida 3 Tesla (德国西门子 Healthineers)，Industry Clinical and Diagnostic Center, PJSC Gazprom 使用 Ingenia 1.5 Tesla (荷兰飞利浦)。

造影剂（Primovist，德国拜耳医药保健公司）以每公斤体重 0.025 毫摩尔的剂量静脉注射。磁共振检查方案见表 1。

一系列切片厚度为 3-6 毫米的横向 T1 加权图像（WI）用于分析造影剂使用前和使用后 15-20 分钟的情况。

在以下部位的感兴趣区（ROI）测量信号强度（常规单位）：

- 肝脏实质（左叶和右叶），超出肿瘤、血管、胆管和伪影（如果有）的边界，ROI 直径至少为 2 平方厘米；
- 脾脏实质，ROI 直径至少 2 平方厘米；
- 门静脉管腔，ROI 直径至少为 0.5 平方厘米（图 1）。

根据使用钆醋酸对比剂的磁共振成像数据计算出以下指标：

- 肝脏信号强度（LSI）指肝脏左叶右叶信号强度（IS）的平均值：

$$LSI = \frac{SI_{\text{left lobe}} + SI_{\text{right lobe}}}{2};$$

- 肝脏信号强度与脾脏信号强度（SSI）的比值：LSI/SSI；
- 肝脏信号强度与门静脉腔内信号强度（门静脉腔内信号强度）的比率：LSI/VSI。

在每组中，分析了最接近使用钆醋酸进行磁共振研究日期的以下血液化验数据：总胆红素、白蛋白、丙氨酸氨基转移酶（ALT）、天冬氨酸氨基转移酶（AST）、γ-谷氨酰转肽酶（GGT）、碱性磷酸酶（ALP）、凝血酶原时间（PT）。

统计分析

使用 STATISTICA 12.0 程序 (TIBCO Software, USA) 进行统计数据处理。使用针对以下参数的

表 1. 使用钆醋酸作为造影剂的肝脏磁共振成像方案

计划	脉冲序列	TR, ms	TE, ms	FA, deg	切割厚度, mm	切片数量
地形图	HASTE	2000	90	110	5	3
T2-WI, 横断面	TSE	3000	90	140	5	20 – 30
T2-VI具有脂肪信号抑制、横向和正面	TSE	3000	90	140	5	20 – 30
T1-WI, 横切面和额切面	VIBE	9	4	10	3	25
T1-WI相移, 横向平面	VIBE	9	2和5	10	3	25
扩散加权图像, b 因子 0、500、1000, 横向平面	DWI	6000	90	–	3	20
T1-WI动态对比 (6 相), 横向平面	VIBE	9	4	10	3	30
磁共振胆管造影, 正面	HASTE	2500	110	130	3	35
延迟相 T1-WI, 横向平面	VIBE	9	4	10	3	30

注。WI: 加权图像; MR: 磁共振。

Mann-Whitney U-检验进行第一组和第二组之间差异的静态显著性的评估: 肝脏信号强度, 肝脏信号强度/SSI, 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度。进行Spearman的秩相关性是为了鉴定肝脏信号强度的值与实验室血液分析的以下指标之间的关系: 总胆红素, 白蛋白, AST, ALT, ALP, GGT, PT。

研究结果

研究对象 (参与者)

本研究分析了 53 名患者 (25 名男性和 28 名女性) 在静脉注射钆醋酸造影剂的情况下接受腹部器官磁共振成像的数据。

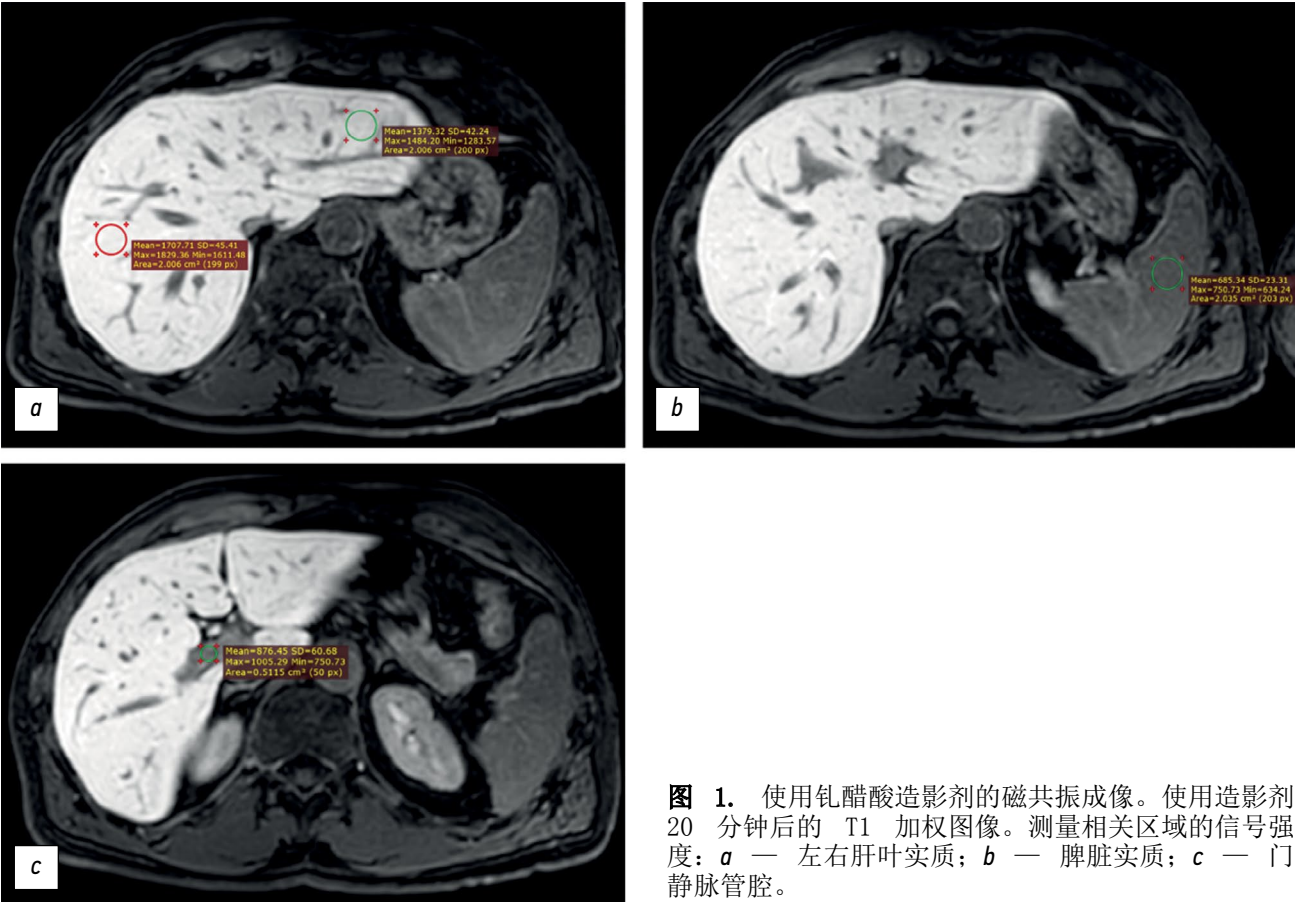


图 1. 使用钆醋酸造影剂的磁共振成像。使用造影剂 20 分钟后的 T1 加权图像。测量相关区域的信号强度: a — 左右肝叶实质; b — 脾脏实质; c — 门静脉管腔。

第一组 (19 人, 34 至 71 岁, 平均年龄 (51.2 ± 9.8) 岁) 包括不同病因导致的肝硬化患者 (表 2)。

第二组 (34 人, 年龄在 24 至 84 岁之间, 平均年龄 (57.6 ± 15.8) 岁) 包括肝功能未受干扰的患者 (表 3)。

研究的主要结果

表 4 列出了各组在 肝脏信号强度、肝脏信号强度/脾脏信号强度、肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度 方面差异显著性的统计分析结果。在对各组进行比较时发现, 肝实质未变患者的 肝脏信号强度值在统计学上明显高于肝硬化患者 ($P < 0.001$)。肝脏信号强度/脾脏信号强度参数在组间也有显著统计学差异; 第二组的参数中位值显著高于第一组 ($P < 0.001$)。肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度参数在组间无明显统计学差异 ($P > 0.05$) (图 2)。

相关分析表明, 肝脏信号强度值与下列血液分析参数之间存在统计学意义上的显著反比关系:

- 总胆红素 ($r = -0.61$; $p = 0.000001$);
- AST ($r = -0.57$; $p = 0.000009$);

- ALT ($r = -0.44$; $p = 0.001$);
- ALP ($r = -0.45$; $p = 0.0007$);
- GGT ($r = -0.5$; $p = 0.0003$);
- PT ($r = -0.34$; $p = 0.04$) (图 3)。

在 Chaddock 量表中, COI 与总胆红素和 AST 值之间存在明显的相关性。 肝脏信号强度值与 ALT、ALP、GGT 和 PT 值之间的相关性适中。

由于第二组患者的血清白蛋白值数据不足, 因此根据第一组患者的血液化验结果进行了相关性分析。结果发现, 血清白蛋白与 肝脏信号强度之间没有统计学意义上的相关性 ($r = 0.13$; $p = 0.61$) (图 4)。

讨论

根据分析数据, 研究组之间的 肝脏信号强度值差异显著。第二组患者的高 肝脏信号强度值是由于功能保存完好的肝细胞对钆醋酸的捕获活跃所致[5, 6]。在第一组中, 由于肝细胞功能受损及其数量减少, 细胞对造影剂的捕获减少, 这反映在磁共振检查期间肝实质信号强度的下降上[7, 8]。

表 2. 按肝脏病变病因分类的第一组患者特征

肝脏变化的病因	患者人数	恶性病变
C 型肝炎	8	4 名受试者的 HCC 经组织学验证, 2 名受试者的 HCC 是通过对比增强钆醋酸核磁共振成像检测到的, 未经组织学验证
B 型肝炎	2	1 名受试者的胆管细胞癌经组织学验证
消化系统病因	2	-
不明病因	1	-
中毒性病因	1	-
非酒精性脂肪肝	1	-
原发性硬化性胆管炎	2	-
Budd - Chiari 综合征	1	-
Wilson-Konovalov 疾病	1	-

注。钆醋酸, 钆醋酸; HCC, 肝细胞癌; MRI, 磁共振成像。

表3. 根据肝脏变化的病因, 第二组患者的特征

肝脏变化的病因	患者人数
肝实质无变化	7
肝脏良性肿块 (肝腺瘤、局灶性结节增生、血管瘤、肝囊肿)	25
动静脉分流	2

表4. 第一组和第二组之间差异显著性的统计分析结果

	肝脏信号强度值	肝脏信号强度/脾脏信号强度值	肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度值
第一组	919.05 [669.65; 1258.35]	1.2 [1.04; 1.7]	1.44 [1.29; 1.83]
第二组	1525.13 [1460.5; 1631.4]	1.7 [1.46; 1.96]	1.6 [1.43; 1.83]
p	0.0000001	0.00076	0.1

注。LSI—肝脏信号强度; LSI/SSI—肝脏信号强度与脾脏信号强度之比; LSI/VSI—肝脏信号强度与门静脉腔内信号强度之比。

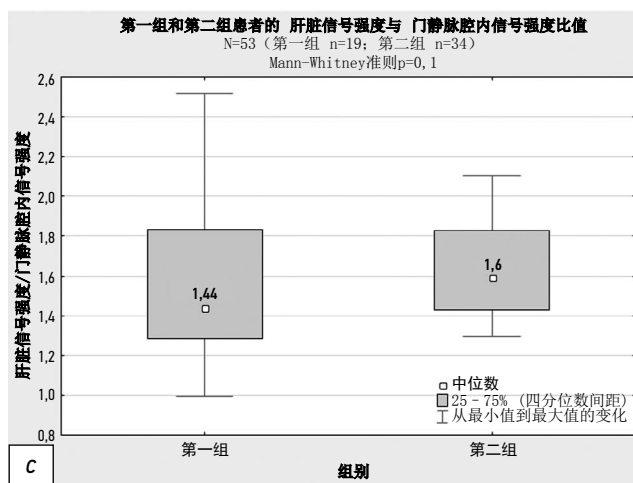
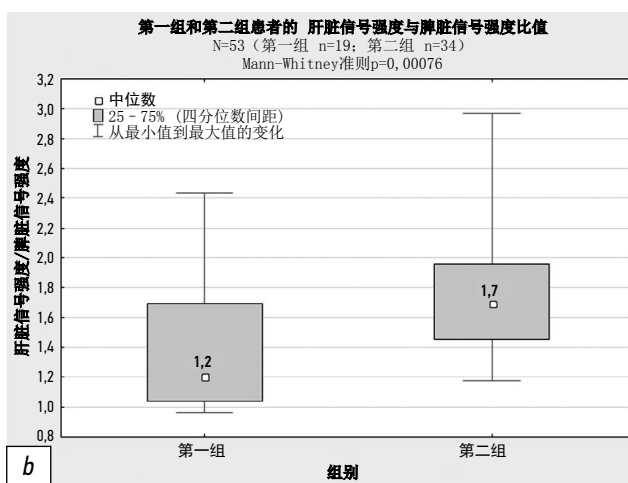
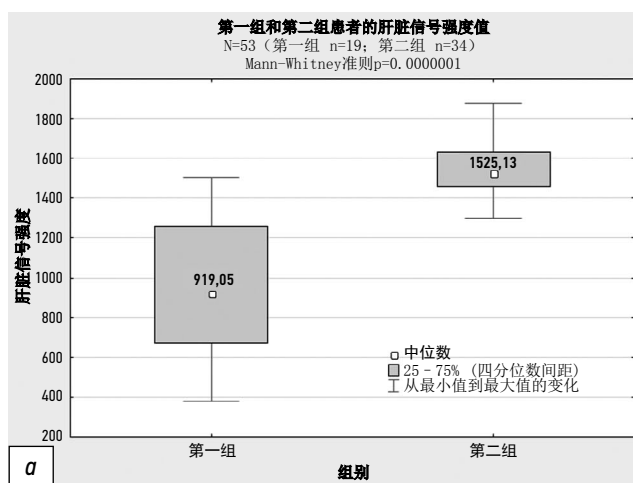


图 2. 第一组和第二组的散点图: *a* — “肝脏信号强度”值的散点图; *b* — “肝脏信号强度与脾脏信号强度之比”值的散点图; *c* — “肝脏信号强度与门静脉腔内信号强度之比”值的散点图。在 *a* 和 *b* 例中, 数值差异有统计学意义 (分别为 $p=0.000001$ 和 $p=0.00076$), 而在 *c* 例中, 差异无统计学意义 ($p=0.1$)。

就脾脏而言, 钆醋酸 表现出细胞外造影剂的特征, 因为该器官的细胞不含有在细胞内转运钆醋酸的蛋白质[9]。有人认为, 肝脏信号强度/脾脏信号强度指数可能反映了肝脏的功能状态。分析结果显示, 各组间的 肝脏信号强度/脾脏信号强度值差异有统计学意义, 这表明该参数可能对器官的功能评估有效。

因此, 肝脏信号强度和 肝脏信号强度/脾脏信号强度参数可反映肝功能, 这与其他作者的研究结果一致。

M. Yang等人分析了120名患者(肝功能正常和受损)的实验室数据和带有钆醋酸对比剂的磁共振图像。评估了在 肝特异性中获得的以下参数: 肝脏信号强度、门静脉腔内信号强度、脾脏信号强度、肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度、肝脏信号强度/脾脏信号强度、门静脉腔内信号强度/脾脏信号强度。以下参数之间存在显著差异: 肝脏信号强度、肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度、肝脏信号强度/脾脏信号强度。作者认为这些参数可用于肝脏功能评估[9]。

在 N. Bastati 等人的研究中, 分析了 128 名患者的数据, 结果表明核磁共振成像与钆醋酸可以估算接受正位器官移植的患者肝脏移植物的概率。在他们的研究中, 作者使用了基于三项标准总和的肝脏功能成像评分 (FLIS), 每项标准 (肝脏信号强度、钆醋酸 胆道排泄量、肝脏信号强度与 门静脉腔内信

号强度 比值)的评估从 0 分到 2 分不等。此外, 还评估了相对肝脏对比增强指数 (RLE) [10]:

$$RLE = \frac{LSI_{HSP} - LSI}{LSI} \times 100.$$

M.K. Mnatsakanyan 等人比较了用 Tc-99m-mebrophenin 肝镜检查结合单光子发射计算机断层扫描对计划接受手术治疗的患者进行肝功能 磁共振评估的效果。磁共振评估通过肝功能残余评分 (FunctFLR) 和 肝特异性评估的肝细胞摄取指数 (HIU) 进行。还进行了FLIS评估。

FunctFLR 用公式计算:

$$FunctFLR = FLR \times \frac{RLE}{m},$$

其中, FLR 是通过 CT 或磁共振容量测定确定的未来肝脏残余量, m 是患者体重, RLE 是相对肝脏对比度增强。其计算公式为:

$$RLE = \frac{SI_{hb} - SI_{pre}}{SI_{pre}},$$

其中, SI_{hb} 是肝胆相中三个相关区域的平均信号强度, SI_{pre} 是原生相中三个区域的平均信号强度。

HIU 根据公式估算:

$$HIU = VL \times \left(\frac{L20}{S20} - 1 \right),$$

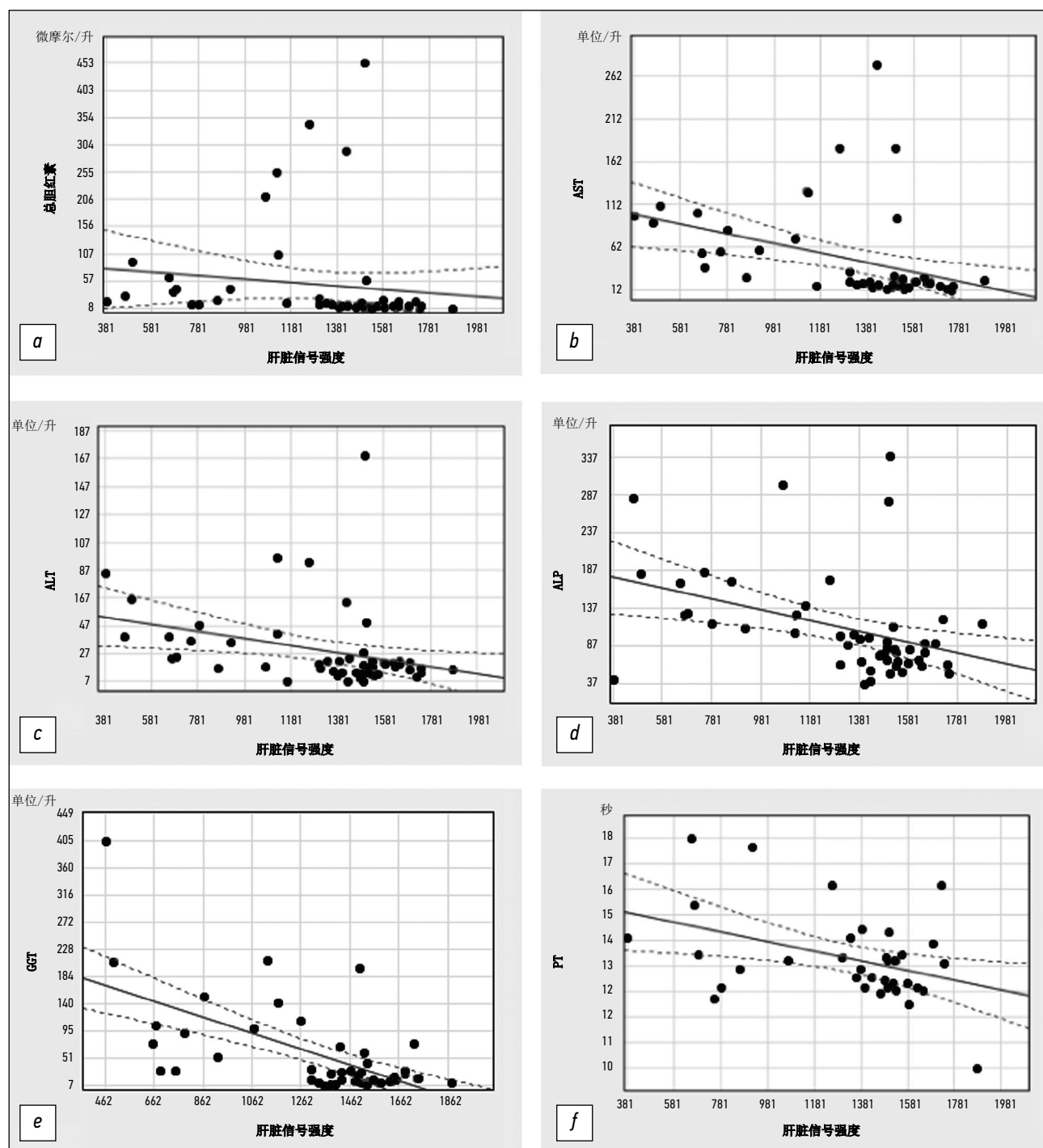


图 3. 肝脏信号强度”指标与以下参数的散点图: *a* — 总胆红素浓度 ($r = -0.61$; $p = 0.000001$); *b* — 天冬氨酸氨基转移酶活性水平 ($r = -0.57$; $p = 0.000009$); *c* — 丙氨酸氨基转移酶活性水平 ($r = -0.44$; $p = 0.001$); *d* — 碱性磷酸酶活性水平 ($r = -0.45$; $p = 0.0007$); *e* — γ -谷氨酰转肽酶活性水平 ($r = -0.5$; $p = 0.0003$); *f* — 凝血酶原时间 ($r = -0.34$; $p = 0.04$)。

其中, VL 为肝脏体积, L20 为脂肪抑制下对比 T1-VI 的平均 肝脏信号强度值, S20 为脂肪抑制下对比 T1-WI 的平均 肝脏信号强度值。

作者得出的结论是, 在计划大范围切除时, 带钆醋酸的磁共振成像可作为肝脏功能评估的替代方法[11]。

一些研究也反映了 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度 指标在肝脏功能评估中的有效性[9, 12]。例如, W. Zhang 等人分析了 92 例肝功能未受干扰

和乙型肝炎背景下肝硬化患者的钆醋酸对比磁共振成像数据。对以下参数进行了评估: 肝特异性中的 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度、实验室血液检测值(总胆红素、白蛋白、血小板计数)。结果发现, 肝特异性中的 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度反映了乙型肝炎背景下肝硬化患者功能丧失的严重程度, 作者得出的结论是, 该指标可以作为评估肝功能的生物标志物[12]。

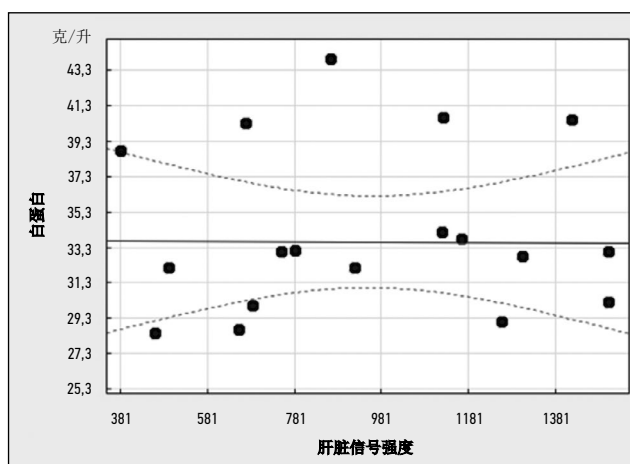


图 4. 肝脏信号强度与胆红素浓度的散点图 ($r=0.13$; $p=0.61$)。

然而,这一假设在本研究中并未得到证实:各組间的 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度 值在统计学上没有显著差异。这可能是由于第一组的一些患者,尤其是原发性硬化性胆管炎患者,存在明显的高胆红素血症。因此, N.K. Lee等人的研究显示,在高胆红素血症明显的情况下,胆红素会与钆醋酸竞争肝细胞的吸收,从而导致钆醋酸的吸收延迟,造影剂从血液中排出的时间也会延迟[13]。

在本研究中,第一组患者的肝硬化病因各不相同,总胆红素的中位值为 43.25 [22.4; 211.17] $\mu\text{mol/L}$ 。很有可能,第一组中一些患者明显的高胆红素血症影响了肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度参数,在样本较少的情况下,导致各組间肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度参数的差异缺乏统计学意义。

相关性分析的数据也证明了磁共振评估肝功能的可能性,并与 M. Yang 等人的研究结果基本一致。Yang等人的研究显示,肝脏信号强度与总胆红素 ($r=-0.52$; $p<0.001$)、白蛋白 ($r=0.48$; $p<0.001$)、谷草转氨酶 ($r=-0.5$; $p<0.001$)、谷丙转氨酶 ($r=-0.49$; $p<0.001$) 和PT ($r=-0.52$; $p<0.001$) 的值在统计学上呈显著的反相关[9]。

在本研究中,与 M. Yang 等人的研究相反,肝脏信号强度值与血清白蛋白值之间的相关性未得到证实。这可能是由于样本量较小——第二组患者的化验血液分析中很少包括白蛋白,因此根据第一组患者的数据评估了相关性。

在本研究中,肝脏信号强度指数与总血胆红素值之间存在明显的强相关性 ($r=-0.61$; $p < 0.001$)。值得注意的是,该标志物在许多量表中被用于确定肝脏的功能状态。例如,在慢性肝衰竭联盟评估系统 (Chronic Liver Failure-Consortium assessment system) 和序贯器官衰竭评估量表 (Sequential Organ Failure Assessment scale) 中,根据总血胆红素水平来评估肝功能异常[14, 15]。

亚太肝脏研究协会 (Asian Pacific Association for the Study of the Liver) 在定义慢性肝功能衰竭背景下的急性肝功能衰竭时,建议评估实验室血

液检查的两项指标:总胆红素和国际正常化比率或凝血酶原活动度[15]。因此,本研究获得的相关结果表明,可以根据带有钆醋酸对比剂的磁共振成像数据对肝脏进行功能评估。

研究的局限性

肝脏信号强度值与血清白蛋白值之间缺乏相关性,这可能是由于分析的数据量不足。需要对更多患者进行进一步研究。

第一组患者的肝硬化病因不尽相同,这可能会影响到 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度 参数的差异缺乏统计学意义。需要对更多患者进行进一步研究。

结论

分析结果显示,肝功能正常和肝功能受损患者组之间在 肝脏信号强度和 肝脏信号强度/脾脏信号强度等磁共振参数上存在显著的统计学差异。这些结果支持通过使用钆醋酸造影剂的磁共振成像对肝脏进行功能评估的可能性。在 肝脏信号强度/门静脉腔内信号强度 指标上,各組之间没有明显的统计学差异,这可能是由于第一组的一些患者存在明显的高胆红素血症。

作为相关性分析的结果,在血液检查中肝脏信号强度值和总胆红素,AST,ALT,GGT,ALP和PT的指标之间建立了统计学上显著的反馈。这些数据还证实了使用具有钆醋酸对比的磁共振成像评估肝功能的可能性。

根据相关性分析,第一组患者的白蛋白值与 肝脏信号强度值之间并不存在统计学意义上的显著关系,这可能是由于分析的数据量不足。

拟议方法的优点在于,除了研究的主要指标 (肿块的诊断和特征) 外,还可以对肝脏进行功能评估。这是一种以肝细胞吸收钆醋酸的生理学为基础的有前景的方法。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. S.F. Ageeva — research conception and design, data acquisition, conduct of the study, literature search and processing, statistical analysis, manuscript preparation; V.E. Sinitsyn, E.A. Mershina — research conception and design, data acquisition, conduct of the study, editing and approval of the final manuscript; N.A. Rucheva, E.I. Petrova — data acquisition, advisory support.

REFERENCES

1. Peng Y, Qi X, Guo X. Child–Pugh Versus MELD Score for the Assessment of Prognosis in Liver Cirrhosis. *Medicine*. 2016;95(8):e2877. doi: 10.1097/MD.0000000000002877
2. Likar YuN, Akhaladze DG, Rumyantsev AG. Hepatobiliary scintigraphy in the preoperative assessment of the future remnant liver function (literature review and own examples). *The Russian Journal of Pediatric Hematology and Oncology*. 2020;7(1):62–69. EDN: VWDZUW doi: 10.21682/2311-1267-2020-7-1-62-69
3. Chernyak V, Fowler KJ, Heiken JP, Sirlin CB. Use of gadoxetate disodium in patients with chronic liver disease and its implications for liver imaging reporting and data system (LI-RADS). *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2019;49(5):1236–1252. doi: 10.1002/jmri.26540
4. Welle CL, Guglielmo FF, Venkatesh SK. MRI of the liver: choosing the right contrast agent. *Abdominal Radiology*. 2020;45(2):384–392. doi: 10.1007/s00261-019-02162-5
5. Furlan A, Borhani AA, Heller MT, Yu RK, Tublin ME. Non-focal liver signal abnormalities on hepatobiliary phase of gadoxetate disodium-enhanced MR imaging: a review and differential diagnosis. *Abdominal Radiology*. 2016;41(7):1399–1410. doi: 10.1007/s00261-016-0685-z
6. Cho SH, Kang UR, Kim JD, Han YS, Choi DL. The value of gadoxetate disodium-enhanced MR imaging for predicting posthepatectomy liver failure after major hepatic resection: A preliminary study. *Eur J Radiol*. 2011;80(2):e195–e200. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.08.008
7. Collettini F, Elkilany A, Seta MD, et al. MR imaging of hepatocellular carcinoma: prospective intraindividual head-to-head comparison of the contrast agents gadoxetic acid and gadoteric acid. *Sci Rep*. 2022;12(1):18583. doi: 10.1038/s41598-022-23397-1
8. Galle PR, Forner A, Llovet JM, et al. EASL Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma. *J Hepatol*. 2018;69(1):182–236. doi: 10.1016/j.jhep.2018.03.019
9. Yang M, Zhang Y, Zhao W, et al. Evaluation of liver function using liver parenchyma, spleen and portal vein signal intensities during the hepatobiliary phase in Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):119. doi: 10.1186/s12880-020-00519-7
10. Bastati N, Wibmer A, Tamandl D, et al. Assessment of Orthotopic Liver Transplant Graft Survival on Gadoteric Acid–Enhanced Magnetic Resonance Imaging Using Qualitative and Quantitative Parameters. *Invest Radiol*. 2016;51(11):728–734. doi: 10.1097/RLI.0000000000000286
11. Mnatsakanyan MK, Rubtsova NA, Kabanov DO, et al. The role of magnetic resonance imaging with gadoxetic acid in the assessment of the functional reserve of the liver. *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2022;12(1):43–55. EDN: GXFGZS doi: 10.21569/2222-7415-2022-12-1-43-55
12. Zhang W, Wang X, Miao Y, Hu C, Zhao W. Liver function correlates with liver-to-portal vein contrast ratio during the hepatobiliary phase with Gd-EOB-DTPA-enhanced MR at 3 Tesla. *Abdominal Radiology*. 2018;43(9):2262–2269. doi: 10.1007/s00261-018-1462-y
13. Lee NK, Kim S, Kim GH, et al. Significance of the “Delayed hyperintense portal vein sign” in the hepatobiliary phase MRI obtained with Gd-EOB-DTPA. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2012;36(3):678–685. doi: 10.1002/jmri.23700
14. Vincent JL, Moreno R, Takala J, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. *Intensive Care Med*. 1996;22(7):707–710. doi: 10.1007/BF01709751
15. Zaccherini G, Weiss E, Moreau R. Acute-on-chronic liver failure: Definitions, pathophysiology and principles of treatment. *JHEP Reports*. 2021;3(1):100176. doi: 10.1016/j.jhepr.2020.100176

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peng Y., Qi X., Guo X. Child–Pugh Versus MELD Score for the Assessment of Prognosis in Liver Cirrhosis // *Medicine*. 2016. Vol. 95, N 8. P. e2877. doi: 10.1097/MD.0000000000002877
2. Ликарь Ю.Н., Ахаладзе Д.Г., Румянцев А.Г. Гепатобилиарная сцинтиграфия в предоперационной оценке функции планируемого остатка печени (обзор литературы и собственные примеры) // *Российский журнал детской гематологии и онкологии*. 2020. Т. 7, № 1. С. 62–69. EDN: VWDZUW doi: 10.21682/2311-1267-2020-7-1-62-69
3. Chernyak V., Fowler K.J., Heiken J.P., Sirlin C.B. Use of gadoxetate disodium in patients with chronic liver disease and its implications for liver imaging reporting and data system (LI-RADS) // *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2019. Vol. 49, N 5. P. 1236–1252. doi: 10.1002/jmri.26540
4. Welle C.L., Guglielmo F.F., Venkatesh S.K. MRI of the liver: choosing the right contrast agent // *Abdominal Radiology*. 2020. Vol. 45, N 2. P. 384–392. doi: 10.1007/s00261-019-02162-5
5. Furlan A., Borhani A.A., Heller M.T., Yu R.K., Tublin M.E. Non-focal liver signal abnormalities on hepatobiliary phase of gadoxetate disodium-enhanced MR imaging: a review and differential diagnosis // *Abdominal Radiology*. 2016. Vol. 41, N 7. P. 1399–1410. doi: 10.1007/s00261-016-0685-z
6. Cho S.H., Kang U.R., Kim J.D., Han Y.S., Choi D.L. The value of gadoxetate disodium-enhanced MR imaging for predicting posthepatectomy liver failure after major hepatic resection: A preliminary study // *Eur J Radiol*. 2011. Vol. 80, N 2. P. e195–e200. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.08.008
7. Collettini F., Elkilany A., Seta M.D., et al. MR imaging of hepatocellular carcinoma: prospective intraindividual head-to-head comparison of the contrast agents gadoxetic acid and gadoteric acid // *Sci Rep*. 2022. Vol. 12, N 1. P. 18583. doi: 10.1038/s41598-022-23397-1
8. Galle P.R., Forner A., Llovet J.M., et al. EASL Clinical Practice Guidelines: Management of hepatocellular carcinoma // *J Hepatol*. 2018. Vol. 69, N 1. P. 182–236. doi: 10.1016/j.jhep.2018.03.019
9. Yang M., Zhang Y., Zhao W., et al. Evaluation of liver function using liver parenchyma, spleen and portal vein signal intensities during the hepatobiliary phase in Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI // *BMC Med Imaging*. 2020. Vol. 20, N 1. P. 119. doi: 10.1186/s12880-020-00519-7
10. Bastati N., Wibmer A., Tamandl D., et al. Assessment of Orthotopic Liver Transplant Graft Survival on Gadoteric Acid–Enhanced Magnetic Resonance Imaging Using Qualitative and Quantitative

Parameters // Invest Radiol. 2016. Vol. 51, N 11. P. 728–734. doi: 10.1097/RLI.0000000000000286

11. Мнацаканян М.К., Рубцова Н.А., Кабанов Д.О., и др. Роль магнитно-резонансной томографии с гадооксевой кислотой в оценке функционального резерва печени // Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2022. Т. 12, № 1. С. 43–55. EDN: GXFGZS doi: 10.21569/2222-7415-2022-12-1-43-55

12. Zhang W., Wang X., Miao Y., Hu C., Zhao W. Liver function correlates with liver-to-portal vein contrast ratio during the hepatobiliary phase with Gd-EOB-DTPA-enhanced MR at 3 Tesla // Abdominal Radiology. 2018. Vol. 43, N 9. P. 2262–2269. doi: 10.1007/s00261-018-1462-y

13. Lee N.K., Kim S., Kim G.H., et al. Significance of the “Delayed hyperintense portal vein sign” in the hepatobiliary phase MRI obtained with Gd-EOB-DTPA // Journal of Magnetic Resonance Imaging. 2012. Vol. 36, N 3. P. 678–685. doi: 10.1002/jmri.23700

14. Vincent J.L., Moreno R., Takala J., et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure // Intensive Care Med. 1996. Vol. 22, N 7. P. 707–710. doi: 10.1007/BF01709751

15. Zaccherini G., Weiss E., Moreau R. Acute-on-chronic liver failure: Definitions, pathophysiology and principles of treatment // JHEP Reports. 2021. Vol. 3, N 1. P. 100176. doi: 10.1016/j.jhepr.2020.100176

AUTHORS' INFO

* Sofia F. Ageeva;

address: 27-10 Lomonosovsky Prospekt, Moscow, 119991, Russia;
ORCID: 0009-0003-9563-6756;
eLibrary SPIN: 9695-3717;
e-mail: son.ageeva13@gmail.com

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Elena A. Merzhina, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-1266-4926;
eLibrary SPIN: 6897-9641;
e-mail: elena_mershina@mail.ru

Natalia A. Rucheva, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-8063-4462;
eLibrary SPIN: 2196-8300;
e-mail: rna1969@yandex.ru

Ekaterina I. Petrova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0009-0005-0355-8098;
e-mail: doc_mri@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

* Агеева София Фаильевна;

адрес: Россия, 119991, Москва, Ломоносовский пр-т, д. 27, к. 10;
ORCID: 0009-0003-9563-6756;
eLibrary SPIN: 9695-3717;
e-mail: son.ageeva13@gmail.com

Синицын Валентин Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Мершина Елена Александровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-1266-4926;
eLibrary SPIN: 6897-9641;
e-mail: elena_mershina@mail.ru

Ручьева Наталья Александровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-8063-4462;
eLibrary SPIN: 2196-8300;
e-mail: rna1969@yandex.ru

Петрова Екатерина Игоревна, канд. мед. наук;
ORCID: 0009-0005-0355-8098;
e-mail: doc_mri@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

Possibilities and limitations of magnetic resonance imaging in the diagnostics of endocervical adenocarcinomas

Irina B. Antonova¹, Svetlana P. Aksenova¹, Nikolay V. Nudnov^{1,2,3}, Anna V. Kriger¹

¹ Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow, Russia;

² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: In recent decades, the incidence of cervical adenocarcinomas has increased from 5% to 20%. Endocervical adenocarcinomas are characterized by a more aggressive course and early metastasis. Owing to the difficulties in the cytological diagnosis of cervical adenocarcinoma, early radiation diagnostics and staging subsequently play a key role. Very few studies have examined the use of magnetic resonance imaging in diagnosing cervical adenocarcinomas.

AIM: To determine the diagnostic informativeness of magnetic resonance imaging in the staging of cervical adenocarcinomas according to the T-criterion and assessing the depth of tumor invasion into the stroma of the cervix and clarify the semiotic signs of adenocarcinoma and features of tumor growth in the uterus.

MATERIALS AND METHODS: In total, 123 patients diagnosed with cervical cancer (C53), who underwent diagnosis and treatment between 2020 and 2023, were examined. The examination results of 22 (18%) patients with cervical adenocarcinoma were analyzed. The average patient age was 56 years. A multiparametric magnetic resonance examination of the pelvic organs was performed on 22 patients using tomographs with a magnetic field strength of 1.5 T. Moreover, 14 (64%) patients underwent surgery including extirpation of the uterus and appendages with pelvic lymphadenectomy. The information value of magnetic resonance imaging was evaluated in 11 patients, whose first stage was surgical treatment.

RESULTS: In this study, cervical adenocarcinoma was detected in 18% among all cases of cervical cancer. The information value of magnetic resonance imaging in assessing the local prevalence of endocervical adenocarcinoma according to the T-criterion was as follows (main value with the corresponding 95% confidence interval): sensitivity, 77.78% (39.99%–97.19%); specificity, 50.00% (1.26%–98.74%); positive predictive value, 87.50% (62.64%–96.69%); negative predictive value, 33.33% (7.30%–76.04%); and accuracy, 72.73% (39.03%–93.98%). The information value of magnetic resonance imaging in assessing the depth of tumor invasion into the cervical stroma was as follows: odds ratio, 3.500 (0.145%–84.694%); sensitivity, 85.7% (0.757%–0.993%); specificity, 33.3% (0.018%–0.0648%); positive predictive value, 75% (0.673%–0.883%); negative predictive value, 50% (0.027%–0.972%).

CONCLUSIONS: The results of this study showed that magnetic resonance imaging is a good tool with high diagnostic informativeness in detecting endocervical cervical adenocarcinoma. The four macrostructures of tumor growth in endocervical adenocarcinoma identified during magnetic resonance imaging data analysis indicate locally aggressive tumor growth and a high frequency of endometrial dropouts. This finding will allow radiologists to structure a descriptive picture, including the verified cervical adenocarcinoma, to enhance methods of developing a treatment plan for the patient.

Keywords: endocervical adenocarcinoma; cervical cancer; magnetic resonance imaging; diagnostics in gynecology.

To cite this article:

Antonova IB, Aksenova SP, Nudnov NV, Kriger AV. Possibilities and limitations of magnetic resonance imaging in the diagnostics of endocervical adenocarcinomas. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):149–166. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

Возможности и ограничения магнитно-резонансной томографии для диагностики эндоцервикальных аденокарцином шейки матки

И.Б. Антонова¹, С.П. Аксенова¹, Н.В. Нуднов^{1,2,3}, А.В. Кригер¹¹ Российский научный центр рентгенодиагностики, Москва, Россия;² Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия;³ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В последние десятилетия отмечается рост аденокарцином шейки матки с 5% до 20%. Установлено, что эндоцервикальные аденокарциномы характеризуются более агрессивным течением и ранним метастазированием. В связи с трудностями цитологической диагностики аденокарциномы шейки матки лучевая диагностика играет ключевую роль на этапе установления диагноза и стадирования впоследствии. На настоящий момент исследований, посвящённых использованию магнитно-резонансной томографии в диагностике аденокарцином шейки матки, очень мало.

Цель — определить диагностическую информативность магнитно-резонансной томографии в стадировании аденокарцином шейки матки по Т-критерию, а также в оценке глубины инвазии опухоли в строуму шейки матки, уточнить семиотические признаки аденокарциномы и особенности роста опухоли в матке.

Материалы и методы. В период с 2020 по 2023 год обследовано 123 пациентки с диагнозом рак шейки матки (C53). Детально проанализированы результаты обследования 22 (18%) пациенток с аденокарциномой шейки матки (средний возраст 56 лет), которым проводилась магнитно-резонансная томография органов малого таза на томографе с напряжённостью магнитного поля 1,5 Тл. Анализ информативности магнитно-резонансной томографии оценивался у 11/22 (50%) пациенток, у которых первым этапом было проведено хирургическое лечение в объёме экстирпации матки с придатками. Для анализа диагностической информативности проводилось сравнение данных магнитно-резонансной томографии и патоморфологического исследования операционного материала. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программного приложения Microsoft Excel, JavaStat.

Результаты. В нашем исследовании аденокарцинома шейки матки определялась в 18% наблюдений среди всех случаев рака шейки матки. Информативность магнитно-резонансной томографии в оценке местной распространённости эндоцервикальных аденокарцином (по Т-критерию) составила (здесь и далее в скобках после основного значения указан 95% доверительный интервал): чувствительность — 77,78% (39,99–97,19%); специфичность — 50,00% (1,26–98,74%); предсказательная ценность положительного результата — 87,50% (62,64–96,69%); предсказательная ценность отрицательного результата — 33,33% (7,30–76,04%); точность — 72,73% (39,03–93,98%). Информативность магнитно-резонансной томографии в оценке глубины инвазии опухоли в строуму шейки матки составила: отношение шансов — 3,500 (0,145–84,694); чувствительность — 85,7% (0,757–0,993), специфичность — 33,3% (0,018–0,0648), предсказательная ценность положительного результата — 75% (0,673–0,883), предсказательная ценность отрицательного результата — 50% (0,027–0,972).

Заключение. Настоящее исследование показало, что магнитно-резонансная томография является хорошим инструментом с высокими показателями диагностической информативности метода в выявлении эндоцервикальной аденокарциномы шейки матки. Выделенные в ходе анализа данных магнитно-резонансной томографии 4 типа макроструктуры опухолевого роста аденокарциномы шейки матки указывают на местноагрессивный рост опухоли, высокую частоту отсевов в эндометрий, а также позволяют структурировать описательную картину врачу-рентгенологу в том числе при верифицированной аденокарциноме шейки матки, что в дальнейшем позволит лучшим образом выработать план лечения пациентки.

Ключевые слова: эндоцервикальная аденокарцинома; рак шейки матки; магнитно-резонансная томография; диагностика в гинекологии.

Как цитировать:

Антонова И.Б., Аксенова С.П., Нуднов Н.В., Кригер А.В. Возможности и ограничения магнитно-резонансной томографии для диагностики эндоцервикальных аденокарцином шейки матки // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 149–166. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

Рукопись получена: 12.09.2023

Рукопись одобрена: 04.12.2023

Опубликована online: 18.07.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

磁共振成像诊断宫颈内膜腺癌的可能性和局限性

Irina B. Antonova¹, Svetlana P. Aksenova¹, Nikolay V. Nudnov^{1,2,3}, Anna V. Kriger¹¹ Russian Scientific Center of Roentgenoradiology, Moscow, Russia;² Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia;³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

摘要

论证。近几十年来,宫颈腺癌的发病率从 5% 上升到 20%。已证实宫颈内膜腺癌的特点是病程较长,转移较早。由于宫颈腺癌细胞学诊断的困难,放射诊断在诊断和分期阶段发挥着关键作用。迄今为止,关于磁共振成像在宫颈腺癌诊断中的应用的研究还很少。

目的是确定磁共振成像在根据 T 标准对宫颈腺癌进行分期时的诊断信息量,以及在评估肿瘤侵入宫颈基质的深度时的诊断信息量,明确腺癌的符号标志和肿瘤在子宫内生长的特殊性。

材料和方法。2020 年至 2023 年间,123 名确诊为宫颈癌 (C53) 的患者接受了检查。我们详细分析了 22 名 (18%) 宫颈腺癌患者 (平均年龄 56 岁) 使用 1.5 特斯拉磁场强度断层扫描仪接受盆腔器官磁共振成像的结果。对 11/22 例 (50%) 患者的磁共振成像信息分析进行了评估,这些患者接受了第一阶段手术治疗,切除了子宫和附件。为了分析诊断的信息量,对磁共振成像数据和手术材料的病理形态学检查数据进行了比较。研究结果的统计处理使用 Microsoft Excel 和 JavaStat 软件应用程序进行。

结果。磁共振成像在评估宫颈内膜腺癌局部患病率方面的信息量 (根据 T 标准) 为 (以下主要值后的括号中给出了 95% 的置信区间): 灵敏度为 77.78% (39.99%~97.19%); 特异性为 50.00% (1.26%~98.74%); 阳性结果预测值为 87.50% (62.64%~96.69%); 阴性结果预测值为 33.33% (7.30%~76.04%); 准确度为 72.73% (39.03%~93.98%)。磁共振成像在评估肿瘤侵入宫颈基质深度方面的信息量为: 机会比率为 3.500 (0.145~84.694); 灵敏度为 85.7% (0.757~0.993), 特异性为 33.3% (0.018~0.0648), 阳性结果预测值为 75% (0.673~0.883), 阴性结果预测值为 50% (0.027~0.972)。

结论。本研究表明了,磁共振成像是检测宫颈内膜腺癌的良好工具,具有很高的诊断信息量。在磁共振成像数据分析过程中发现的宫颈腺癌肿瘤生长宏观结构的 4 种类型表明,肿瘤生长具有局部侵袭性,向子宫内膜脱落的频率较高。这样就能为放射科医生提供描述性的图片结构,在宫颈腺癌得到证实的情况下也是如此,从而为患者制定更好的治疗方案。

关键词: 宫颈内膜腺癌; 宫颈癌; 磁共振成像; 妇科诊断。

引用本文:

Antonova IB, Aksenova SP, Nudnov NV, Kriger AV. 磁共振成像诊断宫颈内膜腺癌的可能性和局限性. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):149–166. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD585195>

收到: 12.09.2023

接受: 04.12.2023

发布日期: 18.07.2024

论证

尽管广泛采用了预防措施和细胞学筛查,并积极治疗癌前病变,但宫颈癌(CC)的发病率仍然居高不下。据世界卫生组织统计,宫颈癌在全球女性恶性肿瘤的患病率和死亡率中排名第四[1]。在发达国家,该病的发病率呈下降趋势[1, 2]。在俄罗斯,宫颈癌一直在癌症发病率结构中排名第五,在癌症死亡率结构中排名第十。与此同时,大多数新确诊病例都是育龄妇女(40–49岁)。在过去十年中,这类患者的人数增加了10%[3]。

根据2011年进行的一项荟萃分析,与人类乳头瘤病毒(HPV)16、18、31型及其他类型相关的宫颈癌病例数量有所增加。因此,在宫颈鳞状细胞癌(90%的病例与人类乳头瘤病毒相关)中,16型最为常见(占59.3%) [4]。第二种最常见的宫颈癌组织学变异是腺癌(腺癌),75%的病例与人类乳头瘤病毒相关,根据国家不同,18型或16型占主导地位。

在所有人类乳头瘤病毒阳性的腺癌中,有36.8%检测出人类乳头瘤病毒18型[5, 6]。其他组织学类型的恶性肿瘤确诊率不超过1%[7, 8]。腺癌的组织学亚型具有显著的异质性。腺癌与人类乳头瘤病毒之间的关联是2018年新病理分类IE宫颈癌(国际宫颈内腺癌标准与分类)的基础。人类乳头瘤病毒相关的腺癌包括正常型、绒毛腺癌、粘液腺癌、肠癌、指状腺癌和人类乳头瘤病毒相关腺癌,没有进一步的具体说明。不依赖于人类乳头瘤病毒的腺癌占15–20%,包括胃癌、轻细胞癌、间质细胞癌、浆液性癌、子宫内膜样癌亚型,以及无进一步分类的腺癌[9, 10]。

根据临床特征、肿瘤的不同生物学行为、不同的预后和对治疗的反应,将宫颈腺癌分为不同的组别(人类乳头瘤病毒相关组和独立组)。典型变异型是最常见的人类乳头瘤病毒相关性宫颈内腺癌,约占所有宫颈内腺癌的75%[10]。粘液型宫颈内腺癌约占所有人类乳头瘤病毒相关宫颈内腺癌的10%[9, 11]。子宫内膜样型宫颈腺癌也很少见。根据严格的诊断标准,它只占所有腺癌的不到1%,而且是在子宫内异位症背景下发生的[9, 11]。

由于开展了宫颈癌筛查和预防工作,子宫颈浸润性鳞状细胞癌的发病率和死亡率不断下降。与此同时,近几十年来,腺癌的发病率从5%增至20% [4、10、12]。除了诊断困难外,腺癌的特点还包括病程更具侵袭性、早期转移、对放射和药物治疗的敏感性较低,是肿瘤妇科实践中的一个严重问题 [13–15]。腺癌在定位和病程上的特殊性以及明显的诊断问题导致了一种自然的结果,表现为在晚期发现肿瘤过程、高复发率和高死亡率[4, 12]。因此,成功治疗的基石是改进诊断措施和形成早期诊断这种疾病的算法。

目前,根据2019年国际妇产科联合会(FIGO)的分类,IA2、IB1和IIA1期被归为宫颈癌的局部形式,IB2和IIA2–IVA期被认为是局部晚期,有远处转移的肿瘤对应于肿瘤发生的晚期(IVB) [16]。根据2018年修

订的FIGO分类,宫颈癌的临床分期,尤其是腺癌的临床分期,是建立在全面检查的基础上的,包括病史数据、体格检查、形态学验证以及放射诊断方法的结果:磁共振成像(MRI)、超声波、计算机断层扫描和正电子发射计算机断层扫描。首次确诊疾病的正确临床分期对进一步治疗的成功和预后具有决定性影响 [7, 16]。局部宫颈癌的分期基于肿瘤的大小,而对于已扩散至阴道、宫旁、输尿管和邻近器官的局部晚期肿瘤,宫颈原发部位的大小并不重要。虽然宫颈癌分期考虑了原发肿瘤的大小,但FIGO最近的一份报告提到,宫颈基底厚度超过50%的浸润深度和基底外环受累是预后不良的因素,会增加复发率[16]。

对于不是从腺鳞交界处(如宫颈鳞状细胞癌),而是从宫颈管深部隐窝处发展而来的腺癌,应该指出的是,这一特点反映在肿瘤的生长类型上,即主要是内生型肿瘤,这与缺乏早期临床表现和肿瘤发现较晚有关。肿瘤发生在宫颈内口的深部,靠近宫颈咽部内侧,导致肿瘤同时向邻近的子宫峡部和子宫内膜扩散,并浸润宫颈基质和子宫肌层,模仿子宫内膜癌。当肿瘤在子宫体和宫颈同时受累的阶段进行成像(超声波、磁共振成像和计算机断层扫描)时,原发肿瘤病理鉴定和分期就变得极为困难。根据FIGO分级,在宫颈癌中,肿瘤向子宫体的扩散不影响疾病的分期,而子宫内膜癌的宫颈受累则会使肿瘤从T1期转为T2期,这对治疗方法的选择和预后有很大影响。组织学和免疫组化检查将是这些病例最终诊断的关键检查。用于鉴别诊断的免疫组化标记为p16蛋白、雌激素和孕激素受体以及p53蛋白[17]。p16蛋白阳性染色在典型类型的人类乳头瘤病毒相关宫颈内腺癌中更为典型,而雌激素和/或孕激素受体阳性反应在子宫内膜样内腺癌中更为常见,但在腺癌中也可观察到部分阳性反应[17]。2022年,J.Y. Song领导的韩国研究人员利用人工智能进行了一项研究,训练人工智能来区分宫颈癌和子宫体癌的不同亚型,结果表明所提出的算法具有很高的信息量(AUC—曲线下面积—S宫颈癌为0.977,子宫内膜癌(EC)为0.944,宫颈腺癌和子宫体癌的区分为0.939) [18]。

2020年的一项荟萃分析研究了不同成像模式(磁共振成像、超声波、计算机断层扫描、正电子发射断层扫描)在评估新诊断宫颈癌患者局部肿瘤扩散和淋巴结转移方面的诊断性能,结果显示,磁共振成像对宫颈癌局部扩散的敏感性和特异性最高。要检测淋巴结转移,上述所有方法都有很高的特异性[19]。根据包括国内研究(N.A. Rubtsova等人的研究)在内的多项研究数据,磁共振成像在确定浸润性宫颈癌分期方面的总体准确率为77–90%[20, 21]。磁共振成像对软组织有很好的分辨能力,能更准确地确定肿瘤的浸润深度和术前大小,特别是在T2加权图像上的可视化。然而,磁共振成像在评估宫旁侵犯方面的信息量至今仍存在争议,其敏感性较低(约73%–76%),但假阳性率较高[22, 23]。利用磁共振成像研究宫颈内腺癌可视化特性的研究很少。

目的

根据 T 标准确定 磁共振成像在对 宫颈癌进行分期时的诊断信息量,以及在评估宫颈内膜腺癌对宫颈基质的侵袭深度时的诊断信息量;阐明子宫腺癌的符号学特征和肿瘤生长特征。

材料和方法

研究材料 研究设计

本研究是一项单中心、回顾性、选择性研究。研究纳入了2020年至2023年期间在Russian Scientific Center of Rentgenology and Radiology接受评估和治疗的123名确诊为宫颈癌 (C53) 的女性患者,以确定第一阶段工作中腺癌发病率的趋势。

经组织学证实患有宫颈癌的患者被纳入研究范围。对腺癌患者进行了详细分析:我们分析了22名 (18%) 这种组织学变异癌症患者的检查结果。腺癌患者的平均年龄为56岁 (最小35岁,最大74岁)。数据分析排除了鳞状细胞癌患者。

研究设计如图1所示。根据肿瘤组织学类型和分化程度划分的患者分布情况见表 1。根据国际妇产科医师联合会 (FIGO) 的分类,按疾病分期划分的患者分布情况见表 2。

研究方法

妇产科医生对 123 名妇女进行了检查。患者检查包括收集主诉、病史、双手直肠阴道检查、阴道和宫颈镜检查、宫颈和宫颈管刮片细胞学检查以及宫颈活检组织学检查。

22名 (18%) 患者在磁场强度为1.5特斯拉的断层扫描上接受了盆腔器官多参数磁共振成像检查。该研究是在患者仰卧位使用柔性身体线圈进行的。多参数 磁共振成像方案包括 T1 和 T2 加权图像 (WI)、STIR、b 因子为 0、800 和 1000 c/mm² 的弥散加权图像以及钆盐动态对比增强,符合 ESUR (欧洲泌尿生殖放射学会) 方案对 磁共振成像的要求[24]。根据欧洲泌尿生殖放射学会的建议,b因子为1000 c/mm²足以诊断常规子宫病变。

T2-WI的磁共振成像数据评估了肿瘤侵入宫颈基质的大小和深度 (测量示例如图2所示)、是否存在宫旁侵犯、咽内病变、子宫峡部病变、子宫内膜病变、子宫附件病变、淋巴结病变以及肿瘤中是否存在 “进食梗”。供血蒂 “被定义为肿瘤与子宫壁交界处的区域,根据我们的想法,肿瘤来自该区域,在动态对比增强的动脉和静脉阶段,可以看到肿瘤供血血管的结构。

14名患者 (64%) 接受了手术治疗,包括切除附件子宫和盆腔淋巴结切除术。3名患者 (21%) 在新辅助多化疗后进行了手术治疗。病理形态学专家分析了 11 名患者的 腺癌侵袭宫颈基质的大小和深度,这些患者的抗肿瘤治疗都是从手术开始的。我们还对取出的制备物进行了评估,包括肿瘤对宫颈基质的侵犯、肿瘤对阴道的侵犯、宫旁侵犯、子宫体损害 (对子宫肌层的侵犯深度)、子宫附属物和淋巴结的损害。我们比较了 11 例患者在治疗前 1 个月内进行的术前 磁共振成像数据和术后病理形态学研究数据。8名患者 (36%) 接受了包括化疗和联合放疗在内的综合治疗。

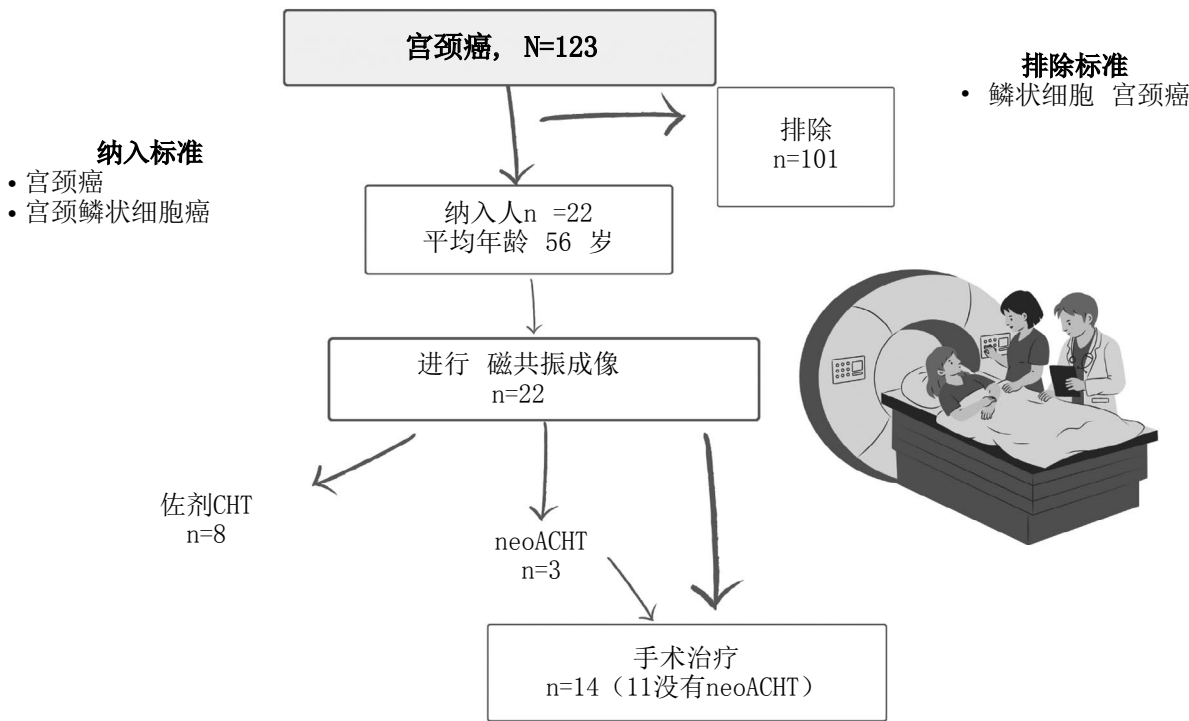


图 1. 研究设计。MRI: 磁共振成像; CT: 化疗; C C: 宫颈癌。

表 1. 根据肿瘤组织学类型和分化程度划分的患者分布情况

组织学类型		患者人数 (n=22)
宫颈内膜腺癌	高度差异化	7
	中度分化	4
	低度分化	2
浆液性腺癌		3
子宫内膜样腺癌		5
腺鳞癌		1

表 2. 根据国际妇产科联合会的疾病分期，患者的分布情况

阶段	患者人数 (n=22)
原位癌	2
IB	4
IB1	3
IB2	1
IIA	1
IIB	2
IIIB	1
IIIC	1
IIIC1	3
IV	2
IVB	2

研究结果的统计处理使用 Microsoft Excel (美国微软公司) 和 JavaStat 软件应用程序进行。

伦理审查

Russian Scientific Center of Rentgenology and Radiology 独立伦理委员会的结论 (2023 年 9 月 29 日第 9 次会议记录): “磁共振成像在诊断宫颈内膜腺癌方面的可能性和局限性 ” 科学研究不需要独立伦理委员会的意见。

研究结果

在我们的研究中, 2020-2023年间确诊的浸润性宫颈癌患者中有18% (123例中有22例) 检测到了宫颈癌。

有 5 名患者 (23%) 是在常规妇科检查中偶然发现 腺癌的。13 名患者 (59%) 的生殖道有血性分泌物, 2 名患者 (9%) 有浆液性分泌物, 6 名患者 (27%) 表现为下腹部牵拉痛, 1 名患者 (5%) 排尿时疼痛。

8名患者 (36%) 有宫颈背景疾病 (外翻、糜烂、慢性宫颈炎) 病史, 3名患者 (14%) 有宫颈发育不良 (I-III级)。有 11 名 (50%) 患者在确诊 腺癌之前未发现宫颈病变。妇科检查数据见表 3。

根据磁共振成像数据 (9%) , 肿瘤未在2名女性中可视化。 22例患者的磁共振成像数据的结果见表。 4. 在T2-WI上测量的平均肿瘤体积为 25cm³ (最小1cm³, 最大71cm³)。 在第一阶段接受手术治疗的11名患者中, 磁共振成像在评估腺癌局部患病率 (根据T标准) 方面的诊断信息性的计算显示出以下结果:

- 灵敏度 - 77.78% (95% 置信区间 - CI - 39.99%-97.19%) ;

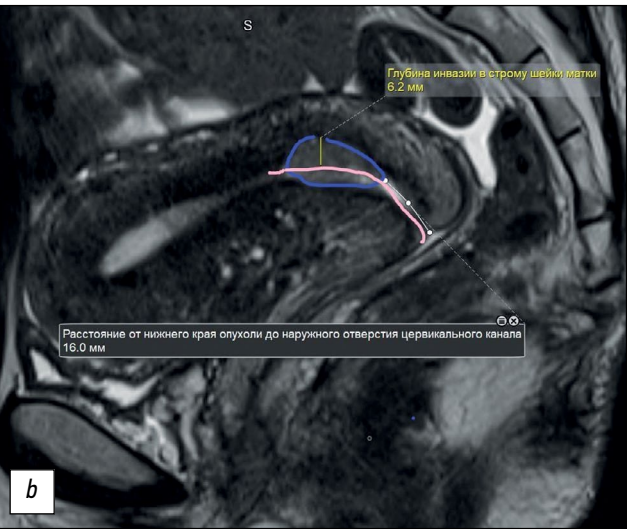
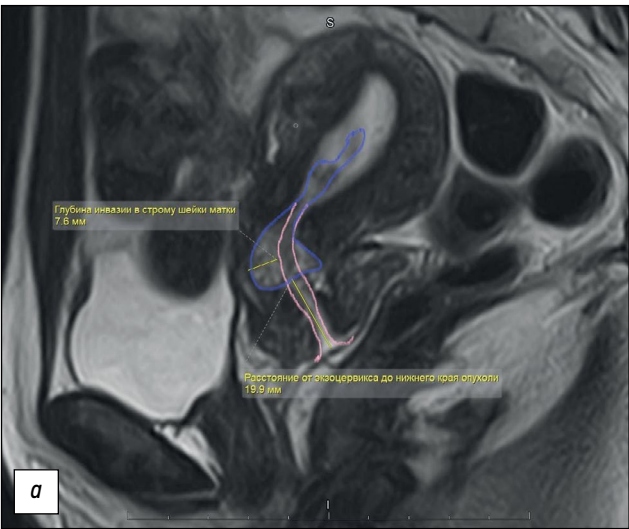


图 2. 在矢状面 T2 加权图像上测量宫颈腺癌侵入基质的深度以及肿瘤到宫颈外口的距离的示例: *a* — 肿瘤位于宫颈的上三分之一处, 侵入深度为 8 mm, 距离外咽口 20 mm; *b* — 肿瘤位于宫颈的中上三分之一处, 侵入深度为 6 mm, 距离外咽口 16 mm。肿瘤用紫色线条圈出, 宫颈管用粉色线条标出。病理形态学检查结论结果: 高度分化的宫颈内膜腺癌; 侵入宫颈基质的深度为 5 毫米 (不到宫颈壁厚度的 1/2) ; 检测到血管淋巴侵袭; 肿瘤侵入咽部内部; 子宫内膜处于分泌期。

表3。 妇科检查结果

妇科检查结果	是 n (%)	否 n (%)
宫颈病变	10 (45)	12 (55)
延伸至子宫旁（临床上称为 “穹隆触痛”）	11 (50)	11 (50)
扩散到阴道	11 (50)	11 (50)

表4。 磁共振成像数据的结果

参数	是 n (%)	否 n (%)
宫颈基质受侵	17 (77)	5 (23)
副肾侵犯	9 (41)	13 (59)
子宫内咽部受损	12 (55)	10 (45)
峡部病变	9 (41)	13 (59)
子宫内膜损伤	6 (27)	16 (73)
子宫附件受损	4 (18)	18 (82)
淋巴结受累	9 (41)	13 (59)
存在中央供血血管	9 (41)	13 (59)

• 特异性 - 50.00% (95% 置信区间 - 1.26%~98.74%);

• 阳性结果的预测值为 87.50% (95% 置信区间 - CI 62.64%~96.69%);

• 阴性结果的预测值 - 33.33% (95% CI 7.30%~76.04%);

• 准确率为 72.73% (95% CI 39.03%~93.98%)。

在8名患者（40％）中，宫颈肿瘤距离外咽有一段距离，平均距离为11毫米（最小4毫米，最大18毫米）。因此，由于外咽完好无损，因此在妇科检查期间，肿瘤在视觉上无法进入。在9名患者（45％）中注意到子宫颈阴道部分的浸润。肿瘤中测量的扩散系数（MDC）的平均值为 0.833×10^{-3} 毫米/秒（最小 0.440×10^{-3} 毫米/秒，最大 0.1282×10^{-3} 毫米/秒）。

我们确定了宫颈基质中肿瘤生长的两种形式：最常见的是内生性肿瘤（75%，n=15），其特点是宫颈弥漫性增大和桶状转变（图 3）；外生性肿瘤在我们的研究中占 25%（n=5）。外生性肿瘤多位于宫颈阴道部，肿瘤块脱垂至阴道或宫颈管腔内（见图 3）。外生性肿瘤表现为不同的腺癌组织学亚型：

- 低度和中度分化的典型宫颈内膜腺癌（2 项观察结果）；
- 低分化浆液性腺癌（1 例）；
- 腺细胞癌（1 例）；
- 子宫内膜样宫颈内膜腺癌（1 例）。

具有内生生长形式的肿瘤也具有高度多样性的组织学类型和分化。我们没有发现肿瘤生长形式与其组织学亚型之间有任何关联。

妇科医生和放射科医生在检测子宫腺癌的诊断过程中，关键是对原发肿瘤的位置进行鉴别诊

断：子宫的影像学变化是过渡到子宫颈的子宫内膜癌，还是过渡到子宫内膜的 腺癌。所有有争议的诊断点，即肿瘤主要位于宫腔的诊断点，均由病理形态学专家进行了复查，所有患者都被确认为宫颈内腺癌，即宫颈肿瘤。因此，根据 磁共振成像和病理形态学检查显示的肿瘤主要位置，我们回顾性地指出并区分了四种类型的肿瘤（图 4）：

- 1) 肿瘤肿块主要位于宫颈（13 个，占 65%）；
- 2) 肿瘤肿块主要位于子宫体（2 例，10%）；
- 3) 宫颈内膜和子宫内膜的病变相同（2 例，10%）；
- 4) 经病理形态学和免疫组化研究证实，宫颈发生孤立病变，但宫腔（子宫内膜）存在 腺癌脱落灶（3 例，15%）。

值得注意的是，2、3 和 4 型肿瘤在 磁共振成像上被描述为子宫体癌，只有病理形态学检查才确认为原发性 腺癌。

根据病理形态学检查结果，腺癌侵入宫颈基质的平均深度为 8.2 毫米（min 2 mm, max 15 mm）。手术材料数据结果见表 5。

对11例未接受新辅助化疗的患者进行了分析，比较了磁共振成像和术后病理形态学检查的侵袭深度（表6）。根据 磁共振成像，有 2 名患者（18%）在评估肿瘤侵入宫颈基质的深度时出现假阳性结果（过度诊断），1 名患者（9%）出现假阴性结果（过度诊断）。8名患者（73%）的 磁共振成像和病理形态学结果一致。由于磁共振成像切片的厚度（在T2-VI上进行测量）为4mm，因此将磁共振成像和病理形态数据之间的差异视为该方法的错误。

因此，磁共振成像在评估 腺癌侵袭宫颈基质的深度方面的信息量为：

内生性宫颈腺癌

外生性宫颈腺癌

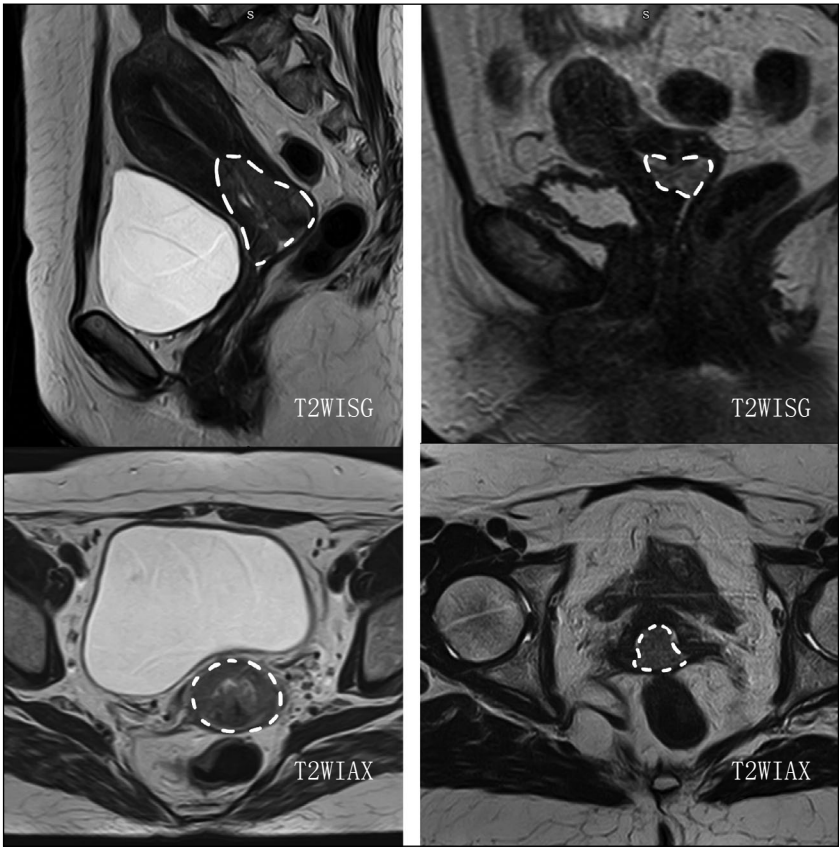


图3。 宫颈腺癌生长的形式。 上排图像由矢状平面中的T2加权图像表示，下排图像由轴向投影表示。

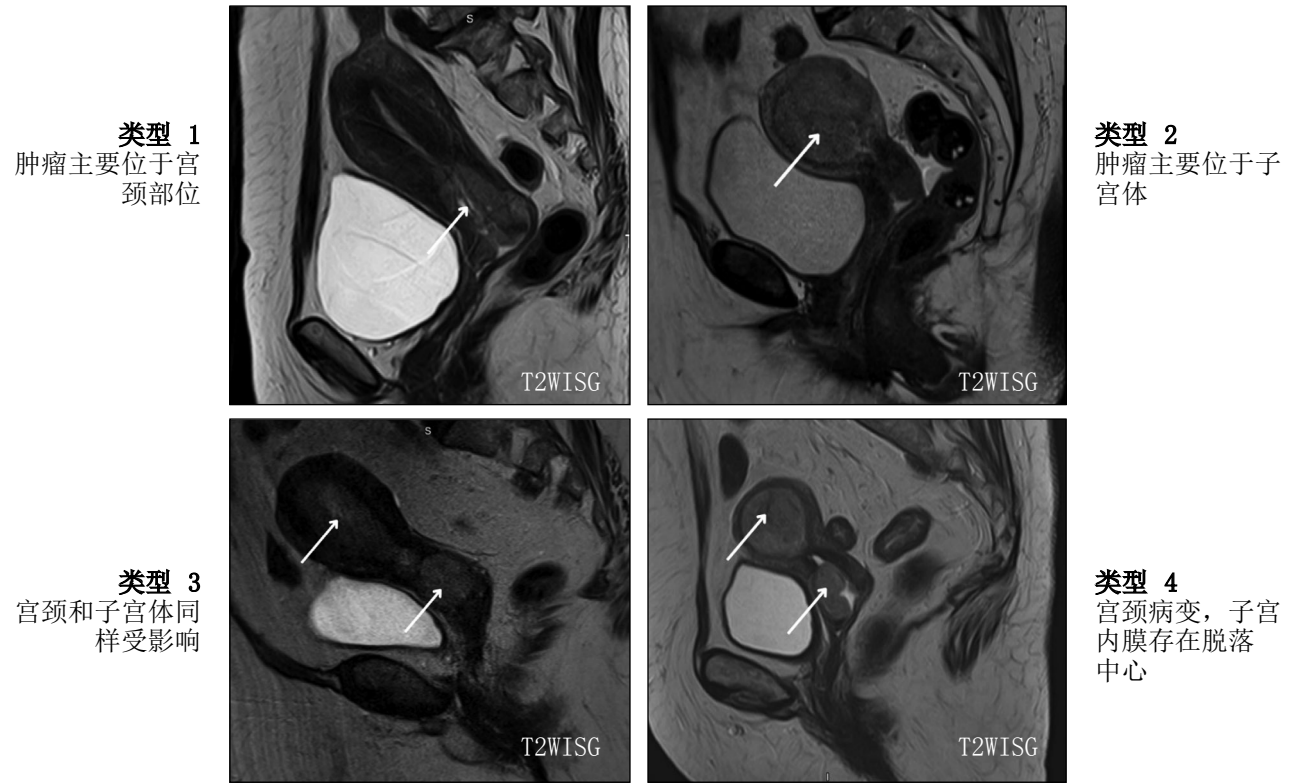


图4。 宫颈腺癌的宏观结构类型，矢状面 T2 加权图像。

表5。 来自14名患者的手术材料的数据的结果

参数	是 n (%)	否 n (%)
宫颈基质受侵	13 (93)	1 (7)
副肾侵犯	0 (0)	14 (100)
子宫内膜损伤	4 (29)	10 (71)
子宫附件受损	2 (14)	12 (86)
淋巴结受累	2 (14)	12 (86)

表6。 磁共振成像在宫颈腺癌诊断中的信息价值数据

参数	敏感性	特异性	PPV	NPV
评估肿瘤侵入 宫颈基质的 深度	85.7% (Д И 0.757~0.993)	33.3% (Д И 0.018~0.0648)	75% (Д И 0.673~0.883)	50% (Д И 0.027~0.972)
T 标准肿瘤分 期评估	77.78% (Д И 39.99~97.19)	50.00% (Д И 1.26~98.74)	87.50% (Д И 62.64~96.69)	33.33% (Д И 7.30~76.04)

注。CI: 95% 置信区间; PPV: 阳性结果的预测值; NPV: 阴性结果的预测值。

- 几率比 - 3.500 (95% CI 0.145~84.694);
- 敏感性-85.7% (95% CI 0.757~0.993);
- 特异性 - 33.3% (95% CI 0.018~0.0648);
- 阳性结果的预测值- 75% (95% CI 0.673~0.883);
- 阴性结果的预测值为 50% (95% CI 0.027~0.972)。

在分析进入子宫内膜的 腺癌脱落物时，我们注意到它们的局部侵袭性生长模式，形成了 “进食干”，并能看到进食血管（41%）（图 5）。

讨论

在我们的研究中，宫颈腺癌和混合性腺鳞癌病变在确诊为 宫颈癌的患者中占 18%（123 例中有 22 例）。这些数据证实了国外研究人员（Z.F.Chan 等人，F. Islami 等人）和俄罗斯研究人员（O.G. Grigoruk 等人）[4, 10, 12]所指出的 腺癌发病率的相对增长。

我们认为，腺癌发病率的相对增加与缺乏明确的疾病征兆（在我们的研究中，48%的患者在妇科检查中没有可见的宫颈变化，核磁共振成像显示咽部外部完好无损）以及缺乏有效的筛查策略有关。A. Castanon 等人基于人群的研究发现，现有的细胞学筛查在诊断癌前 腺癌（宫颈原位腺癌或高分化腺上皮内瘤变）方面效果不佳，但有助于在早期阶段（IA 期）发现它们。这是因为 腺癌主要在宫颈隐窝内的宫颈管内发育，因此这使得难以提取含有非典型细胞的物质[25]。F. Islami 等人的一项研究显示，由于 宫颈癌筛查工作的改进，腺癌原位癌和浸润癌有所增加，主要发生在年轻女性（35-54 岁）中 [12]。Z.F.Chan等人的研究以及D.F.Chan等人的研究也获得了类似的数据。Chan等人 和D.H. Suh及合著者的研究中也获得了类似的数据[4, 26]。

说到癌前疾病，宫颈内膜腺体增生（包括非典型原位腺癌）是胃型宫颈内膜腺癌的前兆 [27, 28]。在我们的研究中，50%的患者有宫颈疾病（慢性宫颈炎等）背景，1 例患者因重度发育不良（CIN III）多次宫颈锥切术，观察到原位非典型腺癌。10例患者出现子宫内膜异位症。

尽管磁共振成像在检测和评估宫颈癌患病率方面具有很高的信息价值，但在我们的研究中，有2例（9%）经组织学证实为腺癌的患者在多参数成像扫描中未发现肿瘤。我们认为这是由于肿瘤体积小及其沿宫颈管生长的扩散性质，以及该方法的技术局限性所致。

在比较磁共振成像数据和病理形态学检查时，我们获得了良好的结果：

- 磁共振成像评估宫颈基质浸润深度的总体准确率为 70%，灵敏度为 87.5%;
- 评估肿瘤扩散（根据 T 标准）的准确性为 72.3%，敏感性为 77.8%。

在我们的研究中，在诊断率低的病例（n=1）中，差异是由于肿瘤衰变导致 T2-WI 上的磁共振信号不均匀造成的，在测量肿瘤大小时没有考虑到这一点。

T2-WI信号不均匀，在测量肿瘤大小时没有考虑到这一点。在过度诊断的病例中（n=2），差异是由于在混合性腺肌病和粘膜下位置的子宫肌瘤背景下子宫明显变形造成的。

尽管 磁共振成像有很多优点，但国外的研究也表明，临床分期与手术发现之间经常存在差异，有低估疾病分期的趋势，分期越高，这种差异越明显。对于 腺癌而言，这种差异甚至更为明显[29, 30]。

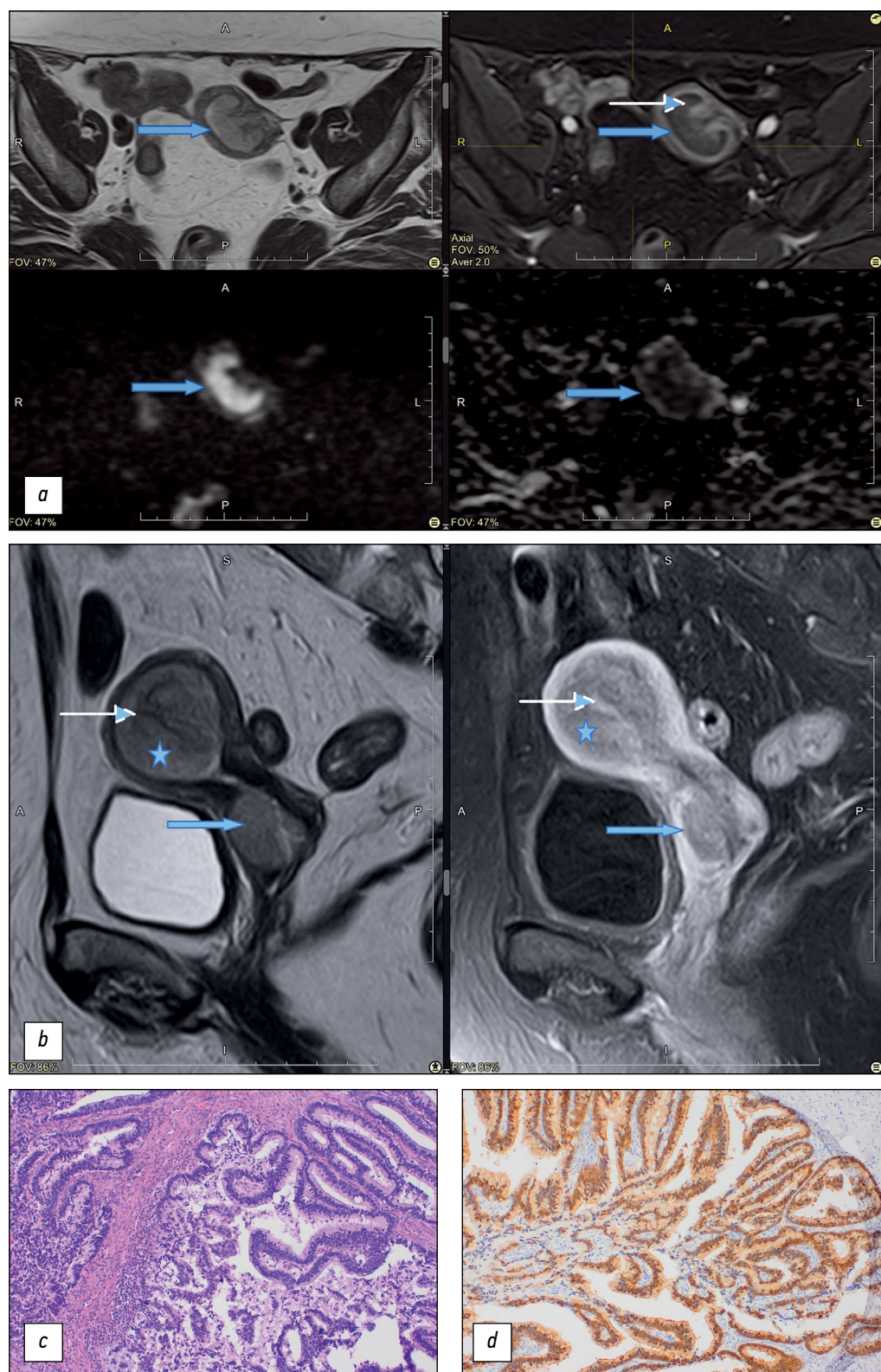


图5. 宫颈癌IIA 期 (T2aNoMo) 宫颈癌IIA 期 (T2aNoMo), 中度分化腺癌, 存在淋巴管侵犯。盆腔磁共振成像, 肿瘤位于宫颈, 并有一个向子宫内膜脱落的病灶:

a — 综合图像, 从左到右, 从上到下: T2 加权图像, T1FS 加权图像, 对比度增强 (动态对比度增强的动脉期), 弥散加权图像, 测量弥散系数图 (MCD)。还标记了肿瘤 (脱落灶, 箭头)、肿瘤 “茎” 区域和进食血管 (虚线箭头)。在动态对比增强的动脉期, 可确定肿瘤 “进食干” 的子宫内膜基层和血管的顺磁积聚情况; **b** — 矢状面, T2 加权图像 (左) 和 T1FS+C 图像 (右)。标记: 原发肿瘤 (箭头), 子宫体中的脱落 (星形), 脱落部位的血管 (虚线箭头); **c** — 手术材料的组织学检查, 苏木精和伊红染色, $\times 10$; **d** — 免疫组化研究, p16 表达。

病理形态学研究结论: 中度分化的宫颈内膜腺癌。肿瘤侵犯宫颈基质, 深度达 1.3 cm (过渡区宫颈壁厚度的 2/3)。肿瘤侵犯子宫肌层 (深度为 0.6 cm, 占子宫体壁厚度的 1/3) 和子宫内膜。宫颈的阴道部分由多层鳞状上皮覆盖。

除了对各种组织学形式的宫颈癌患病率的评估存在客观误差外, 宫颈侵入性操作后或大肿瘤腐烂引起的并发炎症浸润也会导致过度诊断。宫颈阴道部(包括咽外口周围)潴留囊肿的积聚也会导致误诊, 使得评估上皮覆盖层和宫颈下基质的结构变得困难[31]。

回到 腺癌脱落到子宫内膜的话题, 我们注意到脱落灶在子宫内膜生长的局部侵袭性, 以及一些 腺癌在宫颈峡部和宫颈管中三分之一(c/3)的局部生长, 并形成“进食干”和可见进食血管(41%)。这是第一次描述这个特性, 以前的文章中没有进行过分析。我们认为, 通过核磁共振成像观察到的肿瘤新血管生成情况表明, 肿瘤生长具有侵袭性, 淋巴管侵犯(LVI+)的可能性很高, 淋巴结转移的可能性增加, 预后不良。然而, 由于观察的数量较少, 且缺乏与病理形态学数据的比较(由于是回顾性数据分析), 所发现的特征更多的是观察性质的, 需要进一步的科学研究。

许多研究人员都注意到 腺癌能使癌细胞脱落到子宫内膜, 他们用“种子和土壤”理论来解释这一现象——部分癌细胞从原发肿瘤病灶脱落, 迁移到子宫腔并植入子宫内膜[32]。我们认为, 子宫肌层与子宫颈相比有更好的血液供应, 而子宫颈的基质主要是纤维组织, 这就解释了细胞植入后随之发育出进血管以及脱落灶主要在子宫内生长的事实。

毫无疑问, 与标准 磁共振成像模式相比, 使用弥散加权图像和分析 ICD 地图可提高该方法的效率[33, 34]。F. Kuang 等人的研究表明, 扩散系数 值是区分 宫颈癌与正常宫颈的可靠标志, 诊断准确率高(扩散系数 的 宫颈癌值明显低于正常宫颈: $0.81 \pm 0.13 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ vs. $1.41 \pm 0.10 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$)。

扩散系数 值也可用于指示 宫颈癌的分化程度和组织学类型, 尽管在数值上存在一些重叠。值得注意的是, 扩散系数 值越高, 肿瘤的分化程度越高[34, 35]。在我们的研究中, 在选定的感兴趣区(ROI)测量的肿瘤平均 扩散系数 为 $0.833 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$ (min $440 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$, max $1282 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$), 与文献数据基本吻合。

有证据表明, 宫颈鳞状细胞癌和 腺癌的 扩散系数 值存在差异: 鳞状细胞癌的 扩散系数 值明显较低[36]。

Y.-C. Lin 等人的一项研究显示, 在宫颈鳞状细胞癌和腺癌的情况下, 扩散系数值明显较低[36]。Lin 等人的研究表明, 在形态不明确的情况下, 肿瘤的扩散系数值可用于区分其组织学归属: 子宫内膜癌的平均扩散系数值($0.766 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$)明显低于 CC ($0.969 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{sec}$)。还有人指出, 子宫内膜癌的特点是肿瘤在宫颈中主要呈纵向生长, 而 CC 的生长模式主要是椭圆形[37, 38]。E.V. Tarachkova 等人研究了 腺癌与宫颈鳞状细胞癌之间的符号学差异。在 90 例经组织学验证的 宫颈癌患者中发现, 与鳞状细胞癌相比, 腺癌在 T2-WI 上的信号强度更

高, 异质性更小, 脂肪组织的信号受到抑制[39]。

根据 磁共振成像对子宫腺癌进行鉴别诊断的关键点是原发肿瘤的定位。例如, 在大多数情况下, 伴有子宫内膜病变的子宫内膜腺癌和扩散到子宫颈的子宫内膜腺癌在信号特征上是无法区分的。而且, 正如本研究所示, 我们绝对不能仅仅依赖于对较大肿瘤体积的定位分析。

在我们的研究中, 经组织学证实的宫颈内膜 腺癌病例中只有 65% (20 例中有 13 例)只位于宫颈。在 35% 的病例中(20 例中有 7 例), 肿瘤与子宫内膜癌相似, 在子宫腔和宫颈管内都发现了肿瘤块。在宫颈内膜腺癌病灶脱落到子宫内膜的病例中(20 例中有 3 例, 占 15%), 有 2 例患者子宫内膜的肿瘤种植大小超过了原发宫颈肿瘤的大小(见图 5, d)。2009 年, Johns Hopkins University 的研究人员 A. Yemelyanova 等人也注意到了 腺癌增长的类似趋势。科学家们详细分析了 10 例子宫体和宫颈同时发生病变的 腺癌, 得出的结论是, 子宫内膜样腺癌往往在宫颈发生轻微病变的情况下最终成为 腺癌[40]。

目前, 病理形态学和免疫组化研究是鉴别诊断复杂宫颈腺癌和子宫体癌的客观工具。同时, 需要注意的是, 即使是病理形态学和免疫组化研究, 也不能对 100%的病例做出明确诊断, 因为有些子宫内膜样腺癌很难与宫颈内膜 腺癌区分开来: 后者的 腺癌有可能被 p16、雌激素和孕激素受体部分染色[17]。对 宫颈癌子宫内膜样腺癌的诊断应慎重。在子宫颈和子宫体的子宫内膜样腺癌中, 免疫组织化学特征通常可能没有差异(41)。如果子宫体和宫颈同时发生病变, 应排除子宫内膜腺癌和卵巢腺癌的播散型变异, 并将临床和诊断数据联系起来, 因为肿瘤的原发部位对治疗策略和化疗方案的选择至关重要。根据 IECC, “子宫内膜样宫颈腺癌”一词应与恶性程度低的子宫内膜样腺体肿瘤相对应, 并通过伴发病变(鳞状细胞增生或子宫内膜异位症)来确认[41]。

因此, 目前复杂宫颈和子宫颈腺癌的鉴别诊断应基于对患者的全面检查, 包括病史资料、体格检查、形态学检查、免疫组化检查和 磁共振成像结果。

结论

由于肿瘤呈浸润性生长, 肿瘤常位于宫颈管上部 and 宫颈粘膜峡部区域, 宫颈内膜异位症在晚期才被诊断出来, 这同样是由于在进行 腺癌检查时难以收集到足够的细胞学材料, 以及在妇科检查时无法观察到宫颈的变化, 因而无法及时发现肿瘤的存在。宫颈内膜 腺癌诊断较晚, 导致发现时已是局部扩散的过程, 子宫内膜经常直接或转移性病变, 类似于原发性子宫内膜癌。

本研究表明, 核磁共振成像是一种很好的工具, 在检测子宫肿瘤病理方面具有很高的诊断信息率。通过 磁共振成像数据分析确定的 腺癌肿

瘤生长的 4 种宏观结构类型表明, 肿瘤生长具有局部侵袭性, 子宫内膜脱落的发生率较高, 并且还将有助于放射科医生构建描述性图片, 包括经核实的 腺癌, 从而更好地制定患者的治疗方案。

磁共振成像在检测小型 腺癌肿瘤方面存在局限性, 这是因为肿瘤的生长主要是浸润性和扩散性的, 而不会导致子宫增大或宫颈内膜信号特征发生变化。同时, 根据 磁共振成像的数据, 宫颈管的不均匀增大和增生使得怀疑肿瘤病变, 并及时将妇女转诊至妇科医生成为可能。由于对原位 腺癌患者的管理缺乏明确的建议, 因此 磁共振成像是监测这类患者的首选方法。应将体格检查 (妇科检查)、仪器检查 (磁共振成像) 和形态学诊断方法结合起来, 以确定子宫腺癌的主要特征。

REFERENCES

1. Global health estimates: Leading causes of death. Cause-specific mortality, 2000–2019. World Health Organization; c2024. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>
2. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin.* 2021;71(3):209–249. doi: 10.3322/caac.21660
3. Kaprin AD, Starinskii VV, Shakhzadova AO, editors. *State of oncological care for the Russian population in 2021*. Moscow: MNIOI im. P.A. Gertsena — filial FGBU “NMITs radiologii” Minzdrava Rossii; 2022. (In Russ).
4. Chan ZF, Zhi KZ. Prevalence and attribution of high-risk HPV in different histological types of cervical cancer. *Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi.* 2019;54(5):293–300. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-567x.2019.05.002
5. Li N, Franceschi S, Howell-Jones R, et al. Human papillomavirus type distribution in 30,848 invasive cervical cancers worldwide: Variation by geographical region, histological type and year of publication. *Int J Cancer.* 2011;128(4):927–935. doi: 10.1002/ijc.25396
6. Nicolás I, Marimon L, Barnadas E, et al. HPV-negative tumors of the uterine cervix. *Mod Pathol.* 2019;32(8):1189–1196. doi: 10.1038/s41379-019-0249-1
7. NCCN guidelines panel. Cervical Cancer. Version 1.2021 PA: National Comprehensive Cancer Network; c2024. Available from: <https://www.nccn.org/guidelines/guidelines-detail?category=1&id=1426>
8. *Cervical cancer. Clinical guidelines*. ID 537. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2020. Available from: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/537_1 (In Russ).
9. Stolnicu S, Barsan I, Hoang L, et al. International Endocervical Adenocarcinoma Criteria and Classification (IECC): A New Pathogenetic Classification for Invasive Adenocarcinomas of the Endocervix. *Am J Surg Pathol.* 2018;42(2):214–226. doi: 10.1097/PAS.0000000000000986
10. Grigoruk OG, Moskvina TA, Tsoy DA, et al. Endocervical adenocarcinomas. Cytological, histological, and molecular diagnostics. *Tumors of female reproductive system.* 2022;18(2):109–118. doi: 10.17650/1994-4098-2022-18-2-109-118
11. World Health Organization. Female Genital Tumors. In: *WHO Classification of Tumours, 5th Edition, Volume 4*. International Agency for Research on Cancer; 2020.
12. Islami F, Fedewa SA, Jemal A. Trends in cervical cancer incidence rates by age, race/ethnicity, histological subtype, and stage at diagnosis in the United States. *Preventive Medicine.* 2019;123:316–323. doi: 10.1016/j.ypmed.2019.04.010
13. Hu J, Zheng P, Zhu L. Comparison of clinical pathological characteristics in ovarian preserving patients with stage IB1 cervical adenocarcinoma and squamous cell carcinoma. *Journal of Peking University (Health Sciences).* 2016;48(5):783–787. doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.05.006
14. Hu K, Wang W, Liu X, et al. Comparison of treatment outcomes between squamous cell carcinoma and adenocarcinoma of cervix after definitive radiotherapy or concurrent chemoradiotherapy. *Radiat Oncol.* 2018;13(1):249. doi: 10.1186/s13014-018-1197-5
15. Fan Y, Wang M, Mu Y, et al. Ovarian metastasis in women with cervical carcinoma in stages IA to IIB. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(31):e21146. doi: 10.1097/MD.00000000000021146
16. Bhatla N, Aoki D, Sharma DN, et al. Cancer of the cervix uteri: 2021 update. *Int J Gynaecol Obstet.* 2021;155 Suppl. 1:28–44. doi: 10.1002/ijgo.13865
17. Stewart CJR, Crum CP, McCluggage WG, et al. Guidelines to Aid in the Distinction of Endometrial and Endocervical Carcinomas, and the Distinction of Independent Primary Carcinomas of the Endometrium and Adnexa From Metastatic Spread Between These and Other Sites. *Int J Gynecol Pathol.* 2019;38 Suppl. 1(1 Suppl. 1):S75–S92. doi: 10.1097/PGP.0000000000000553
18. Song J, Im S, Lee SH, Jang HJ. Deep Learning-Based Classification of Uterine Cervical and Endometrial Cancer Subtypes from Whole-Slide Histopathology Images. *Diagnostics (Basel).* 2022;12(11):2623. doi: 10.3390/diagnostics12112623
19. Woo S, Atun R, Ward ZJ, et al. Diagnostic performance of conventional and advanced imaging modalities for assessing newly diagnosed cervical cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol.* 2020;30(10):5560–5577. doi: 10.1007/s00330-020-06909-3

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. I.B. Antonova — concept and design of the study, agreement on the final version of the text; S.P. Aksenova — writing the text of the article, analyzing the results, preparing illustrations, editing the manuscript; N.V. Nudnov — concept and design of the study, approval of the final version of the text; A.V. Krieger — writing the text of the article, analyzing the results, editing the manuscript.

20. Merz J, Bossart M, Bamberg F, et al. Revised FIGO Staging for Cervical Cancer — A New Role for MRI. *Rofo*. 2020;192(10):937–944. doi: 10.1055/a-1198-5729
21. Rubtsova NA, Novikova EG, Sinitsyn VE. MRI opportunities in cervical cancer local staging preoperative evaluation. *Obstetrics, Gynecology and Reproduction*. 2012;6(3):6–13. EDN: PUVJZT
22. Balcacer P, Shergill A, Litkouhi B. MRI of cervical cancer with a surgical perspective: staging, prognostic implications and pitfalls. *Abdom Radiol (NY)*. 2019;44(7):2557–2571. doi: 10.1007/s00261-019-01984-7
23. Woo S, Suh CH, Kim SY, et al. Magnetic resonance imaging for detection of parametrial invasion in cervical cancer: An updated systematic review and meta-analysis of the literature between 2012 and 2016. *European Radiology*. 2018;28(2):530–541. doi: 10.1007/s00330-017-4958-x
24. Alt CD, Bharwani N, Danza FM, et al. ESUR Quick Guide to Female Pelvis Imaging. ESUR, 2019. Available from: https://www.researchgate.net/publication/334725882_ESUR_Quick_Guide_to_Female_Pelvis_Imaging
25. Castanon A, Landy R, Sasieni PD. Is cervical screening preventing adenocarcinoma and adenosquamous carcinoma of the cervix. *Int J Cancer*. 2016;139(5):1040–1045 doi: 10.1002/ijc.30152
26. Suh DH, Ha HI, Lee YJ, et al. Incidence and treatment outcomes of uterine cervical cancer in Korea 1999–2018 from the national cancer registry. *J Gynecol Oncol*. 2023;34(2):e39. doi: 10.3802/jgo.2023.34.e39
27. Miyamoto T, Kobara H, Shiozawa T. Biology and management of lobular endocervical glandular hyperplasia. *J Obstet Gynaecol Res*. 2022;48(12):3056–3067. doi: 10.1111/jog.15441
28. Kerwin CM, Markese M, Moroney MR, et al. Adenocarcinoma of the uterine cervix, gastric-type (GAS): a review of the literature focused on pathology and multimodality imaging. *Abdom Radiol (NY)*. 2023;48(2):713–723. doi: 10.1007/s00261-022-03724-w
29. Marnitz S, Tsunoda AT, Martus P, et al. Surgical versus clinical staging prior to primary chemoradiation in patients with cervical cancer FIGO stages IIB–IVA: oncologic results of a prospective randomized international multicenter (Uterus-11) intergroup study. *Int J Gynecol Cancer*. 2020;30(12):1855–1861. doi: 10.1136/ijgc-2020-001973
30. Akhavan S, Mousavi A, Sheikh Hassani S, et al. Evaluation of Cervical Cancer Staging Based on Magnetic Resonance Imaging in Comparison with Surgical Staging. *Int J Cancer Manag*. 2023;16(1):e126966. doi: 10.5812/ijcm-126966
31. Trukhacheva NG, Frolova IG, Kolomiets LA, et al. Assessment of the extent of cervical cancer spread using magnetic resonance imaging. *Siberian journal of oncology*. 2015;(2):64–70. EDN: TSLSAD
32. Horn LC, Höhn AK, Stark S, et al. Endocervical adenocarcinoma in situ (AIS) with ovarian and pulmonary involvement: report of a case and review of the literature suggesting a “seed and soil hypothesis”. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2019;145(8):2061–2069. doi: 10.1007/s00432-019-02966-4
33. Mao L, Zhang X, Chen T, et al. High-resolution reduced field-of-view diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the diagnosis of cervical cancer. *Quant Imaging Med Surg*. 2023;13(6):3464–3476. doi: 10.21037/qims-22-579
34. Kuang F, Ren J, Zhong Q, et al. The value of apparent diffusion coefficient in the assessment of cervical cancer. *Eur Radiol*. 2013;23(4):1050–1058. doi: 10.1007/s00330-012-2681-1
35. Wang M, Perucho JAU, Chan Q. Diffusion Kurtosis Imaging in the Assessment of Cervical Carcinoma. *Acad Radiol*. 2020;27(5):E94–E101. doi: 10.1016/j.acra.2019.06.022
36. Monist M, Lewkowicz D, Piętak P, et al. Synchronously occurring endometrioid carcinomas of the uterine corpus and uterine cervix preceded by different precancerous lesions: A case study and a literature review. *Pathol Res Pract*. 2023;245:154452. doi: 10.1016/j.prp.2023.154452
37. Lin YC, Lin G, Chen YR, et al. Role of magnetic resonance imaging and apparent diffusion coefficient at 3T in distinguishing between adenocarcinoma of the uterine cervix and endometrium. *Chang Gung Med J*. 2011;34(1):93–100.
38. Gui B, Lupinelli M, Russo L, et al. MRI in uterine cancers with uncertain origin: Endometrial or cervical? Radiological point of view with review of the literature. *European journal of radiology*. 2022;153:110357. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110357
39. Tarachkova EV, Shorikov MA, Panov VO, et al. Possibilities of multiparametric MRI in the differential diagnosis of histological types of cervical cancer in the preoperative period. *Tumors of female reproductive system*. 2016;12(2):60–69. doi: 10.17650/1994-4098-2016-12-2-60-69
40. Yemelyanova A, Vang R, Seidman JD, Gravitt PE, Ronnett BM. Endocervical adenocarcinomas with prominent endometrial or endomyometrial involvement simulating primary endometrial carcinomas: utility of HPV DNA detection and immunohistochemical expression of p16 and hormone receptors to confirm the cervical origin of the corpus tumor. *Am J Surg Pathol*. 2009;33(6):914–924. doi: 10.1097/PAS.0b013e3181971fdd
41. Jain P, Aggarwal A, Ghasi RG, et al. Role of MRI in diagnosing the primary site of origin in indeterminate cases of uterocervical carcinomas: a systematic review and meta-analysis. *Br J Radiol*. 2022;95(1129):20210428. doi: 10.1259/bjr.20210428

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Global health estimates: Leading causes of death. Cause-specific mortality, 2000–2019. World Health Organization; c2024. Доступ по ссылке: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>
2. Sung H, Ferlay J, Siegel R.L., et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA Cancer J Clin*. 2021. Vol. 71, N 3. P. 209–249. doi: 10.3322/caac.21660
3. Состояние онкологической помощи населению России в 2021 году / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. Москва : МНИОИ им. П.А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022.
4. Chan Z.F., Zhi K.Z. Prevalence and attribution of high-risk HPV in different histological types of cervical cancer // *Zhonghua Fu Chan Ke Za Zhi*. 2019. Vol. 54, N 5. P. 293–300. doi: 10.3760/cma.j.issn.0529-567x.2019.05.002

5. Li N., Franceschi S., Howell-Jones R., et al. Human papillomavirus type distribution in 30,848 invasive cervical cancers worldwide: Variation by geographical region, histological type and year of publication // *Int J Cancer*. 2011. Vol. 128, N 4. P. 927–935. doi: 10.1002/ijc.25396
6. Nicolás I., Marimon L., Barnadas E., et al. HPV-negative tumors of the uterine cervix // *Mod Pathol*. 2019. Vol. 32, N 8. P. 1189–1196. doi: 10.1038/s41379-019-0249-1
7. NCCN guidelines panel. Cervical Cancer. Version 1.2021 PA: National Comprehensive Cancer Network; c2024. Доступ по ссылке: <https://www.nccn.org/guidelines/guidelines-detail?category=1&id=1426>
8. Клинические рекомендации — Рак шейки матки. ID 537. Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава РФ. 2020. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/537_1
9. Stolicu S., Barsan I., Hoang L., et al. International Endocervical Adenocarcinoma Criteria and Classification (IECC): A New Pathogenetic Classification for Invasive Adenocarcinomas of the Endocervix // *Am J Surg Pathol*. 2018. Vol. 42, N 2. P. 214–226. doi: 10.1097/PAS.0000000000000986
10. Григорук О.Г., Москвина Т.А., Цой Д.А., и др. Эндоцервикальные аденокарциномы. Цитологическая, гистологическая и молекулярно-генетическая диагностика // *Опухоли женской репродуктивной системы*. 2022. Т. 18, № 2. С. 109–118. doi: 10.17650/1994-4098-2022-18-2-109-118
11. World Health Organization. Female Genital Tumors. In: WHO Classification of Tumours, 5th Edition, Volume 4. International Agency for Research on Cancer, 2020.
12. Islami F., Fedewa S.A., Jemal A. Trends in cervical cancer incidence rates by age, race/ethnicity, histological subtype, and stage at diagnosis in the United States // *Preventive Medicine*. 2019. Vol. 123. P. 316–323. doi: 10.1016/j.ypmed.2019.04.010
13. Hu J., Zheng P., Zhu L. Comparison of clinical pathological characteristics in ovarian preserving patients with stage IB1 cervical adenocarcinoma and squamous cell carcinoma // *Journal of Peking University (Health Sciences)*. 2016. Vol. 48, N 5. P. 783–787. doi: 10.3969/j.issn.1671-167X.2016.05.006
14. Hu K., Wang W., Liu X., et al. Comparison of treatment outcomes between squamous cell carcinoma and adenocarcinoma of cervix after definitive radiotherapy or concurrent chemoradiotherapy // *Radiat Oncol*. 2018. Vol. 13, N 1. P. 249. doi: 10.1186/s13014-018-1197-5
15. Fan Y., Wang M., Mu Y., et al. Ovarian metastasis in women with cervical carcinoma in stages IA to IIB // *Medicine (Baltimore)*. 2020. Vol. 99, N 31. P. e21146. doi: 10.1097/MD.00000000000021146
16. Bhatla N., Aoki D., Sharma D.N., et al. Cancer of the cervix uteri: 2021 update // *Int J Gynaecol Obstet*. 2021. Vol. 155 Suppl. 1. P. 28–44. doi: 10.1002/ijgo.13865
17. Stewart C.J.R., Crum C.P., McCluggage W.G., et al. Guidelines to Aid in the Distinction of Endometrial and Endocervical Carcinomas, and the Distinction of Independent Primary Carcinomas of the Endometrium and Adnexa From Metastatic Spread Between These and Other Sites // *Int J Gynecol Pathol*. 2019. Vol. 38 Suppl. 1, N 1 Suppl. 1. P. S75–S92. doi: 10.1097/PGP.0000000000000553
18. Song J., Im S., Lee S.H., Jang H.J. Deep Learning-Based Classification of Uterine Cervical and Endometrial Cancer Subtypes from Whole-Slide Histopathology Images // *Diagnostics (Basel)*. 2022. Vol. 12, N 11. P. 2623. doi: 10.3390/diagnostics12112623
19. Woo S., Atun R., Ward Z.J., et al. Diagnostic performance of conventional and advanced imaging modalities for assessing newly diagnosed cervical cancer: systematic review and meta-analysis // *Eur Radiol*. 2020. Vol. 30, N 10. P. 5560–5577. doi: 10.1007/s00330-020-06909-3
20. Merz J., Bossart M., Bamberg F., et al. Revised FIGO Staging for Cervical Cancer — A New Role for MRI // *Rofo*. 2020. Vol. 192, N 10. P. 937–944. doi: 10.1055/a-1198-5729
21. Рубцова Н.А., Новикова Е.Г., Сеницын В.Е. Возможности МРТ в предоперационной оценке местной распространенности рака шейки матки // *Акушерство, гинекология и репродукция*. 2012. Т. 6, № 3. С. 6–13. EDN: PUVJZT
22. Balcacer P., Shergill A., Litkouhi B. MRI of cervical cancer with a surgical perspective: staging, prognostic implications and pitfalls // *Abdom Radiol (NY)*. 2019. Vol. 44, N 7. P. 2557–2571. doi: 10.1007/s00261-019-01984-7
23. Woo S., Suh C.H., Kim S.Y., et al. Magnetic resonance imaging for detection of parametrial invasion in cervical cancer: An updated systematic review and meta-analysis of the literature between 2012 and 2016 // *European Radiology*. 2018. Vol. 28, N 2. P. 530–541. doi: 10.1007/s00330-017-4958-x
24. Alt C.D., Bharwani N., Danza F.M., et al. ESUR Quick Guide to Female Pelvis Imaging. ESUR, 2019. Доступ по ссылке: https://www.researchgate.net/publication/334725882_ESUR_Quick_Guide_to_Female_Pelvis_Imaging
25. Castanon A., Landy R., Sasieni P.D. Is cervical screening preventing adenocarcinoma and adenosquamous carcinoma of the cervix? // *Int J Cancer*. 2016. Vol. 139, N 5. P. 1040–1045. doi: 10.1002/ijc.30152
26. Suh D.H., Ha H.I., Lee Y.J., et al. Incidence and treatment outcomes of uterine cervical cancer in Korea 1999–2018 from the national cancer registry // *J Gynecol Oncol*. 2023. Vol. 34, N 2. P. e39. doi: 10.3802/jgo.2023.34.e39
27. Miyamoto T., Kobara H., Shiozawa T. Biology and management of lobular endocervical glandular hyperplasia // *J Obstet Gynaecol Res*. 2022. Vol. 48, N 12. P. 3056–3067. doi: 10.1111/jog.15441
28. Kerwin C.M., Markese M., Moroney M.R., et al. Adenocarcinoma of the uterine cervix, gastric-type (GAS): a review of the literature focused on pathology and multimodality imaging // *Abdom Radiol (NY)*. 2023. Vol. 48, N 2. P. 713–723. doi: 10.1007/s00261-022-03724-w
29. Marnitz S., Tsunoda A.T., Martus P., et al. Surgical versus clinical staging prior to primary chemoradiation in patients with cervical cancer FIGO stages IIB–IVA: oncologic results of a prospective randomized international multicenter (Uterus-11) intergroup study // *Int J Gynecol Cancer*. 2020. Vol. 30, N 12. P. 1855–1861. doi: 10.1136/ijgc-2020-001973
30. Akhavan S., Mousavi A., Sheikh Hassani S., et al. Evaluation of Cervical Cancer Staging Based on Magnetic Resonance Imaging in Comparison with Surgical Staging // *Int J Cancer Manag*. 2023. Vol. 16, N 1. P. e126966. doi: 10.5812/ijcm-126966

31. Трухачёва Н.Г., Фролова И.Г., Коломиец Л.А., и др. Оценка степени распространённости рака шейки матки при использовании MPT // Сибирский онкологический журнал. 2015. № 2. С. 64–70. EDN: TSLSD
32. Horn L.C., Höhn A.K., Stark S., et al. Endocervical adenocarcinoma in situ (AIS) with ovarian and pulmonary involvement: report of a case and review of the literature suggesting a “seed and soil hypothesis” // J Cancer Res Clin Oncol. 2019. Vol. 145, N 8. P. 2061–2069. doi: 10.1007/s00432-019-02966-4
33. Mao L., Zhang X., Chen T., et al. High-resolution reduced field-of-view diffusion-weighted magnetic resonance imaging in the diagnosis of cervical cancer // Quant Imaging Med Surg. 2023. Vol. 13, N 6. P. 3464–3476. doi: 10.21037/qims-22-579
34. Kuang F., Ren J., Zhong Q., et al. The value of apparent diffusion coefficient in the assessment of cervical cancer // Eur Radiol. 2013. Vol. 23, N 4. P. 1050–1058. doi: 10.1007/s00330-012-2681-1
35. Wang M., Peruchio J.A.U., Chan Q. Diffusion Kurtosis Imaging in the Assessment of Cervical Carcinoma // Acad Radiol. 2020. Vol. 27, N 5. P. E94–E101. doi: 10.1016/j.acra.2019.06.022
36. Monist M., Lewkowicz D., Piętak P., et al. Synchronously occurring endometrioid carcinomas of the uterine corpus and uterine cervix preceded by different precancerous lesions: A case study and a literature review // Pathol Res Pract. 2023. Vol. 245. P. 154452. doi: 10.1016/j.prp.2023.154452
37. Lin Y.C., Lin G., Chen Y.R., et al. Role of magnetic resonance imaging and apparent diffusion coefficient at 3T in

distinguishing between adenocarcinoma of the uterine cervix and endometrium // Chang Gung Med J. 2011. Vol. 34, N 1. P. 93–100.

38. Gui B., Lupinelli M., Russo L., et al. MRI in uterine cancers with uncertain origin: Endometrial or cervical? Radiological point of view with review of the literature // European journal of radiology. 2022. Vol. 153. P. 110357. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110357

39. Тарачкова Е.В., Шорилов М.А., Панов В.О., и др. Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в дифференциальной диагностике гистологического типа рака шейки на дооперационном этапе // Опухоли женской репродуктивной системы. 2016. Т. 12, № 2. С. 60–69. doi: 10.17650/1994-4098-2016-12-2-60-69

40. Yemelyanova A., Vang R., Seidman J.D., Gravitt P.E., Ronnett B.M. Endocervical adenocarcinomas with prominent endometrial or endomyometrial involvement simulating primary endometrial carcinomas: utility of HPV DNA detection and immunohistochemical expression of p16 and hormone receptors to confirm the cervical origin of the corpus tumor // Am J Surg Pathol. 2009. Vol. 33, N 6. P. 914–924. doi: 10.1097/PAS.0b013e3181971fdd

41. Jain P., Aggarwal A., Ghazi R.G., et al. Role of MRI in diagnosing the primary site of origin in indeterminate cases of uterocervical carcinomas: a systematic review and meta-analysis // Br J Radiol. 2022. Vol. 95, N 1129. P. 20210428. doi: 10.1259/bjr.20210428

AUTHORS' INFO

* **Svetlana P. Aksenova**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 86 Profsoyuznaya Str., Moscow, 117997, Russia;
ORCID: 0000-0003-2552-5754;
eLibrary SPIN: 4858-4627;
e-mail: fabella@mail.ru

Irina B. Antonova, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-2668-2110;
eLibrary SPIN: 6247-3917;
e-mail: Iran24@yandex.ru

Nikolay V. Nudnov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-5994-0468;
eLibrary SPIN: 3018-2527;
e-mail: nudnov@rncrr.ru

Anna V. Kriger;
ORCID: 0000-0001-6823-2658;
eLibrary SPIN: 2338-6164;
e-mail: dr.akriger@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

* **Аксенова Светлана Павловна**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 86;
ORCID: 0000-0003-2552-5754;
eLibrary SPIN: 4858-4627;
e-mail: fabella@mail.ru

Антонова Ирина Борисовна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-2668-2110;
eLibrary SPIN: 6247-3917;
e-mail: Iran24@yandex.ru

Нуднов Николай Васильевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-5994-0468;
eLibrary SPIN: 3018-2527;
e-mail: nudnov@rncrr.ru

Кригер Анна Валентиновна;
ORCID: 0000-0001-6823-2658;
eLibrary SPIN: 2338-6164;
e-mail: dr.akriger@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

Magnetic resonance imaging in the evaluation of pectus excavatum

Gulishe S. Muzafarova, Marina V. Vishnyakova, Alexander S. Abramenko, Vladimir A. Kuzmichev, Vladimir V. Gatsutsyn

Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Magnetic resonance imaging is more often used to confirm the presence of pectus excavatum and assess compression changes in the heart at this level.

AIM: To evaluate pectus excavatum preoperatively according to magnetic resonance imaging findings.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective evaluation of chest magnetic resonance imaging data of 38 patients (male, $n=30$; female, $n=8$) was performed. The average age was 19.9 years (± 9 years). Cardiac magnetic resonance imaging was performed on a 1.5-T General Electric Optima MR450w GEM scanner with 2D-FIESTA-C pulse sequences, as well as functional assessment of the left and right ventricles. Parameters for surgical treatment of pectus excavatum were as follows: the Haller index, correction index, and sternum rotation angle. Statistical analysis of the relationship between the Haller index, correction index, and sternum rotation angle and ejection fraction of the right ventricle was conducted. A p -value < 0.05 was considered significant.

RESULTS: Moderate and severe pectus excavatum were found in 92% of the cases. No significant Pearson correlation was obtained between the Haller index and right ventricular ejection fraction (inspiratory and expiratory ejection fraction, $p=0.777$ and 0.798 , respectively). The mean right ventricular ejection fraction was 46%. A correlation was noted between the Haller index and the correction index ($p < 0.05$). The rotation angle of the sternum, which required modification of surgical intervention, was detected in 44.7% of patients.

CONCLUSION: Magnetic resonance imaging is an informative diagnostic method for pectus excavatum without radiation exposure and enables detailed preoperative assessment. A correlation was noted between the Haller index and the correction index ($p < 0.05$). Magnetic resonance imaging revealed a decrease in the ejection fraction of the right ventricle.

Keywords: pectus excavatum; magnetic resonance imaging; right ventricle ejection fraction; Haller index; correction index; sternal torsion angle.

To cite this article:

Muzafarova GS, Vishnyakova MV, Abramenko AS, Kuzmichev VA, Gatsutsyn VV. Magnetic resonance imaging in the evaluation of pectus excavatum. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):167–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

Магнитно-резонансная томография при воронкообразной деформации грудной клетки

Г.С. Музафарова, М.В. Вишнякова, А.С. Абраменко, В.А. Кузьмичев, В.В. Гацуцын

Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Магнитно-резонансная томография чаще применяется для подтверждения факта наличия воронкообразной деформации грудной клетки, а также для оценки компрессионных изменений сердца на этом уровне.

Цель — прицельная предоперационная оценка воронкообразной деформации грудной клетки по данным магнитно-резонансной томографии.

Материалы и методы. Проведена ретроспективная оценка магнитно-резонансной томографии органов грудной клетки у 38 пациентов (30 мужского пола, 8 женского пола). Средний возраст — 19,9 года (± 9 лет).

Магнитно-резонансная томография сердца выполнялась на аппарате General Electric Optima MR450w GEM 1,5 Тл с использованием импульсных последовательностей 2D-FIESTA-C с электрокардиографической синхронизацией с функциональной оценкой состояния левого и правого желудочков. Были получены параметры, необходимые для дальнейшего оперативного лечения пациентов по поводу воронкообразной деформации грудины — индекс Галлера, индекс коррекции, угол ротации грудины.

Проведена статистическая обработка полученных данных, поиск взаимосвязи между индексом Галлера, индексом коррекции, углом ротации грудины и фракцией выброса правого желудочка. Значение $p < 0,05$ считали границей статистической значимости.

Результаты. В 92% случаев у пациентов выявлена умеренная и тяжёлая воронкообразная деформация грудной клетки. При поиске взаимосвязи между значениями индекса Галлера и фракцией выброса правого желудочка не было получено статистически значимой корреляции Пирсона ($p=0,777$ для значений фракции выброса на вдохе и $p=0,798$ для значений фракции выброса на выдохе). Среднее значение фракции выброса правого желудочка составило 46%. При статистическом анализе по мере увеличения индекса Галлера (увеличение степени деформации органов грудной клетки) было отмечено увеличение индекса коррекции ($p < 0,05$). Значения угла ротации грудины, потребовавшие модификации оперативного вмешательства (более 15°), были выявлены у 44,7% пациентов.

Заключение. Магнитно-резонансная томография — высокоинформативный метод диагностики при воронкообразной деформации грудной клетки: без лучевой нагрузки и с возможностью подробной предоперационной оценки патологических изменений.

Получены данные о наличии корреляции между значениями индекса Галлера и индекса коррекции ($p < 0,05$). Кроме того, по данным магнитно-резонансной томографии выявлено уменьшение фракции выброса правого желудочка.

Ключевые слова: воронкообразная деформация грудной клетки; магнитно-резонансная томография; фракция выброса правого желудочка; индекс Галлера; индекс коррекции; угол ротации грудины.

Как цитировать:

Музафарова Г.С., Вишнякова М.В., Абраменко А.С., Кузьмичев В.А., Гацуцын В.В. Магнитно-резонансная томография при воронкообразной деформации грудной клетки // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 167–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

漏斗胸畸形的磁共振成像

Gulishe S. Muzafarova, Marina V. Vishnyakova, Alexander S. Abramenko,
Vladimir A. Kuzmichev, Vladimir V. Gatsutsyn

Moscow Regional Research and Clinical Institute, Moscow, Russia

摘要

论证。磁共振成像更常用于确认是否存在漏斗胸畸形，并评估该水平的胸部压迫变化。

目的是通过磁共振成像对漏斗胸畸形进行术前评估。

材料和方法。我们对 38 名患者 (30 名男性, 8 名女性) 的胸部器官磁共振成像进行了回顾性评估。平均年龄为 19.9 岁 (± 9 岁)。

心脏磁共振成像是在 General Electric Optima MR450w GEM 1.5 特斯拉设备上进行的, 使用的是 2D-FIESTA-C 脉冲序列, 同时进行了伴有左心室和右心室功能评估的心电图同步。获得了对漏斗胸畸形患者进行进一步手术治疗所需的参数: Haller 指数、矫正指数、胸骨旋转角度。

对获得的数据进行统计处理, 寻找 Haller 指数、矫正指数、胸骨旋转角度和右心室射血分数之间的相关性。P<0.05 的值被认为是统计学意义的边界。

结果。在 92% 的患者中发现了中度和重度漏斗胸畸形。在寻找 Haller 指数值与右心室射血分数之间的相关性时, 未发现具有统计学意义的 Pearson 相关性 (吸气射血分数值的相关性为 $P=0.777$, 呼气射血分数值的相关性为 $P=0.798$)。右心室射血分数的平均值为 46%。在统计分析中, 随着 Haller 指数 (胸腔器官畸形程度的增加) 的增加, 矫正指数也在增加 ($P<0.05$)。44.7% 的患者的胸骨旋转角度值需要修改手术干预 (超过 15°)。

结论。磁共振成像是一种对漏斗胸畸形有高度参考价值的诊断方法: 无需放射线照射, 还能对病理变化进行详细的术前评估。

数据显示了, Haller 指数与矫正指数值之间存在相关性 ($P<0.05$)。此外, 磁共振成像数据显示了, 右心室射血分数有所下降。

关键词: 漏斗胸畸形; 磁共振成像; 右心室射血分数; Haller 指数; 矫正指数; 胸骨旋转角度。

引用本文:

Muzafarova GS, Vishnyakova MV, Abramenko AS, Kuzmichev VA, Gatsutsyn VV. 漏斗胸畸形的磁共振成像. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):167–177.
DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568087>

收到: 07.08.2023

接受: 22.03.024

发布日期: 19.06.2024

论证

漏斗状胸部畸形 (pectus excavatum) 是一种常见的胸部发育缺陷 (发生率为新生儿的 1:300-1000)，其临床表现多见于 10-12 岁和青春期 [1, 2]。

在漏斗状胸部畸形中，胸骨和前肋骨呈不同深度和形状的凹陷。据推测，胸部畸形是肋软骨发育异常，过度生长，导致胸骨进行性移位的结果。这种变化在第 IV 至第 VII 肋骨与胸骨相连处最为明显。当胸骨向前方移位时，可诊断为腹侧型改变，即龙骨状畸形；当胸骨向后方移位时，可诊断为背侧型或漏斗状畸形 [2]。

除外观缺陷外，漏斗状胸部畸形还会导致纵隔器官和结构移位以及肺组织受压，从而导致心肺功能改变和体力活动减少 [3-6]。

为了评估变形程度以及改变的胸壁与纵隔器官之间的关系，X射线计算机断层扫描由于其广泛的可用性和研究速度而被广泛使用 [3]。

磁共振成像 (MRI) 也用于确认是否存在畸形以及评估可能的心脏压迫 [3]。磁共振成像 无辐射负担，可提供与 CT 类似的胸骨和肋骨状况诊断数据。不过，关于 磁共振成像 在评估手术干预计划所需参数方面的信息量，只有少数资料提供了详细数据 [4]。

鉴于确定 漏斗状胸部畸形手术治疗适应症的重要性，各种指数被用来评估病变的严重程度：Haller 指数、矫正指数、胸骨旋转角度的测定。

为了确定Haller指数，在扫描的轴向平面上进行测量。胸廓横向尺寸（以肋骨内侧之间的最大距离测量）与胸廓前后尺寸（脊柱前表面与胸骨后板之间的距离）之比被计算出来 [7]。

在 漏斗状胸部畸形中，由于胸骨嵴复合体后退，前胸尺寸减小，从而导致 Haller 指数增加 [8]。Haller 指数有以下几种值 [8]：

- <2.0 - 正常；
- $2.0 \sim 3.2$ - 轻度 pectus excavatum；
- $3.2 \sim 3.5$ - 中度 pectus excavatum；
- >3.5 - 重度 pectus excavatum。

手术矫正 漏斗状胸部畸形的指征是 Haller 指数大于 3.25。

矫正指数是钢板放置后胸部变形的预期增加（式中为最大尺寸与可用最小尺寸之差）与内胸最大前后尺寸的比值乘以100。矫正指数最近被用于确定 漏斗状胸部畸形患者的治疗策略 [9]。

胸骨旋转角度的研究对 漏斗状胸部畸形患者至关重要，因为确定角度的表达和方向性可以进一步正确规划手术干预的过程 [10]。

目的

根据 磁共振成像 数据对 漏斗状胸部畸形进行有针对性的评估。

材料和方法

研究设计

进行了一项单中心回顾性研究，包括对 38 名患者进行心脏和胸部 磁共振成像 评估。

资格标准

研究的纳入标准：

- 对胸腔器官漏斗状畸形患者进行检查；
- 对心脏和胸部器官进行磁共振成像检查；
- 获得知情同意。

排除标准：

- 体内存在电子起搏器和金属元素；
- 存在幽闭恐惧症；
- 患者行为不当。

医疗干预描述

心脏核磁共振成像检查是手术治疗准备检查的一部分；研究是在通用电气Optima MR450W GEM 1.5 TL设备 (GE Healthcare, 美国) 上使用 2D-FIESTA-C脉冲序列进行的，使用 2D-FIESTA-C脉冲序列。与心电图同步的研究方案包括左心室和右心室心肌的功能评估。功能研究采用标准心轴（长两腔和四腔、短两腔）的标准心脏胶片图像序列 (balanced gradient echo)。右心室射血分数的计算在吸气和呼气时以半自动模式进行（对获得的值进行手动校正）。

胸骨漏斗状畸形患者进一步手术治疗所需的参数—Haller指数、矫正指数和胸骨旋转角度—也在心功能研究中获得。

伦理审查

心脏 磁共振成像 是应临床专家的要求作为患者术前评估的一部分进行的，因此在对所进行的研究进行回顾性评估时没有进行伦理检查。

统计分析

研究中所需的样本量没有事先计算。对获得的数据进行统计处理，计算测量参数的平均值和标准偏差。采用 Shapiro-Wilk 标准评估定量指标的分布是否符合正态分布。定量特征的相关性采用 Pearson 和 Spearman 相关性标准进行评估。给出了相关系数值、95%置信区间的界限和达到的p值。评估了双侧显著性水平。p 值小于 0.05 被视为统计学意义的边界。分析在 GraphPad Prism 9 (美国 GraphPad 软件公司) 中进行。

研究结果

研究对象 (参与者)

作为回顾性研究的一部分，对 38 名患者 (30 名男性，8 名女性) 的心脏和胸部 磁共振成像 数据进行了分析。平均年龄为 19.9 岁 (± 9 岁)。

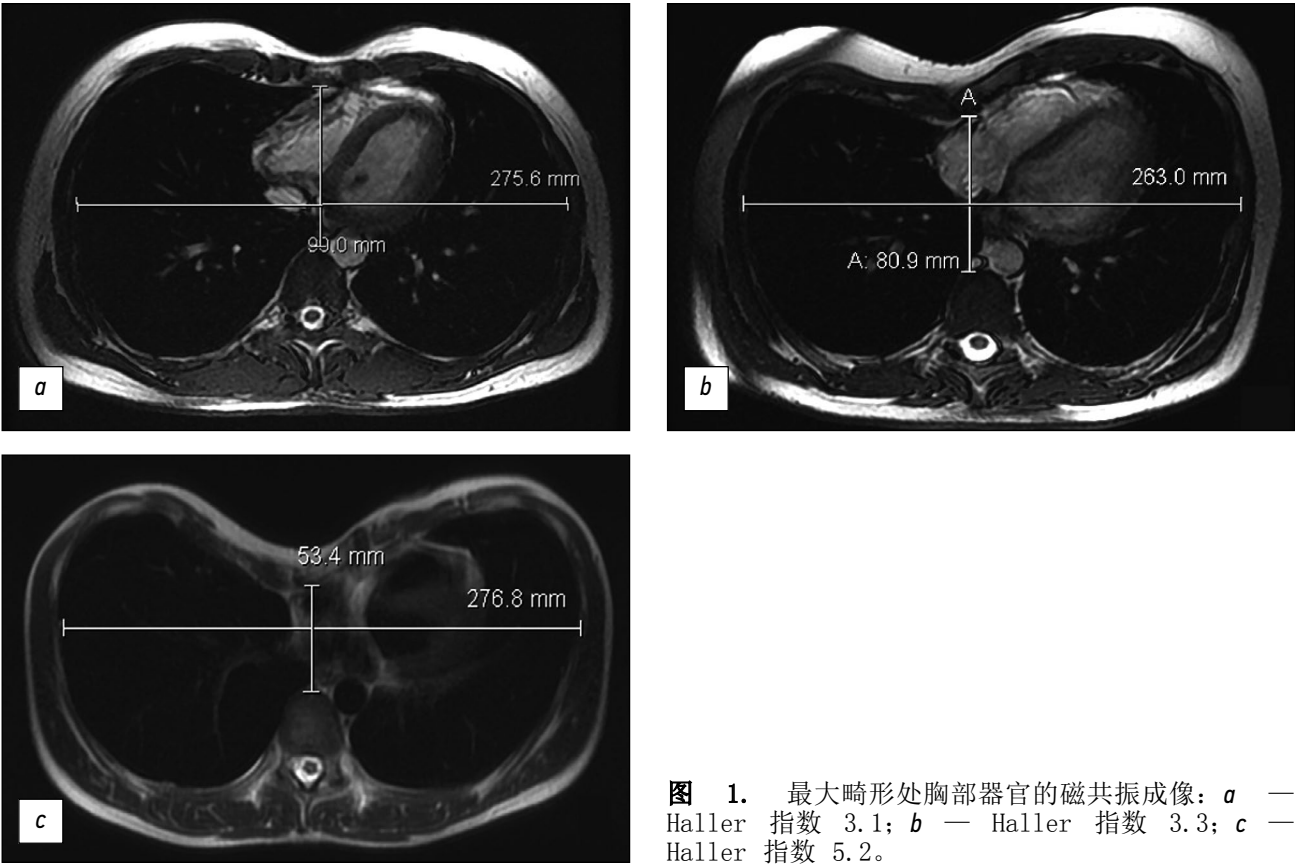


图 1. 最大畸形处胸部器官的磁共振成像：a — Haller 指数 3.1；b — Haller 指数 3.3；c — Haller 指数 5.2。

HALLER 指数

我们根据Haller指数的严重程度将患者分为3个亚组（图1，表1）。轻度漏斗状胸部畸形患者不再接受手术治疗。中度和重度胸廓畸形患者接受畸形矫正。

当搜索Haller指数的值与右心室射血分数之间的关系时，没有获得统计学上显著的Pearson相关性（吸气射血分数值 $p=0.777$ ，呼气射血分数值 $p=0.798$ ）（图2，表2）。右心室射血分数的平均值为46%。

Haller指数与胸骨旋转角度之间没有统计学显着关系（ $p=0.9489$ ）。

矫正指数

在我们的研究中，矫正指数的平均值为 31.5（ ± 11 ）（图 3）。在统计分析中，随着Haller指数的增加（胸部器官畸形程度的增加），矫正指数也随之增加， $P < 0.05$ （图 4）。因此，轻度漏斗状胸部畸形患者的矫正指数平均值为 13，中度和重度畸形患者的矫正指数平均值分别为 24 和 35。

表 1. 按 Haller 指数值分列的患者分布情况

	漏斗状胸部畸形		
	软质	中度	重型
患者人数	3	6	29
Haller 指数的平均值	2.8	3.3	5.1
Haller 指数的标准偏差	0.4	0.1	1.8

表 2. 呼吸和呼气时变量值（Haller 指数和胸骨旋转角度）与右心室射血分数的关系

可变	更正指数	右心室射血分数	
		吸气	呼气
胸骨旋转角度	$R=0.19$ $p=0.255$	$R=0.18$ $p=0.306$	$R=0$ $p=0.99$
Haller 指数	$R=0.7$ $p<0.001$	$R=-0.05$ $p=0.777$	$R=-0.04$ $p=0.798$

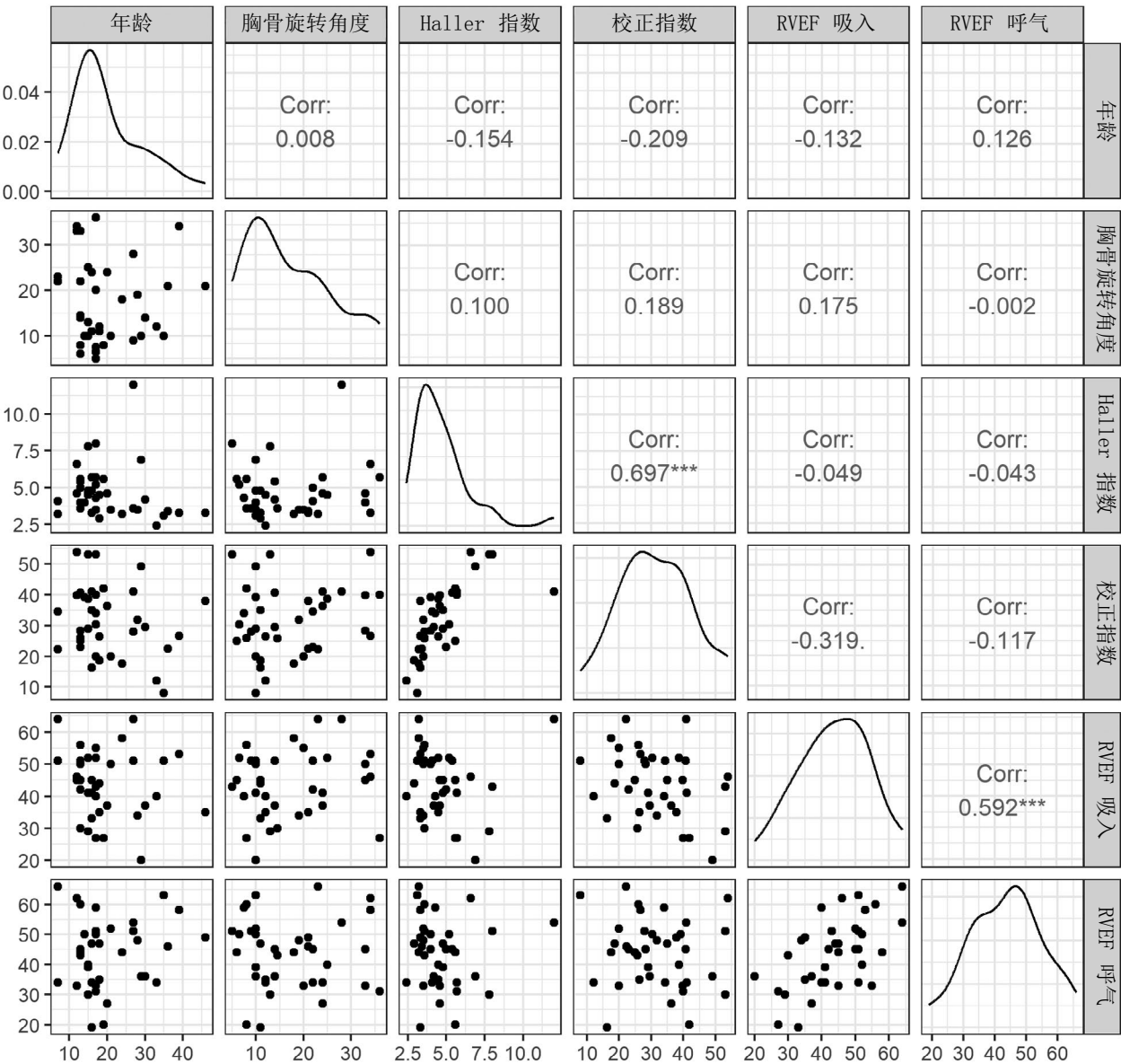


图 2. 显示所研究参数之间是否存在关系。SA: 胸骨旋转角度; RVEF: 右心室射血分数。

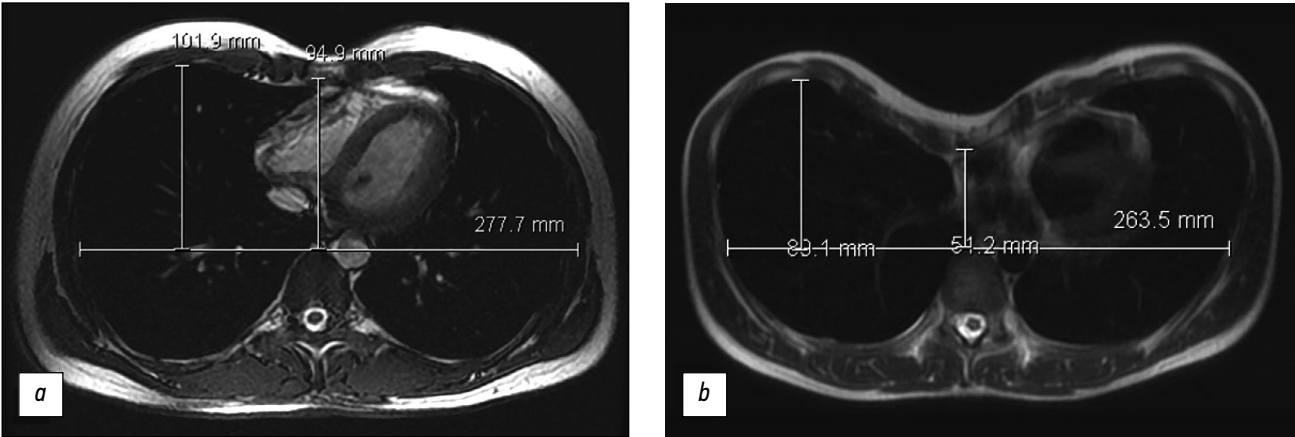


图 3. 最大畸形处胸部器官的磁共振成像: *a* — 矫正指数为 7%; *b* — 矫正指数为 32%。

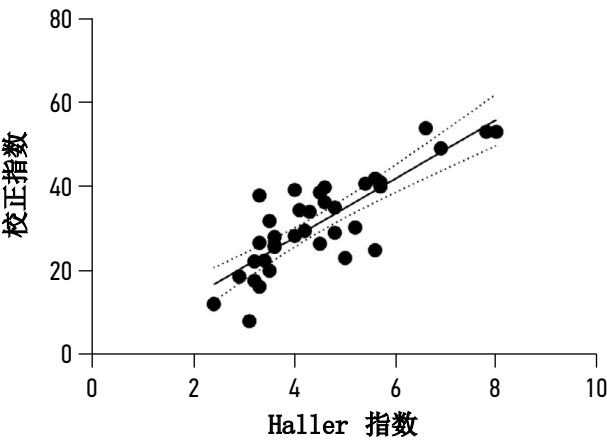


图 4 显示 Haller 与校正指数值之间的相关性 ($P < 0.05$)。

胸骨旋转角度与校正指数之间 ($P=0.35$) 以及校正指数与右心室射血分数之间 ($P=0.1$) 均无统计学意义。

胸骨旋转角度

胸骨旋转角度是决定治疗策略的一个重要因素 (图 5)。

在44.7%的患者中, 角度 $\geq 15^\circ$ 对手术干预具有重要意义 (表3)。这种胸骨位置需要矫正板的非标准倾斜安装。该位置是“朝向”胸骨的锐角进行的, 目的是随后将其翻转。因此, 如果锐角指向右侧, 则矫正钢板应从右侧肋骨上间隙穿过胸骨旋转畸形

表3。 胸骨旋转角度值对患者的分布

胸骨旋转角度 <15°	
患者人数	21
平均角度值	10°
胸骨旋转角度 >15°	
患者人数	17
平均角度值	26°

的峰值, 放置到左侧肋骨下间隙 (图6, a)。这种旋转占有胸骨旋转病例的86%。在左侧锐角的病例中 (占有病例的14%), 矫正钢板从右侧的下肋间隙穿过畸形的峰值, 放置到左侧的上肋间隙 (图6, b)。

讨论

传统上, 计算机断层扫描一直被用于诊断和分析漏斗状胸部畸形的参数, 由于其普遍性和更容易获得, 该方法被广泛使用 [11]。胸部 X 射线计算机断层扫描的明显缺点是存在辐射暴露, 而过去几年对扫描方案的修改就是为了减少辐射暴露 [12]。

磁共振成像 方法在 漏斗状胸部畸形诊断中并不常见, 而且需要更多时间, 但其优点是没有辐射照射, 而且可以评估心脏压迫变化。

在有针对性地评估 漏斗状胸部畸形时, 世界文献中使用了多种指数。其中最常用的是 Haller 指数, 该指数用于区分需要手术矫正畸形的患者。该指数的阈值为 3.25。然而, 迄今为止, 有论文显示, 在计划手术干预时, 仅使用 Haller 指数可能存在问题。因此, Haller 指数与年龄、手术治疗的其他参数以及术后可能出现的并发症无关 [13]。此外, 一项对对照组患者和 漏斗状胸部畸形患者的 Haller 指数进行评估的研究显示, 两组患者中有 48% 的病例数值相同 (数值结果重叠) [9]。

这些结果表明, 有必要对数据进行标准化处理, 并引入更多指标用于术前和术后评估 [9, 13, 14]。一个类似的指数是校正指数, 超过该值28%以上是手术指征, 前提是与Haller指数相关 [15]。校正指数也可用于与术后结果进行比较。

我们的研究得出的 Haller 指数、矫正和胸骨旋转角度值符合患者的临床情况, 也符合世界文献中通过计算机断层扫描和 磁共振成像对胸廓畸形进行术前评估的数据 [16, 17]。

在我们的研究中, 漏斗状胸部畸形患者的右心室射血分数平均值降低至 46%。这些结果与文献数据一致, 即变形会导致右心室射血分数降低

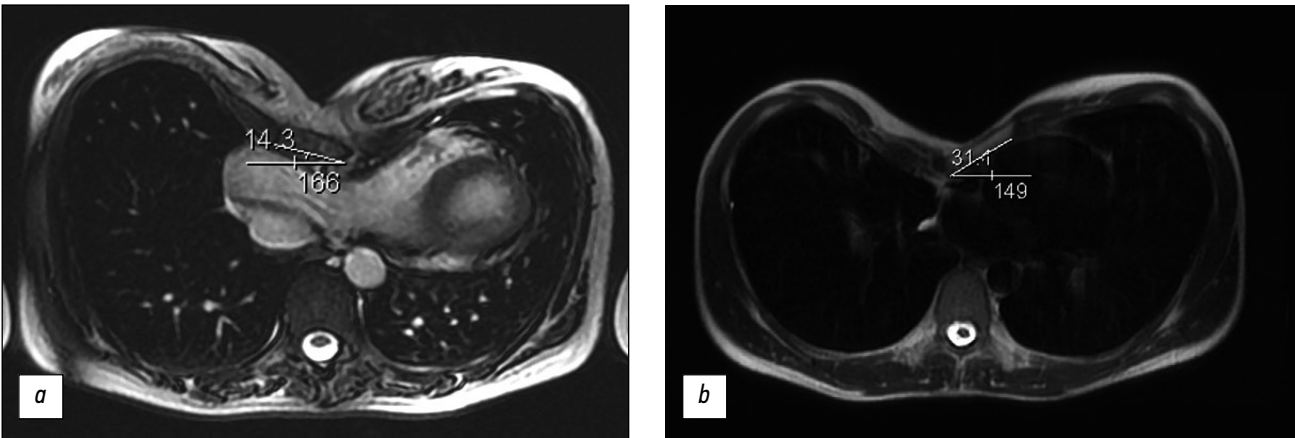


图 5. 最大畸形处胸部器官的磁共振成像: a — 胸骨旋转角度为 14.3° ; b — 胸骨旋转角度为 31.1° 。

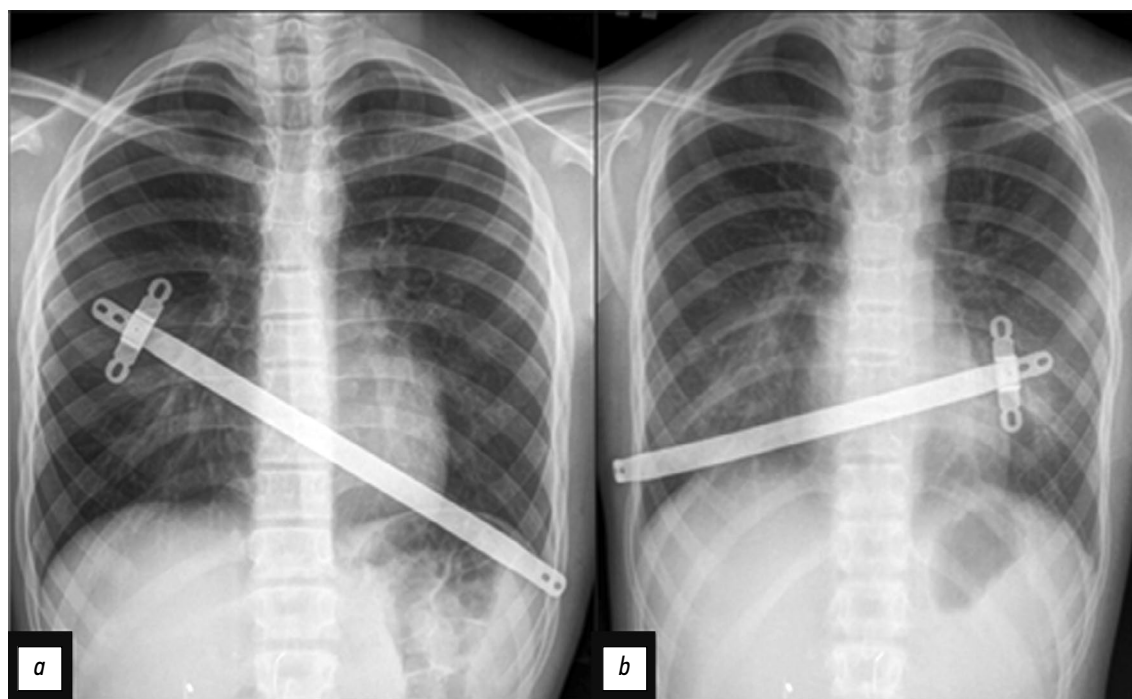


图 6. 胸部漏斗畸形矫正后胸部器官的正面投影射线检查。平板在角度方向上的位置：a — 向右；b — 向左。

[18–20]。然而，统计分析并未显示盖勒指数数值与射血分数之间存在相关性，这可能是由于患者根据畸形程度的严重程度分布不均造成的，需要进一步研究。

研究局限性

我们研究的局限性包括其回顾性、患者样本量相对较小、患者在变化增加程度方面的分布不均匀，以及缺乏与金标准——胸部器官计算机断层扫描——的比较。

结论

我们的研究表明，磁共振成像是一种对漏斗状胸部畸形有高度参考价值的诊断方法，且无辐射负担，还能对病理变化进行详细的术前评估。

有证据表明，Haller 和校正指数值之间存在相关性 ($P < 0.05$)。

在我们的研究中，漏斗状胸部畸形患者的特点是右心室射血分数降低。然而，数值与Haller指数并不相关，这可能是由于研究的局限性造成的。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. M.V. Vishnyakova — study concept and design, text editing; G.S. Muzafarova — writing text, collecting and processing materials; A.S. Abramenko — collection and processing of materials; V.A. Kuzmichev, V.V. Gatsutsyn — research concept, text editing.

REFERENCES

1. Pechetov AA, Esakov JuS, Gubajdullina GF, Makov MA, Hlan' TN. Differential approach for chest wall reconstruction for pectus excavatum for adult. *N.I. Pirogov Journal of Surgery*. 2017;(7):24–29. doi: 10.17116/hirurgia2017724-29
2. Fokin AA, Steuerwald NM, Ahrens WA, Allen KE. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009;21(1):44–57. doi: 10.1053/j.semtcv.2009.03.001
3. Scalise PN, Demehri FR. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review. *Transl Pediatr*. 2023;12(2):208–220. doi: 10.21037/tp-22-361
4. Trò R, Martini S, Stagnaro N, et al. A new tool for assessing Pectus Excavatum by a semi-automatic image processing pipeline calculating the classical severity indexes and a new marker: the Volumetric Correction Index. *BMC Med Imaging*. 2022. doi: 10.1186/s12880-022-00754-0

5. Andreyev PS, Skvortsov AP, Tsoy IV, et al. Treatment of funnel breast in children and adolescents. *Practical medicine*. 2021;19(4):138–141. doi: 10.32000/2072-1757-2021-4-138-141
6. Andreev PS, Skvortsov AP, Khabibyanov RYa, Maleev MV. Our experience in surgical treatment of penitral chest deformation. *Annali d'Italia*. 2023;(41):53–57. doi: 10.5281/zenodo.7774296
7. Haller JA Jr, Kramer SS, Lietman SA, et al. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report. *J Pediatr Surg*. 1987;22(10):904–906. doi: 10.1016/s0022-3468(87)80585-7
8. Sidden CR, Katz ME, Swoveland BC, Nuss D. Radiologic considerations in patients undergoing the Nuss procedure for correction of pectus excavatum. *Pediatric Radiology*. 2001;31(6):429–434. doi: 10.1007/s002470100455
9. St. Peter SD, Juang D, Garey CL, et al. A novel measure for pectus excavatum: the correction index. *Journal of Pediatric Surgery*. 2011;46(12):2270–2273. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2011.09.009
10. Tauchi R, Suzuki Y, Tsuji T, et al. Clinical Characteristics and Thoracic factors in patients with Idiopathic and Syndromic Scoliosis Associated with Pectus Excavatum. *Spine Surg Relat Res*. 2018;2(1):37–41. doi: 10.22603/ssrr.2017-0027
11. Shamsiev AM, Shamsiev ZhA, Turaev JuA, Mutalibov AI, Burgutov MZh. The role of functional studies of the cardiorespiratory system with funnel chest deformity. *Journal Problems of Biology and Medicine*. 2017;1(93):9–14.
12. Peng R, Mardakhaev E, Shmukler A, Levsky JM, Haramati LB. Meeting ACR Dose Guidelines for CT Lung Cancer Screening in an Overweight and Obese Population. *Acad Radiol*. 2021;28(3):381–386. doi: 10.1016/j.acra.2020.02.009
13. Mortellaro VE, Iqbal CW, Fike FB, et al. The predictive value of Haller index in patients undergoing pectus bar repair for pectus excavatum. *J Surg Res*. 2011;170(1):104–106. doi: 10.1016/j.jss.2011.02.014
14. Karakılıç A, Karaçam V, Ersöz H, et al. Determination of severity of deformity with rib length to costal cartilage length ratio in thorax deformities. *Türk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2018;26(2):279–285. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2018.15009
15. Poston PM, Patel SS, Rajput M, et al. The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(4):1176–1180. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.12.050
16. Marcovici PA, LoSasso BE, Kruk P, Dwek JR. MRI for the evaluation of pectus excavatum. *Pediatric Radiology*. 2011;41:757–758. doi: 10.1007/s00247-011-2031-5
17. Lollert A, Funk J, Tietze N, et al. Morphologic assessment of thoracic deformities for the preoperative evaluation of pectus excavatum by magnetic resonance imaging. *European Radiology*. 2015;25:785–791. doi: 10.1007/s00330-014-3450-0
18. Dore M, Triana JP, Bret M, et al. Advantages of Cardiac Magnetic Resonance Imaging for Severe Pectus Excavatum Assessment in Children. *Eur J Pediatr Surg*. 2018;28(1):34–38. doi: 10.1055/s-0037-1604427
19. Saleh RS, Finn JP, Fenchel M, et al. Cardiovascular magnetic resonance in patients with pectus excavatum compared with normal controls. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2010;12(1). doi: 10.1186/1532-429X-12-73
20. Stagnaro N, Trocchio G, Torre M, et al. Cardiovascular MRI assessment of pectus excavatum in pediatric patients and postoperative simulation using vacuum bell. *J Pediatr Surg*. 2021;56(9):1600–1605. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.11.017

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Печетов А.А., Есаков Ю.С., Губайдуллина Г.Ф., Маков М.А., Хлань Т.Н. Выбор метода коррекции воронкообразной деформации грудной клетки у пациентов старшего возраста // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2017. Т. 7. С. 24–29. doi: 10.17116/hirurgia2017724-29
2. Fokin A.A., Steuerwald N.M., Ahrens W.A., Allen K.E. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities // Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2009. Vol. 21, N 1. P. 44–57. doi: 10.1053/j.semthor.2009.03.001
3. Scalise P.N., Demecri F.R. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review // Transl Pediatr. 2023. Vol. 12, N 2. P. 208–220. doi: 10.21037/tp-22-361
4. Trò R., Martini S., Stagnaro N., et al. A new tool for assessing Pectus Excavatum by a semi-automatic image processing pipeline calculating the classical severity indexes and a new marker: the Volumetric Correction Index // BMC Med Imaging. 2022. doi: 10.1186/s12880-022-00754-0
5. Андреев П.С., Скворцов А.П., Цой И.В., и др. Лечение воронкообразной деформации грудной клетки у детей и подростков // Практическая медицина. 2021. Т. 19, № 4. С. 138–141. doi: 10.32000/2072-1757-2021-4-138-141
6. Andreev P.S., Skvortsov A.P., Khabibyanov R.Ya., Maleev M.V. Our experience in surgical treatment of penitral chest deformation // Annali d'Italia. 2023. N 41. P. 53–57. doi: 10.5281/zenodo.7774296
7. Haller J.A. Jr, Kramer S.S., Lietman S.A., et al. Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: a preliminary report // J Pediatr Surg. 1987. Vol. 22, N 10. P. 904–906. doi: 10.1016/s0022-3468(87)80585-7
8. Sidden C.R., Katz M.E., Swoveland B.C., Nuss D. Radiologic considerations in patients undergoing the Nuss procedure for correction of pectus excavatum // Pediatric Radiology. 2001. Vol. 31, N 6. P. 429–434. doi: 10.1007/s002470100455
9. St. Peter S.D., Juang D., Garey C.L., et al. A novel measure for pectus excavatum: the correction index // Journal of Pediatric Surgery. 2011. Vol. 46, N 12. P. 2270–2273. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2011.09.009
10. Tauchi R., Suzuki Y., Tsuji T., et al. Clinical Characteristics and Thoracic factors in patients with Idiopathic and Syndromic Scoliosis Associated with Pectus Excavatum // Spine Surg Relat Res. 2018. Vol. 2, N 1. P. 37–41. doi: 10.22603/ssrr.2017-0027
11. Шамсиев А.М., Шамсиев Ж.А., Тураев Ю.А., Муталибов А.И., Бургутов М.Ж. Роль функциональных исследований кардиореспираторной системы при воронкообразной деформации грудной клетки // Журнал Проблемы биологии и медицины. 2017. Т. 1, № 93. С. 9–14.
12. Peng R., Mardakhaev E., Shmukler A., Levsky J.M., Haramati L.B. Meeting ACR Dose Guidelines for CT Lung Cancer Screening in an Overweight and Obese Population // Acad Radiol. 2021. Vol. 28, N 3. P. 381–386. doi: 10.1016/j.acra.2020.02.009

13. Mortellaro V.E., Iqbal C.W., Fike F.B., et al. The predictive value of Haller index in patients undergoing pectus bar repair for pectus excavatum // *J Surg Res.* 2011. Vol. 170, N 1. P. 104–106. doi: 10.1016/j.jss.2011.02.014
14. Karakılıç A., Karaçam V., Ersöz H., et al. Determination of severity of deformity with rib length to costal cartilage length ratio in thorax deformities // *Türk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg.* 2018. Vol. 26, N 2. P. 279–285. doi: 10.5606/tgkdc.dergisi.2018.15009
15. Poston P.M., Patel S.S., Rajput M., et al. The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum // *Ann Thorac Surg.* 2014. Vol. 97, N 4. P. 1176–1180. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.12.050
16. Marcovici P.A., LoSasso B.E., Kruk P., Dwek J.R. MRI for the evaluation of pectus excavatum // *Pediatric Radiology.* 2011. Vol. 41. P. 757–758. doi: 10.1007/s00247-011-2031-5

17. Lollert A., Funk J., Tietze N., et al. Morphologic assessment of thoracic deformities for the preoperative evaluation of pectus excavatum by magnetic resonance imaging // *European Radiology.* 2015. Vol. 25. P. 785–791. doi: 10.1007/s00330-014-3450-0
18. Dore M., Triana J.P., Bret M., et al. Advantages of Cardiac Magnetic Resonance Imaging for Severe Pectus Excavatum Assessment in Children // *Eur J Pediatr Surg.* 2018. Vol. 28, N 1. P. 34–38. doi: 10.1055/s-0037-1604427
19. Saleh R.S., Finn J.P., Fenchel M., et al. Cardiovascular magnetic resonance in patients with pectus excavatum compared with normal controls // *J Cardiovasc Magn Reson.* 2010. Vol. 12, N 1. doi: 10.1186/1532-429X-12-73
20. Stagnaro N., Trocchio G., Torre M., et al. Cardiovascular MRI assessment of pectus excavatum in pediatric patients and postoperative simulation using vacuum bell // *J Pediatr Surg.* 2021. Vol. 56, N 9. P. 1600–1605. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.11.017

AUTHORS' INFO

*** Marina V. Vishnyakova**, MD, Dr. Sci. (Medicine);
address: 61/2-15 Schshepkina Str., Moscow, 129110, Russia;
ORCID: 0000-0003-3838-636X;
eLibrary SPIN: 1137-2991;
e-mail: cherridra@mail.ru

Gulische S. Muzafarova;
ORCID: 0000-0003-0940-3247;
eLibrary SPIN: 2950-5431;
e-mail: gms0495@mail.ru

Alexander S. Abramenko;
ORCID: 0000-0002-6286-2162;
eLibrary SPIN: 9743-3001;
e-mail: a.s.abramenko@gmail.com

Vladimir A. Kuzmichev, MD, Cand. Sci. (Medicine),
Professor;
ORCID: 0000-0001-6493-8012;
eLibrary SPIN: 8345-5298;
e-mail: vakuzmichev@gmail.ru

Vladimir V. Gatsutsyn;
ORCID: 0000-0002-2364-5325;
eLibrary SPIN: 1431-4417;
e-mail: vg86@list.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Вишнякова Марина Валентиновна**, д-р мед. наук;
адрес: Россия, 129110, г. Москва, ул. Щепкина, 61/2-15;
ORCID: 0000-0003-3838-636X;
eLibrary SPIN: 1137-2991;
e-mail: cherridra@mail.ru

Музафарова Гулише Серверовна;
ORCID: 0000-0003-0940-3247;
eLibrary SPIN: 2950-5431;
e-mail: gms0495@mail.ru

Абраменко Александр Сергеевич;
ORCID: 0000-0002-6286-2162;
eLibrary SPIN: 9743-3001;
e-mail: a.s.abramenko@gmail.com

Кузьмичев Владимир Александрович, канд. мед. наук,
профессор;
ORCID: 0000-0001-6493-8012;
eLibrary SPIN: 8345-5298;
e-mail: vakuzmichev@gmail.ru

Гацуцын Владимир Витальевич;
ORCID: 0000-0002-2364-5325;
eLibrary SPIN: 1431-4417;
e-mail: vg86@list.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

Identification of indicators used to assess needs for telemedicine consultations in various profiles of medical care

Elena S. Samsonova^{1,2,3}, Ilya A. Mikhailov^{1,2,3}, Vitaly V. Omelyanovsky^{1,2,3,4}, Maria V. Avksentieva^{1,3}, Inna A. Zheleznyakova^{1,3}, Georgy G. Lebedenko^{1,3}

¹ The Center for Healthcare Quality Assessment and Control, Moscow, Russia;

² N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russia;

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

⁴ Scientific and research financial institute, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: A unified system for assessing the results and real contributions of telemedicine consultations to improving medical care quality in the healthcare system of the Russian Federation has not yet been developed.

AIM: To develop a system of indicators for differentiated assessment of the needs for telemedicine consultations in the provision of medical care.

MATERIALS AND METHODS: In the first stage, reports on the results of on-site activities of national medical research centers in regions of the Russian Federation and their annual public reports (2020–2022) were analyzed to identify indicators that determine the need for telemedicine consultations. The identified indicators were clarified and validated in an open interview with the representatives of the national medical research centers. In the second stage, the value of each indicator was determined based on the expert survey: 18 experts assessed each indicator on a scale of 1–5. Then, the weight coefficient of each indicator was calculated for their subsequent use in planning the coverage of telemedicine consultations.

RESULTS: Three groups of indicators that determined the need for telemedicine consultations for different medical care profiles were as follows: (1) indicators that affect the planned volumes of telemedicine consultations, (2) indicators that characterize the efficiency and effectiveness of telemedicine consultations, and (3) indicators that characterize the validity of requests for telemedicine consultations. Group 1 included indicators of lethality, disability, hospital mortality, frequency of emergency/urgent consultations, and frequency of consultations of patients requiring intensive care. Group 2 included indicators for assessing the effectiveness and efficiency of telemedicine consultations, both subjective (result satisfaction) and objective (number of positive and negative treatment and hospitalization outcomes for cases that received where telemedicine consultations). Group 3 included indicators that characterize the validity of requests for telemedicine consultations: thoroughness of a patient's examination before a telemedicine consultation and accuracy of the diagnosis. The weight coefficients of group 1 indicators ranged from 0.05 to 1.61 and varied for different profiles.

CONCLUSION: A system of indicators was proposed for the differentiated assessment of the needs for telemedicine consultations when providing medical care.

Keywords: need for telemedicine consultations; effectiveness; national medical research centers; profile of medical care; indicator; weight coefficient.

To cite this article:

Samsonova ES, Mikhailov IA, Omelyanovsky VV, Avksentieva MV, Zheleznyakova IA, Lebedenko GG. Identification of indicators used to assess needs for telemedicine consultations in various profiles of medical care. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):178–189. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

Submitted: 30.10.2023

Accepted: 15.12.2023

Published online: 29.01.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

Разработка системы показателей, определяющих потребность в проведении телемедицинских консультаций при оказании медицинской помощи различных профилей

Е.С. Самсонова^{1,2,3}, И.А. Михайлов^{1,2,3}, В.В. Омеляновский^{1,2,3,4}, М.В. Авксентьева^{1,3},
И.А. Железнякова^{1,3}, Г.Г. Лебеденко^{1,3}

¹ Центр экспертизы и контроля качества медицинской помощи, Москва, Россия;

² Национальный научно-исследовательский институт общественного здоровья имени Н.А. Семашко, Москва, Россия;

³ Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;

⁴ Научно-исследовательский финансовый институт, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. На данный момент не существует разработанной единой системы оценки результатов и реального вклада телемедицинских консультаций в повышение качества оказания медицинской помощи в системе здравоохранения Российской Федерации.

Цель — разработка системы показателей для дифференцированной оценки потребности в проведении телемедицинских консультаций при оказании медицинской помощи различных профилей.

Материалы и методы. Исследование проходило в два этапа. На первом этапе были проанализированы отчёты по результатам выездных мероприятий национальных медицинских исследовательских центров в субъекты Российской Федерации и годовые публичные отчёты о их деятельности за 2020–2022 гг. на предмет выявления показателей, определяющих потребность в телемедицинских консультациях. Выявленные показатели уточняли и валидировали в открытом интервью с представителями национальных медицинских исследовательских центров. По результатам первого этапа был сформирован перечень показателей для определения потребности в телемедицинских консультациях по различным профилям медицинской помощи. На втором этапе 18 экспертов проходили опрос, в котором оценивалась значимость каждого показателя в баллах от 1 до 5 и рассчитывались весовые коэффициенты каждого показателя для их последующего использования при планировании объёмов телемедицинских консультаций.

Результаты. Выделено три группы показателей, определяющих потребность в телемедицинских консультациях для различных профилей медицинской помощи: 1) показатели, влияющие на плановые объёмы телемедицинских консультаций; 2) показатели, характеризующие результативность и эффективность проведения телемедицинских консультаций; 3) показатели, характеризующие обоснованность запросов на телемедицинские консультации. К первой группе относятся показатели, отражающие состояние здоровья пациентов и некоторые особенности оказания медицинской помощи этого профиля (смертность, инвалидность, больничная летальность, частота экстренных/неотложных консультаций и консультаций реанимационных пациентов). Вторая группа включает показатели субъективной и объективной оценки результативности и эффективности проведения телемедицинских консультаций, где субъективная оценка включает удовлетворённость результатами ТМК, а объективная — число положительных и отрицательных исходов заболевания и исходов госпитализаций, по которым были проведены телемедицинские консультации. К третьей группе отнесены показатели, характеризующие обоснованность запросов на телемедицинские консультации: полнота обследования пациента перед консультацией, корректность установленного диагноза, экспертная оценка возможности принятия самостоятельного решения на уровне региона или медицинской организации. Весовые коэффициенты значимости показателей первой группы варьировали от 0,05 до 1,61 и отличались для разных профилей.

Заключение. Предложена система показателей для дифференцированной оценки потребности в проведении телемедицинских консультаций при оказании медицинской помощи различных профилей.

Ключевые слова: потребность в телемедицинских консультациях; эффективность; национальные медицинские исследовательские центры; профиль медицинской помощи; показатель; весовой коэффициент значимости.

Как цитировать:

Самсонова Е.С., Михайлов И.А., Омеляновский В.В., Авксентьева М.В., Железнякова И.А., Лебеденко Г.Г. Разработка системы показателей, определяющих потребность в проведении телемедицинских консультаций при оказании медицинской помощи различных профилей // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 178–189. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

Рукопись получена: 30.10.2023

Рукопись одобрена: 15.12.2023

Опубликована online: 29.01.2023

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

制定一套指标体系，确定在提供各种医疗服务时对远程医疗会诊的需求

Elena S. Samsonova^{1,2,3}, Ilya A. Mikhailov^{1,2,3}, Vitaly V. Omelyanovsky^{1,2,3,4},
Maria V. Avksentieva^{1,3}, Inna A. Zheleznyakova^{1,3}, Georgy G. Lebedenko^{1,3}

¹ The Center for Healthcare Quality Assessment and Control, Moscow, Russia;

² N.A. Semashko National Research Institute of Public Health, Moscow, Russia;

³ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

⁴ Scientific and research financial institute, Moscow, Russia

摘要

论证。目前，还没有一个完善的统一体系来评估远程医疗会诊在提高俄罗斯联邦医疗系统医疗质量方面的成果和实际贡献。

目的是制定一套指标体系，用于区别评估在提供各种医疗服务时对远程医疗会诊的需求。

材料和方法。研究分两个阶段进行。在第一阶段，分析了俄罗斯联邦各主体国家医学研究中心的实地活动成果报告。此外，还分析了关于其 2020–2022 年活动的年度公开报告，以发现确定远程医疗会诊需求的指标。在与国家医学研究中心代表的公开访谈中，对确定的指标进行了澄清和验证。根据第一阶段的结果，形成了一份指标清单，以确定在各种医疗保健情况下对远程医疗会诊的需求。在第二阶段，对 18 名专家进行了访谈，以 1 至 5 分评估每项指标的重要性。在同一阶段，还计算了每项指标的加权系数，以便随后在规划远程医疗会诊量时使用。

结果。确定了三组指标，这些指标决定不同医疗保健情况下的远程医疗会诊需求：1) 影响远程医疗会诊计划量的指标；2) 表明远程医疗会诊效率和效果的指标；3) 表明远程医疗会诊申请有效性的指标。第一组包括反映病人健康状况的指标和医疗护理的一些特征（死亡率、残疾、住院致死率、急诊/非急诊会诊频率和重症监护病人的会诊）。第二组包括对远程医疗会诊效果和效率的主观和客观评估指标。主观评估包括对远程医疗会诊结果的满意度，客观评估包括进行远程医疗会诊的疾病正负结果和住院结果的数量。第三组包括描述远程医疗会诊申请有效性的指标。这些指标包括会诊前病人检查的完整性、确定诊断的正确性、专家对在地区或医疗组织层面做出独立决定的可能性的评估。第一组指标的显著性加权系数从 0.05 到 1.61 不等，不同情况下的加权系数也不同。

结论。提出了一套指标体系，用于区别评估在提供各种医疗服务时对远程医疗会诊的需求。

关键词：远程医疗会诊需求；效率；国家医学研究中心；医疗护理概况；指标；显著性加权系数。

引用本文：

Samsonova ES, Mikhailov IA, Omelyanovsky VV, Avksentieva MV, Zheleznyakova IA, Lebedenko GG. 制定一套指标体系，确定在提供各种医疗服务时对远程医疗会诊的需求. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):178–189. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622846>

收到: 30.10.2023

接受: 15.12.2023

发布日期: 29.01.2023

论证

远程医疗是提供各种医疗服务最有效的创新方法之一[1]。远程医疗技术的积极应用可以减少患者在医疗机构的停留时间，提高医疗服务的可及性（特别是在人口密度较低的国家），因为诊断检测和药房监测的覆盖面扩大了，还有助于提高病人对医疗服务质量的满意度[2]。

研究表明，在提供各种医疗服务时使用远程医疗技术可提高治疗的可及性和临床有效性，并提高患者的满意度[3, 4]。此外，它们在大流行期间限制COVID-19传播方面的重要作用也已得到证明[5]。远程医疗技术还有效地用于对各种疾病患者进行远程健康监测[6-9]。

在俄罗斯联邦，很大一部分远程医疗咨询（TMC）是由国家医学研究中心（NMRCs）完成的。为俄罗斯联邦主体的地区、共和国、州、区医疗机构提供远程医疗咨询是联邦项目“发展国家医学研究中心网络和引进创新医疗技术”的主要任务之一。本文介绍了将远程医疗咨询应用于若干医疗保健领域的积极经验：

- 治疗[10]；
- 精神病学和麻醉精神病学 [11-13]；
- 眼科[14]；
- 肿瘤学[15]；
- 外科（移植学）[16]；
- 麻醉学和孕妇复苏[17]；
- 妇产科和新生儿科 [18]。

俄罗斯联邦各主体“支柱”医疗组织的代表证实了使用远程医疗咨询的积极经验[19]。然而，目前尚未制定统一的系统来评估远程医疗咨询对提高俄罗斯联邦医疗保健系统医疗质量的结果和实际贡献，也尚未确定哪些因素可以提高用于组织和开展远程医疗咨询的财政资源的使用效率。

目标

本研究的目的是制定一套指标体系，用于对不同情况下提供医疗服务时对传统医学知识的需求进行有区别的评估。

材料和方法

研究分两个阶段进行：

1. 编制指标清单，确定在提供不同类型的医疗服务时对远程医疗咨询的需求。
2. 以加权系数的形式对各项指标的重要性进行量化评估。

指标清单是在对现有远程医疗咨询实践的研究和结果评估的基础上形成的，其中包括

- 分析基于国家医学研究中心对俄罗斯联邦各主体实地考察结果的分析报告以及关于国家医学研究中心2020-2022年活动的年度公开报告，以确定影响远程医疗咨询需求的指标；
- 与国家医学研究中心代表进行公开访谈，以澄清和验证确定的指标。

专家调查对每项指标的重要性进行了量化评估。根据专家评估的结果，计算出了不同医疗情况下确定远程医疗咨询需求的各项指标的重要性权重系数。

为分析国家医学研究中心报告，编制了一份结构化表格，其中包括：

- 国家医学研究中心用来确定是否需要远程医疗咨询的指标；
- 提高远程医疗咨询效率和效力的建议（具体和一般）；
- 确定在俄罗斯联邦各主体开展远程医疗咨询技术可行性的指标；
- 对远程医疗咨询期间国家医学研究中心工作人员所提建议执行情况的评估结果（如有）。

通过与国家医学研究中心专家的公开访谈，进一步对推动远程医疗咨询需求的类似指标进行了分组，以进一步验证。

为澄清和验证确定远程医疗咨询需求的关键指标，与国家医学研究中心专家进行了公开访谈，共有来自5个国家医学研究中心的14名专家接受了访谈。专家们被要求确定在分析实地报告阶段所选指标的相关性，这些指标按医疗护理概况确定了远程医疗咨询数量，并制定了在确定不同医疗护理概况的远程医疗咨询需求时应考虑的其他条件。

根据第一阶段的结果，形成了一份指标清单，可用于确定不同医疗状况的远程医疗咨询需求。

在第二阶段，通过使用专门设计的表格对专家进行调查，获得专家对已形成清单中各项指标重要性的评估。参与调查的专家是根据以下标准选出的：

- 至少1年参与实施联邦参与实施“发展国家医学研究中心网络和引进创新医疗技术”项目的经验；
- 至少5年的射频学科组织和方法工作经验；
- 有规划和组织远程医疗咨询的经验，和/或计算远程医疗咨询成本的经验，和/或分析各级远程医疗咨询效果的经验；
- 专家能力水平不低于0.5分（基于自我评估结果）¹ [20]。

¹ 每位专家都被要求评估自己在三个方面的能力水平：k1 — 专家对研究课题理论知识水平的自我评估数值；k2 — 专家对研究课题实践知识（经验）水平的自我评估数值；k3 — 专家对研究课题未来发展或状况预测能力水平的自我评估数值。专家对这三个领域中的每个领域都按以下标准进行评估：“高水平”——1分；“中等水平”——0.5分；“低水平”——0分。专家能力系数（k）通过计算k1、k2和k3值的算术平均值得出。

共有18位专家参加了专家调查。他们包括负责俄罗斯联邦主体概况的组织和方法工作或使用远程医疗技术进行咨询/咨询的结构部门负责人,或使用远程医疗技术进行咨询/协商,以及国家医学研究中心和Center for Expertise and Quality Control of Medical Care的雇员。专家的平均能力系数为0.58。

每位专家被要求以1到5分的分数评估每个指标的重要性,1分表示重要性最低,5分表示重要性最高。建议对影响远程医疗咨询计划量的各项指标的重要性分别进行评估。建议在不考虑具体医疗情况的情况下,评估表征远程医疗咨询效果和效率的指标的重要性以及对这些指标的要求的有效性,因为在公开访谈中,大多数受访专家一致认为,这些指标的重要性并不因医疗情况的不同而改变。

根据专家调查的结果,计算了每个指标的平均得分(来自所有专家的估计)。此外,使用Kendall一致性系数(W)[21]评估专家意见的一致性,该系数是一个从0到1的数字,根据一组标准表征专家意见的一致性程度(以等级的形式)。在系数值为 $W < 0.3$ 时,专家意见的一致性被认为是令人不满意的,其值为 $0.3 < W < 0.7$ —平均值, $W > 0.7$ —高。使用非参数Friedman准则评估了指标之间一致性系数所揭示相关性差异的显著性。在Statistica10程序(StatSoft, USA)中进行统计处理。

最后,计算所有概况(活动领域)指标的最终加权系数,即所有专家评估的平均值与Kendall一致性系数的乘积。影响远程医疗咨询计划量的指标的加权系数是按每个概况分别计算的,而影响远程医疗咨询的有效性和效率以及申请的有效性的指标的加权系数则是在不考虑具体医疗概况的情况下计算的。

结果

通过对国家医学研究中心报告的分析和对国家医学研究中心专家级工作人员的公开访谈,我

们确定了三组指标,它们决定了不同类型医疗对远程医疗咨询的需求:

- 1. 影响 远程医疗咨询计划量的指标。
- 2. 衡量 远程医疗咨询效果和效率的指标。
- 3. 表征 远程医疗咨询申请有效性的指标。

影响远程医疗咨询计划量的指标

远程医疗咨询的计划诊疗量是在一些指标的影响下形成的,这些指标反映了接受某类医疗服务的病人的健康状况以及该类医疗服务的一些特殊性。我们将这些指标分为5个子组:

- 1. 疾病死亡率指标,其管理属于该概况。
- 2. 残疾指标。
- 3. 医院死亡率。
- 4. 急诊/非急诊就诊率(在所有 远程医疗咨询中)。
- 5. 重症监护病人的就诊率(在所有 远程医疗咨询中)。

表1列出了不同分组中使用频率最高的指标。

远程医疗会诊效率和效果的指标

远程医疗咨询的效率和效果根据主观和客观指标进行评估。

主观指标是俄罗斯联邦主体医务人员对远程医疗咨询结果的满意度,可以通过结构化反馈形式的调查来评估。一些国家医学研究中心专家已经在使用包含以下问题的表格:例如

- 您对咨询结果满意吗?
- 咨询结果是否符合设定的目标?
- 您对 远程医疗咨询得出的结论满意吗?
- 是否考虑了咨询过程中提出的建议?
- 病人的诊断是否因咨询而得到澄清/改变?
- 病人的治疗方案是否因咨询而改变?
- 您在创建 远程医疗咨询查询时是否遇到困难?
- 评估请求的期望值是否与会诊的优先级(计划、紧急、急诊)相符。
- 评估对 NMRC 远程医疗咨询团队工作的满意度。

表 1. 影响远程医疗会诊计划量的指标 (国家医学研究中心最常用的指标)

分组	指标
概况范围内疾病的死亡率	按特征分列的每 10 万人口中单个疾病或疾病群的死亡率; 按特征分列的每 10 万人口所有疾病的总死亡率
残疾率	按特征划分的每 10000 人中单个疾病或疾病组的残疾率; 按特征分列的每 10 000 人患所有疾病的总死亡率
住院死亡率	按特征分列的各种外科手术的住院死亡率
急诊/非急诊就诊率(在所有 远程医疗咨询中)	疾病的各种急性并发症患者比例按概况
重症监护病人就诊率(在所有 远程医疗咨询中)	最重要的急诊和紧急病症的发生频率(根据 ICD-10 编码); 一些医疗服务(透析、ECMO 等)的处方频率

注。远程医疗咨询- 远程医疗会诊; ICD-10 — 国际疾病分类第 10 次修订版; ECMO — 体外膜肺氧合。

- 根据 远程医疗咨询的结果，将患者转至联邦级医疗机构进行治疗/补充检查（“是”或“否”）。

每个问题的答案都建议用分数表示，通常从 1 分到 5 分不等，这种情况下的结果就是综合得分。

为了客观评估俄罗斯联邦主体实施 远程医疗咨询的效果和效率，专家们通常认为有必要研究实施 远程医疗咨询的疾病和住院病例的结果。根据与 远程医疗咨询部门负责人的公开访谈结果，确定了两项指标，建议用于客观评估：

1. 在 远程医疗咨询病例中取得积极成果的百分比（或绝对数量）—康复/好转/缓解 + 出院/转至其他医疗机构、联邦医疗机构或国家医学研究中心。

2. 远程医疗咨询病例中负面结果的百分比（或绝对数量）—恶化/进展/出现并发症/死亡（致命结果）+ 出院/转至其他医疗组织、联邦医疗组织或国家医学研究中心。

表征远程医疗会诊申请有效性的指标

根据国家医学研究中心的实地报告和对其工作人员的访谈，射频对象的医疗机构预约 远程医疗咨询的有效性受到以下因素的影响：

- 会诊前病人检查的完整性；
- 诊断结果的正确性
- 专家对地区或医疗机构独立决策可能性的评估。

会诊前对病人检查的完整性是指根据临床建议进行的检查，包括进行所有必要的仪器和实验室检查。

确诊的正确性是指对患者的诊断完全符合疾病的临床表现，诊断的制定和编码是按照现行版本的《国际疾病分类》和其他公认的分类方法进行的。

专家意见对地区或医疗机构一级做出独立决定的可能性进行评估，同时考虑到做出正确诊断、

进行适当检查、开具必要治疗处方所需的人力和物力资源的可用性，以及将病人及时转移到未与国家医学研究中心进行 远程医疗咨询的其他医疗机构的可行性。

在确定远程医疗咨询的必要性时，大多数专家建议使用指标“远程医疗咨询的合理请求占俄罗斯联邦主题请求总数的比例”。

指标重要性的评估和权重系数的计算

表 2 列出了根据专家评估结果计算出的第一组加权系数值（不同情况分别列出）。

第一组指标的重要性因情况不同而不同。因此，针对“妇产科”概况而言，抢救病人比例的重要性最高（系数 0.92），残疾指标的重要性最低（0.66）。针对“心脏病学”概况而言，住院死亡率（0.66）的重要性最高，残疾率（0.49）的重要性最低。就针对“肿瘤学”概况而言，最重要的是死亡率（0.57），最不重要的是残疾率和急诊/非急诊 远程医疗咨询的份额（0.45）。针对医疗康复”概况而言，意义最大的是复苏病人比例（0.14）和残疾指标（0.13），意义最小的是死亡率指标（0.10），所有指标的系数值都低于其他概况（结肠直肠科和老年病科除外）。

在“麻醉与复苏（成人）”、“麻醉与复苏（儿童）”、“麻醉与复苏（孕妇）”和“传染病”这四种情况下，所有 5 个分组的权重系数都达到了最大值（图 1）。这些概况中最重要的指标是医院死亡率和重症监护患者会诊的比例。针对复苏概况而言，死亡率和急诊 远程医疗咨询的比例紧随其后，而就传染病而言，这两个分组的位置互换。残疾指标使排名序列更加完整。

第二组和第三组指标的重要性加权系数见表 3（未提及概况）。在这些指标中，俄罗斯联邦主体提出的合理 远程医疗咨询申请占申请总数的比例指标（0.0743）的重要性最高。其次是对 远程医疗咨询质量的主观评价指标（0.0679）、远程医疗咨询案件中积极结果的数量（0.0658）和 远程医疗咨询案件中消极结果的绝对数量（0.0638）。

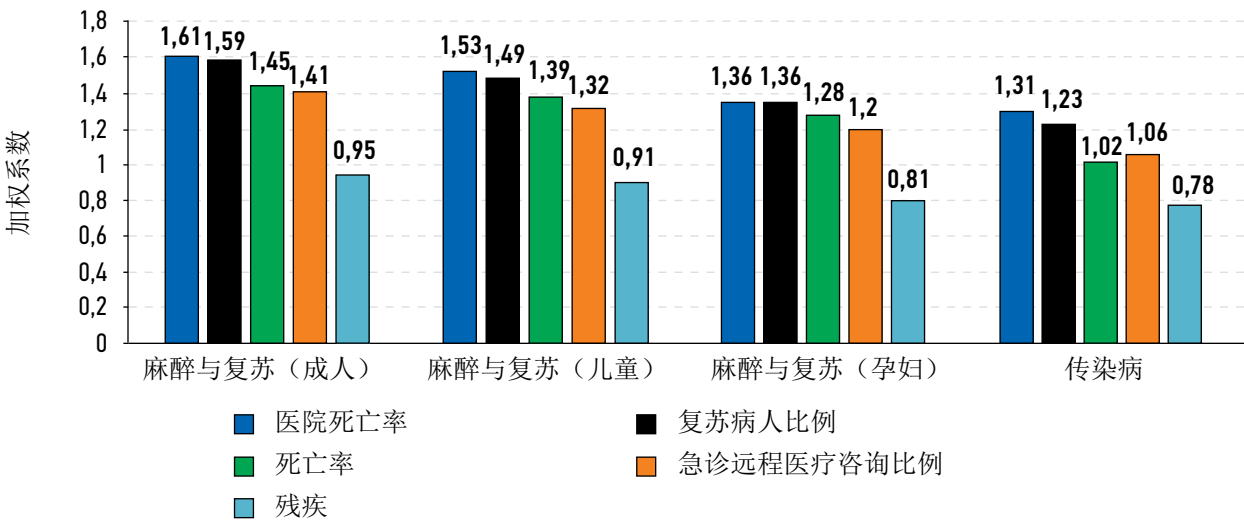


图 1. 影响计划远程医疗会诊量指标权重系数最大值的四种医疗护理概况。

表 2. 加权系数的值，说明影响计划远程医疗会诊量的指标的重要性

简介	一致性系数	P	指标重要性加权系数			
			死亡率	残疾	住院死亡率	应急 远程医疗 咨询的份额
产科和妇科	0.2171	0.0036	0.74	0.66	0.87	0.77
麻醉与复苏（孕妇）	0.3188	0.0001	1.28	0.81	1.36	1.20
麻醉与复苏（成人）	0.3723	0.0000	1.45	0.95	1.61	1.41
麻醉与复苏（儿童）	0.3486	0.0001	1.39	0.91	1.53	1.32
血液学	0.1151	0.0817	0.43	0.32	0.44	0.36
老年医学	0.0240	0.7863	0.06	0.05	0.06	0.05
儿童肿瘤学和血液学	0.1761	0.0130	0.76	0.58	0.69	0.63
儿童创伤和矫形外科	0.1734	0.0141	0.54	0.60	0.67	0.61
传染病学	0.3406	0.0001	1.02	0.78	1.31	1.06
心脏病学	0.1541	0.0255	0.59	0.49	0.66	0.52
结肠直肠癌外科	0.0201	0.8355	0.06	0.05	0.06	0.06
医疗康复科	0.0547	0.4146	0.10	0.13	0.11	0.11
神经内科	0.0425	0.5477	0.15	0.13	0.16	0.14
神经外科	0.2201	0.0032	0.93	0.71	0.97	0.89
新生儿科	0.1307	0.0516	0.52	0.45	0.57	0.51
肿瘤科	0.1342	0.0466	0.57	0.45	0.49	0.45
耳鼻喉科	0.0973	0.1355	0.22	0.22	0.28	0.27
眼科	0.0859	0.1859	0.20	0.24	0.24	0.20
儿科	0.1611	0.0206	0.59	0.47	0.66	0.55
精神病学和精神病学-麻醉学	0.0760	0.2424	0.18	0.19	0.19	0.21
肺科	0.0509	0.4536	0.16	0.37	0.47	0.40
疗养院治疗	0.0316	0.6852	0.05	0.05	0.06	0.05
心血管外科	0.2363	0.0019	0.95	0.75	1.05	0.93
牙科	0.0973	0.1811	0.22	0.22	0.28	0.27
治疗	0.0582	0.3806	0.16	0.15	0.19	0.15
创伤与骨科	0.1118	0.0898	0.35	0.37	0.44	0.37
泌尿科	0.0928	0.1539	0.26	0.23	0.29	0.27
咽喉病学	0.1376	0.0421	0.47	0.36	0.45	0.34
外科	0.1844	0.0100	0.64	0.53	0.72	0.63
外科（器官和/或组织移植）	0.0836	0.1979	0.32	0.26	0.33	0.29
颌面外科	0.0578	0.3850	0.15	0.15	0.18	0.16
内分泌学	0.0458	0.5099	0.15	0.13	0.17	0.14

注。远程医疗咨询- 远程医疗咨询。

表3。 表征远程医疗咨询有效性和效率的指标加权系数的值

参数	一致性系数	p	加权系数
使用俄罗斯联邦主体反馈表对远程医疗咨询质量进行主观评估的意义			0. 0679
考虑到 远程医疗咨询案例中积极结果所占比例（或绝对数量）的意义			0. 0658
考虑 远程医疗咨询案例中负面结果所占比例（或绝对数量）的意义	0. 01852	0. 71653	0. 0638
考虑到俄罗斯联邦主体提出的有正当理由的 远程医疗咨询申请在申请总数中所占比例的意义			0. 0743

注释：俄罗斯联邦；远程医疗咨询。

讨论

在我们的研究中，根据对现有远程医疗咨询实践的分析，并在专家评估的参与下，形成了一份指标清单，可进一步用于评估不同类型医疗对远程医疗咨询的需求，并以权重系数的形式确定了每个指标的重要性。

在国内研究中，主要对 远程医疗咨询的有效性进行了定性评估。特别是，在俄罗斯联邦的一些医疗机构中，积极使用 远程医疗咨询的结果是

- 由于优化了药物治疗，缩短了住院时间（“精神病学 ”和 “精神病学-麻醉学” [11-13]）；
- 由于手术技术的调整，改善了微创介入治疗的效果（“眼科 ”专题[14]）；
- 提高抗肿瘤药物治疗处方的有效性（“肿瘤学 ”简介 [15]）；
- 降低一些医疗机构的术后并发症发生率和住院死亡率（概况 “孕妇麻醉和复苏” [17]、“妇产科 ”和 “新生儿科”）。[17]、“妇产科 ”和 “新生儿科”[18]）。

我们提出的确定是否需要使用 远程医疗咨询的指标与该领域的其他研究结果部分一致。因此，S. Khanal 等人[22] 根据对 46 篇关于 远程医疗咨询开发的出版物的分析结果进行的系统综述。[22]根据对世界不同国家 36 个 远程医疗咨询发展计划的 46 篇出版物的分析结果，确定了使用远程医疗最合适、最有效的若干条件。例如，这些条件包括急诊情况的纠正（如果有机会实时进行 远程医疗咨询）——我们的研究也强调了这一指标。不过，S. Khanal 等人的综述中没有量化已确定因素的重要性。

我们采用公开访谈的方式来明确影响对 远程医疗咨询需求的指标。挪威的一项研究也采用了类似的方法，对国家、地区和地方层面的主要利益相关者进行了公开访谈，以确定影响卫生当局和医疗组织使用远程医疗的主要因素[23]。不过，本研究认为，组织因素是核心因素，如将远程医疗纳入日常医疗服务的提供、存在一个管理远程医疗的单一机构，以及对医疗工作者进行正确使用远程医疗的培训。

在上述两项研究中，作者都强调需要对决定远程医疗使用和需求的指标和因素进行量化评估。

我们的任务不仅是确定在不同医疗情况下决定对远程医疗咨询需求的主要指标和因素，而且还要制定一种方法，通过加权系数来量化指标的重要性。

对指标重要性的定量评估和对不同医疗保健概况的具体情况的差异化考虑是我们的研究与其他类似研究的关键区别，而其他类似研究在大多数情况下仅对影响使用 远程医疗咨询的因素进行了定性评估。我们没有发现对指标和因素的重要性进行定量评估的类似研究。

然而，我们的研究也存在一些局限性。为计算一些指标而获取原始数据可能比较困难或不精确。反映各因素重要性的权重是根据少量专家样本确定的，今后可能需要更大规模的研究来完善这些权重。

结论

已经制定了一套指标体系，（考虑到其重要性）可用于在提供各种医疗服务时对 远程医疗咨询的需求进行有区别的评估。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. All authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.S. Samsonova — concept and design of the study, collection of material, writing the article, acquisition, analysis and interpretation of data; I.A. Mikhailov — concept and design of the study, data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version; V.V. Omelyanovsky, M.V. Avksentieva, I.A. Zheleznyakova — concept and design of the study, editing, approval of the final version; G.G. Lebedenko — concept and design of the study, editing.

REFERENCES

1. Hsu M-H, Chu T-B, Yen J-C, et al. Development and implementation of a national telehealth project for long-term care: a preliminary study. *Computer methods and programs in biomedicine*. 2010;97(3):286–292. doi: 10.1016/j.cmpb.2009.12.008
2. *Telemedicine Consultations for Patients in Long Term Care: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness, and Guidelines*. Ottawa: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2015.
3. Kern-Goldberger AR, Srinivas SK. Telemedicine in Obstetrics. *Clinics in perinatology*. 2020;47(4):743–757. doi: 10.1016/j.clp.2020.08.007
4. Narasimha S, Madathil KC, Agnisarman S, et al. Designing Telemedicine Systems for Geriatric Patients: A Review of the Usability Studies. *Telemedicine journal and e-health*. 2017;23(6):459–472. doi: 10.1089/tmj.2016.0178
5. Wolf TG, Schulze RKW, Ramos-Gomez F, et al. Effectiveness of Telemedicine and Teledentistry after the COVID-19 Pandemic. *International journal of environmental research and public health*. 2022;19(21). doi: 10.3390/ijerph192113857
6. Omboni S, McManus RJ, Bosworth HB, et al. Evidence and Recommendations on the Use of Telemedicine for the Management of Arterial Hypertension: An International Expert Position Paper. *Hypertension*. 2020;76:1368–1383. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15873
7. Chirra M, Marsili L, Wattley L, et al. Telemedicine in Neurological Disorders: Opportunities and Challenges. *Telemedicine journal and e-health: the official journal of the American Telemedicine Association*. 2019;25(7):541–550. doi: 10.1089/tmj.2018.0101
8. Jackson LE, Edgil TA, Hill B, et al. Telemedicine in rheumatology care: A systematic review. *Seminars in arthritis and rheumatism*. 2022;56:152045. doi: 10.1016/j.semarthrit.2022.152045
9. Rubin MN, Demaerschalk BM. The use of telemedicine in the management of acute stroke. *Neurosurgical focus*. 2014;36(1):E4. doi: 10.3171/2013.11.FOCUS13428
10. Drapkina OM, Shepel RN, Vakhovskaya TV, et al. Evaluation of the effectiveness of telemedicine consultations conducted by experts of National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2020;23(6):7–14. doi: 10.17116/profmed2020230617
11. Chekhonadsky II, Skripov VS, Semenova NV, Shvedova AA, Malysheva LV. Capabilities of telemedicine consultations of patients with mental disorders. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2021;24(9):74–78. doi: 10.17116/profmed20212409174
12. Skripov VS, Chekhonadsky II, Kochorova LV, Shvedova AA, Semenova NV. Results of interaction with regional services in the framework of telemedicine consultations on psychiatry and narcology. *V.M. Bekhterev review of psychiatry and medical psychology*. 2019;(3):73–77. doi: 10.31363/2313-7053-2019-3-73-77
13. Skripov VS, Semenova NV, Kochorova LV, Shvedova AA, Chekhonadsky II. Experience in consulting with the use of telemedicine technologies in psychiatry and narcology. *Bulletin of the Russian military medical academy*. 2019;2(66):188–190.
14. Chukhrayov AM, Khodzhaev NS, Kechin EV. Analysis of the structure of telemedicine consultations in ophthalmology in the Russian Federation. *Health care of the Russian Federation*. 2020;64(1):22–28. doi: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-22-28
15. Potievskaya VI, Kononova EV, Shaputko NV, et al. Telehealth consultations in cardio-oncology. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(2):60–71. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3164
16. Gautier SV, Khomyakov SM. Planning of remote consultations with the use of telemedicine technologies on the profile “transplantation”. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2019;21(S):9–10. (In Russ).
17. Pyregov AV, Kholin AM, Yurova MV, Khamo AA. Analysis of the effectiveness of telemedicine consultations in obstetrics in the profile “Anesthesiology and resuscitation” on the example of two-year experience of the National Research Center. *Akusherstvo i ginekologiya*. 2020(1):155–162. (In Russ). doi: 10.18565/aig.2020.1.155-162
18. Sukhikh GT, Shuvalova MP, Kan NE, Prialukhin IA. The role of the National Medical Research Center in the quality and safety of maternity services in the regions of the Russian Federation. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2023;(1):20–27.
19. Alekseeva NYu, Rudenko NYu, Syagaev RA. Analysis of the use of telemedicine technologies in the provision of medical care to the pediatric population of the Irkutsk region. *Sistema menedzhmenta kachestva: opyt i perspektivy*. 2022;(11):266–269. (In Russ).
20. Gorshkov MK, Sheregi FE. *Applied Sociology: Methodology and Methods*. Moscow: Al'fa-M: INFRA-M; 2009. (In Russ).
21. Willerman B. The adaptation and use of Kendall's coefficient of concordance (W) to sociometric-type rankings. *Psychol Bull*. 1955;52(2):132–133. doi: 10.1037/h0041665
22. Khanal S, Burgon J, Leonard S, et al. Recommendations for the Improved Effectiveness and Reporting of Telemedicine Programs in Developing Countries: Results of a Systematic Literature Review. *Telemedicine journal and e-health*. 2015;21(11):903–915. doi: 10.1089/tmj.2014.0194
23. Alami H, Gagnon MP, Wootton R, Fortin JP, Zanaboni P. Exploring factors associated with the uneven utilization of telemedicine in Norway: a mixed methods study. *BMC medical informatics and decision making*. 2017;17(1):180. doi: 10.1186/s12911-017-0576-4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hsu M.-H., Chu T.-B., Yen J.-C., et al. Development and implementation of a national telehealth project for long-term care: a preliminary study // Computer methods and programs in biomedicine. 2010. Vol. 97, N 3. P. 286–292. doi: 10.1016/j.cmpb.2009.12.008
2. Telemedicine Consultations for Patients in Long Term Care: A Review of Clinical Effectiveness, Cost-Effectiveness, and Guidelines. Ottawa : Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health, 2015.
3. Kern-Goldberger A.R., Srinivas S.K. Telemedicine in Obstetrics // Clinics in perinatology. 2020. Vol. 47, N 4. P. 743–757. doi: 10.1016/j.clp.2020.08.007
4. Narasimha S., Madathil K.C., Agnisarman S., et al. Designing Telemedicine Systems for Geriatric Patients: A Review of the

Usability Studies // *Telemedicine journal and e-health*. 2017. Vol. 23, N 6. P. 459–472. doi: 10.1089/tmj.2016.0178

5. Wolf T.G., Schulze R.K.W., Ramos-Gomez F., et al. Effectiveness of Telemedicine and Teledentistry after the COVID-19 Pandemic // *International journal of environmental research and public health*. 2022. Vol. 19, N 21. doi: 10.3390/ijerph192113857

6. Omboni S., McManus R.J., Bosworth H.B., et al. Evidence and Recommendations on the Use of Telemedicine for the Management of Arterial Hypertension: An International Expert Position Paper // *Hypertension*. 2020. Vol. 76. P. 1368–1383. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15873

7. Chirra M., Marsili L., Wattley L., et al. Telemedicine in Neurological Disorders: Opportunities and Challenges // *Telemedicine journal and e-health: the official journal of the American Telemedicine Association*. 2019. Vol. 25, N 7. P. 541–550. doi: 10.1089/tmj.2018.0101

8. Jackson L.E., Edgil T.A., Hill B., et al. Telemedicine in rheumatology care: A systematic review // *Seminars in arthritis and rheumatism*. 2022. Vol. 56. P. 152045. doi: 10.1016/j.semarthrit.2022.152045

9. Rubin M.N., Demaerschalk B.M. The use of telemedicine in the management of acute stroke // *Neurosurgical focus*. 2014. Vol. 36, N 1. P. E4. doi: 10.3171/2013.11.FOCUS13428

10. Драпкина О.М., Шепель Р.Н., Ваховская Т.В., и др. Оценка эффективности телемедицинских консультаций, проводимых экспертами ФГБУ «НМИЦ ТПМ» Минздрава России // *Профилактическая медицина*. 2020. Т. 23, № 6. С. 7–14. doi: 10.17116/profmed2020230617

11. Чехонадский И.И., Скрипов В.С., Семенова Н.В., Шведова А.А., Малышко Л.В. Возможности телемедицинских консультаций пациентов, страдающих психическими расстройствами // *Профилактическая медицина*. 2021. Т. 24, № 9. С. 74–78. doi: 10.17116/profmed20212409174

12. Скрипов В.С., Чехонадский И.И., Кочорова Л.В., Шведова А.А., Семенова Н.В. Результаты взаимодействия с региональными службами в рамках телемедицинских консультаций по психиатрии и наркологии // *Обзор психиатрии и медицинской психологии имени ВМ Бехтерева*. 2019. № 3. С. 73–77. doi: 10.31363/2313-7053-2019-3-73-77

13. Скрипов В.С., Семенова Н.В., Кочорова Л.В., Шведова А.А., Чехонадский И.И. Опыт проведения консультаций с применением телемедицинских технологий в психиатрии и наркологии // *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2019. Т. 2, № 66. С. 188–190.

14. Чухраёв А.М., Ходжаев Н.С., Кечин Е.В. Анализ структуры телемедицинских консультаций по профилю «офтальмология» в Российской Федерации // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2020. Т. 64, № 1. С. 22–28. doi: 10.18821/0044-197X-2020-64-1-22-28

15. Потиевская В.И., Кононова Е.В., Шапутько Н.В., и др. Телемедицинские консультации в кардиоонкологии // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022. Т. 21, № 2. С. 60–71. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3164

16. Готье С.В., Хомяков С.М. Планирование дистанционных консультаций с применением телемедицинских технологий по профилю «трансплантация» // *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2019. Т. 21, № 5. С. 9–10.

17. Пырегов А.В., Холин А.М., Юрова М.В., Хамо А.А. Анализ эффективности телемедицинских консультаций в акушерстве по профилю «Анестезиология и реаниматология» на примере двухлетнего опыта Национального исследовательского центра // *Акушерство и гинекология*. 2020. № 1. С. 155–162. doi: 10.18565/aig.2020.1.155-162

18. Сухих Г.Т., Шувалова М.П., Кан Н.Е., Прялухин И.А. Роль национального медицинского исследовательского центра в обеспечении качества и безопасности медицинской деятельности службы родовспоможения в субъектах Российской Федерации // *Вестник Росздравнадзора*. 2023. № 1. С. 20–27.

19. Алексеева Н.Ю., Руденко Н.Ю., Сягаев Р.А. Анализ применения телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи детскому населению Иркутской области // *Система менеджмента качества: опыт и перспективы*. 2022. № 11. С. 266–269.

20. Горшков М.К., Шереги Ф.Э. *Прикладная социология: методология и методы*. Москва : Альфа-М: ИНФРА-М, 2009.

21. Willerman B. The adaptation and use of Kendall's coefficient of concordance (W) to sociometric-type rankings // *Psychol Bull*. 1995. Vol. 52, N 2. P. 132–133. doi: 10.1037/h0041665

22. Khanal S., Burgon J., Leonard S., et al. Recommendations for the Improved Effectiveness and Reporting of Telemedicine Programs in Developing Countries: Results of a Systematic Literature Review // *Telemedicine journal and e-health*. 2015. Vol. 21, N 11. P. 903–915. doi: 10.1089/tmj.2014.0194

23. Alami H., Gagnon M.P., Wootton R., Fortin J.P., Zanaboni P. Exploring factors associated with the uneven utilization of telemedicine in Norway: a mixed methods study // *BMC medical informatics and decision making*. 2017. Vol. 17, N 1. P. 180. doi: 10.1186/s12911-017-0576-4

AUTHORS' INFO

* Ilya A. Mikhailov, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 10 build. 5 Khokhlovsky lane, Moscow, 109028, Russia;
ORCID: 0000-0001-8020-369X;
eLibrary SPIN: 5798-0749;
e-mail: mikhailov@rosmedex.ru

Elena A. Samsonova;
ORCID: 0000-0002-6085-1320;
eLibrary SPIN: 8372-5195;
e-mail: samsonova@rosmedex.ru

ОБ АВТОРАХ

* Михайлов Илья Александрович, канд. мед. наук;
адрес: 109028, город Москва, Хохловский пер., д. 10, стр. 5;
ORCID: 0000-0001-8020-369X;
eLibrary SPIN: 5798-0749;
e-mail: mikhailov@rosmedex.ru

Самсонова Елена Сергеевна;
ORCID: 0000-0002-6085-1320;
eLibrary SPIN: 8372-5195;
e-mail: samsonova@rosmedex.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Vitaly V. Omelyanovsky, MD, Dr. Sci. (Medicine),
Professor;
ORCID: 0000-0003-1581-0703;
eLibrary SPIN: 1776-4270;
e-mail: vvo@rosmedex.ru

Maria V. Avksentieva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-6660-0402;
eLibrary SPIN: 3333-4237;
e-mail: avksenteva@rosmedex.ru

Inna A. Zheleznyakova;
ORCID: 0000-0003-2943-6564;
eLibrary SPIN: 2413-9265;
e-mail: zheleznyakova@rosmedex.ru

Georgy G. Lebedenko;
eLibrary SPIN: 5504-7272;
e-mail: lebedenko@rosmedex.ru

Омельяновский Виталий Владимирович, д-р мед. наук,
профессор;
ORCID: 0000-0003-1581-0703;
eLibrary SPIN: 1776-4270;
e-mail: vvo@rosmedex.ru

Авксентьева Мария Владимировна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-6660-0402;
eLibrary SPIN: 3333-4237;
e-mail: avksenteva@rosmedex.ru

Железнякова Инна Александровна;
ORCID: 0000-0003-2943-6564;
eLibrary SPIN: 2413-9265;
e-mail: zheleznyakova@rosmedex.ru

Лебеденко Георгий Геннадьевич;
eLibrary SPIN: 5504-7272;
e-mail: lebedenko@rosmedex.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

Conventional structural magnetic resonance imaging in differentiating chronic disorders of consciousness

Anastasia N. Sergeeva¹, Sofya N. Morozova¹, Dmitrii V. Sergeev¹, Elena I. Kremneva¹, Alexey A. Zimin¹, Lyudmila A. Legostaeva¹, Elizaveta G. Iazeva², Marina V. Krotenkova¹, Yulia V. Ryabinkina¹, Natalia A. Suponeva¹, Michael A. Piradov¹

¹ Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

² LLC "Three sisters" Rehabilitation center, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Differential diagnosis of chronic disorders of consciousness remains one of the most difficult problems even for experienced clinicians.

AIM: To evaluate the inter-expert consistency and capacity of the researcher-developed structural scale based on magnetic resonance imaging to differentiate chronic disorders of consciousness, named, DOC-MRIDS, on a larger sample of patients.

MATERIALS AND METHODS: Sixty patients with a clinically stable status diagnosed with consciousness disorders (vegetative state, $n=32$; minimally conscious state, $n=28$) were enrolled. The revised coma recovery scale (CRS-R) was included in the clinical assessment. All patients underwent structural magnetic resonance imaging with 3.0-T Siemens scanners including T2 and T1 sequences. Structural changes were assessed using the DOC-MRIDS scale and included the following features: diffuse cortical atrophy, ventricular enlargement, gyri dilatation, leukoaraiosis, brainstem and/or thalamic degeneration, corpus callosum degeneration, and focal corpus callosum lesions. A total score was calculated. Magnetic resonance imaging data were analyzed by three neuroradiologists, and inter-observer agreement (Krippendorff's alpha) was assessed.

RESULTS: A high inter-examiner agreement of the DOC-MRIDS scale score was found, with $\alpha=0.806$ (95% confidence interval 0.757–0.849). The vegetative state group had a higher DOC-MRIDS score than the minimally conscious state group ($p<0.005$). A negative correlation was obtained between CRS-R and DOC-MRIDS scale scores ($\rho=-0.457$, $p<0.0001$), individual clinical scale domains, and magnetic resonance imaging features.

CONCLUSION: When assessing structural changes in patients with chronic consciousness disorders, the use of the DOC-MRIDS scale helps differentiate the type of such disorders with sufficient specificity, sensitivity, and inter-rater agreement. This scale can be used in clinical practice as an additional differential diagnostic tool.

Keywords: magnetic resonance imaging; structural assessment; chronic disorders of consciousness; unresponsive wakefulness syndrome; minimally conscious state; differential diagnosis.

To cite this article:

Sergeeva AN, Morozova SN, Sergeev DV, Kremneva EI, Zimin AA, Legostaeva LA, Iazeva EG, Krotenkova MV, Ryabinkina YuV, Suponeva NA, Piradov MA. Conventional structural magnetic resonance imaging in differentiating chronic disorders of consciousness. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):190–202. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

Дифференциальная диагностика хронических нарушений сознания по данным структурной магнитно-резонансной томографии

А.Н. Сергеева¹, С.Н. Морозова¹, Д.В. Сергеев¹, Е.В. Кремнева¹, А.А. Зимин¹,
Л.А. Легостаева¹, Е.Г. Язева², М.В. Кротенкова¹, Ю.В. Рябинкина¹, Н.А. Супонева¹,
М.А. Пирадов¹

¹ Научный центр неврологии, Москва, Россия;

² ООО «Реабилитационный центр "Три сестры"», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Дифференциальная диагностика хронических нарушений сознания остаётся сложной задачей даже для опытных клиницистов. В связи с этим для оценки таких пациентов актуальной является разработка инструментальных подходов, предоставляющих дополнительную информацию о диагнозе.

Цель — оценка межэкспертной согласованности и возможностей практического применения ранее предложенной шкалы оценки изменений на основе структурной магнитно-резонансной томографии для дифференциальной диагностики хронических нарушений сознания (DOC-MRIDS) на более крупной выборке пациентов.

Материалы и методы. Исследованы 60 соматически стабильных пациентов с клинически диагностированными хроническими нарушениями сознания: 32 — в вегетативном состоянии, и 28 — в состоянии минимального сознания. Клиническая оценка проводилась с использованием пересмотренной шкалы восстановления после комы (CRS-R). Всем пациентам была проведена структурная магнитно-резонансная томография с использованием томографов 3.0 T Siemens, включающая T2- и T1-последовательности. При оценке структурных изменений по шкале DOC-MRIDS учитывались наличие и выраженность следующих признаков: диффузная атрофия коры, увеличение желудочков, расширение борозд, лейкоареоз, дегенерация ствола мозга и/или таламуса, дегенерация мозолистого тела, очаговое поражение мозолистого тела; производился подсчёт суммарного балла. Данные магнитно-резонансной томографии анализировались тремя нейрорадиологами с оценкой межэкспертной согласованности (коэффициент альфа Кrippendorфа).

Результаты. Выявлена высокая межэкспертная согласованность оценки по шкале DOC-MRIDS: $\alpha=0,806$ (95% доверительный интервал 0,757–0,849). Пациенты в вегетативном состоянии имели более высокий балл по шкале магнитно-резонансной томографии DOC-MRIDS по сравнению с пациентами в состоянии минимального сознания ($p < 0,005$). Получена отрицательная корреляция между оценкой по шкалам CRS-R и DOC-MRIDS ($\rho=-0,457$, $p < 0,0001$) между отдельными доменами клинической шкалы и признаками по магнитно-резонансной томографии.

Заключение. Оценка структурных изменений у пациентов с хроническими нарушениями сознания с помощью шкалы DOC-MRIDS помогает установить вероятный клинический тип нарушения сознания с достаточной специфичностью, чувствительностью и межэкспертной согласованностью и может использоваться в клинической практике как дополнительный к клиническим данным дифференциально-диагностический метод.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; структурная оценка, хронические нарушения сознания; вегетативное состояние; состояние минимального сознания; дифференциальная диагностика.

Как цитировать:

Сергеева А.Н., Морозова С.Н., Сергеев Д.В., Кремнева Е.В., Зимин А.А., Легостаева Л.А., Язева Е.Г., Кротенкова М.В., Рябинкина Ю.В., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Дифференциальная диагностика хронических нарушений сознания по данным структурной магнитно-резонансной томографии // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 190–202. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

根据结构性磁共振成像数据对慢性意识障碍进行鉴别诊断

Anastasia N. Sergeeva¹, Sofya N. Morozova¹, Dmitrii V. Sergeev¹, Elena I. Kremneva¹, Alexey A. Zimin¹, Lyudmila A. Legostaeva¹, Elizaveta G. Iazeva², Marina V. Krotenkova¹, Yulia V. Ryabinkina¹, Natalia A. Suponeva¹, Michael A. Piradov¹

¹ Research Center of Neurology, Moscow, Russia;

² LLC "Three sisters" Rehabilitation center, Moscow, Russia

摘要

论证。即使对于经验丰富的临床医生来说，慢性意识障碍的鉴别诊断仍然是一项艰巨的任务。在这方面，开发评估这些患者的工具性方法具有重要意义，它能为诊断提供更多信息。

目的是评估之前提出的基于结构性磁共振成像的慢性意识障碍鉴别诊断变化评估量表（DOC-MRIDS）在更多患者样本中的专家间一致性和实际应用的可行性。

材料和方法。研究对象为 60 名经临床诊断为慢性意识障碍的躯体稳定患者：32 名处于植物人状态，28 名处于微意识状态。临床评估采用昏迷恢复量表修订版（CRS-R）进行。所有患者均使用 3.0 T Siemens 断层扫描仪进行了 T2 和 T1 序列结构性磁共振成像。在根据 DOC-MRIDS 量表评估结构变化时，考虑了以下特征的存在和严重程度：弥漫性皮质萎缩、脑室扩大、脑沟扩张、白质疏松、脑干和/或丘脑变性、胼胝体变性和胼胝体局灶性病变；并计算了总分。磁共振成像数据由三位神经放射学专家进行分析，并评估专家间的一致性（Krippendorff 的 α 系数）。

结果。DOC-MRIDS 量表评分的专家间一致性很高： $\alpha=0.806$ （95%置信区间为 0.757~0.849）。与处于微意识状态的患者相比，植物人患者的 DOC-MRIDS 磁共振成像量表得分更高（ $P<0.005$ ）。CRS-R 和 DOC-MRIDS 评分之间呈负相关（ $P=-0.457$, $P<0.0001$ ），临床量表的各个领域与磁共振成像特征之间呈负相关。

结论。使用 DOC-MRIDS 量表对慢性意识障碍患者的结构变化进行评估，有助于确定意识障碍的可能临床类型，具有足够的特异性、灵敏度和专家间的一致性，可在临床实践中作为临床数据的补充鉴别诊断方法。

关键词：磁共振成像；慢性意识障碍；植物人状态；微意识状态；鉴别诊断。

引用本文：

Sergeeva AN, Morozova SN, Sergeev DV, Kremneva EI, Zimin AA, Legostaeva LA, Iazeva EG, Krotenkova MV, Ryabinkina YuV, Suponeva NA, Piradov MA. 根据结构性磁共振成像数据对慢性意识障碍进行鉴别诊断. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):190–202. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569418>

收到: 15.09.2023

接受: 04.12.2023

发布日期: 27.06.2024

论证

慢性意识障碍（DOC）的形成，即患者昏迷后尽管恢复了清醒，但意识行为持续缺乏恢复，通常是许多大脑结构广泛受损的结果[1]。由于在这些病例中，下丘脑和脑干的自主神经功能（尤其是血液循环和自主呼吸的调节功能）得以完全或部分保留，慢性意识障碍患者可能会存活很长时间[2]。慢性意识障碍的主要类型是植物状态（VS；同义词：无活动觉醒综合征）和微意识状态（MCS）[2, 3]。植物状态是一种完全缺乏自我意识和环境意识的临床状态，而微意识状态患者能够表现出不稳定但明显且可重复的自我意识或对环境反应的行为迹象[3, 4]。

在植物状态和微意识状态的鉴别诊断中，识别意识体征极为重要，这在很大程度上决定了进一步的康复策略[3]。鉴别植物状态和微意识状态的诊断标准包括对外界刺激有意识反应的临床表现和有目的交流的可能性。检测意识体征的金标准是详细的标准化临床检查[5]。评估慢性意识障碍患者的常用临床工具是修订版昏迷恢复量表（CRS-R），它能为植物状态和微意识状态的鉴别诊断提供最佳结果[6]。然而，由于难以解释检测到的反应、患者活动水平的波动，以及严重的运动障碍、失语、机械障碍（如气管插管）、疼痛综合征和其他多种因素，这种评估往往是困难的。因此，诊断错误率可高达 40% [7]。

许多研究试图利用神经影像技术（如使用 18F- 氟脱氧葡萄糖的脑正电子发射断层扫描）优化慢性意识障碍的鉴别诊断并预测预后。M. Monti 等人利用功能性磁共振成像（f 磁共振成像）证明，一小部分慢性意识障碍患者在完成一些心理想象任务时会出现大脑激活，这也提示了意识的存在[9]。另一项研究结果表明，根据静息态 f 磁共振成像，额叶-丘脑连通性的恢复与认知功能之间存在相关性[10]。此外，在另一项研究[11]中，对静息网络（被动脑网络、额顶网络、显著性网络、听觉网络、感觉运动网络和视觉网络）的功能连通性分析表明，80%以上的植物状态和微意识状态患者组间存在差异。

然而，功能成像方法并没有得到广泛应用，因为它们需要复杂的数据处理，而且结果可能不一致。结构成像是评估慢性意识障碍脑损伤程度的一种更简便易行的方法。在 143 名患者的大量样本中，结构成像显示慢性意识障碍的特征是基底核和丘脑明显萎缩[12]。此外，还多次尝试寻找脑损伤的模式，以区分植物状态和微意识状态患者。例如，与微意识状态相比，植物状态患者的左侧皮质和苍白球状体萎缩更明显，丘脑体积缩小，腹内侧前额叶皮质、后扣带回皮质和楔前皮质的变化更明显。我们还根据所记录的行为反应的复杂程度，比较了微意识状态的子类别：微意识状态-（减）和微意识状态+（加）。在后者中，大脑左半球的皮质，包括颞中回、颞上回和额下回（布罗卡区），保存得更为完好[13]。有证据表明，核磁共振成像结构数据对植

物状态创伤后患者的预后具有重要价值：胼胝体和脑干背外侧的损伤是导致患者无法康复的预测因素。另一项研究使用了形态计量学方法，结果显示植物状态患者和微意识状态患者在中心点旁、海马旁、顶叶下部、眶额叶内侧皮层、丘脑和尾状核的灰质体积方面存在差异[14]。

与此同时，常规实践中可能还不具备先进的成像数据分析方法。鉴于结构性磁共振成像磁共振成像的广泛应用，几乎所有慢性意识障碍患者都需要进行结构性磁共振成像磁共振成像检查，而且慢性意识障碍患者的磁共振成像磁共振成像变化与临床表现之间的关联已得到证实，因此，Research Center of Neurology 开发了基于结构性磁共振成像磁共振成像的意识障碍区分量表（慢性意识障碍-磁共振成像DS），用于慢性意识障碍的鉴别诊断[15]。该量表用于对在微意识状态患者中发现的最常见和临床上最重要的磁共振成像磁共振成像变化进行评分，以便为植物状态和微意识状态患者的鉴别诊断提供更多数据。该量表已在 30 名患者中进行了测试，显示出较高的灵敏度和特异性（分别为 82% 和 92%），但要在临床实践中更广泛地使用，还需要对其可靠性进行进一步评估。

目的

评估慢性意识障碍-磁共振成像DS 量表在较大样本患者中鉴别诊断慢性意识障碍的能力，并确定评估结果在专家间的一致性。

材料和方法

研究设计

本研究为实验性、单中心、横断面研究。

资格标准

纳入标准：

- 患有慢性意识障碍；
- 年龄超过 18 岁
- 出现意识障碍至少 28 天；
- 患者身体状况稳定；
- 患者官方代表的知情同意。

排除标准：存在磁共振成像禁忌症。

研究条件

本研究在重症监护室 Research Center of Neurology（莫斯科）进行。

研究期限

研究参与者的招募是在2015年至2021年期间进行的。

医疗干预描述

所有患者均在 MAGNETOM Verio 3T 和 MAGNETOM Prisma 3T 断层扫描仪（德国 Siemens Healthineers 公司）上进行了结构性核磁共振成

像。扫描方案包括使用自旋回波序列采集 T2 加权图像（重复时间，4000 毫秒；回波时间，118 毫秒；厚度，5.0 毫米；间距，1.5 毫米；持续时间 - 2 分钟 02 秒）和三维梯度回波序列（重复时间 - 1900 毫秒；回波时间 - 2.5 毫秒；厚度 - 1.0 毫米；步长 - 1.0 毫米；切片数 - 176；持续时间 - 4 分钟 18 秒）采集 T1 加权图像，以评估患者的大脑物质。

在使用 慢性意识障碍-磁共振成像DS 量表评估结构变化时，选择了最常观察到的特征：弥漫性皮质萎缩、脑室扩大、脑沟扩张、白癫风、脑干和/或丘脑变性、胼胝体变性和胼胝体局灶性病变（图 1）。

对于弥漫性皮质萎缩、脑干和/或丘脑变性以及胼胝体损伤，变化被归类为存在（1）或不存在（0）病理。毫无疑问的大脑皮层广泛变薄以及丘脑和/或脑干双侧对称性缩小均被视为病变。中风或外伤导致的单侧损伤被视为无征象。其他参数按照以下系统进行评估：0 - 无变化，1 - 中度变化，2 - 明显变化：

- 心室中度扩大的评估标准是 Evans 指数为 0.31 至 0.74（1），明显扩大 - Evans 指数超过 0.74（2）；
- 蛛网膜下腔扩张 0.2 厘米至 0.4 厘米为中度沟扩张（1），超过 0.4 厘米为明显扩张（2）；
- 脑室周围“帽子”、白质弥漫性脑室周围信号强度改变被评定为中度白癫风（1）；广泛的、合并的 T2 高密度区扩散到深部白质和皮层下结构被评定为明显白癫风（2）；
- 胼胝体退化以其中央部分的厚度来评估：0.4-0.2 厘米为中度（1），小于 0.2 厘米为明显（2）。

根据对所列变化的视觉分析结果，计算出从 0（脑部无变化）到 11（脑部广泛病变）的总分（表 1）。

所有列出的磁共振成像参数均由三位神经放射学专家（超过 15 年的经验）在 T2 和 T1 加权图像上独立评估，他们对患者的临床诊断“视而不见”。

植物状态或 微意识状态 的临床评估和诊断由三位对 慢性意识障碍患者有至少三年治疗经验的神

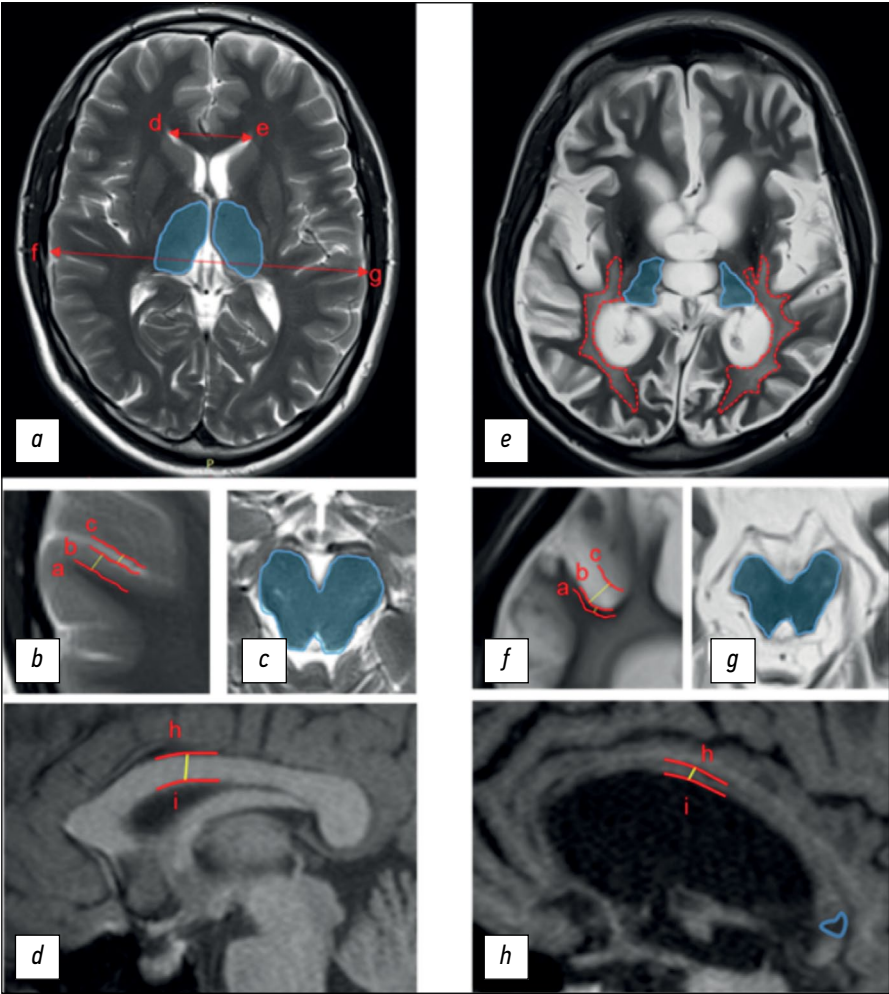


图1。 对慢性意识障碍-MDS量表的评估：a-d-以健康志愿者为例；e-h-以慢性意识障碍患者为例。指定的距离：a—b-皮质厚度；b—c-犁沟宽度；h—i- 胼胝体中央部分的厚度；距离d—e和f—g用于计算Evans指数。蓝色高亮区域：a，视结节未变；c，脑干；e，视丘退化；g，脑干退化。线条：e-红色虚线表示白血病的发病率；h-蓝色实线表示胼胝体的低密度病灶。

表 1. 慢性意识障碍-磁共振成像DS 评分的磁共振成像参数

参数	慢性意识障碍-磁共振成像DS 量表			
	没有	可用性	适度变化	重大变化
皮质弥漫性萎缩	0	1	-	-
躯干/丘脑退化	0	1	-	-
胼胝体局部病变	0	1	-	-
脑室扩大	0	-	1	2
脑沟扩张	0	-	1	2
白细胞增多症	0	-	1	2
胼胝体变性	0	-	1	2

经科医生进行，他们使用的是俄文版的“昏迷恢复量表修订版”(CRS-R) [4]。评估至少进行 5 次，取最佳分数。

分组分析

本研究共纳入 60 名临床诊断为慢性意识障碍(31 名植物状态, 29 名微意识状态)的患者(28 名女性, 32 名男性), 年龄在 18 岁至 67 岁之间(中位年龄 - 32 [24; 49] 岁)。所有患者的身体状况均稳定。

伦理审查

已获得所有患者官方代表的知情同意。本研究中对人类参与者实施的所有程序均符合机构和/或国家研究委员会的伦理标准, 以及 1964 年《赫尔辛基宣言》及其后期修订版或类似伦理标准。知情同意协议于 2014 年 11 月 19 日获得了 Research Center of Neurology 机构伦理委员会的批准(项目编号 11/14)。]

数据统计分析

根据公认的算法计算样本量时, 结果显示 60 人具有足够的代表性。患者样本(n=60)的数据分布性质不符合正态分布, 因此使用非参数统计方法进行分析: Kraskell-Wallis、Mann-Whitney 标准(如果同时比较患者的三个或更多参数, 则

采用 Benjamini-Hochberg 多重比较校正)。为了研究指标之间的关系, 使用了Spearman非参数相关系数。在主格数据的分析中使用了调整连续性的卡方准则。为了建立发展规模的信息性, ROC分析与AUC指标(曲线下面积-曲线下面积)以及灵敏度和特异性指标的计算一起使用。

使用Krippendorff alpha系数评估神经放射学家的专家间一致性。在所有假设检验的情况下, 统计学显著性水平符合p<0.05。

描述性统计结果以中位数(Me)和四分位数间距(Q25-Q75)表示。统计分析在 SPSS Statistics 22 (IBM, USA) 和 Rstudio (Posit PBC, USA) 程序中进行。

研究结果

研究对象(参与者)

慢性意识障碍的持续时间从昏迷后 2 个月到 72 个月不等。出现慢性意识障碍的原因包括头部损伤(19 人)和非创伤性原因(缺氧性脑损伤、缺血性和出血性急性脑循环障碍、脱髓鞘性脑损伤、中毒等; 41 人)。

表 2 列出了植物状态组和微意识状态组患者的人口统计学和临床数据。植物状态组和微意识状态组 CRS-R 总分的中位数分别为 6 分和 12.0 分。

表 2. 人口统计学和临床数据

	植物状态	最低限度的意识状态	所有患者
人数	31	29	60
年龄、年龄	34 [24; 51]	32 [25; 45]	32 [24; 49]
性别, 男/女	15/16	17/12	28/32
颅脑外伤病因/非外伤病因	4/27*	15/14*	19/41
病程, 月	14 (2~72)	12 (2~56)	13 (2~72)
慢性意识障碍-磁共振成像DS	4**	6**	5, 5
CRS-R	6*	12, 0*	9

* p < 0.05; ** p < 0.005 (Mann-Whitney 测试)

主要研究成果

植物状态组和微意识状态组在年龄（曼-惠特尼检验， $P=0.982$ ）、病程（ $P=0.807$ ）和性别（经连续性调整的卡方检验， $P=0.453$ ）方面无明显差异。同时，与创伤性脑损伤相比，植物状态组的非创伤性脑损伤频率在统计学上明显占优势（卡方检验， $p=0.003$ ），而在微意识状态患者中，非创伤性因素和创伤性因素的比例没有差异（卡方检验， $p=0.268$ ）。总体而言，与颅脑损伤患者相比，非创伤性脑损伤患者的临床表现更严重。CRS-R 总分的中位数分别为 6.0（5.0~10.0）分和 11.0（8.0~16.0）分（Mann-Whitney 标准与 Benjamini-Hochberg 多重比较调整， $P=0.001$ ）。

在使用慢性意识障碍-磁共振成像DS 量表对图像进行评估时，3 位专家之间的 Krippendorff α 系数值表明专家之间的一致性很高： $\alpha = 0.806$ （95% 置信区间为 0.757~0.849）。为了选择三位专家中一位的得分，我们对 Kraskell-Wallis 标准进行了分析，结果显示专家之间没有显著差异（ $p=0.363$ ），因此我们选择了第二位专家的得分进行进一步的统计分析。

在评估慢性意识障碍时间与慢性意识障碍-磁共振成像DS 评分之间的关系时，发现两者之间存在微弱的正相关（Spearman 系数，0.338； $p=0.008$ ）。Spearman 相关性分析表明，CRS-R 和慢性意识障碍-磁共振成像DS 评分之间存在统计学意义上的显著负相关（ $\rho=-0.457$ ， $p<0.0001$ ）（图 2）。在 CRS-R 量表总分与下列参数之间也发现了显著的负相关系数：弥漫性皮质萎缩（ $\rho=-0.457$ ）；胼胝体病灶（ $\rho=0.349$ ）；脑室扩张（ $\rho=-0.342$ ）；脑沟扩张（ $\rho=-0.442$ ）；白化病（ $\rho=-0.502$ ），在所有情况下， $P<0.001$ 。CRS-R量表的各个域与几乎所有结构量表参数也有显著相关性（表3）。

在慢性意识障碍-磁共振成像DS 量表上，各组之间存在明显的统计学差异。因此，植物状态组患者的慢性意识障碍-磁共振成像DS 评分低于微意识状态组患者（Mann-Whitney 检验， $P<0.005$ ）。对该样本患者进行 ROC 分析的结果显示，将植物状态和微意识状态患者区分开来的慢性意识障碍-磁共振成像DS 评分临界值为 5.5 分，最佳灵敏度为 68%，特异度为 64%（ $AUC=0.71$ ， $p=0.005$ ；图 3）。

根据不同病因，发现了统计学差异。皮质萎缩（卡方检验， $p<0.0001$ ）、沟扩张（ $p=0.001$ ）和白化病等特征在非创伤性病变患者中明显占优势（ $p=0.004$ ），而在创伤性病因的慢性意识障碍患者中，胼胝体的病变灶更为常见（ $p=0.002$ ）。

讨论

研究主要结果概述

提出了用磁共振成像量表量化慢性意识障碍特征性脑结构变化，作为区分慢性意识障碍临床变异的辅助工具。在试点研究中，证明了该量表在常规实践中的适用性，并获得了该工具相当高的灵敏度和特异性[15]。本研究是该量表开发的下一阶段，旨在了解不同放射科医生在使用该量表时以及在更多患者样本中使用该量表的可靠性。

主要结果讨论

在规模更大、慢性意识障碍类型更均衡的患者群体中获得的数据表明，与试点研究相比，慢性意识障碍-磁共振成像DS量表的灵敏度和特异性较低：敏感性和特异性分别为 82% 和 92%，而试验研究的敏感性和特异性分别为 68% 和 64%。

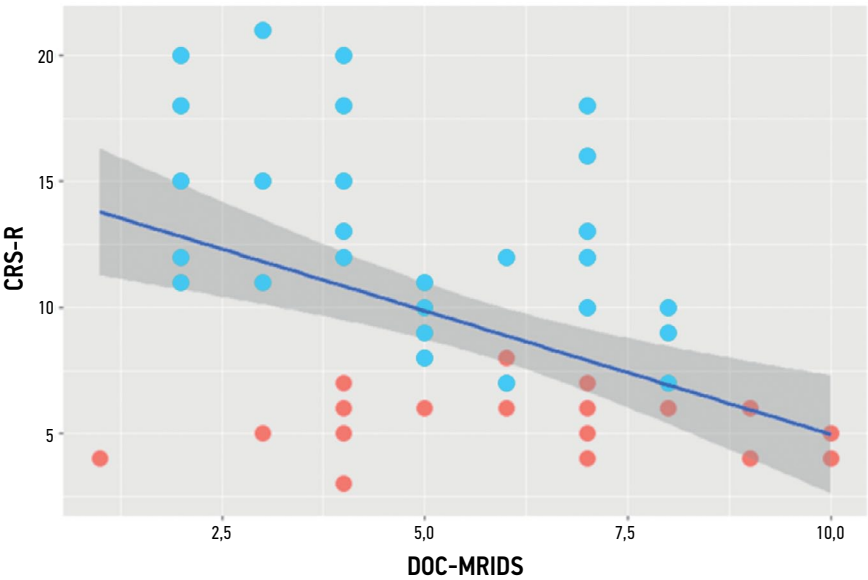


图 2. CRS-R 量表评分与慢性意识障碍-磁共振成像DS 负相关（ $\rho=-0.457$ ， $p<0.0001$ ）。红点，植物人状态组；蓝点，极少意识状态组。

表3。 CRS-R量表各个域与慢性意识障碍-MIDS量表指标之间的相关系数

统计指标	听觉功能	视觉功能	运动功能	运动机能	交流	清醒
弥漫性皮质萎缩						
相关系数 (ρ)	- 0.472**	- 0.382**	- 0.492**	- 0.152	- 0.315*	- 0.159
p 值	0.000	0.005	0.000	0.278	0.022	0.255
躯干和/或丘脑退化						
相关系数 (ρ)	- 0.288*	- 0.212	- 0.209	- 0.091	- 0.140	- 0.137
p 值	0.035	0.124	0.130	0.513	0.314	0.323
胼胝体中的病灶						
相关系数 (ρ)	0.289*	0.360**	0.355**	0.229	0.164	0.142
p 值	0.032	0.007	0.008	0.093	0.232	0.301
心室扩张						
相关系数 (ρ)	- 0.276*	- 0.318*	- 0.379**	- 0.149	- 0.309*	- 0.256
p 值	0.041	0.018	0.004	0.276	0.022	0.059
加宽犁沟						
相关系数 (ρ)	- 0.502**	- 0.425**	- 0.516**	- 0.169	- 0.341*	- 0.201
p 值	0.000	0.001	0.000	0.218	0.011	0.141
白血病						
相关系数 (ρ)	- 0.405**	- 0.451**	- 0.480**	- 0.338*	- 0.396**	- 0.250
p 值	0.002	0.001	0.000	0.012	0.003	0.066
小脑萎缩						
相关系数 (ρ)	- 0.165	- 0.135	- 0.049	- 0.174	- 0.001	- 0.141
p 值	0.229	0.324	0.722	0.204	0.996	0.305

*p<0.05;**p<0.005 (Spearman相关分析)

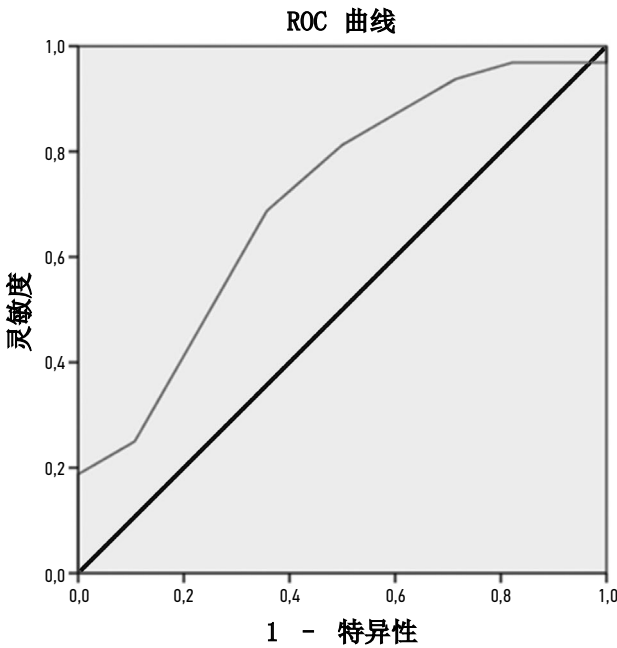


图 3。 区分植物状态和微意识状态患者的 ROC 曲线。AUC=0.71；P=0.005。

这可能是由于慢性意识障碍的时间差异较大（慢性意识障碍的持续时间为2–72个月）。尽管如此，这些比率仍然很高，足以在临床实践中使用量表评分。专家间的高度一致性证明了在不同放射科医生的评估中获得可靠结果的可能性。

值得注意的是，评估使用的是临床病情稳定患者的数据，即他们没有任何可能使神经意识评估结果恶化的躯体疾病（如感染并发症、颅内压增高等）。同样重要的是，使用最可靠的CRS-R量表进行多次评估，以获得意识状态的临床数据，并且由对慢性意识障碍患者有足够经验的神经科医生进行评估[16, 17]。这种方法可以最准确地确定临床慢性意识障碍综合征的类型。此外，慢性意识障碍-磁共振成像DS的放射学特征与慢性意识障碍患者的临床表现之间的差异在某些情况下可能表明需要进行第二次神经学评估。

值得注意的是，植物状态组主要是非外伤性意识障碍患者。这是因为招募慢性意识障碍患者参与研究存在困难：由于脑损伤后的预后较好，这类患者通常会发展为微意识状态，因此需要更长的时间才能将非创伤性病变患者招募到植物状态组，并形成病因平衡的人群。研究组的这一特点可能影响了对慢性意识障碍-磁共振成像DS评分的解释，因为非创伤性病变患者在皮质萎缩、沟变宽和白化等量表参数方面表现出更明显的变化。因此，要进一步研究病变病因如何影响植物状态患者的慢性意识障碍-磁共振成像DS评分，需要对创伤性和非创伤性病变患者进行更大规模的均衡抽样调查。

慢性意识障碍时间与慢性意识障碍-磁共振成像DS评分之间的弱正相关性可能反映了形态变化的动态变化。目前还没有对这一问题进行详细的长期研究。

毫无疑问，慢性意识障碍-磁共振成像DS的优势在于其可用性，因为评估需要结构性磁共振成像磁共振成像数据（具有指定扫描参数的T2自旋回波和T1梯度回波序列），而这些数据可以在任何磁场强度大于1.0特斯拉的高场断层扫描仪上获得。

磁共振成像检查的一个常见问题是患者移动造成的伪影，这可能会使慢性意识障碍-磁共振成像DS评估复杂化，尤其是对微意识状态患者而言。可能需要使用药物镇静来降低伪影的严重程度，这可能会给患者带来潜在风险，并增加检查的复杂性。不过，就结构磁共振成像而言，可以通过特殊的图像重建算法减少伪影的影响。此外，值得注意的是，结构磁共振成像的分析结果（包括慢性意识障碍-磁共振成像DS评分）受运动伪影的影响要明显小于功能磁共振成像，这再次强调了这种方法在日常实践中的可用性。

我们的研究是首次将慢性意识障碍患者脑损伤的形态学迹象整合到一个量表中的研究之一。一发现与先前对创伤后早期脑损伤导致意识障碍患者的一些研究一致。因此，研究表明，胼胝体和脑干背外侧的外伤性病变是无法康复的预兆，

而这一局部的病变可导致不利的预后[14]。在我们的患者中，大多数植物状态患者都有明显的胼胝体萎缩、脑干和丘脑变性。

CRS-R量表的单个领域和总分与慢性意识障碍-磁共振成像DS的总分及其单个参数的变化均有显著相关性，这表明量表中解剖结构的形态完整性对意识评估的重要性[18]。然而，虽然个别脑区可能在意识的产生和维持过程中起到了促进作用，但仅靠其结构的完整性并不足以产生清晰的意识。此外，丘脑皮质连接的保留以及不同大脑网络内部和之间的相互作用对于意识的维持也是必要的[19]。这可以解释我们获得的CRS-R量表的单个域与弥散性白质改变和局灶性胼胝体损伤之间的最高相关性，这是脑内连接的结构基础。然而，由于脑物质变化的高度可变性和严重程度，对通过结构和功能磁共振成像获得的慢性意识障碍患者脑连接数据进行自动分组分析相当困难。尽管在慢性意识障碍研究方面取得了进展，但最近的研究成果[19–21]揭示了对慢性意识障碍患者大脑结构和功能特征进行深入联合研究的前景，以及包括人工智能在内的数据处理机器学习方法的发展[20]。

结论

对慢性意识障碍患者的结构变化进行全面分析，并尝试使用慢性意识障碍-磁共振成像DS磁共振成像磁共振成像量表对其进行量化，有助于确定慢性意识障碍可能的临床变异，具有足够的特异性、敏感性和专家间的一致性，可在临床实践中用作结构化神经检查结果的补充方法。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

The greatest contribution is distributed as follows: A.N. Sergeeva — review of publications on the topic of the article, processing of MRI data, analysis of the obtained results, writing the manuscript text; S.N. Morozova — review of publications on the topic of the article, processing of MRI data, writing the manuscript text; D.V. Sergeev — methodology, scientific advice, review of publications on the topic of the article, reviewing and editing of the manuscript text; E.I. Kremneva — methodology, MRI data collection and processing; A.A. Zimin — statistical analysis of data, preparation of figures and tables; L.A. Legostaeva, E.G. Yazeva — methodology, collection and processing of clinical data; N.A. Suponeva, M.V. Krotenkova, M.A. Piradov — scientific consultation, project conception and administration, manuscript review.

REFERENCES

1. Koch C, Massimini M, Boly M, Tononi G. Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nat Rev Neurosci.* 2016;17(5):307–321. doi: 10.1038/nrn.2016.22
2. Monti MM, Laureys S, Owen AM. The vegetative state. *BMJ.* 2010;341:376–385. doi: 10.1136/bmj.c3765
3. Giacino JT, Ashwal S, Childs N, et al. The minimally conscious state: Definition and diagnostic criteria. *Neurology.* 2002;58(3):349–353. doi: 10.1212/wnl.58.3.349
4. Belkin AA, Aleksandrova EV, Akhutina TV, et al. Chronic Disorders of Consciousness: guidelines of the All-Russian public organization "Federation of Anesthesiologists and Reanimatologists". *Annals of critical care.* 2023;(3):7–42. doi: 10.21320/1818-474X-2023-3-7-42
5. Giacino JT. The vegetative and minimally conscious states: Consensus-based criteria for establishing diagnosis and prognosis. *Neurorehabilitation.* 2004;19(4):293–298. doi: 10.3233/NRE-2004-19405
6. Seel RT, Sherer M, et al. Assessment scales for disorders of consciousness: evidence-based recommendations for clinical practice and research. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(12):1795–1813. doi: 10.1016/j.apmr.2010.07.218
7. Schnakers C, Vanhaudenhuyse A, Giacino J, et al. Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state: Clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment. *BMC Neurol.* 2009;(9):35–40. doi: 10.1186/1471-2377-9-35
8. Stender J, Gosseries O, Bruno M, et al. Diagnostic precision of PET imaging and functional MRI in disorders of consciousness: A clinical validation study. *Lancet.* 2014;384(9942):514–522. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60042-8
9. Monti M, Vanhaudenhuyse A, Coleman M, et al. Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness. *N. Engl. J. Med.* 2010;362(7):579–589. doi: 10.1056/NEJMoa0905370
10. Crone J, Bio B, Vespa P, et al. Restoration of thalamo-cortical connectivity after brain injury: Recovery of consciousness, complex behavior, or passage of time. *J. Neurosci. Res.* 2018;96(4):671–687. doi: 10.1002/jnr.24115
11. Demertzi A, Antonopoulos G, Heine L, et al. Intrinsic functional connectivity differentiates minimally conscious from unresponsive patients. *Brain.* 2015;138(9):2619–2631. doi: 10.1093/brain/aww169
12. Lutkenhoff E, Chiang J, Tshibanda L, et al. Thalamic and extrathalamic mechanisms of consciousness after severe brain injury. *Ann. Neurol.* 2015;78(1):68–76. doi: 10.1002/ana.24423
13. Guldenmund P, Soddu A, Baquero K, et al. Structural brain injury in patients with disorders of consciousness: A voxel-based morphometry study. *Brain Inj.* 2016;30(3):343–352. doi: 10.3109/02699052.2015.1118765
14. Annen J, Frasso G, Crone J, et al. Regional brain volumetry and brain function in severely brain-injured patients. *Ann. Neurol.* 2018;83(4):842–853. doi: 10.1002/ana.25214
15. Morozova SN, Kremneva EI, Sergeev DV, et al. Conventional Structural Magnetic Resonance Imaging in Differentiating Chronic Disorders of Consciousness. *Brain Sci.* 2018;8(8):144–155. doi: 10.3390/brainsci8080144
16. Legostaeva LA, Mochalova EG, Suponeva NA, et al. Difficulties in evaluation of chronic disorders of consciousness: approaches to clinical assessment and instrumental studies. *Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology.* 2017;62(6):449–456. EDN: YPLNJJY doi: 10.18821/0201-7563-2017-62-6-449-456
17. Solovyeva PI, Sinkin MV, Talypov AE, et al. Clinical assessment of patients with chronic disorders of consciousness by different medical specialists. *Annals of Clinical and Experimental Neurology.* 2022;16(2):44–49. doi: 10.54101/ACEN.2022.2.5
18. Medina JP, Nigri A, Stanziano M, et al. Resting-State fMRI in Chronic Patients with Disorders of Consciousness: The Role of Lower-Order Networks for Clinical Assessment. *Brain Sci.* 2022;12(3):355–374. doi: 10.3390/brainsci12030355
19. Rohaut B, Doyle KW, Reynolds AS, et al. Deep structural brain lesions associated with consciousness impairment early after hemorrhagic stroke. *Sci Rep.* 2019;9(1):4174. doi: 10.1038/s41598-019-41042-2
20. Alnagger N, Cardone P, Martial C, et al. The current and future contribution of neuroimaging to the understanding of disorders of consciousness. *Presse Med.* 2023;52(2):104163. doi: 10.1016/j.lpm.2022.104163
21. Bakulin IS, Kremneva EI, Kuznetsov AV, et al. *Chronic disorders of consciousness.* Piradov MA, editor. Moscow: Hot line — Telecom; 2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Koch C., Massimini M., Boly M., Tononi G. Neural correlates of consciousness: progress and problems // *Nat Rev Neurosci.* 2016. Vol. 17, N 5. P. 307–321. doi: 10.1038/nrn.2016.22
2. Monti M.M., Laureys S., Owen A.M. The vegetative state // *BMJ.* 2010. Vol. 341. P. 376–385. doi: 10.1136/bmj.c3765
3. Giacino J.T., Ashwal S., Childs N., et al. The minimally conscious state: Definition and diagnostic criteria // *Neurology.* 2002. Vol. 58, N 3. P. 349–353. doi: 10.1212/wnl.58.3.349
4. Белкин А.А., Александрова Е.В., Ахутина Т.В., и др. Хронические нарушения сознания: клинические рекомендации Общероссийской общественной организации «Федерация анестезиологов и реаниматологов» // *Вестник интенсивной терапии имени А.И. Салтанова.* 2023. № 3. С. 7–42. doi: 10.21320/1818-474X-2023-3-7-42
5. Giacino J.T. The vegetative and minimally conscious states: Consensus-based criteria for establishing diagnosis and prognosis // *Neurorehabilitation.* 2004. Vol. 19, N 4. P. 293–298. doi: 10.3233/NRE-2004-19405
6. Seel R.T., Sherer M., et al. Assessment scales for disorders of consciousness: evidence-based recommendations for clinical practice and research // *Arch Phys Med Rehabil.* 2010. Vol. 91, N 12. P. 1795–1813. doi: 10.1016/j.apmr.2010.07.218

7. Schnakers C., Vanhaudenhuyse A., Giacino J., et al. Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state: Clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment // *BMC Neurol.* 2009. N 9. P. 35–40. doi: 10.1186/1471-2377-9-35
8. Stender J., Gosseries O., Bruno M., et al. Diagnostic precision of PET imaging and functional MRI in disorders of consciousness: A clinical validation study // *Lancet.* 2014. Vol. 384, N 9942. P. 514–522. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60042-8
9. Monti M., Vanhaudenhuyse A., Coleman M., et al. Willful modulation of brain activity in disorders of consciousness // *N. Engl. J. Med.* 2010. Vol. 362, N 7. P. 579–589. doi: 10.1056/NEJMoa0905370
10. Crone J., Bio B., Vespa P., et al. Restoration of thalamo-cortical connectivity after brain injury: Recovery of consciousness, complex behavior, or passage of time // *J. Neurosci. Res.* 2018. Vol. 96, N 4. P. 671–687. doi: 10.1002/jnr.24115
11. Demertzi A., Antonopoulos G., Heine L., et al. Intrinsic functional connectivity differentiates minimally conscious from unresponsive patients // *Brain.* 2015. Vol. 138, N 9. P. 2619–2631. doi: 10.1093/brain/awv169
12. Lutkenhoff E., Chiang J., Tshibanda L., et al. Thalamic and extrathalamic mechanisms of consciousness after severe brain injury // *Ann. Neurol.* 2015. Vol. 78, N 1. P. 68–76. doi: 10.1002/ana.24423
13. Guldenmund P., Soddu A., Baquero K., et al. Structural brain injury in patients with disorders of consciousness: A voxel-based morphometry study // *Brain Inj.* 2016. Vol. 30, N 3. P. 343–352. doi: 10.3109/02699052.2015.1118765
14. Annen J., Frasso G., Crone J., et al. Regional brain volumetry and brain function in severely brain-injured patients // *Ann. Neurol.* 2018. Vol. 83, N 4. P. 842–853. doi: 10.1002/ana.25214
15. Morozova S.N., Kremneva E.I., Sergeev D.V., et al. Conventional Structural Magnetic Resonance Imaging in Differentiating Chronic Disorders of Consciousness // *Brain Sci.* 2018. Vol. 8, N 8. P. 144–155. doi: 10.3390/brainsci8080144
16. Легостаева Л.А., Мочалова Е.Г., Супонева Н.А., и др. Сложности клинической диагностики хронических нарушений сознания и рекомендации по клинко-инструментальной оценке пациентов после их выхода из комы // *Анестезиология и реаниматология.* 2017. Т. 62, № 6. С. 449–456. EDN: YPLNJV doi: 10.18821/0201-7563-2017-62-6-449-456
17. Соловьева П.И., Синкин М.В., Талыпов А.Э., и др. Клиническая оценка пациентов с хроническим нарушением сознания врачами разных специальностей // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии.* 2022. Т. 16, № 2. С. 44–49. doi: 10.54101/ACEN.2022.2.5
18. Medina J.P., Nigri A., Stanziano M., et al. Resting-State fMRI in Chronic Patients with Disorders of Consciousness: The Role of Lower-Order Networks for Clinical Assessment // *Brain Sci.* 2022. Vol. 12, N 3. P. 355–374. doi: 10.3390/brainsci12030355
19. Rohaut B., Doyle K.W., Reynolds A.S., et al. Deep structural brain lesions associated with consciousness impairment early after hemorrhagic stroke // *Sci Rep.* 2019. Vol. 9, N 1. P. 4174. doi: 10.1038/s41598-019-41042-2
20. Alnagger N., Cardone P., Martial C., et al. The current and future contribution of neuroimaging to the understanding of disorders of consciousness // *Presse Med.* 2023. Vol. 52, N 2. P. 104163. doi: 10.1016/j.lpm.2022.104163
21. Бакулин И.С., Кремнева Е.И., Кузнецов А.В., и др. Хронические нарушения сознания / под ред. М.А. Пирадова. Москва : Горячая линия-Телеком, 2020.

AUTHORS' INFO

* **Anastasia N. Sergeeva**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 80 Volokolamskoe highway, 125635, Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-2481-4565;
eLibrary SPIN: 6761-8250;
e-mail: sergeeva@neurology.ru

Sofya N. Morozova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-9093-344X;
eLibrary SPIN: 2434-7827;
e-mail: kulikovasn@gmail.com

Dmitrii V. Sergeev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-9130-1292;
eLibrary SPIN: 8282-3920;
e-mail: dmsergeev@yandex.ru

Elena I. Kremneva, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-9396-6063;
eLibrary SPIN: 8799-8092;
e-mail: moomin10j@mail.ru

Alexey A. Zimin;
ORCID: 0000-0002-9226-2870;
eLibrary SPIN: 9525-1805;
e-mail: Leha-zimin@inbox.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Сергеева Анастасия Николаевна**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, г. Москва, 125637, Волоколамское шоссе, 80;
ORCID: 0000-0002-2481-4565;
eLibrary SPIN: 6761-8250;
e-mail: sergeeva@neurology.ru

Морозова Софья Николаевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9093-344X;
eLibrary SPIN: 2434-7827;
e-mail: kulikovasn@gmail.com

Сергеев Дмитрий Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9130-1292;
eLibrary SPIN: 8282-3920;
e-mail: dmsergeev@yandex.ru

Кремнева Елена Игоревна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-9396-6063;
eLibrary SPIN: 8799-8092;
e-mail: moomin10j@mail.ru

Зимин Алексей Алексеевич;
ORCID: 0000-0002-9226-2870;
eLibrary SPIN: 9525-1805;
e-mail: Leha-zimin@inbox.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Lyudmila A. Legostaeva, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-7778-6687;
eLibrary SPIN: 9183-6248;
e-mail: milalegostaeva@gmail.com

Elizaveta G. Iazeva, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-0382-7719;
eLibrary SPIN: 4895-3900;
e-mail: lizaveta.mochalova@gmail.com

Yulia V. Ryabinkina, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-8576-9983;
eLibrary SPIN: 5044-2701;
e-mail: ryabinkina11@mail.ru

Marina V. Krotenkova, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-3820-4554;
eLibrary SPIN: 9663-8828;
e-mail: krotenkova_mrt@mail.ru

Natalya A. Suponeva, MD, Dr. Sci. (Medicine), corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Professor;
ORCID: 0000-0003-3956-6362;
eLibrary SPIN: 3223-6006;
e-mail: nasu2709@mail.ru

Michael A. Piradov, MD, Dr. Sci. (Medicine), academician member of the Russian Academy of Sciences, Professor;
ORCID: 0000-0002-6338-0392;
eLibrary SPIN: 2860-1689;
e-mail: mpi711@gmail.com

Легостаева Людмила Александровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-7778-6687;
eLibrary SPIN: 9183-6248;
e-mail: milalegostaeva@gmail.com

Язева Елизавета Григорьевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-0382-7719;
eLibrary SPIN: 4895-3900;
e-mail: lizaveta.mochalova@gmail.com

Рябинкина Юлия Валерьевна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0001-8576-9983;
eLibrary SPIN: 5044-2701;
e-mail: ryabinkina11@mail.ru

Кротенкова Марина Викторовна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-3820-4554;
eLibrary SPIN: 9663-8828;
e-mail: krotenkova_mrt@mail.ru

Супонева Наталья Александровна, д-р мед. наук, член-корреспондент РАН, профессор;
ORCID: 0000-0003-3956-6362;
eLibrary SPIN: 3223-6006;
e-mail: nasu2709@mail.ru

Пирадов Михаил Александрович, д-р мед. наук, академик РАН, профессор;
ORCID: 0000-0002-6338-0392;
eLibrary SPIN: 2860-1689;
e-mail: mpi711@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

Remote monitoring of patients with chronic heart failure: A prospective randomized study

Anna V. Isaeva¹, Alexandra E. Demkina², Anton V. Vladzimirskyy², Boris V. Zingerman³, Anna N. Korobeynikova⁴, Alexandr N. Bykov⁵, Olga G. Smolenskaya¹

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia;

² Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

³ iPat LLC, Moscow, Russia;

⁴ Center of Cardiology and Neurology, Kirov, Russia;

⁵ Sverdlovsk Regional Hospital 1, Ekaterinburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Chronic heart failure is one of the key problems of the Russian domestic healthcare system. E-health can be used to improve medical care quality and reduce the of hospitalizations and mortality.

AIM: To examine the effect of telemedicine monitoring on mortality, frequency of hospitalizations, and clinical and functional states of patients with chronic heart failure.

MATERIALS AND METHODS: A prospective, controlled, randomized study was conducted in the Central City Hospital No. 20 in Ekaterinburg (Russia), covering the period from December 2020 to December 2022. Patients with a confirmed diagnosis of chronic heart failure were randomized using the envelope method into three groups: group 1, a telephone control group ($n=58$); group 2, a remote control group using a Russian medical platform Medsenger ($n=52$); and group 3, the standard control group ($n=103$). All patients were examined, including NT-proBNP measurement and echocardiography on the first day of the study and at 3, 6, and 12 months. The occurrence of primary and secondary outcomes was evaluated at these reference points. Stata14 and jamovi software were used for statistical processing.

RESULTS: The study involved 213 participants, and all three groups were comparable in terms of basic demographic and clinical characteristics. The advantage of remote control (groups 1 and 2) over face-to-face observation in reducing cardiovascular mortality was observed after 3 (odds ratio 2.73, 95% confidence interval 1.1–7.39; $p=0.042$) and 12 (odds ratio 2.1, 95% confidence interval 1.1–3.7; $p=0.027$) months and that in reducing the occurrence of the combined primary endpoint (odds ratio 2.1, 95% confidence interval 1.1–5.6; $p=0.015$) after 12 months. The use of the Medsenger platform also demonstrated an advantage over face-to-face observation in the development of the combined secondary endpoint (odds ratio 1.39, 95% confidence interval 0.19–0.81; $p=0.011$) after 3 months and over telephone control by a nurse after 12 months in reducing cardiovascular mortality (odds ratio 0.177, 95% confidence interval 0.06–0.487; $p=0.021$) and development of the combined secondary endpoint (odds ratio 0.427, 95% confidence interval 0.189–0.964; $p=0.041$). When using the Medsenger platform, the ejection fraction increased from 47% initially to 55% after 12 months ($p=0.004$). The NT-proBNP level decreased from 817 to 582 pg/mL ($p<0.001$) after 3 months and then to 233 pg/mL after 12 months ($p<0.001$).

CONCLUSION: Remote monitoring protocols can be a good alternative to the traditional face-to-face monitoring of patients with chronic heart failure, which may improve clinical and functional health indicators.

Keywords: chronic heart failure; remote control; telemedicine monitoring.

To cite this article:

Isaeva AV, Demkina AE, Vladzimirskyy AV, Zingerman BV, Korobeynikova AN, Bykov AN, Smolenskaya OG. Remote monitoring of patients with chronic heart failure: A prospective randomized study. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):203–218. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

Телемедицинский мониторинг пациентов с хронической сердечной недостаточностью: проспективное рандомизированное исследование

А.В. Исаева¹, А.Е. Демкина², А.В. Владзимирский², Б.В. Зингерман³,
А.Н. Коробейникова⁴, А.Н. Быков⁵, О.Г. Смоленская¹

¹ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия;

² Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;

³ ООО «АйПат», Москва, Россия;

⁴ Центр кардиологии и неврологии, Киров, Россия;

⁵ Свердловская областная клиническая больница №1, Екатеринбург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Хроническая сердечная недостаточность — одна из ключевых проблем отечественной системы здравоохранения. Для повышения качества оказания медицинской помощи и снижения частоты госпитализаций и смертности могут использоваться возможности электронного здравоохранения.

Цель — изучить влияние телемедицинского мониторинга на смертность, количество повторных госпитализаций и клинико-функциональный статус пациентов с хронической сердечной недостаточностью.

Материалы и методы. Проспективное, контролируемое, рандомизированное исследование проходило на базе Центральной городской больницы № 20 (г. Екатеринбург) с декабря 2020 года по декабрь 2022 года. Пациенты с подтвержденным диагнозом хронической сердечной недостаточности были рандомизированы методом конвертов на 3 группы: 1-я группа — группа телефонного диспансерного наблюдения ($n=58$), 2-я группа — группа диспансерного наблюдения на российской медицинской платформе Medsenger ($n=52$), 3-я группа — группа стандартного очного наблюдения у кардиолога поликлиники ($n=103$). Всем пациентам проводился осмотр, исследование концентрации NT-proBNP и эхокардиография при включении в исследование и во временных промежутках 3, 6 и 12 месяцев. В референсных точках оценивалось наступление первичной и вторичной конечных точек. Статистическая обработка была выполнена с использованием программ Stata 14 и jamovi.

Результаты. В исследовании приняли участие 213 человек, все 3 группы были сопоставимы между собой по основным демографическим и клиническим характеристикам. Было выявлено преимущество дистанционного (группы 1 и 2) перед очным (группа 3) наблюдением по снижению сердечно-сосудистой смертности через 3 месяца (отношение шансов 2,73, 95% доверительный интервал 1,1–7,39; $p=0,042$) и через 12 месяцев (отношение шансов 2,1, 95% доверительный интервал 1,1–3,7; $p=0,027$), а также показателю комбинированной первичной конечной точки через 12 месяцев (отношение шансов 2,1, 95% доверительный интервал 1,1–5,6; $p=0,015$).

Использование платформы Medsenger обладает преимуществом перед очным наблюдением в развитии событий комбинированной вторичной точки через 3 месяца (отношение шансов 1,39, 95% доверительный интервал 0,19–0,81; $p=0,011$); перед проведением структурированного телефонного опроса медицинской сестрой через 12 месяцев наблюдения по показателю сердечно-сосудистой смертности (отношение шансов 0,177, 95% доверительный интервал 0,06–0,487; $p=0,021$) и по развитию событий комбинированной вторичной конечной точки (отношение шансов 0,427, 95% доверительный интервал 0,189–0,964; $p=0,041$).

При использовании платформы Medsenger фракция выброса левого желудочка выросла с 47% исходно до 55% через 12 месяцев ($p=0,004$). Концентрация NT-proBNP снизилась с 817 пг/мл до 582 пг/мл ($p<0,001$) через 3 месяца, и до 233 пг/мл — через 12 месяцев ($p<0,001$).

Заключение. Разработка протоколов дистанционного наблюдения может стать хорошей альтернативой традиционному очному наблюдению пациентов с хронической сердечной недостаточностью, приводя к улучшению клинических и функциональных показателей здоровья.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность; дистанционное диспансерное наблюдение; телемедицинский мониторинг.

Как цитировать:

Исаева А.В., Демкина А.Е., Владзимирский А.В., Зингерман Б.В., Коробейникова А.Н., Быков А.Н., Смоленская О.Г. Телемедицинский мониторинг пациентов с хронической сердечной недостаточностью: проспективное рандомизированное исследование // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 203–218. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

Рукопись получена: 28.08.2023

Рукопись одобрена: 12.12.2023

Опубликована online: 28.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

对慢性心力衰竭患者进行远程医疗监控： 一项前瞻性随机研究

Anna V. Isaeva¹, Alexandra E. Demkina², Anton V. Vladzimirskyy², Boris V. Zingerman³,
Anna N. Korobeynikova⁴, Alexandr N. Bykov⁵, Olga G. Smolenskaya¹

¹ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia;

² Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

³ iPat LLC, Moscow, Russia;

⁴ Center of Cardiology and Neurology, Kirov, Russia;

⁵ Sverdlovsk Regional Hospital 1, Ekaterinburg, Russia

摘要

论证。慢性心力衰竭是国家医疗系统的主要问题之一。电子医疗可用于提高医疗质量，降低住院率和死亡率。

目的是研究远程医疗监控对慢性心力衰竭患者的死亡率、再次住院次数以及临床和功能状态的影响。

材料和方法。这项前瞻性、对照、随机研究于 2020 年 12 月至 2022 年 12 月在 Central City Hospital №20 (叶卡捷琳堡) 进行。确诊为慢性心力衰竭的患者通过信封法随机分为三组：第一组——电话防治所随访组 (n=58)，第二组——俄罗斯医疗平台 Medsenger 上的防治所随访组 (n=52)，第三组——综合医院心脏病专家面对面标准随访组 (n=103)。所有患者在加入研究时以及 3、6 和 12 个月时都接受了 NT-proBNP 浓度和超声心动图检查。主要和次要终点的发生情况在参考点进行评估。统计处理使用 Stata 14 和 jamovi 程序进行。

结果。共有 213 人参加了这项研究。就基本人口统计和临床特征而言，所有三组均具有可比性。远程随访 (第 1 组和第 2 组) 比面对面随访 (第 3 组) 更能降低 3 个月和 12 个月的心血管死亡率 (为 3 个月: 机会比率 2.73, 95% 置信区间 1.1~7.39; $P=0.042$)，(为 12 个月: 机会比率 2.1, 95% 置信区间 1.1~3.7; $P=0.027$)。在 12 个月的综合主要终点也观察到了获益 (机会比率 2.1, 95% 置信区间 1.1~5.6; $P=0.015$)。

与面对面随访相比，使用 Medsenger 平台在 3 个月后发现合并次要终点事件方面 (机会比率 1.39, 95% 置信区间 0.19~0.81; $P=0.011$)，在随访 12 个月时，由护士进行结构化电话访谈前，心血管死亡率方面 (机会比率 0.177, 95% 置信区间 0.06~0.487; $P=0.021$) 和合并次要终点事件的发生率方面 (机会比率 0.427, 95% 置信区间 0.189~0.964; $P=0.041$) 更具优势。

使用 Medsenger 平台后，左心室射血分数从基线的 47% 增加到 12 个月后的 55% ($P=0.004$)。3 个月 after, NT-proBNP 浓度从 817 pg/ml 降至 582 pg/ml ($P<0.001$)，12 个月 after 降至 233 pg/ml ($P<0.001$)。

结论。制定远程监控协议可能是替代传统的面对面随访慢性心衰患者的一个好办法，从而改善临床和功能性健康结果。

关键词: 慢性心力衰竭; 远程防治所监控; 远程医疗监控。

引用本文:

Isaeva AV, Demkina AE, Vladzimirskyy AV, Zingerman BV, Korobeynikova AN, Bykov AN, Smolenskaya OG. 对慢性心力衰竭患者进行远程医疗监控：一项前瞻性随机研. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):203–218. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568897>

收到: 28.08.2023

接受: 12.12.2023

发布日期: 28.06.2024

论证

慢性心力衰竭（CHF）是国家医疗保健系统的主要问题之一。高死亡率和反复住院、人口统计指标的地区不对称性、患者对治疗的依从性低、门诊和综合医院的人员短缺以及其他问题，都决定了有必要改善对这类患者的管理[1, 2]。要解决这些问题，需要采取综合方法，确保在慢性心力衰竭患者医疗护理的各个阶段实施电子医疗保健（eHealth）。

在现代科技时代，越来越多的医疗保健任务正在通过使医务人员的大部分工作自动化的系统来解决，从而以更低的成本提高了医疗保健的可及性和质量。患者有机会参加有关其疾病的在线学校，独立监测生命机能，与主治医生保持联系，并接受远程医疗护理[3, 4]。

评估防治监控临床效果的研究调查了该技术对总死亡率和心血管死亡率、因慢性心力衰竭失代偿而再次住院的人数以及防治监控的影响[5]。将常规防治监控与电话联系监测或无创远程监测进行比较，可以获得有关这些方法的优点或缺点的有价值的信息[6, 7]。然而，迄今为止的研究结果很不一致。纳入的患者人数、研究设计和随访时间差异很大，这可能导致相反的结论。此外，关于防治监控对俄罗斯人群慢性心力衰竭影响的定性研究还不够多，因此本研究具有现实意义。

目的

本研究旨在探讨防治监控对慢性心力衰竭患者死亡率、重复住院次数以及临床和功能状态的影响。

材料与方法

研究设计

干预性、单中心、前瞻性、对照、随机、选择性非盲研究。

标准

纳入研究的标准：

- 在慢性心力衰竭Central City Hospital No. 20门诊中心（叶卡捷琳堡）签署防治监控知情同意书；
- 根据Vasilenko-Strazhesko标准确诊为慢性心力衰竭II-III期，根据纽约心脏协会（NYHA）标准确诊为功能分级（FC）-I-IV。

未纳入标准：

- 年龄小于18岁；
- 怀孕、哺乳；
- 病因不明的呼吸困难；

- 非心源性水肿综合征；
- 患者拒绝接受防治监控；
- 慢性心力衰竭终末期，根据Vasilenko-Strazhesko标准为III期，根据NYHA标准为循环衰竭的IV FC期。

实施条件

患者在Central City Hospital No. 20机构（叶卡捷琳堡）的慢性心力衰竭门诊中心招募。

研究期限

该研究招募时间为2020年12月至2021年12月，随机分组后观察期为12个月。

在引入用于远程监控慢性心力衰竭患者的电子平台Medsenger（TelePat LLC，俄罗斯）之前，有一个从2020年12月1日到2020年12月14日的测试期。在此期间，通过8名试用患者对系统进行了测试。在测试模式下，分析了生命参数的传输情况：血压（BP）、心率（HR）和体重。此外，还对系统的其他要素进行了测试，包括患者健康数据的传输以及音频信息和视频通话。这项初步工作有助于找出慢性心力衰竭监测平台的一些不足之处，并为所有相关人员开发出更方便用户使用的程序。试运行期结束并做出重大改动后，慢性心力衰竭患者的纳入期就开始了。

医疗干预说明

慢性心力衰竭的诊断是根据俄罗斯联邦卫生部科学与实践委员会2020年批准的俄罗斯心脏病学会慢性心力衰竭临床建议做出的。核实慢性心力衰竭诊断的患者筛查工作包括收集病史、对患者进行全身检查以及通过6分钟步行测试评估慢性心力衰竭分级。所有患者都接受了一套标准的普通临床实验室检查（全血细胞计数、血液生化分析（包括血浆葡萄糖、钾、钠、肌酐）以及通过CKD-EPI计算肾小球滤过率）和NT-proBNP浓度。

综合仪器检查包括：

- 12导联心电图记录；
- 超声心动图
- 颈部血管超声多普勒检查；
- 腹腔和胸膜超声波检查（根据需要）；
- 胸部X光检查。

患者在接受心脏病专家的初诊并确诊为慢性心力衰竭后，采用信封法随机分配到三个观察组：

1. 第一组。第一组的远程医疗监测由一名护士使用专门设计的问卷进行结构化电话访谈（表2）。电话监测的频率为每月一次或两次，具体取决于慢性心力衰竭患者最初病情的严重程度。

2. 第二组包括使用Medsenger防治监控软件进行的观察。防治监控方法如下。

3. 第三组为对比组。门诊心脏科医生根据现行的慢性心力衰竭患者管理规范文件进行标准的面对面随访。

此外，还在3个月、6个月和12个月的时间范围内进行了比较分析。第1组和第2组慢性心力衰竭的防治监控主要方法是远程监测患者的临床症状（表 1）。

在第1组中，由一名护士根据事先准备好的算法，借助软件进行电话访谈和远程监测，并根据患者的回答确定进一步的行动策略。急诊采用E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology机构开发的有效算法[8]。

在第2组中，为了评估疾病的临床表现，患者每天都会收到通知，需要将其指标（血压、心率、体重）输入系统。每3天发送一次关于健康状况和治疗依从性的调查问卷。所有患者都事先（在小组分配访问时）接受了每天自我监测血压、心率和体重的指导。

第1组和第2组的远程监测结构包括慢性心力衰竭失代偿的大标准和小标准（见表 2），这些标准是根据《国家慢性心力衰竭诊断和治疗建议》划分的。

病情失代偿的主要标准包括：

- 呼吸困难、疲劳增加；
- 呼吸困难
- 阵发性夜间呼吸困难；
- 运动耐受力下降；
- 踝关节体积增大。

慢性心力衰竭失代偿的次要标准包括：

- 夜间咳嗽
- 每周体重增加超过2千克；
- 抑郁障碍；
- 心悸。

所有获得的数据均通过自动处理系统进行分析。当出现血压、心率和体重参数时，或者当检测到病情失代偿的大/小标准时，程序会自动向

管理员（护士和/或医生）发送通知。然后，医疗服务提供者决定是否需要进行面对面会诊或远程会诊，以改变监控和治疗策略。如果出现紧急情况，则决定呼叫救护车。

根据现有的算法，本应在24小时内对病人的通知做出答复。非工作日、周末或公共节假日不对患者的病情进行监测。如果患者病情恶化，会提前告知患者应自行寻求医疗援助（当地综合医院急诊室或呼叫救护车）。两组偏远地区防治监控（1 组和 2 组）都采用了这种应对算法。

研究的主要结果

该研究评估了主要终点和次要终点。

主要终点：

- 心血管疾病导致的死亡；
- 因慢性心力衰竭失代偿而再次住院；
- 因慢性心力衰竭失代偿而需要急诊或紧急护理（救护车或急诊室呼叫）的次数。

次要终点：

- 因心血管以外的任何原因死亡；
- 因其他心血管原因（急性冠状动脉综合征、脑循环障碍、新冠病毒感染、高血压等）住院或寻求急诊治疗；
- 根据慢性心力衰竭功能分级、钠利肽（NT-proBNP）和左心室射血分数（LV射血分数）的评估，通过慢性心力衰竭进展评估患者临床和实验室状态的恶化。

其他研究结果

此外，还评估了防治监控类型对慢性心力衰竭患者临床状态（NYHA FC）、LV射血分数和 NT-proBNP 水平的影响。

表 1. 研究考察程序

访问程序	筛选和随机分配 (第 0 天)	访问 1 (第 90±30 天)	访问 2 (第 180±30 天)	访问 3 (第 365±30 天)
知情同意	+	-	-	-
评估纳入/未纳入标准	+	-	-	-
评估排除标准	+	+	+	+
收集病史和药物治疗史	+	-	-	-
收集人口统计学和人体测量数据	+	+	+	+
体格检查	+	+	+	+
自我监测日记的发布及其维护控制	+	+	+	+
治疗建议	+	+	+	+
实验室和仪器检查	+	+	+	+
填写用药依从性问卷	+	+	+	+
终点登记	-	+	+	+
对药房监测质量的满意度评估	-	+	+	+

表 2. 远程诊室观察慢性心力衰竭患者时的监测结构

问题	是	没有
第 1 部分（患者的主观评估）		
慢性心力衰竭的主要失代偿标准		
最近一周内，在进行以前习惯的体力活动时是否出现过呼吸困难？		
在这一周中，您是否抱怨过躺下时呼吸急促？睡眠时是否需要将枕头垫高和/或放更多的枕头？		
最近一周，您是否在夜间出现过呼吸急促？		
最近一周，您的运动量是否比以前增加了？		
最近一周，您是否感到虚弱、疲劳增加或需要更长时间的休息？		
最近一周，您是否发现小腿肿胀、脚踝肿胀、袜子/鞋印？		
最近一周，您的腰围是否有所增加？		
慢性心力衰竭失代偿的次要标准		
在过去一周中，您是否在夜间受到咳嗽的困扰？		
过去一周内，您的体重是否增加了2千克？		
在过去一周内，您的体重是否减少了1千克？		
在过去一周内，您是否感到抑郁或冷漠？		
在过去一周内，您是否有心悸的困扰？		
第 2 部分（治疗评估）		
您是否曾经忘记服药？		
您是否有时对服药时间漫不经心？		
当您感觉良好时，您是否会漏服药物？		
如果您在服药后感觉不适，您是否会放弃下次就诊？		

结果记录方法

根据医疗记录对结果进行分析。

伦理审查

该研究方案由位于Central City Hospital No. 20（叶卡捷琳堡）第4号的当地伦理委员会批准，日期为2020年11月25日。所有参与者都收到了参与研究的书面知情同意书。

统计分析

样本量计算原则：

采用K. A. Otdelnova的方法计算样本量：在平均准确度研究中，显著性水平为0.05，100名参与者就足够了[[9]]。

数据统计分析方法：

数据分析包括所有远程和标准（面对面）监测对象。为了进一步分析，成立了一个单独的远程观察组，将第1组和第2组的患者结合起来。统计处理使用Stata 14 (StataCorp, USA) 和jamovi 软件(The jamovi project, Australia) 进行。绝对值以数字表示，相对值以分数(%)表示。分布类型用 Shapiro-Wilk 检验法确定。对于正态分布，定量数据以平均值和标准差(M±SD)的形

式表示，对于非正态分布，则以中位数和四分位数范围的形式表示。

采用非配对Student t检验和单因素方差分析（非正态分布采用 Mann-Whitney 检验和 Wilcoxon 检验）来比较独立组的定量指标。采用 Tukey 校正进行事后分析。在因果关系组中，采用配对 Student 标准比较正态分布的定量特征，在比较三组时采用重复测量的方差分析。在比较定性指标时，采用 Pearson 齐次方检验。在比较顺序指标时，使用了顺序回归。统计学显著性水平为p<0.05。

研究结果

研究对象（参与者）

共有213名患者参与了研究。三组患者的主要临床和人口统计学参数、血压值、慢性心力衰竭持续时间、LV射血分数、估计肾小球滤过率（借助 CKD-EPI 公式计算）、血红蛋白水平和 NT-proBNP 具有可比性（表 3）。

在伴随的心血管和非心脏病理的结构方面，比较组也没有差异（表 4）。

表3。 比较组的临床和人口统计学特征

指标	第 1 组 (n=58)	第 2 组 (n=52)	第 3 组 (n=103)	p
男性	36 (62.1%)	22 (42.3%)	42 (40.1%)	0.143
女性	22 (37.9%)	30 (57.7%)	61 (59.8%)	0.265
年龄, 岁数	67 (58; 72.8)	69.5 (61.8; 79)	69 (62; 74)	0.159
BMI, kg/m ²	32.38±5.92	28.71±5.46	32.09±6.43	0.236
SBP, mm Hg.	129±22.9	132±16.3	133±17.5	0.305
DBP, mm Hg.	73 (70; 90)	80 (71; 90)	80 (70; 90)	0.206
HR, bpm	80.1±12.3	79.1±14.8	79.1±15.0	0.79
CHF, 年	2 (1; 5.25)	2 (0.33; 5)	2 (0.23; 5)	0.167
LVEF, %	47 (37.8; 55)	42 (39; 47)	47 (39; 55)	0.285
葡萄糖, mmol/l	6 (5; 6)	6.5 (6; 7)	5 (5; 7)	0.258
GFR, ml/(min×1.73 m ²)	69 (60; 87)	74.5 (54; 89)	65 (55.5; 87.5)	0.942
血红蛋白, g/l	133 (122; 146)	133 (119; 142)	128 (118; 141)	0.529
NT-proBNP, pg/ml	817 (331; 1480)	617 (262; 2131)	1082 (445; 2124)	0.117

注。DBP—舒张压；BMI—体重指数；DBP—收缩压；GFR—肾小球滤过率；LV射血分数—左心室射血分数；HR—心率。在描述定性参数时，指标以绝对数（百分比）的形式呈现。

表 4. 研究组患者合并心血管和非心血管病变的结构

指标	第 1 组 (n=58)	第 2 组 (n=52)	第 3 组 (n=103)	p
AF/AFlu	32 (55.2%)	29 (55.8%)	62 (60.2%)	0.467
高血压	50 (86.2%)	51 (98.1%)	101 (98.1%)	0.067
CHD	32 (55.2%)	40 (76.9%)	83 (80.6%)	0.087
冠状动脉血管重建	10 (17.2%)	7 (13.5%)	27 (26.2%)	0.799
DM	7 (12.1%)	22 (42.3%)	40 (38.8%)	0.301
COPD	7 (12.1%)	13 (25.0%)	24 (23.3%)	0.216
CVA/TIA	5 (8.6%)	8 (15.4%)	11 (10.7%)	0.813

注。CHD - 缺血性心脏病；CVA - 急性脑循环衰竭；DM - 2 型糖尿病；TIA - 短暂性缺血性发作；AFlu - 心房扑动；AF - 心房颤动；COPD - 慢性阻塞性肺病。

主要研究结果

慢性心力衰竭患者3个月后面对面防治监控随访与两种防治监控技术（联合组 1 和组 2）的比较显示，远程随访在降低心血管死亡率方面具有优势：几率比（OR） 2.73, 95% 置信区间（CI） 1.1~7.39, P=0.042。3 个月后，对次要终点综合评分（任何原因导致的死亡、因其他心血管原因住院或寻求急诊治疗、患者临床和实验室状况恶化）的影响未发现任何益处：OR 0.5, CI 0.27~0.92; P=0.03（图 1）。

在3个月后，比较远程防治监控第1组和第2组对终点的影响，结果显示，在综合次要终点事件的发生方面，使用Medsenger平台比面对面随访更具优势：OR 0.39, CI 0.19~0.81; P=0.011。

随访 6 个月后，远程和面对面防治监控方式之间的差异无统计学意义（图 2）。然而，面对面防治监控组患者因急性 慢性心力衰竭失代偿而再次住院的次数明显高于使用 Medsenger平台的患者：OR 0.171, CI 0.04~0.83; P=0.029。

在随访12个月后，就心血管死亡率（OR 2.1, CI 1.1~3.7; P=0.027）和主要终点（OR 2.1, CI 1.1~5.6; P=0.015）而言，慢性心力衰竭患者的远程随访方法比面对面防治监控更有优势（图 3）。

同时，在慢性心力衰竭患者的远程防治监控随访方法中，就心血管死亡率（OR 0.177, CI 0.06~0.487; p=0.021）和合并次要终点（OR 0.427, CI 0.189~0.964; p=0.041）而言，随访12个月后使用Medsenger医疗平台比护士进行结构化电话访谈更具优势。

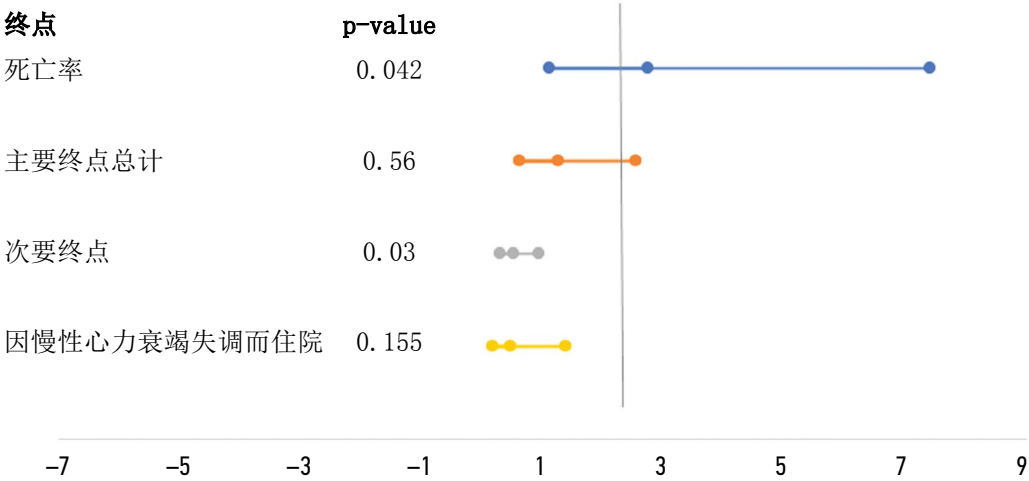


图 1. 门诊随访类型（远程/现场）对 3 个月后终点的影响。CHF - 慢性心力衰竭。

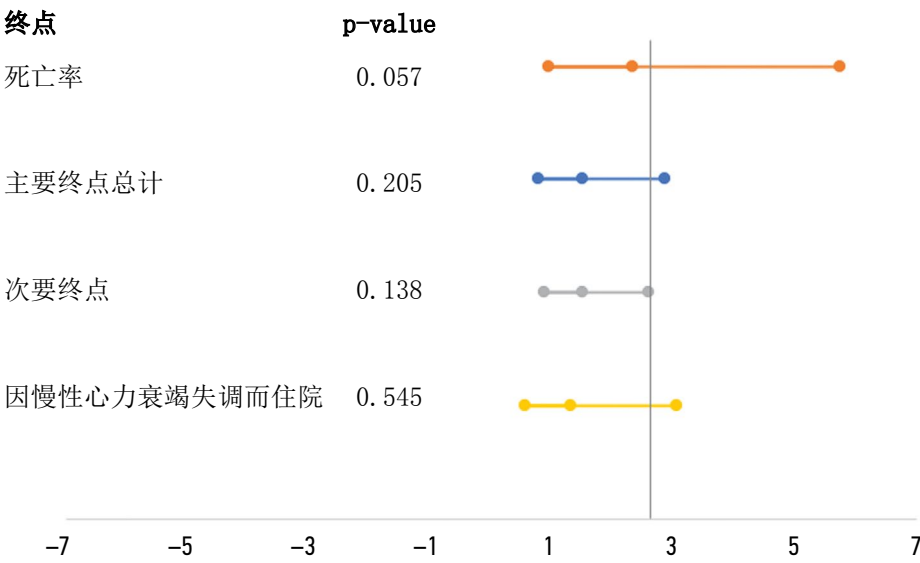


图 2. 门诊随访类型（远程/现场）对 6 个月后终点的影响。CHF - 慢性心力衰竭。

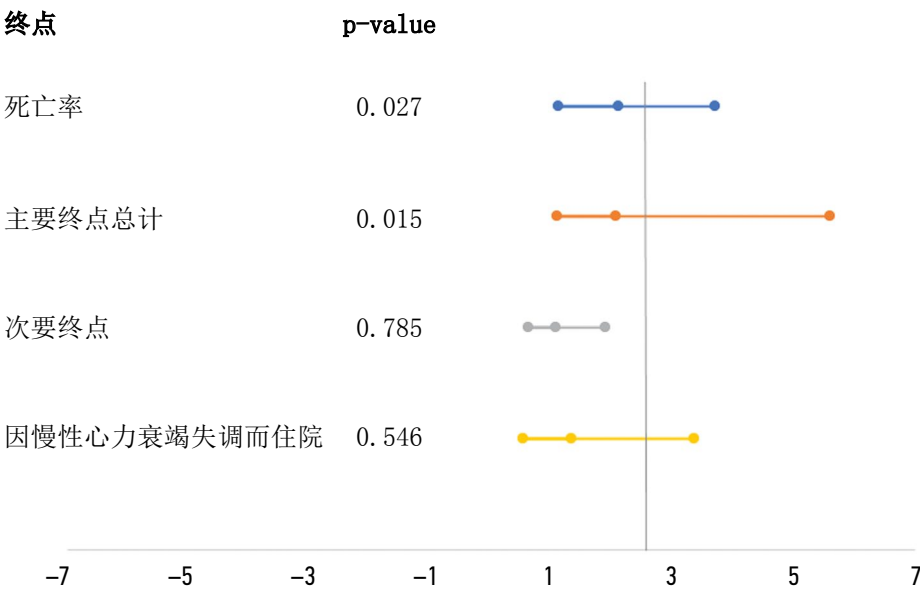


图 3. 门诊随访类型（远程/现场）对 6 个月后终点的影响。CHF - 慢性心力衰竭。

其他研究结果

在远程防治监控组（第1组和第2组）中，射血分数在统计学上显著增加了6%-7%：从随机访问时的43%(38;54) 增加到3个月后访问时的49% (41;56) ($p<0.001$) 和6个月后访问时的50% ($p=0.045$)。然而，远程监测组的射血分数（6个月和12个月访视时）没有进一步增加。

在面对面防治监控组（第3组）中，射血分数没有出现统计学意义上的显著增长。从随机访问到3个月后的随访期间，射血分数增加了4%：从47% (39;55) 增加到51%(42;60)，随后在6个月访问时下降到 48% (38.8;55.3)， $P=0.475$ 。

在使用Medsenger平台的远程随访组中，左心室射血分数显著增加：从基线的47%(37.8;55)增加到随访结束时的55%(41.3;60)， $P=0.004$ （图 4）。

在远程防治监控组（第1组和第2组的合并组），NT-proBNP浓度在短时间内（3个月后，从717(296.5;1805.5) pg/ml降至464.4(181.5;861) pg/ml ($p<0.001$) 和

整个随访期间（从717(296.5;1805.5) 降至 294.5 (133.5;817) ($p<0.001$)) 均有所下降。在面对面随访组中，该指标也呈正趋势，但仅间隔3个月和6个月 ($p<0.001$)（图 5）。

在研究不同的防治监控方法对研究组患者 NT-proBNP 浓度变化的影响时，发现3个月和6个月后，通过护士的结构化电话调查，观察组该指标下降幅度最大：6个月后从617pg/ml (262;2131) 降至345pg/ml (321;923) ($p=0.007$)。在12个月的时间点上则无差异。使用 Medsenger医疗平台显示，在3个月和12个月期间，NT-proBNP有所改善：3个月后，NT-proBNP从817pg/ml (331;1480) 降至582pg/ml (208;896) ($p<0.001$)，一年后，NT-proBNP 降至233pg/ml (128;638) 的3.5倍 ($p<0.001$)（图 6）。

由于功能分级变量的序数性质、存在缺失数据（患者死亡）以及存在关联组（各组在不同时间点进行评估），说明功能分级对结果的影响并确定干预措施对结果的有效性在技术上具有挑战性。因

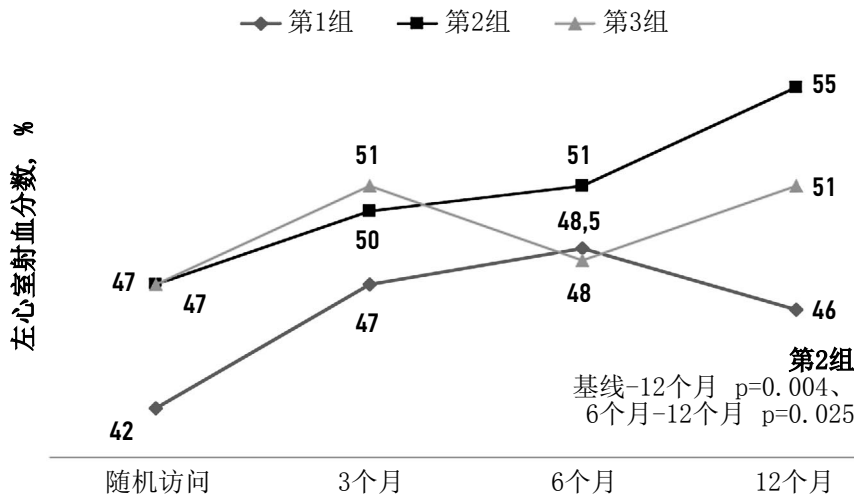


图 4. 研究组患者左心室射血分数的动态变化。第1组--电话诊室监测组（人数=58）；第2组--Medsenger 医疗平台诊室监测组（人数=52）；第3组--标准诊室监测组（人数=103）。

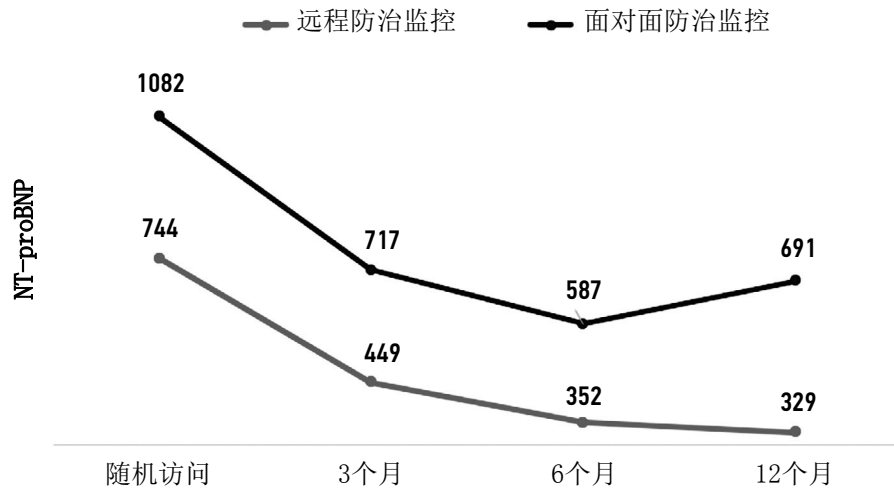


图 5. 接受不同形式诊室监测的患者 NT-proBNP 浓度变化动态：远程防治监控- 远程诊室监测联合组（1 和 2，n=110）；面对面防治监控- 标准诊室监测组（n=103）。

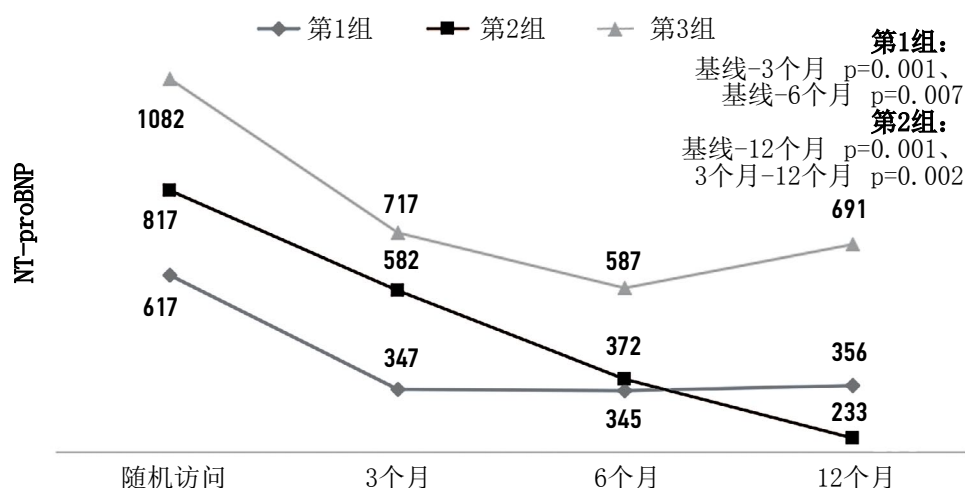


图 6. 研究组患者NT-proBNP浓度的动态变化: 第1组—电话配药组 (人数=58); 第2组—Medsenger医疗平台配药组 (人数=52); 第3组—标准配药组 (人数=103)。

此, 我们选择使用序数回归法来估计功能分级水平对各组结果的影响。

在通过电话调查对防治监控进行治疗的第一组中, 未发现功能分级对治疗结果有显著影响。在使用Medsenger平台的第2组防治监控中, 3 个月后, 功能分级水平对次要终点 ($p=0.016$) 和因慢性心力衰竭失代偿而住院的频率 ($p=0.006$) 有显著影响。12个月后的结果与此相似 ($p<0.001$), 6个月后则无差异。在第3组的标准化随访中, 发现功能分级仅在12个月后对主要终点有影响 ($p=0.021$), 对其他结果没有影响。当比较远程观察组和面对面观察组时, 没有发现显著影响。

不良事件

没有记录到所研究技术的不良事件。

讨论

研究主要结果概述

研究结果表明, 在3个月和12个月的随访后, 远程防治监控比常规监测慢性心力衰竭患者在降低心血管死亡率方面更具优势。在远程防治监控组中, 前3个月的左心室射血分数有统计学意义地增加了 6%, 所有参考点的NT-proBNP 浓度也有所下降。结果表明, 在随访12个月后, 就心血管死亡率和综合次要终点而言, 使用Medsenger平台比电话访谈更有优势, 并且与左心室射血分数的增加 (从最初的47%增加到随访结束时的55%) 和NT-proBNP浓度的降低 (从817pg/ml 降低到233pg/ml) 相关。

对研究主要成果的讨论

迄今为止, 各种远程医疗技术已有大量临床研究, 包括慢性非传染性疾病的远程医疗监测 [10]。但时至今日, 其对心血管疾病死亡率和再住院率影响的临床效果尚无明确的认识, 因此,

远程医疗技术在 防治监控慢性非传染性疾病患者常规治疗中的应用仍处于较低水平。

在欧洲iCOR多中心研究中, 使用视频会议和生物参数遥测技术对慢性心力衰竭患者进行远程健康监测, 6个月内急性左心室衰竭发作率从56%显著降至22%, 病例费用从8163欧元降至 4993欧元 [11]。

第一篇Cochrane综述于2007年发表, 并于2010年更新, 旨在分析CHF患者电话支持和远程监测的有效性, 并于 2010 年更新。最新版的综述包括30项随机临床试验, 涉及9806名患者。这项荟萃分析的主要发现是, 使用远程监测系统观察的患者全因死亡率较低 (相对风险, OR 0.66, CI 0.54–0.81; $P<0.001$), 心衰相关住院率较低 (OR 0.79, CI 0.67–0.94, $P=0.008$)。同时, 对患者的电话支持只影响心衰住院率 (OR 0.77, CI 0.68–0.87; $P<0.0001$) [12]。

多项研究表明, 远程监控可有效降低这类患者的全因死亡率、慢性心力衰竭住院率和死亡率 [13, 14]。

OSICAT是一项多中心随机试验 ($n=937$), 研究对象包括在纳入研究前一年或更短时间内出现心衰失代偿的患者。远程监测与首次紧急住院的相对风险降低 21% (OR 0.79, CI 0.62–0.99; $P=0.044$), NYHA III级或IV级心衰患者的相对风险降低了29% (OR 0.71, 95% CI 0.53–0.95; $P=0.02$), 社会隔离患者的相对风险降低了38% (OR 0.62, CI 0.39–0.98; $P=0.043$) [15]。

随后几年发表了几项大型随机临床试验, 结果均为阴性 [16–18] 或中性 [19, 20], 导致电话支持和远程监控的益处越来越不确定。

一项包含近期心力衰竭失代偿患者的系统性回顾和荟萃分析显示, 就全因住院 (OR 0.95, 95% CI 0.84–1.08, $P=0.43$) 和全因死亡率 (OR 0.83, 95% CI 0.63–1.09, $P=0.17$) 而言, 防治监控与常规护理相比没有优势 [21]。

对34项随机临床试验 (2000–2021年) 的系统综述表明, 远程监测对减少住院或降低死亡率没

有显著影响。美国的研究（包括有再住院高风险的慢性心力衰竭患者）显示，在降低死亡率/住院次数方面有积极的趋势，但没有发现明显的差异[22]。

然而，这些研究也存在一些局限性：招募射血分数值低于35%的严重心力衰竭患者，治疗依从性方面的组间差异，研究能力低，患者随访时间短，以及缺乏统一的远程医疗监测法规。所有这些都无法全面评估防治监控技术的有效性。

在我们的研究中，我们看到了防治监控类型对主要终点的影响之间的明显关联：远程防治监控可使死亡率降低2.73倍，而且这种差异在整个研究过程中都保持不变。在短时间内比较远程防治监控类型时未发现差异，但在12个月后，Medsenger平台比结构化电话支持更具优势：心血管死亡率降低了17%（ $p=0.029$ ）。我们认为，这些结果可能与医生通过远程医疗咨询远程调整治疗的能力有关，这样可以防止心衰进一步失代偿和死亡的发生。此外，在病情恶化时，通过额外的行动顺序指导来提高患者的自助水平，也有助于防止不良后果的发生[23]。

远程监测组的死亡人数和住院人数减少的原因是患者的临床和功能状况得到了改善。根据我们的数据，这种监测方式与左心室射血分数的增加和NT-proBNP水平的降低有关，这表明慢性心力衰竭病程趋于稳定，生活质量得到改善。接受远程观察的患者定期得到医务人员的支持，这对他们坚持治疗产生了积极影响。

文献中有关防治监控类型对实验室和仪器参数影响的数据不足，这可能是由于这类研究的成本较高。有个别研究调查了防治监控类型对慢性心力衰竭患者功能分级的影响。其中，N. V. Pyrikova和合著者[25]的研究表明，远程防治监控对慢性心力衰竭患者的功能状态有积极影响：6个月后，功能分级III患者的数量减少了1.7倍（ $P=0.03$ ），而在常规观察类型的对照组中，功能分级III患者的数量增加了1.9倍（ $P=0.002$ ）。

对照组中功能分级IV患者的比例是使用远程医疗技术组的6.5倍，这间接说明了这种功能分级的有效性。在我们的研究中，我们在第2组获得了优势：使用Medsenger平台，功能分级水平对次要终点和3个月后因慢性心力衰竭失代偿而住院的频率有显著影响（ $P=0.006$ ），这也可能表明该组患者临床状态的改善对结果有积极影响。在标准随访组中，功能分级仅在12个月后对主要终点产生影响，而在电话访谈组中则没有发现任何关系。

因此，研究表明，远程防治监控对左心室射血分数、NT-proBNP浓度和功能分级有积极

影响。这些临床和功能参数的正常化可能是降低心血管死亡率和合并次要终点事件发生率的基础，也是远程防治监控取得积极效果的原因。

研究限制

样本量的计算使用平均准确度研究标准和0.05的显著性水平进行。如果采用类似的设计，则需要更多的参与者来提高统计能力和结果的代表性。

结论

寻找最佳方法对慢性心力衰竭患者进行随访，从而影响疗效并减少死亡和住院次数，是现代医疗保健领域重要而具有挑战性的问题之一。根据我们的数据，制定远程随访协议可能是传统面对面监控的一个很好的替代方案。结果表明，远程监控比标准监控更有优势：3个月和12个月后，心血管疾病死亡率有所下降（OR分别为2.73，CI为1.1~7.39， $p=0.042$ ；OR分别为2.1，CI为1.1~3.7， $p=0.027$ ）。

通过改善患者的临床和功能指标，我们不仅可以影响结果，还可以影响患者的生活质量和自助水平，提高治疗依从性和对医疗保健系统的信心，促进信息技术在医疗系统中的出现和发展。病人数字知识不足、医疗界对远程监控方法态度暧昧、医疗机构需要额外的技术设备等障碍，仍然制约着此类解决方案的广泛应用。不过，我国人口结构的变化、慢性心力衰竭患者人数的不断增加以及对高质量个性化方法的需求，最终将成为远程监控方法普及应用的增长动力。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.V. Isaeva — the concept of the study, data collection, writing the text of the manuscript; A.E. Demkina — the concept of the study, writing the text of the manuscript; A.V. Vladzimirsky — the concept of the study, manuscript text editing; B.V. Zingerman — scientific project management; A.N. Korobeynikova — data analysis, statistics analysis, writing the text of the manuscript; A.N. Bykov, O.G. Smolenskaya — data analysis, manuscript text editing.

REFERENCES

1. Tereshchenko SN, Galyavich AS, Uskach TM, et al. Clinical practice guidelines for Chronic heart failure. *Russian Journal of Cardiology*. 2020;25(11):40–83. EDN: LJGGQV doi: 10.15829/1560-4071-2020-4083
2. Mareev VYu, Fomin IV, Ageev FT, et al. Guidelines for Heart failure: chronic (CHF) and acute decompensated (ADHF). Diagnosis, prevention and treatment. *Kardiologiya*. 2018;58(6S):8–158. EDN: XUAREL doi: 10.18087/cardio.2475
3. Vladzimirskii AV, Morozov SP, Urvantseva IA, Kovalenko LV, Vorob'ev AS. *Application of telemedicine technologies in cardiology*. Surgut: Surgut State University; 2019. (In Russ). EDN: IKCWRK
4. Vladzimirskii AV, Lebedev GS. *Telemedicine*. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ). EDN: YMURZR
5. Vladzimirskii AV. Telemedicine in cardiology: opportunities and evidence. *Zamestitel' glavnogo vracha*. 2016;(8):80–89. (In Russ). EDN: WFLUGF
6. Veenis JF, Radhoe SP, Hooijmans P, Brugts JJ. Remote Monitoring in Chronic Heart Failure Patients: Is Non-Invasive Remote Monitoring the Way to Go? *Sensors (Basel)*. 2021;21(3):887. doi: 10.3390/s21030887
7. Inglis SC, Clark RA, Dierckx R, Prieto-Merino D, Cleland JGF. Structured telephone support or non-invasive telemonitoring for patients with heart failure. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(10). doi: 10.1002/14651858.CD007228.pub3
8. Boytsov SA, Ageev FT, Blankova ZN, Svirida ON, Begrambekova YuL. Guidelines for nurses and patients with chronic heart failure. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;20(1):283–306. EDN: WNIVZB doi: 10.15829/1728-8800-2021-2754
9. Bavrina AP. Basic concepts of statistics. *Meditinskii al'manakh*. 2020;(3):101–111. EDN: PUMGMM
10. Arzamasov KM, Bushuev VO, Vladzimirskiy AV, et al. Examination of a cardiac patient, by using carotid artery ultrasound screening: possibilities of telemedicine. *Vrach*. 2023;34(4):39–45. EDN: LRZKEW doi: 10.29296/25877305-2023-04-08
11. Jiménez-Marrero S, Yun S, Cainzos-Achirica M, et al. Impact of telemedicine on the clinical outcomes and healthcare costs of patients with chronic heart failure and mid-range or preserved ejection fraction managed in a multidisciplinary chronic heart failure programme: A sub-analysis of the iCOR randomized trial. *J Telemed Telecare*. 2020;26(1-2):64–72. doi: 10.1177/1357633X18796439
12. Clark RA, Inglis SC, McAlister FA, Cleland JGF, Stewart S. Telemonitoring or structured telephone support programmes for patients with chronic heart failure: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2007;334(7600):942. doi: 10.1136/bmj.39156.536968.55
13. Mizukawa M, Moriyama M, Yamamoto H, et al. Nurse-led collaborative management using telemonitoring improves quality of life and prevention of rehospitalization in patients with heart failure. *Int Heart J*. 2019;60(6):1293–1302. doi: 10.1536/ihj.19-313
14. Dierckx R, Inglis SC, Clark RA, Prieto-Merino D, Cleland JGF. Telemedicine in heart failure: new insights from the Cochrane meta-analyses. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(3):304–306. doi: 10.1002/ejhf.759
15. Jiménez-Marrero S, Yun S, Cainzos-Achirica M, et al. Impact of telemedicine on the clinical outcomes and healthcare costs of patients with chronic heart failure and mid-range or preserved ejection fraction managed in a multidisciplinary chronic heart failure programme: A sub-analysis of the iCOR randomized trial. *J Telemed Telecare*. 2020;26(1-2):64–72. doi: 10.1177/1357633X18796439
16. Galinier M, Roubille F, Berdague P, et al. OSICAT Investigators. Telemonitoring versus standard care in heart failure: a randomised multicentre trial. *Eur J Heart Fail*. 2020;22(6):985–994. doi: 10.1002/ejhf.1906
17. Lynga P, Persson H, Hägg-Martinell A, et al. Weight monitoring in patients with severe heart failure (WISH). A randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail*. 2012;14(4):438–444. doi: 10.1093/eurjhf/hfs023
18. Boyne JJ, Vrijhoef HJ, Crijns HJ, et al. Tailored telemonitoring in patients with heart failure: results of a multicentre randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail*. 2012;14(7):791–801. doi: 10.1093/eurjhf/hfs058
19. Koehler F, Winkler S, Schieber M, et al. Impact of remote telemedical management on mortality and hospitalizations in ambulatory patients with chronic heart failure: the telemedical interventional monitoring in heart failure study. *Circulation*. 2011;123(17):1873–1880. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.018473
20. Pandor A, Gomersall T, Stevens JW, et al. Remote monitoring after recent hospital discharge in patients with heart failure: a systematic review and network meta-analysis. *Heart*. 2013;99(23):1717–1726. doi: 10.1136/heartjnl-2013-303811
21. Chaudhry SI, Matterna JA, Curtis JP, et al. Telemonitoring in patients with heart failure. *N Engl J Med*. 2010;363(24):2301–2309. doi: 10.1056/NEJMoa1010029
22. Umeh CA, Reddy M, Dubey A, et al. Home telemonitoring in heart failure patients and the effect of study design on outcome: A literature review. *J Telemed Telecare*. 2021;30(1). doi: 10.1177/1357633X211037197
23. Drews TEI, Laukkanen J, Nieminen T. Non-invasive home telemonitoring in patients with decompensated heart failure: a systematic review and meta-analysis. *ESC Heart Fail*. 2021;8(5):3696–3708. doi: 10.1002/ehf2.13475
24. Vladzimirskiy AV. Systematic review: the messengers “WhatsApp” and “Viber” in a clinical routine. *Zhurnal telemeditsiny i elektronnoho zdravookhraneniya*. 2017;1(3):30–41 EDN: YPTUYR
25. Pyrikova NV, Mozgunov NA, Osipova IV. Results of pilot remote monitoring of heart failure patients. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(6):31–51. EDN: ROTHNY doi: 10.15829/1728-8800-2022-3151

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терещенко С.Н., Галявич А.С., Ускач Т.М., и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2020 // Российский кардиологический журнал. 2020. Т. 25, № 11. С. 40–83. EDN: LJGGQV doi: 10.15829/1560-4071-2020-4083
2. Мареев В.Ю., Фомин И.В., Агеев Ф.Т., и др. Клинические рекомендации ОССН-РКО-РНОТ. Сердечная недостаточность: хроническая (ХСН) и острая декомпенсированная (ОДСН). Диагностика, профилактика, лечение // Кардиология. 2018. Т. 58, № 6S. С. 8–158. EDN: XUAREL doi: 10.18087/cardio.2475

3. Владимирский А.В., Морозов С.П., Урванцева И.А., Коваленко Л.В., Воробьев А.С. Применение телемедицинских технологий в кардиологии. Сургут : Сургутский государственный университет, 2019. EDN: IKCWRK
4. Владимирский А.В., Лебедев Г.С. Телемедицина. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. EDN: YMURZR
5. Владимирский А.В. Телемедицина в кардиологии: возможности и доказательность // Заместитель главного врача. 2016. № 8. С. 80–89. EDN: WFLUGF
6. Veenis J.F., Radhoe S.P., Hooijmans P., Brugts J.J. Remote Monitoring in Chronic Heart Failure Patients: Is Non-Invasive Remote Monitoring the Way to Go? // *Sensors (Basel)*. 2021. Vol. 21, N 3. P. 887. doi: 10.3390/s21030887
7. Inglis S.C., Clark R.A., Dierckx R., Prieto-Merino D., Cleland J.G.F. Structured telephone support or non-invasive telemonitoring for patients with heart failure // *Cochrane Database Syst Rev*. 2015. N 10. doi: 10.1002/14651858.CD007228.pub3
8. Бойцов С.А., Агеев Ф.Т., Бланкова З.Н., Свирида О.Н., Беграмебекова Ю.Л. Методические рекомендации для медицинских сестер кабинета больных с хронической сердечной недостаточностью // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021. Т. 20, № 1. С. 283–306. EDN: WNIVZB doi: 10.15829/1728-8800-2021-2754
9. Баврина А.П. Основные понятия статистики // Медицинский альманах. 2020. № 3. С. 101–111. EDN: PUMGMM
10. Арзамасов К.М., Бушуев В.О., Владимирский А.В., и др. Осмотр кардиологического пациента с применением скринингового ультразвукового исследования сонных артерий: возможности телемедицины // *Врач*. 2023. Т. 34, № 4. С. 39–45. EDN: LRZKEW doi: 10.29296/25877305-2023-04-08
11. Jiménez-Marrero S., Yun S., Cainzos-Achirica M., et al. Impact of telemedicine on the clinical outcomes and healthcare costs of patients with chronic heart failure and mid-range or preserved ejection fraction managed in a multidisciplinary chronic heart failure programme: A sub-analysis of the iCOR randomized trial // *J Telemed Telecare*. 2020. Vol. 26, N 1–2. P. 64–72. doi: 10.1177/1357633X18796439
12. Clark R.A., Inglis S.C., McAlister F.A., Cleland J.G.F., Stewart S. Telemonitoring or structured telephone support programmes for patients with chronic heart failure: systematic review and meta-analysis // *BMJ*. 2007. Vol. 334, N 7600. P. 942. doi: 10.1136/bmj.39156.536968.55
13. Mizukawa M., Moriyama M., Yamamoto H., et al. Nurse-led collaborative management using telemonitoring improves quality of life and prevention of rehospitalization in patients with heart failure // *Int Heart J*. 2019. Vol. 60, N 6. P. 1293–1302. doi: 10.1536/ihj.19-313
14. Dierckx R., Inglis S.C., Clark R.A., Prieto-Merino D., Cleland J.G.F. Telemedicine in heart failure: new insights from the Cochrane meta-analyses // *Eur J Heart Fail*. 2017. Vol. 19, N 3. P. 304–306. doi: 10.1002/ehf.759
15. Jiménez-Marrero S., Yun S., Cainzos-Achirica M., et al. Impact of telemedicine on the clinical outcomes and healthcare costs of patients with chronic heart failure and mid-range or preserved ejection fraction managed in a multidisciplinary chronic heart failure programme: A sub-analysis of the iCOR randomized trial // *J Telemed Telecare*. 2020. Vol. 26, N 1–2. P. 64–72. doi: 10.1177/1357633X18796439
16. Galinier M., Roubille F., Berdague P., et al. OSICAT Investigators. Telemonitoring versus standard care in heart failure: a randomised multicentre trial // *Eur J Heart Fail*. 2020. Vol. 22, N 6. P. 985–994. doi: 10.1002/ehf.1906
17. Lynga P., Persson H., Hägg-Martinell A., et al. Weight monitoring in patients with severe heart failure (WISH). A randomized controlled trial // *Eur J Heart Fail*. 2012. Vol. 14, N 4. P. 438–444. doi: 10.1093/eurjhf/hfs023
18. Boyne J.J., Vrijhoef H.J., Crijns H.J., et al. Tailored telemonitoring in patients with heart failure: results of a multicentre randomized controlled trial // *Eur J Heart Fail*. 2012. Vol. 14, N 7. P. 791–801. doi: 10.1093/eurjhf/hfs058
19. Koehler F., Winkler S., Schieber M., et al. Impact of remote telemedical management on mortality and hospitalizations in ambulatory patients with chronic heart failure: the telemedical interventional monitoring in heart failure study // *Circulation*. 2011. Vol. 123, N 17. P. 1873–1880. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.018473
20. Pandor A., Gomersall T., Stevens J.W., et al. Remote monitoring after recent hospital discharge in patients with heart failure: a systematic review and network meta-analysis // *Heart*. 2013. Vol. 99, N 23. P. 1717–1726. doi: 10.1136/heartjnl-2013-303811
21. Chaudhry S.I., Mattera J.A., Curtis J.P., et al. Telemonitoring in patients with heart failure // *N Engl J Med*. 2010. Vol. 363, N 24. P. 2301–2309. doi: 10.1056/NEJMoa1010029
22. Umeh C.A., Reddy M., Dubey A., et al. Home telemonitoring in heart failure patients and the effect of study design on outcome: A literature review // *J Telemed Telecare*. 2021. Vol. 30, N 1. doi: 10.1177/1357633X211037197
23. Drews T.E.I., Laukkanen J., Nieminen T. Non-invasive home telemonitoring in patients with decompensated heart failure: a systematic review and meta-analysis // *ESC Heart Fail*. 2021. Vol. 8, N 5. P. 3696–3708. doi: 10.1002/ehf2.13475
24. Владимирский А.В. Систематический обзор применения мессенджеров «WhatsApp» и «Viber» в клинической медицине // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2017. Т. 1, № 3. С. 30–41. EDN: YPTU9R
25. Пырикова Н.В., Мозгунов Н.А., Осипова И.В. Результаты пилотного дистанционного мониторинга пациентов с хронической сердечной недостаточностью // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022. Т. 21, № 6. С. 31–51. EDN: ROTHNY doi: 10.15829/1728-8800-2022-3151

AUTHORS' INFO

* Anna N. Korobeynikova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 93 Sovetskaya street, 610008, Kirov, Russia;
ORCID: 0000-0002-8934-7021;
eLibrary SPIN: 9728-9583;
e-mail: anna_best2004@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

* Коробейникова Анна Николаевна, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 610008, г. Киров, ул. Советская, 93;
ORCID: 0000-0002-8934-7021;
eLibrary SPIN: 9728-9583;
e-mail: anna_best2004@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Anna V. Isaeva, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-0634-9759;

eLibrary SPIN: 5178-6596;

e-mail: av_isaeva_cgb20@mail.ru

Alexandra E. Demkina, MD, Cand. Sci (Medicine);

ORCID: 0000-0001-8004-9725;

eLibrary SPIN: 4657-5501;

e-mail: ademkina@bk.ru

Anton V. Vladzimirskyy, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

Boris V. Zingerman;

ORCID: 0000-0002-1855-1834;

eLibrary SPIN: 5914-9174;

e-mail: boriszing@gmail.com

Alexandr N. Bykov, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-0787-7908;

eLibrary SPIN: 6423-7610;

e-mail: sashacor83@yandex.ru

Olga G. Smolenskaya, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-0705-6651;

eLibrary SPIN: 5443-9382;

e-mail: osmolenskaya@mail.ru

Исаева Анна Владимировна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-0634-9759;

eLibrary SPIN: 5178-6596;

e-mail: av_isaeva_cgb20@mail.ru

Демкина Александра Евгеньевна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0001-8004-9725;

eLibrary SPIN: 4657-5501;

e-mail: ademkina@bk.ru

Владзimirский Антон Вячеславович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

Зингерман Борис Валентинович;

ORCID: 0000-0002-1855-1834;

eLibrary SPIN: 5914-9174;

e-mail: boriszing@gmail.com

Быков Александр Николаевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-0787-7908;

eLibrary SPIN: 6423-7610;

e-mail: sashacor83@yandex.ru

Смоленская Ольга Георгиевна, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-0705-6651;

eLibrary SPIN: 5443-9382;

e-mail: osmolenskaya@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

Mitral valve calcinosis as an important finding during heart examination

Daria A. Filatova, Elena A. Merzhina, Maria L. Plotnikova, Mariya V. Lisitskaya, Valentin E. Sinitsyn

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Mitral valve calcinosis is a chronic degenerative process in the fibrous structures of the mitral valve. Advanced stages increase the risk of endocarditis and cardiac rhythm disturbances and contribute to cardiovascular mortality. The cause of mitral valve calcinosis is still controversial; however, the contribution of atherosclerosis to its development is currently undisputed. The prevalence of mitral valve calcinosis varies in different age groups and on average is higher in people with cardiovascular disease.

AIM: To assess the prevalence of mitral valve calcinosis in patients undergoing computed tomography angiography and identify the relationship between aortic and mitral valve calcinosis and coronary calcium index and signs of remodeling.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective study of 336 patients who underwent computed tomography coronary angiography with intravenous contrast enhancement at the Lomonosov Moscow State University Clinic between November 13, 2020, and May 14, 2022, was conducted.

RESULTS: The prevalence of aortic (16.4%) and mitral (11%) valve calcinosis was high in people undergoing cardiovascular examination, and a relationship was noted between valve calcinosis and coronary calcium index.

CONCLUSION: The detection of mitral valve calcinosis in patients during routine examination is important in predicting further treatment and outcomes because valve calcinosis is an indirect indicator of coronary heart disease risk. Although valve calcinosis is usually an incidental examination finding, it may indicate a high cardiovascular risk and should prompt further evaluation, if clinically necessary.

Keywords: mitral valve; calcinosis; computed tomography; magnetic resonance imaging; echocardiography.

To cite this article:

Filatova DA, Merzhina EA, Plotnikova ML, Lisitskaya MV, Sinitsyn VE. Mitral valve calcinosis as an important finding during heart examination. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):219–230. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

Кальциноз митрального клапана как важная находка при сердечно-сосудистой визуализации

Д.А. Филатова, Е.А. Мершина, М.Л. Плотникова, М.В. Лисицкая, В.Е. Сеницын

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Кальциноз митрального клапана — это хронический дегенеративный процесс в фиброзных структурах митрального клапана, на продвинутых стадиях повышающий риск развития эндокардита и нарушений ритма сердца, а также вносящий вклад в структуру сердечно-сосудистой смертности. Этиология кальциноза митрального клапана пока является дискуссионным вопросом, однако вклад атеросклероза в его развитие в настоящее время не вызывает сомнений. Распространённость кальциноза митрального клапана варьирует в разных возрастных группах и в среднем выше у людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Цель — оценка распространённости кальциноза митрального клапана у пациентов, проходящих компьютерную томографическую ангиографию; выявление взаимосвязи между кальцинозом аортального и митрального клапанов и индексом коронарного кальция, а также признаками ремоделирования.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование 336 пациентов, проходивших компьютерную томографическую коронароангиографию с внутривенным контрастированием на базе Медицинского научно-образовательного центра Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в период с 13.11.2020 по 14.05.2022.

Результаты. Исследование показало высокую распространённость кальциноза аортального (16,4%) и митрального (11%) клапанов в популяции людей, проходящих обследование сердечно-сосудистой системы, а также наличие взаимосвязи между кальцинозом клапанов и индексом коронарного кальция.

Заключение. Выявление кальциноза митрального клапана у пациентов при рутинном обследовании играет важную роль для прогнозирования дальнейшего лечения и исхода, поскольку кальциноз клапанов является косвенным показателем риска ишемической болезни сердца. Будучи, как правило, случайной находкой при обследовании, кальциноз клапанов может свидетельствовать о наличии у пациента повышенного сердечно-сосудистого риска и должен быть поводом для дополнительного обследования при клинической необходимости.

Ключевые слова: митральный клапан; кальциноз; компьютерная томография; магнитно-резонансная томография; эхокардиография.

Как цитировать:

Филатова Д.А., Мершина Е.А., Плотникова М.Л., Лисицкая М.В., Сеницын В.Е. Кальциноз митрального клапана как важная находка при сердечно-сосудистой визуализации // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 219–230. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

二尖瓣钙化作为心血管成像的一个重要发现

Daria A. Filatova, Elena A. Merzhina, Maria L. Plotnikova, Mariya V. Lisitskaya,
Valentin E. Sinitsyn

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

摘要

论证。二尖瓣钙化好机会是二尖瓣纤维结构的一种慢性退行性过程。二尖瓣钙化在晚期会增加心内膜炎和心律失常的风险，并导致心血管死亡。二尖瓣钙化的病因仍存在争议。不过，动脉粥样硬化对二尖瓣钙化的发展所起的作用目前是毋庸置疑的。二尖瓣钙化在不同年龄段的发病率各不相同，平均而言，心血管疾病患者的发病率较高。

目的是评估接受计算机断层扫描血管造影术的患者中二尖瓣钙化的发病率；确定主动脉瓣和二尖瓣钙化与冠状动脉钙化指数和重塑迹象之间的关系。

材料和方法。该回顾性研究实对 2020 年 11 月 13 日至 2022 年 5 月 14 日期间在 Medical Scientific and Educational Center, Lomonosov Moscow State University 接受静脉注射造影剂的计算机断层扫描冠状动脉造影术的 336 名患者进行的。

结果。研究显示了，在接受心血管筛查的人群中，主动脉瓣（16.4%）和二尖瓣（11%）钙化的发病率很高，而且瓣膜钙化与冠状动脉钙化指数之间存在关系。

结论。在常规检查中发现患者的二尖瓣钙化对于预测进一步的治疗和结果非常重要，因为瓣膜钙化是冠心病风险的间接指标。虽然瓣膜钙化通常是检查中的偶然发现，但它可能预示着患者的心血管风险增加，临床上有必要时应考虑对其进行进一步评估。

关键词：二尖瓣；钙化；计算机断层扫描；磁共振成像；超声心动图。

引用本文：

Filatova DA, Merzhina EA, Plotnikova ML, Lisitskaya MV, Sinitsyn VE. 二尖瓣钙化作为心血管成像的一个重要发现. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):219–230. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624754>

收到: 17.12.2023

接受: 24.01.2024

发布日期: 19.06.2024

论证

二尖瓣钙化症（MAC）是二尖瓣纤维环的一种慢性退行性病变，表现为钙沉积，多发生在后瓣叶区域。作为二尖瓣病变的一种单独类型，钙钙化症（caseous calcinosis）也被区分开来，在这种病变中，钙发生生化转变，形成凝乳块状（这也是“caseous”这一名称的由来）。根据影像学技术的结果，二尖瓣钙化症（正常或酪质）常常被误认为是肿瘤，因此，熟练使用不同的技术对鉴别诊断非常重要。

据估计，二尖瓣钙化症的总发病率为13%[1]，但根据人群的不同，发病率可在4.6%至15.8%之间变化[2]。此外，在有心血管疾病症状的患者群体中，有5%的病例会发生二尖瓣钙化症[3]，在晚期肾衰竭患者中，有36%的病例会发生二尖瓣钙化症[1]。之所以存在如此大的变异性，是因为二尖瓣钙化症通常不会引起临床表现，而是在检查中偶然发现的。Framingham研究发现，40岁以下的人几乎从未报告过二尖瓣钙化症[4]。这一过程大大增加了心血管疾病的发病率和死亡率，并对心血管疾病的预后产生影响。与风湿性病变不同，钙化症患者的二尖瓣功能通常不会明显受损；然而，严重的二尖瓣钙化症可能会导致二尖瓣反流。

目的

本研究旨在确定通过计算机断层扫描（CT）冠状动脉造影检查冠状动脉粥样硬化患者中二尖瓣钙化症和主动脉瓣钙化症（AVC）的发生率和特征，寻找这些过程之间可能存在的关系，并研究钙化对二尖瓣功能和心室形形态的影响。

研究方法

研究设计

本研究是一项回顾性单中心连续观察研究，包括在Medical Research and Education Center of Lomonosov Moscow State University放射科接受CT冠状动脉造影术的患者。

资格标准

纳入标准：为排除冠状动脉粥样硬化而转诊进行造影剂CT冠状动脉造影的患者。

标准：

- 支架植入术、冠状动脉旁路移植术后的情况（由于无法评估钙指数）；
- 人工心脏瓣膜置换术后的情况；
- 存在先天性心脏缺陷和肿瘤；
- 对含碘造影剂有严重过敏史；
- 患者病情严重，无法进行具有诊断质量的检查。

排除标准：患者拒绝参与研究。

研究时间

本研究于2020年11月13日至2022年5月14日期间进行。

医疗干预描述

患者接受心电图同步CT冠状动脉造影术，其中包括两次连续扫描：一次原位扫描以确定阿加特斯通总钙指数（TCS），另一次在使用造影剂的动脉期扫描（使用含碘造影剂，剂量为每毫升300毫克碘，每公斤体重1毫升）。在所有情况下，都采用了与心电图回溯同步的方法，从而可以额外观察到心脏收缩不同阶段的心腔。冠状动脉重建在MPR模式下用于分析获得的图像。

研究的主要结果

检测冠状动脉壁上的二尖瓣钙化症和主动脉瓣钙化症以及钙化斑块。

其他研究结果

检测心脏重塑迹象（左心房扩张）。

亚组分析

根据是否存在心脏瓣膜钙化将患者分为不同的亚组：

- 二尖瓣钙化症组
- 主动脉瓣钙化症组
- 二尖瓣钙化症和主动脉瓣钙化症组；
- 无瓣膜钙化组。

此外，还根据TCS值将患者分为几个亚组：

- 0（无冠状动脉病变）；
- 1~10（轻微病变）
- 11~100（轻度病变）
- 101~400（中度病变）
- 400单位以上（重度病变）。

伦理审查

本研究于2020年9月24日获得了 Medical Research and Education Center of Lomonosov Moscow State University 伦理委员会的批准。

统计分析

统计分析使用 Microsoft Office Excel 2010（美国微软公司）进行。采用Kruskal-Wallis、Mann-Whitney和chi-square标准对所获数据进行分析。显著性水平为 $p < 0.05$ 。

研究结果

研究参与者

共有336名患者参与了研究，其中男性195人（占58%）。平均年龄为（61.1±11.8）岁。

主要研究结果

研究组中二尖瓣钙化症发生率为11%（37名患者），主动脉瓣钙化症发生率为16.4%（55名患

表 1. 研究组中发生心脏瓣膜钙化的频率

	二尖瓣钙化症	主动脉瓣钙化症	二尖瓣钙化症, 主 动脉瓣钙化症	无钙化
患者人数	37	55	13	251
平均年龄、年数	66.1±8.9	66.7±7.9	67.0±9.7	60.1±11.6
男性/女性	16/21	32/23	5/8	149/102
TCS, 单位	582.3±875.3	435.3±591.4	314.2±215.2	176.5±402.9

注。AVC—主动脉瓣钙化；MAC—二尖瓣钙化；TCS—总钙指数。

者）；3.9%（13名患者）发生双瓣膜钙化。有7例（2.1%）患者出现了酪质二尖瓣钙化症。

表 1 列出了研究小组的详细情况和已确定的瓣膜钙化发生率。

根据瓣膜是否存在钙化将患者分为不同的组别，结果发现他们之间的 TCS 差异具有统计学意义(使用 Kraskell-Wallis 标准分析, $p < 0.001$)：二尖瓣钙化症患者组的 TCS 值最大, 无钙化患者组的 TCS 值最小。

使用卡方检验分析随机连接表时发现, TCS 与二尖瓣钙化症和主动脉瓣钙化症的发病率呈正相关($p < 0.01$) (图 1)。然而, 主动脉瓣钙化症的相关性低于二尖瓣钙化症。

瓣膜钙化的严重程度是通过 TCS 和估计的钙量来评估的；当将冠状动脉 TCS 和瓣膜钙化的严重程度联系起来时（使用 Mann-Whitney 检验），这些参数之间没有明显的关系。在二尖瓣钙化症患者组和 主动脉瓣钙化症患者组中都观察到了这种模式。

其他研究结果

研究调查了左心房扩大（二尖瓣缺损的间接因素）与二尖瓣钙化症之间可能存在的关联。使用卡方检

验进行分析时，二尖瓣钙化症因素与左房扩大结果之间的关联具有统计学意义($P=0.002$)。

不良反应

研究过程中未发现造影剂的不良反应或副作用。

讨论

研究主要结果概述

这项回顾性研究显示，在接受心血管 CT 冠状动脉造影的人群中，二尖瓣钙化症和 主动脉瓣钙化症 的发病率很高，瓣膜钙化与 TCS 之间存在相关性，其中二尖瓣钙化症的相关性更大。然而，钙化的严重程度与冠状动脉 TCS 无关。此外，还发现二尖瓣钙化症与左心房扩张之间存在相关性。

对研究主要结果的讨论

有文献证据表明，二尖瓣钙化症主动脉瓣钙化症和冠状动脉粥样硬化之间存在相关性[5]。而后者又与全身动脉粥样硬化相关。与二尖瓣钙化症相比，主动脉瓣钙化症与 TCS 水平的关系不大，因此本研究的结果值得关注。这强调了一个

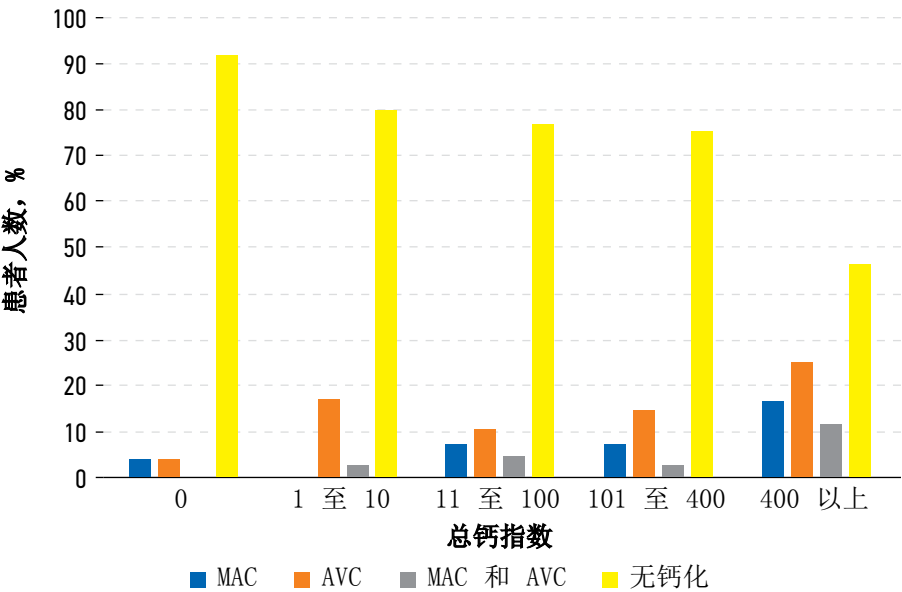


图 1. 不同总钙指数组中不同瓣膜钙化的患者人数：MAC - 二尖瓣钙化，AVC - 主动脉瓣钙化。

事实,即心脏瓣膜钙化的可能性不仅由系统性动脉粥样硬化及其传统危险因素决定,还由其他条件决定。鉴于二尖瓣钙化症的存在可被视为动脉粥样硬化和二尖瓣疾病未来发展的预兆,因此及时诊断二尖瓣钙化症在临床上非常重要。

二尖瓣钙化症形成的病理生理学尚未明确阐明。Nestico 等人将二尖瓣钙化症描述为二尖瓣纤维支撑结构的一种慢性退行性老化过程[6]。在生命的第一个十年,二尖瓣环由平行的细胶原和一些弹性纤维组成。随着年龄的增长,胶原纤维变粗变厚,弹性纤维的数量增加;同时,脂质斑点在胶原纤维之间积聚,钙化灶出现在相同的区域。随着时间的推移,胶原纤维失调增加,脂质和钙质沉积增多。众所周知,剪应力降低和血流湍流增加的区域容易发生动脉粥样硬化[7]。二尖瓣瓣环区域的钙化和脂质沉积是常见的尸检结果,但宏观上并无二尖瓣钙化症表现[8]。

研究表明,血管动脉粥样硬化与瓣膜(二尖瓣和主动脉瓣)慢性退行性病变之间存在明显的相似性[9]。所有这些事件的诱因通常是内皮损伤或功能障碍[10]。此外,在钙质沉着症的发展过程中,瓣膜会发生动脉粥样硬化特有的变化,包括炎症发展[11]、脂质堆积[12]和基质金属蛋白酶激活[13]。也有研究表明,肾素-血管紧张素-醛固酮系统可能在瓣膜钙化的发展过程中发挥潜在作用[14]。随着时间的推移,钙沉积物和脂蛋白在微损伤区域的灶性积聚会转化为致密的僵硬结构,形成二尖瓣钙化症。此外,大量研究表明,全身动脉粥样硬化的严重程度及其危险因素与二尖瓣钙化症之间存在显著相关性[15-17]。因此,一些研究人员认为,二尖瓣钙化症和血管粥样硬化是同一种疾病的不同形式。

然而,了解二尖瓣钙化症发病机理的一个重要方面是,与通常影响男性的典型动脉粥样硬化不同,二尖瓣钙化症更常见于女性[18],二尖瓣环区域的沉积物更大。有研究认为,老年女性异位钙沉积的形成与绝经后骨质疏松症导致的严重骨质流失有关[19]。此外,在 65 岁以上的妇女中,使用双磷酸盐类药物与心血管钙化发生率较低有关[20]。

除动脉粥样硬化外,人们不应低估二尖瓣长期负荷过重二尖瓣钙化症发病中的作用:动脉高血压、主动脉瓣狭窄、肥厚型心肌病。在这些情况下,收缩压峰值和二尖瓣关闭压增加,导致二尖瓣环负荷增加和退化[21]。

慢性肾功能衰竭是诱发二尖瓣钙化症的另一个重要因素。研究发现,肾小球滤过率降低、终末期肾功能衰竭和需要血液透析与二尖瓣钙化症的发病率相关[22]。造成这种关联的原因可能不尽相同,包括此类患者中心血管疾病和动脉粥样硬化危险因素的患病率较高、合并症更严重以及钙磷代谢紊乱等[23, 24]。A. Jesri 等人的研究表明,近 60% 的二尖瓣钙化症患者肾小球滤过率下降到 $60 \text{ ml}/(\text{min} \times 1.73 \text{ m}^2)$ 或更低[25]。有趣的是,慢性肾脏疾病与 主动脉瓣钙化症

之间并没有类似的关联[26]。患有某些先天性疾病(如马凡综合征)的人,当结缔组织和心血管系统发生全身性病变时,也更容易患上二尖瓣钙化症[27]。

Framingham 研究显示,二尖瓣钙化症的存在与不良心血管事件的发生率和心血管死亡率相关[28],后者的概率取决于二尖瓣钙化症的严重程度[17]。其主要原因是二尖瓣钙化症被认为是全身动脉粥样硬化和冠状动脉粥样硬化的标志之一[29]。炎症、免疫和新陈代谢过程也可能促成这种关系。研究表明,65 岁以下胸痛患者出现二尖瓣钙化症是至少一条冠状动脉明显狭窄的重要独立预测指标。在 65 岁以下的女性中,没有二尖瓣钙化症已被证明是没有冠心病的独立预测指标[3]。因此,临床医生应将在 65 岁以下人群中检测到二尖瓣钙化症这一事实视为冠心病的重要标志。这对没有临床症状的人尤为重要,应调整他们的风险因素和生活方式,以降低不良冠状动脉事件的风险。

在迄今为止的文献中,关于二尖瓣钙化症与中风之间的相关性,一切都不那么明确。一些研究(如 J.R. Kizer 等人[30])表明存在这种相关性,而另一些研究(C.J. Rodriguez 等人[31])在考虑了传统的中风风险因素后,这种相关性明显降低。有关二尖瓣钙化症与中风之间相关性的数据可解释为二尖瓣钙化症与冠状动脉粥样硬化病变及心室颤动有关[32, 33]。

有证据表明,钙化症可能会影响二尖瓣功能,因为当后瓣叶基底出现致密浸润时,其活动度就会降低。这反过来又增加了瓣叶伸长和弦断裂的可能性,导致继发性二尖瓣反流[34]。至于心内膜炎,其在二尖瓣钙化症患者中的发病率尚不清楚。这种罕见但可能致命的疾病表现为二尖瓣瓣叶或二尖瓣瓣环上形成植被[35]。

二尖瓣钙化症与心律失常的关系早已为人所知。房室传导阻滞、Gis束支传导阻滞和室内传导阻滞最为常见[36]。有文献证据表明,二尖瓣钙化症患者心律失常的发生率明显高于对照组(70%对 34%)[37]。这可能是由于钙化直接扩散到房室结和 Gis束区域。二尖瓣钙化症与心房颤动之间的明显相关性还与左心房扩张有关[38]。

鉴于二尖瓣钙化症的病程以无症状为主,且可能危及生命,因此及时诊断这种疾病非常重要。在某些病例中,二尖瓣钙化症与血栓和肿瘤的鉴别诊断非常困难。此外,一些学者指出,钙化的外观可能与心肌脓肿相似[39]。

超声心动图是二尖瓣钙化症的初步诊断方法:二尖瓣钙化症表现为静态高回声结构,边缘清晰,通常位于二尖瓣后叶下的瓣下间隙。有时,二尖瓣钙化症结构是异质性的,并伴有低回声内含物。体积较大的钙化物可能会造成声影,从而妨碍清晰观察。如果存在典型的二尖瓣钙化症特征,则无需进一步检查,但超声心动图的灵敏度往往不足以区分钙质和其他致密结构(如胶原)。脓肿在其发展的晚期,由于存在固结区和钙化区,可能看起来与二尖瓣钙

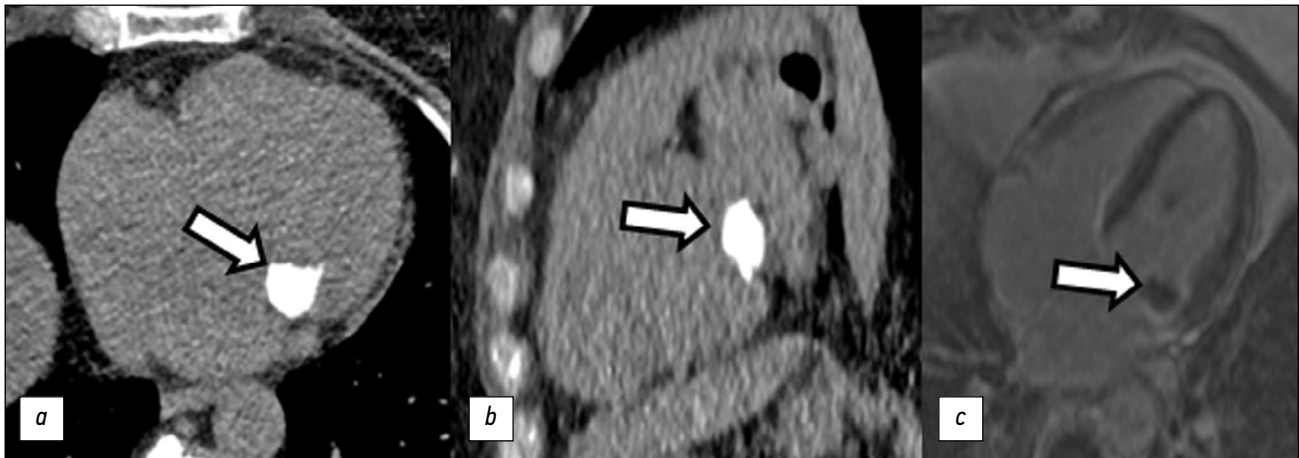


图 2. 患者，65 岁。不同成像技术下的二尖瓣钙化：**a、b** — 计算机断层扫描（轴位和矢状位投影，无对比剂）；**c** — 磁共振成像（四腔长轴投影，延迟对比剂增强模式）。

化症相似。在超声心动图难以观察、炎症标志物非特异性升高（不排除脓肿或肿瘤）以及其他一些不明确的情况下，使用磁共振成像（MRI）和 CT 作为随访方法是合理的。

在磁共振成像中，二尖瓣钙化症在标准胶片序列上通常信号减弱，有时难以明确区分钙质、邻近心肌和该定位的其他体积肿块。T2- 加权成像可更清楚地区分二尖瓣钙化症与其他邻近结构；使用造影剂后，在造影剂早期阶段未发现明显灌注，而在晚期阶段发现延迟造影剂（图 2, c）。在延迟期，可在外围发现薄薄的造影剂边缘。由于中央部位没有血管和坏死，因此可以将二尖瓣钙化症与良性或恶性肿瘤区分开来。在 T1 和 T2 加权图像上，二尖瓣钙化症的中央部分呈低密度信号，而肌瘤和脂肪瘤则不同，其中央部分呈高密度信号，原因是基质结构中存在粘蛋白或脂肪[40]。心肌脓肿的磁共振征象取决于所处的阶段，但最常见的是中心信号高强、周边信号低弱的肿块。然而，磁共振成像的灵敏度和特异性并不总是足以对伴有血栓和肿瘤的二尖瓣钙化症进行明确的鉴别诊断；在这些病例中，CT 被用作随访方法。CT 扫描明确显示二尖瓣钙化症为高密度结构，无造影剂积聚迹象，中心为无血管的“软”结构。CT 可以确定二尖瓣钙化症的位置、程度及其对瓣膜功能的影响。可通过 TCS 计数对二尖瓣钙化症进行定量评估。

因此，建议采用多模式方法对二尖瓣钙化症进行明确诊断：超声心动图是一线方法，如果结果不明确，则应同时使用磁共振成像和 CT 进行补充检查。值得注意的是，使用不同的成像方法不仅能明确诊断，还能提供患者其他情况的重要信息（冠状动脉粥样硬化、瓣膜狭窄、心室收缩功能下降、运动功能低下或运动障碍区域等），这些信息可能会影响患者的治疗。

研究局限性

本研究的局限性包括只分析了钙化冠状动脉斑块，而不考虑软斑块。下一阶段的研究将分析冠状动脉狭窄程度与软斑块之间的相关性。此外，

本研究的局限性还包括缺乏临床数据和超声心动图数据。

结论

二尖瓣钙化症在人群中很常见，通常无症状。这种疾病的病因目前尚不完全清楚，但其与全身动脉粥样硬化的关系是毋庸置疑的。由于二尖瓣钙化症与动脉粥样硬化和二尖瓣疾病有关，因此早期诊断这种疾病对于预防潜在的危险情况具有重要的临床意义。

本研究揭示了人群中瓣膜钙化的高发病率（二尖瓣钙化症发病率为11%，主动脉瓣钙化症发病率为16.4%，3.9%的病例发生双瓣膜钙化）以及瓣膜钙化与冠状动脉疾病之间的相关性，其中二尖瓣钙化与冠状动脉疾病的关系更为明显。此外，还发现二尖瓣钙化症与左心房扩张之间存在相关性。

通常很难将二尖瓣钙化症与心脏肿瘤、血栓和其他几种疾病区分开来。超声心动图是诊断二尖瓣钙化症的主要方法，但这种病变往往会被误诊为肿瘤或血栓。因此，如果获得的信息不足，建议通过磁共振成像和心脏 CT 进行补充检查。建议对患有二尖瓣钙化症并伴有其他心脏瓣膜钙化等并发症的患者进行综合治疗和适当的随访。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The work was performed within the framework of the State assignment of Lomonosov Moscow State University (theme 0708 “Application of new functional and perfusion CT and MRI techniques to improve diagnostics”).

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

D.A. Filatova — forming the research group, conducting data statistical analysis, writing the text of the article; E.A. Merzhina — developing the research concept, editing the text of the article; M.L. Plotnikova — editing the text of

the article; M.V. Lisitskaya — development of the research concept, editing the text of the article; V.E. Sinitsyn — development of the research concept, approval of the final version of the text.

REFERENCES

1. Maher ER, Young G, Smyth-Walsh B, Pugh S, Curtis JR. Aortic and mitral valve calcification in patients with end-stage renal disease. *Lancet*. 1987;330(8564):875–877. doi: 10.1016/s0140-6736(87)91370-5
2. Fox E, Harkins D, Taylor H, et al. Epidemiology of mitral annular calcification and its predictive value for coronary events in African Americans: the Jackson Cohort of the Atherosclerotic Risk in Communities Study. *Am. Heart J.* 2004;148(6):979–984. doi: 10.1016/j.ahj.2004.05.048
3. Atar S, Jeon DS, Luo H, Siegel RJ. Mitral annular calcification: a marker of severe coronary artery disease in patients under 65 years old. *Heart*. 2003;89(2):161–164. doi: 10.1136/heart.89.2.161
4. Savage DD, Garrison RJ, Castelli WP, et al. Prevalence of submitral (anular) calcium and its correlates in a general population-based sample (the Framingham Study). *Am. J. Cardiol.* 1983;51(8):1375–1378. doi: 10.1016/0002-9149(83)90315-6
5. Barasch E, Gottdiener JS, Larsen EKM, et al. Clinical significance of calcification of the fibrous skeleton of the heart and atherosclerosis in community dwelling elderly. The Cardiovascular Health Study (CHS). *Am. Heart J.* 2006;151(1):39–47. doi: 10.1016/j.ahj.2005.03.052
6. Nestico PF, Depace NL, Morganroth J, Kotler MN, Ross J. Mitral annular calcification: clinical, pathophysiology, and echocardiographic review. *Am. Heart J.* 1984;107(5 Pt 1):989–996. doi: 10.1016/0002-8703(84)90840-8
7. Stary HC, Blankenhorn DH, Chandler AB, et al. A definition of the intima of human arteries and of its atherosclerosis-prone regions. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Arterioscler. Thromb. J. Vasc. Biol.* 1992;12(1):120–134. doi: 10.1161/01.atv.12.1.120
8. Allison MA, Cheung P, Criqui MH, Langer RD, Wright CM. Mitral and Aortic Annular Calcification Are Highly Associated With Systemic Calcified Atherosclerosis. *Circulation*. 2006;113(6):861–866. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.552844
9. Otto CM, Kuusisto J, Reichenbach DD, Gown AM, O'Brien KD. Characterization of the early lesion of “degenerative” valvular aortic stenosis. Histological and immunohistochemical studies. *Circulation*. 1994;90(2):844–853. doi: 10.1161/01.cir.90.2.844
10. Mohler ER. Mechanisms of aortic valve calcification. *Am. J. Cardiol.* 2004;94(11):1396–1402. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.08.013
11. Shahi CN, Ghaisas NK, Goggins M, et al. Elevated levels of circulating soluble adhesion molecules in patients with nonrheumatic aortic stenosis. *Am. J. Cardiol.* 1997;79(7):980–982. doi: 10.1016/s0002-9149(97)00027-1
12. Olsson M, Thyberg J, Nilsson J. Presence of oxidized low density lipoprotein in nonrheumatic stenotic aortic valves. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1999;19(5):1218–1222. doi: 10.1161/01.atv.19.5.1218
13. Edep ME, Shirani J, Wolf P, Brown DL. Matrix metalloproteinase expression in nonrheumatic aortic stenosis. *Cardiovasc. Pathol.* 2000;9(5):281–286. doi: 10.1016/s1054-8807(00)00043-0
14. O'Brien KD, Shavelle DM, Caulfield MT, et al. Association of Angiotensin-Converting Enzyme With Low-Density Lipoprotein in Aortic Valvular Lesions and in Human Plasma. *Circulation*. 2002;106(17):2224–2230. doi: 10.1161/01.CIR.0000035655.45453.D2
15. Pohle K, Otte M, Mäffert R, et al. Association of cardiovascular risk factors to aortic valve calcification as quantified by electron beam computed tomography. *Mayo Clin. Proc.* 2004;79(10):1242–1246. doi: 10.4065/79.10.1242
16. Wong ND, Sciammarella M, Arad Y, et al. Relation of thoracic aortic and aortic valve calcium to coronary artery calcium and risk assessment. *Am. J. Cardiol.* 2003;92(8):951–955. doi: 10.1016/s0002-9149(03)00976-7
17. Fox CS, Vasan RS, Parise H, et al. Mitral Annular Calcification Predicts Cardiovascular Morbidity and Mortality. *Circulation*. 2003;107(11):1492–1496. doi: 10.1161/01.CIR.0000058168.26163.BC
18. Tenenbaum A, Fisman EZ, Pines A, et al. Gender paradox in cardiac calcium deposits in middle-aged and elderly patients: mitral annular and coronary calcifications interrelationship. *Maturitas*. 2000;36(1):35–42. doi: 10.1016/s0378-5122(00)00120-1
19. Sugihara N, Matsuzaki M. The influence of severe bone loss on mitral annular calcification in postmenopausal osteoporosis of elderly Japanese women. *Jpn. Circ. J.* 1993;57(1):14–26. doi: 10.1253/jcj.57.14
20. Elmariah S, Delaney JAC, O'Brien KD, et al. Bisphosphonate Use and Prevalence of Valvular and Vascular Calcification in Women MESA (The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010;56(21):1752–1759. doi: 10.1016/j.jacc.2010.05.050
21. Elmariah S, Delaney JAC, Bluemke DA, et al. Associations of LV hypertrophy with prevalent and incident valve calcification: Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2012;5(8):781–788. doi: 10.1016/j.jcmg.2011.12.025
22. Adler Y, Koren A, Fink N, et al. Association between mitral annulus calcification and carotid atherosclerotic disease. *Stroke*. 1998;29(9):1833–1837. doi: 10.1161/01.str.29.9.1833
23. Umana E, Ahmed W, Alpert MA. Valvular and perivalvular abnormalities in end-stage renal disease. *Am. J. Med. Sci.* 2003;325(4):237–242. doi: 10.1097/00000441-200304000-00010
24. Alfrey AC. The role of abnormal phosphorus metabolism in the progression of chronic kidney disease and metastatic calcification. *Kidney Int. Suppl.* 2004;(90):S13–S17. doi: 10.1111/j.1523-1755.2004.09003.x
25. Jesri A, Braitman LE, Pressman GS. Severe mitral annular calcification predicts chronic kidney disease. *Int. J. Cardiol.* 2008;128(2):193–196. doi: 10.1016/j.ijcard.2007.05.015
26. Ribeiro S, Ramos A, Brandão A, et al. Cardiac valve calcification in haemodialysis patients: role of calcium-phosphate metabolism. *Nephrol. Dial. Transplant.* 1998;13(8):2037–2040. doi: 10.1093/ndt/13.8.2037
27. Correia J, Rodrigues D, da Silva AM, Sá e Melo A, Providência LA. Massive calcification of the mitral valve annulus in an adolescent with Marfan syndrome. A case report. *Rev. Port. Cardiol.* 2006;25(10):921–926.
28. Völzke H, Haring R, Lörbe R, et al. Heart valve sclerosis predicts all-cause and cardiovascular mortality. *Atherosclerosis*. 2010;209(2):606–610. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.10.030

29. Tenenbaum A, Shemesh J, Fisman EZ, Motro M. Advanced mitral annular calcification is associated with severe coronary calcification on fast dual spiral computed tomography. *Invest. Radiol.* 2000;35(3):193–198. doi: 10.1097/00004424-200003000-00006
30. Kizer JR, Wiebers DO, Whisnant JP, et al. Mitral annular calcification, aortic valve sclerosis, and incident stroke in adults free of clinical cardiovascular disease: the Strong Heart Study. *Stroke.* 2005;36(12):2533–2537. doi: 10.1161/01.STR.0000190005.09442.ad
31. Rodriguez CJ, Bartz TM, Longstreth WT, et al. Association of annular calcification and aortic valve sclerosis with brain findings on magnetic resonance imaging in community dwelling older adults: the cardiovascular health study. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011;57(21):2172–2180. doi: 10.1016/j.jacc.2011.01.034
32. O'Neal WT, Eford JT, Nazarian S, et al. Mitral annular calcification and incident atrial fibrillation in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *EP Europace.* 2015;17(3):358–363. doi: 10.1093/europace/euu265
33. Willens HJ, Ferreira AC, Gallagher AJ, Morytko JA. Mobile components associated with rapidly developing mitral annulus calcification in patients with chronic renal failure: review of mobile elements associated with mitral annulus calcification. *Echocardiogr.* 2003;20(4):363–367. doi: 10.1046/j.1540-8175.2003.03042.x
34. Movahed MR, Saito Y, Ahmadi-Kashani M, Ebrahimi R. Mitral Annulus Calcification is associated with valvular and cardiac structural abnormalities. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2007;5(1):14. doi: 10.1186/1476-7120-5-14
35. Vistarini N, d'Alessandro C, Aubert S, et al. Surgery for infective endocarditis on mitral annulus calcification. *J. Heart Valve Dis.* 2007;16(6):611–616.
36. Fulkerson PK, Beaver BM, Auseon JC, Graber HL. Calcification of the mitral annulus: Etiology, clinical associations, complications and therapy. *Am. J. Med.* 1979;66(6):967–977. doi: 10.1016/0002-9343(79)90452-2
37. Takamoto T, Popp RL. Conduction disturbances related to the site and severity of mitral annular calcification: A 2-dimensional echocardiographic and electrocardiographs correlative study. *Am. J. Cardiol.* 1983;51(10):1644–1649. doi: 10.1016/0002-9149(83)90202-3
38. Pekdemir H, Cansel M, Yağmur J, et al. Assessment of atrial conduction time by tissue Doppler echocardiography and P-wave dispersion in patients with mitral annulus calcification. *J. Electrocardiol.* 2010;43(4):339–343. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2010.02.013
39. Sveric KM, Platzek I, Golgor E, et al. Purposeful use of multimodality imaging in the diagnosis of caseous mitral annular calcification: a case series report. *BMC Med. Imaging.* 2022;22:7. doi: 10.1186/s12880-021-00725-x
40. Tyebally S, Chen D, Bhattacharyya S, et al. Cardiac Tumors: JACC CardioOncology State-of-the-Art Review. *JACC CardioOncology.* 2020;2(2):293–311. doi: 10.1016/j.jacc.2020.05.009
41. Mayr A, Müller S, Feuchtnner G. The Spectrum of Caseous Mitral Annulus Calcifications. *JACC Case Rep.* 2020;3(1):104–108. doi: 10.1016/j.jaccas.2020.09.039

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maher E.R., Young G., Smyth-Walsh B., Pugh S., Curtis J.R. Aortic and mitral valve calcification in patients with end-stage renal disease // *Lancet.* 1987. Vol. 330, N 8564. P. 875–877. doi: 10.1016/s0140-6736(87)91370-5
2. Fox E., Harkins D., Taylor H., et al. Epidemiology of mitral annular calcification and its predictive value for coronary events in African Americans: the Jackson Cohort of the Atherosclerotic Risk in Communities Study // *Am. Heart J.* 2004. Vol. 148, N 6. P. 979–984. doi: 10.1016/j.ahj.2004.05.048
3. Atar S., Jeon D.S., Luo H., Siegel R.J. Mitral annular calcification: a marker of severe coronary artery disease in patients under 65 years old // *Heart.* 2003. Vol. 89, N 2. P. 161–164. doi: 10.1136/heart.89.2.161
4. Savage D.D., Garrison R.J., Castelli W.P., et al. Prevalence of submitral (anular) calcium and its correlates in a general population-based sample (the Framingham Study) // *Am. J. Cardiol.* 1983. Vol. 51, N 8. P. 1375–1378. doi: 10.1016/0002-9149(83)90315-6
5. Barasch E., Gottdiener J.S., Larsen E.K.M., et al. Clinical significance of calcification of the fibrous skeleton of the heart and aortosclerosis in community dwelling elderly. The Cardiovascular Health Study (CHS) // *Am. Heart J.* 2006. Vol. 151, N 1. P. 39–47. doi: 10.1016/j.ahj.2005.03.052
6. Nestico P.F., Depace N.L., Morganroth J., Kotler M.N., Ross J. Mitral annular calcification: clinical, pathophysiology, and echocardiographic review // *Am. Heart J.* 1984. Vol. 107, N 5 Pt 1. P. 989–996. doi: 10.1016/0002-8703(84)90840-8
7. Stary H.C., Blankenhorn D.H., Chandler A.B., et al. A definition of the intima of human arteries and of its atherosclerosis-prone regions. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association // *Arterioscler. Thromb. J. Vasc. Biol.* 1992. Vol. 12, N 1. P. 120–134. doi: 10.1161/01.atv.12.1.120
8. Allison M.A., Cheung P., Criqui M.H., Langer R.D., Wright C.M. Mitral and Aortic Annular Calcification Are Highly Associated With Systemic Calcified Atherosclerosis // *Circulation.* 2006. Vol. 113, N 6. P. 861–866. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.552844
9. Otto C.M., Kuusisto J., Reichenbach D.D., Gown A.M., O'Brien K.D. Characterization of the early lesion of "degenerative" valvular aortic stenosis. Histological and immunohistochemical studies // *Circulation.* 1994. Vol. 90, N 2. P. 844–853. doi: 10.1161/01.cir.90.2.844
10. Mohler E.R. Mechanisms of aortic valve calcification // *Am. J. Cardiol.* 2004. Vol. 94, N 11. P. 1396–1402. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.08.013
11. Shahi C.N., Ghaisas N.K., Goggins M., et al. Elevated levels of circulating soluble adhesion molecules in patients with nonrheumatic aortic stenosis // *Am. J. Cardiol.* 1997. Vol. 79, N 7. P. 980–982. doi: 10.1016/s0002-9149(97)00027-1
12. Olsson M., Thyberg J., Nilsson J. Presence of oxidized low density lipoprotein in nonrheumatic stenotic aortic valves // *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 1999. Vol. 19, N 5. P. 1218–1222. doi: 10.1161/01.atv.19.5.1218
13. Edep M.E., Shirani J., Wolf P., Brown D.L. Matrix metalloproteinase expression in nonrheumatic aortic stenosis // *Cardiovasc. Pathol.* 2000. Vol. 9, N 5. P. 281–286. doi: 10.1016/s1054-8807(00)00043-0
14. O'Brien K.D., Shavell D.M., Caulfield M.T., et al. Association of Angiotensin-Converting Enzyme With Low-Density Lipoprotein in Aortic Valvular Lesions and in Human Plasma // *Circulation.* 2002. Vol. 106, N 17. P. 2224–2230. doi: 10.1161/01.CIR.0000035655.45453.D2

15. Pohle K., Otte M., Mäffert R., et al. Association of cardiovascular risk factors to aortic valve calcification as quantified by electron beam computed tomography // *Mayo Clin. Proc.* 2004. Vol. 79, N 10. P. 1242–1246. doi: 10.4065/79.10.1242
16. Wong N.D., Sciammarella M., Arad Y., et al. Relation of thoracic aortic and aortic valve calcium to coronary artery calcium and risk assessment // *Am. J. Cardiol.* 2003. Vol. 92, N 8. P. 951–955. doi: 10.1016/s0002-9149(03)00976-7
17. Fox C.S., Vasan R.S., Parise H., et al. Mitral Annular Calcification Predicts Cardiovascular Morbidity and Mortality // *Circulation.* 2003. Vol. 107, N 11. P. 1492–1496. doi: 10.1161/01.CIR.0000058168.26163.BC
18. Tenenbaum A., Fisman E.Z., Pines A., et al. Gender paradox in cardiac calcium deposits in middle-aged and elderly patients: mitral annular and coronary calcifications interrelationship // *Maturitas.* 2000. Vol. 36, N 1. P. 35–42. doi: 10.1016/s0378-5122(00)00120-1
19. Sugihara N., Matsuzaki M. The influence of severe bone loss on mitral annular calcification in postmenopausal osteoporosis of elderly Japanese women // *Jpn. Circ. J.* 1993. Vol. 57, N 1. P. 14–26. doi: 10.1253/jcj.57.14
20. Elmariah S., Delaney J.A.C., O'Brien K.D., et al. Bisphosphonate Use and Prevalence of Valvular and Vascular Calcification in Women MESA (The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2010. Vol. 56, N 21. P. 1752–1759. doi: 10.1016/j.jacc.2010.05.050
21. Elmariah S., Delaney J.A.C., Bluemke D.A., et al. Associations of LV hypertrophy with prevalent and incident valve calcification: Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis // *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2012. Vol. 5, N 8. P. 781–788. doi: 10.1016/j.jcmg.2011.12.025
22. Adler Y., Koren A., Fink N., et al. Association between mitral annulus calcification and carotid atherosclerotic disease // *Stroke.* 1998. Vol. 29, N 9. P. 1833–1837. doi: 10.1161/01.str.29.9.1833
23. Umana E., Ahmed W., Alpert M.A. Valvular and perivalvular abnormalities in end-stage renal disease // *Am. J. Med. Sci.* 2003. Vol. 325, N 4. P. 237–242. doi: 10.1097/00000441-200304000-00010
24. Alfrey A.C. The role of abnormal phosphorus metabolism in the progression of chronic kidney disease and metastatic calcification // *Kidney Int. Suppl.* 2004. N 90. P. S13–S17. doi: 10.1111/j.1523-1755.2004.09003.x
25. Jesri A., Braitman L.E., Pressman G.S. Severe mitral annular calcification predicts chronic kidney disease // *Int. J. Cardiol.* 2008. Vol. 128, N 2. P. 193–196. doi: 10.1016/j.ijcard.2007.05.015
26. Ribeiro S., Ramos A., Brandão A., et al. Cardiac valve calcification in haemodialysis patients: role of calcium-phosphate metabolism // *Nephrol. Dial. Transplant.* 1998. Vol. 13, N 8. P. 2037–2040. doi: 10.1093/ndt/13.8.2037
27. Correia J., Rodrigues D., da Silva A.M., Sá e Melo A., Providência L.A. Massive calcification of the mitral valve annulus in an adolescent with Marfan syndrome. A case report // *Rev. Port. Cardiol.* 2006. Vol. 25, N 10. P. 921–926.
28. Völzke H., Haring R., Lohrbein R., et al. Heart valve sclerosis predicts all-cause and cardiovascular mortality // *Atherosclerosis.* 2010. Vol. 209, N 2. P. 606–610. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2009.10.030
29. Tenenbaum A., Shemesh J., Fisman E.Z., Motro M. Advanced mitral annular calcification is associated with severe coronary calcification on fast dual spiral computed tomography // *Invest. Radiol.* 2000. Vol. 35, N 3. P. 193–198. doi: 10.1097/00004424-200003000-00006
30. Kizer J.R., Wiebers D.O., Whisnant J.P., et al. Mitral annular calcification, aortic valve sclerosis, and incident stroke in adults free of clinical cardiovascular disease: the Strong Heart Study // *Stroke.* 2005. Vol. 36, N 12. P. 2533–2537. doi: 10.1161/01.STR.0000190005.09442.ad
31. Rodriguez C.J., Bartz T.M., Longstreth W.T., et al. Association of annular calcification and aortic valve sclerosis with brain findings on magnetic resonance imaging in community dwelling older adults: the cardiovascular health study // *J. Am. Coll. Cardiol.* 2011. Vol. 57, N 21. P. 2172–2180. doi: 10.1016/j.jacc.2011.01.034
32. O'Neal W.T., Efrid J.T., Nazarian S., et al. Mitral annular calcification and incident atrial fibrillation in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis // *EP Europace.* 2015. Vol. 17, N 3. P. 358–363. doi: 10.1093/europace/euu265
33. Willens H.J., Ferreira A.C., Gallagher A.J., Morytko J.A. Mobile components associated with rapidly developing mitral annulus calcification in patients with chronic renal failure: review of mobile elements associated with mitral annulus calcification // *Echocardiogr.* 2003. Vol. 20, N 4. P. 363–367. doi: 10.1046/j.1540-8175.2003.03042.x
34. Movahed M.R., Saito Y., Ahmadi-Kashani M., Ebrahimi R. Mitral Annulus Calcification is associated with valvular and cardiac structural abnormalities // *Cardiovasc. Ultrasound.* 2007. Vol. 5, N 1. P. 14. doi: 10.1186/1476-7120-5-14
35. Vistarini N., d'Alessandro C., Aubert S., et al. Surgery for infective endocarditis on mitral annulus calcification // *J. Heart Valve Dis.* 2007. Vol. 16, N 6. P. 611–616.
36. Fulkerson P.K., Beaver B.M., Auseon J.C., Graber H.L. Calcification of the mitral annulus: Etiology, clinical associations, complications and therapy // *Am. J. Med.* 1979. Vol. 66, N 6. P. 967–977. doi: 10.1016/0002-9343(79)90452-2
37. Takamoto T., Popp R.L. Conduction disturbances related to the site and severity of mitral annular calcification: A 2-dimensional echocardiographic and electrocardiographs correlative study // *Am. J. Cardiol.* 1983. Vol. 51, N 10. P. 1644–1649. doi: 10.1016/0002-9149(83)90202-3
38. Pekdemir H., Cansel M., Yağmur J., et al. Assessment of atrial conduction time by tissue Doppler echocardiography and P-wave dispersion in patients with mitral annulus calcification // *J. Electrocardiol.* 2010. Vol. 43, N 4. P. 339–343. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2010.02.013
39. Sveric K.M., Platzek I., Golgor E., et al. Purposeful use of multimodality imaging in the diagnosis of caseous mitral annular calcification: a case series report // *BMC Med. Imaging.* 2022. Vol. 22. P. 7. doi: 10.1186/s12880-021-00725-x
40. Tyebally S., Chen D., Bhattacharyya S., et al. Cardiac Tumors: JACC CardioOncology State-of-the-Art Review // *JACC CardioOncology.* 2020. Vol. 2, N 2. P. 293–311. doi: 10.1016/j.jacc.2020.05.009
41. Mayr A., Müller S., Feuchtnner G. The Spectrum of Caseous Mitral Annulus Calcifications // *JACC Case Rep.* 2020. Vol. 3, N 1. P. 104–108. doi: 10.1016/j.jaccas.2020.09.039

AUTHORS' INFO

*** Daria A. Filatova, MD;**

address: 27/10 Lomonosovsky av, 119991,
Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-0894-1994;
eLibrary SPIN: 2665-5973;
e-mail: dariafilatova.msu@mail.ru

Elena A. Mershina, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-1266-4926;
eLibrary SPIN: 6897-9641;
e-mail: elena_mershina@mail.ru

Maria L. Plotnikova, MD;

ORCID: 0000-0001-7533-9867;
eLibrary SPIN: 1857-0770;
e-mail: maria_plotnikova@inbox.ru

Mariya V. Lisitskaya, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-8402-7643;
eLibrary SPIN: 2301-8480;
e-mail: lissenok@inbox.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Филатова Дарья Андреевна;**

адрес: Россия, 119991, г. Москва, Ломоносовский пр-т,
д. 27, корп. 10;
ORCID: 0000-0002-0894-1994;
eLibrary SPIN: 2665-5973;
e-mail: dariafilatova.msu@mail.ru

Мершина Елена Александровна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-1266-4926;
eLibrary SPIN: 6897-9641;
e-mail: elena_mershina@mail.ru

Плотникова Мария Леонидовна;

ORCID: 0000-0001-7533-9867;
eLibrary SPIN: 1857-0770;
e-mail: maria_plotnikova@inbox.ru

Лисицкая Мария Валерьевна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-8402-7643;
eLibrary SPIN: 2301-8480;
e-mail: lissenok@inbox.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

Role of teleradiology in the interpretation of ultrasound images acquired in the emergency setting

Arjun Kalyanpur¹, Neetika Mathur²

¹ Teleradiology Solutions, Bangalore, India;

² Image Core Lab, Bangalore, India

ABSTRACT

BACKGROUND: Teleradiology has become an important tool in emergency medicine, particularly in the interpretation of emergency ultrasonography. In emergency situations, where time is essential, rapid diagnosis and treatment can mean the difference between life and death. Teleradiology is an innovative alternative to augment the staffing and fill the gaps of onsite radiology personnel in emergency departments or during off-hours.

AIM: To assess the effectiveness/impact of teleradiology in emergency ultrasound interpretation.

MATERIALS AND METHODS: A retrospective study was performed in a cohort of 33,616 patients from 86 hospitals across the USA between January and December 2022. The study involved radiological interpretations of 37,253 ultrasound images acquired in the emergency setting by American Board Certified Radiologists empaneled by a teleradiology service provider, headquartered in Bangalore, India.

RESULTS: The proposed telehealth model provided timely and quality reporting of 37,253 scans of patients with a mean turnaround time of 35.71 min (95% confidence interval 35.50–35.91).

CONCLUSION: This study demonstrates that a structured teleultrasonography program with defined protocols for image capture, transmission, and clinical communication can allow for successful immediate reporting of ultrasound data in the emergency care setting.

Keywords: teleradiology; emergency; ultrasound; turnaround time; healthcare.

To cite this article:

Kalyanpur A, Mathur N. Role of teleradiology in the interpretation of ultrasound images acquired in the emergency setting. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

Роль телерадиологии в интерпретации изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи

A. Kalyanpur¹, N. Mathur²

¹ Teleradiology Solutions, Бангалор, Индия;

² Image Core Lab, Бангалор, Индия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Телерадиология — важный инструмент в условиях неотложной медицинской помощи, особенно при интерпретации изображений, полученных в ходе проведения ультразвуковых исследований. В чрезвычайных ситуациях, когда время имеет решающее значение, своевременная диагностика и лечение могут стать решающим фактором в спасении жизни пациентов. Телерадиология — инновационная альтернатива, позволяющая расширить кадровый состав и устранить нехватку радиологов, работающих в отделениях неотложной помощи в штатном режиме или в сверхурочное время.

Цель — оценить эффективность и влияние телерадиологии на интерпретацию изображений, полученных в ходе проведения ультразвуковых исследований, в условиях неотложной медицинской помощи.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное исследование, в котором приняли участие 33 616 пациентов из 86 больниц США, обратившихся за медицинской помощью в период с января по декабрь 2022 года. Сертифицированные специалисты Американского радиологического общества — официального провайдера телерадиологических услуг со штаб-квартирой в Бангалоре (Индия) — выполнили радиологическую оценку 37 253 изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи.

Результаты. Предложенная модель телемедицинской помощи обеспечила своевременную и качественную интерпретацию 37 253 снимков ультразвукового исследования пациентов со средним временем выполнения 35,71 мин (95% доверительный интервал 35,50–35,91).

Заключение. Данное исследование демонстрирует, что структурированная программа дистанционного ультразвукового исследования с установленными протоколами получения изображений, их передачи и последующей коммуникации между участниками процесса позволяет оперативно обмениваться данными в условиях неотложной медицинской помощи.

Ключевые слова: телерадиология; неотложная медицинская помощь; ультразвуковое исследование; время получения результатов; здравоохранение.

Как цитировать:

Kalyanpur A., Mathur N. Роль телерадиологии в интерпретации изображений, полученных при проведении ультразвукового исследования в условиях неотложной медицинской помощи // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

远程放射学在急诊超声图像解读中的作用

Arjun Kalyanpur¹, Neetika Mathur²

¹ Teleradiology Solutions, Bangalore, India;

² Image Core Lab, Bangalore, India

摘要

论证。远程放射学是急诊医疗环境中的一项重要工具，尤其是在解读超声波图像时。在时间紧迫的紧急情况下，及时诊断和治疗是挽救病人生命的关键因素。远程放射学是一种创新的替代方法，可以扩大人员编制，解决急诊科放射科医生正常工作或加班不足的问题。

目的是评估远程放射学对急症护理环境中超声波图像解读的效果和影响。

材料和方法。这项回顾性研究涉及 2022 年 1 月至 12 月期间在美国 86 家医院就诊的 33 616 名患者。美国放射学会（总部位于印度班加罗尔的远程放射学服务官方提供商）的认证专家对急诊超声检查中获得的 37 253 张图像进行了放射学评估。

结果。拟议的远程医疗护理模式为 37 253 名患者提供了及时、高质量的超声图像解读，平均周转时间为 35.71 分钟（95% 置信区间为 35.50–35.91）。

结论。这项研究表明，结构化远程超声计划具有既定的图像采集、传输和参与者之间后续沟通的协议，能够在急症护理环境中实现快速的数据共享。

关键词：远程放射学；紧急医疗护理；超声检查；得出结果的时间；卫生保健。

引用本文：

Kalyanpur A, Mathur N. 远程放射学在急诊超声图像解读中的作用. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):231–242. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624586>

收到: 15.12.2023

接受: 24.01.2024

发布日期: 17.07.2024

论证

远程放射学是在医疗保健领域实施创新理念和提供高效医疗保健服务的一种方式，也是远程医疗成功发展的一个范例[1]。这个快速发展的领域包括将放射图像从一个地方传输到另一个地方，以便放射科医生随后进行解读[2]。远程放射学是急症护理中不可或缺的工具，可以显著改善向患者提供的医疗服务。远程放射科医生在评估特定急诊情况时快速解读和提供放射检查结果，是急诊医疗服务诊断模式的重要组成部分[3]。

近年来，由于人口增长，急诊科的患者人数一直在稳步增长，在 COVID-19 大流行期间，急诊科的病人数量进一步增加。此外，在发生地震、海啸、龙卷风和城市发展洪水等自然灾害时，急诊科也会人满为患[4]。根据《2020 年全国门诊医疗水平调查》，美国医院急诊科就诊总人数为 1.313 亿人次[5]，这一数字令人震惊。根据印度政府最重要的公共政策智库 NITI Aayog 2021 的数据，在所有到医疗机构就诊的患者中，16% 是急诊和创伤病人。他们占地区医院每年住院人数的 19%-36% [4]。此外，新德里全印度医学科学研究所 (AIIMS) 急诊医学部发布的一份关于印度二级和三级医疗中心急诊和创伤护理的报告指出，急诊科的床位数仅占全国床位总数的 3%-5%²。随着急诊科病人数量的逐年增加，几乎有一半的急诊科都在满负荷或超负荷运转。这一趋势令人严重担忧，亟待解决[6]。此外，存在医生，特别是放射科医生短缺的问题。例如，全国 12 亿人口中大约有 22000 名放射科医生，比例严重失衡，仅为 1:100,000 [7]。鉴于急诊科就诊病人的创伤、中风和其他危重疾病的严重性，诊断和治疗的延误可能导致严重后果。因此，及时准确地解读患者扫描结果至关重要。然而，急症室受过专门训练的专职放射科医生人数有限，尤其是在非工作时间或假日面临的挑战是，在工作量不断增加、医务人员短缺的情况下，如何提高医疗服务的效率和质量³。在这种情况下，远程放射学显然是扩大人员配置、协助和解决全职放射工作人员短缺问题以及满足急诊环境中对创伤和急性病影像诊断日益增长的需求的一个明显替代方案[6]。

急诊超声是一种诊断成像方法，使用高频声波来创建内部器官和结构的图像[8]。它是一种

快速、无创的方法，可用于评估各种临床状况，包括创伤、腹痛和盆腔痛、阑尾炎、胆囊炎、急性肾功能不全、脓肿、妊娠并发症和器官移植并发症[9]。

多普勒成像是一种实时成像技术，在急诊放射科快速评估血管健康和血流方面发挥着重要作用。它可以检测出潜在的致命疾病，例如深静脉血栓形成、动脉阻塞和器官灌注不足。损伤时血管损伤的诊断有助于及时进行手术干预[10]。

远程放射学在超声急诊中的主要优势在于不仅能确保及时诊断和治疗，而且还提供充分的24小时服务和专家援助，包括专职技术人员和超声诊断医生。急诊超声远程放射学还有助于降低医院和患者的成本[11]。因此，已有多项研究报告了远程放射学对患者的优点[1, 12-14]。本研究旨在评估远程放射学在急诊情况下解读超声图像的优势。

数字成像技术、图像存档和通信系统 (PACS)、放射学信息系统 (RIS)、高速互联网连接和人工智能的出现，进一步提升了远程放射学在紧急情况下提供及时放射服务的价值，甚至在偏远和服务不足的地区也是如此[12, 15, 16]。

此外，医院和远程放射服务之间严格的服务水平协议保证了尽可能短的周转时间 (TAT)，这对患者和急诊医生都有利。因此，远程放射学提高了急诊患者的服务标准[1, 17]。

目的

评估远程放射学在急诊医疗条件下对患者进行超声检查中的作用。

材料与方法

研究设计

进行了一项回顾性观察多中心随机无对照试验。

这项回顾性研究纳入了2022年1月至12月期间来自86家美国医院寻求医疗护理的33616名患者。研究包括由美国放射学会（总部位于印度班加罗尔的官方远程放射学服务提供商）的认证专家在紧急医疗条件下对超声图像进行放射学评估。患者的静态 DICOM 标准图像和系列超声图像通过

¹ Kalyanpur A. Emergency radiology: Why the need for another subspecialty? 30.05.2023. India : The Times of India [Internet]. Bennett, Coleman & Co. c2024. 访问模式: <https://timesofindia.indiatimes.com/blogs/voices/emergency-radiology-why-the-need-for-another-subspecialty/>

² Only 3-5 pc of total hospital beds available for emergency care: Report. 10.12.2021. India : The Times of India [Internet]. Bennett, Coleman & Co. c2024. 访问模式: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/only-3-5-pc-of-total-hospital-beds-available-for-emergency-care-report/articleshow/88212746.cms>

³ Teleradiology may diminish the use of ultrasound and reduce radiologists' skill in its use says French expert. 31.10.2017. European Society of Radiology blog [Internet]. 访问模式: <https://blog.myesr.org/teleradiology-may-diminish-the-use-of-ultrasound-and-reduce-radiologists-skill-in-its-use-says-french-expert/>

高速互联网连接上传到 RADspa 平台 (Telerad Tech, 印度), 这是一个基于云的 RIS/PACS 系统。在上传图像的同时, 专家们还以工作表的形式传输了他们的观察结果, 工作表通常是带有注释的图形数据, 并以自由形式对图像进行了测量和评论。超声波图像 (静态图像或系列图像) 和工作表由放射科医生审阅, 然后医生的结论通过同一工作平台传回医院 (或在危急情况下通过电话口头传回)。在传输图像的同时, 还可将其他数据 (患者以前的图像和医疗报告、患者病史记录) 上传到 RIS 系统, 以便医生建立完整的疾病信息。

我们还根据在紧急医疗条件下进行的手术分析了检查的分布情况。计算了从以工作列表形式接收紧急超声DICOM图像到将医疗报告上传到RADspa平台或向转诊医生口头报告的平均TAT时间。

合格标准

该研究包括在医院入院并接受超声波检查的患者。

研究时间

研究共纳入了 2022 年 1 月至 12 月期间在美国 86 家医院就诊的 33616 名患者。

伦理审查

这项回顾性研究获得了机构审查委员会 (印度班加罗尔) 的批准。

结果

研究样本 (参与者/受访者)

总共分析了来自美国 86 家医院 33616 名患者的 37253 张超声波图像。

主要结果

根据床位数和扫描次数对医院进行分类 (表 1)。
在所有研究的医院中, 有28家机构有专职专家进行超声检查, 其中4家医院周末有随叫随到的专家。此外, 51 家医院只有值班专家, 1 家医院有常驻放射科医生进行超声检查。有 6 家医院在晚上 11 点后不进行超声检查。
在远程放射学实践中, 专科医生通过三种方式与远程放射科医生交流并传输病例摘要:

- 1) 创建包含患者观察数据的工作表, 并以 pdf 或 jpeg 格式上传到 RADspa 平台;
- 2) 将图像转换为 DICOM 文件;
- 3) 在 RADspa 平台的文本字段中直接输入他们的评论或注释。

在这项研究中, 在 37253 次超声波扫描中, 专家对 27138 个病例 (72.84%) 进行了评论, 并为其余病例附上了工作表。

患者的性别和年龄等人口统计学数据也上传到了云服务器上。在我们研究的33,616名患者中, 70.56% 为女性, 29.44% 为男性。患者的平均年龄为 40.95 岁 (95% 置信区间为 40.73~41.17)。21~40 岁年龄段的患者最多 (图 1)。

为了帮助诊断和做出治疗决定, 对身体各个部位进行了超声波检查 (表 2):

- 下肢和上肢超声检查占有所有检查的 26.28% (n=9 792);
- 腹部超声占 18.62% (人数=6937);
- 妇科超声占 17.41% (人数=6488);
- 盆腔超声检查占 15.62% (人数=5820)。

在33616名患者中, 对9496名患者进行了计算机断层扫描。

在各种临床情况下向患者提供了远程放射服务。我们根据患者的症状对其书面主诉进行了分类, 并采用了系统的方法 (图 2)。大多数症状被归类为生殖系统 (35%)、肠胃系统 (31%)、心血管系统 (9%) 和肌肉骨骼系统 (6%)。图2中显示的其他类别占整个研究队列中观察到的一小部分。

此外, 4025 名患者的系列图像被上传到云服务器, 供远程放射科医生解读。在这些图像中, 分别有 1731 张 (43%)、1048 张 (26.03%) 和 655 张 (16.27%) 与生殖系统、肠胃系统和心血管系统有关 (图 3)。

本研究对1262例患者进行了多普勒检查, 其中569例临床表现为阴囊或睾丸疼痛、睾丸肿胀、扭转和积水的患者进行了阴囊血管多普勒检查。此外, 497名患有囊肿、疑似卵巢扭转、盆腔疼痛、痉挛、妊娠期阴道出血、绝经后出血和下腹痛的患者接受了盆腔多普勒检查。对 152 名患有麻木、头晕、言语不清、晕厥、心肌梗塞、短暂性缺血性中风和颈动脉狭窄的患者进行了颈动脉多普勒检查。对28例胆囊、肝脏或脾脏病变、肝性脑病、肝功能衰竭、肝硬化、

表 1. 按病床数和超声图像分列的医院分布情况

床位数	医院数量	病例数
小规模医院 (少于 100 张病床)	22	1621
中型医院 (100-499 张病床)	54	29 692
大规模医院 (500 张病床以上)	7	981
诊断医疗中心	3	4959
总计	86	37 253

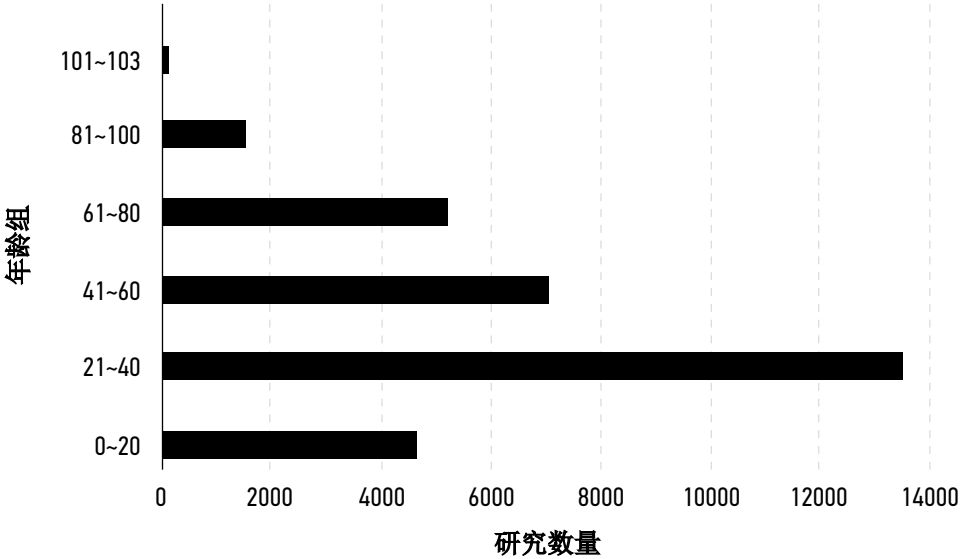


图 1. 按年龄组划分的患者分布情况。

表 2. 根据所执行的程序划分的研究分布情况

程序	病例数
多普勒静脉造影（下肢/上肢）	9792
腹部超声波	6937
妇科生物物理检查	6488
盆腔器官超声波（非怀孕妇女）/经阴道/阴道内超声波	5820
胆囊/右上腹/阑尾/肝脏/右下腹超声波检查	3965
阴囊/睾丸/前列腺多普勒超声检查	1977
肾脏超声波	1393
乳腺超声波	184
颈动脉多普勒超声波	152
颈部血管超声波	115
软组织超声波	79
肠道超声波	69
颈动脉双功能扫描	60
腹股沟超声波	35
胸部器官超声波	29
膀胱超声波	24
颅外扫描	19
直肠内瘻管超声检查	18
头部血管超声波	18
甲状腺超声波	18
肾移植扫描	12
其他程序	49

注意 超声波 - 超声波检查。

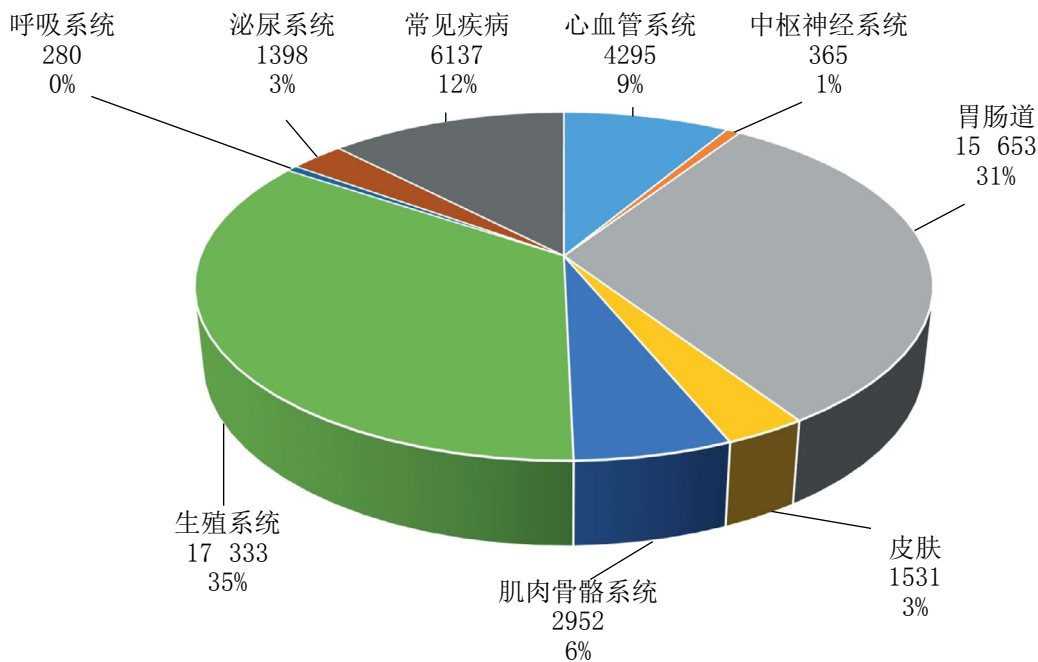


图 2. 采用系统方法，根据临床表现和疾病症状划分病例。

肝静脉血栓形成和肝移植患者进行了肝血管多普勒成像。16 名肾衰竭患者接受了多普勒肾血管成像检查(图 4)。

所有急诊超声检查的平均 TAT 时间为 35.71 分钟(95% 置信区间为 35.50–35.91)。

附加结果

所有超声图像都通过了质量保证计划的专家评估，以提高诊断准确性和临床有效性。在 37,253 张图像中，99.9% 的病例具有较高的准确性和解释一致性，只有 39 例(0.1%)存在差异。在这 39 个病例中，24 例临床意义不大，15 例临床意义显著。

讨论

紧急医疗护理是防止患者死亡和残疾所必需的紧急干预措施。任何护理延误，哪怕是几个小时，都可能使预后恶化或降低干预效果[18]。急诊放射学作为一个独特的放射专科，其发展意味着需要一套独特的专业知识和技能来快速准确地诊断危重疾病或损伤[12]。

远程放射学是医学的一个创新方向，它可以快速解读图像，准确诊断需要立即复苏、重症监护或紧急手术的危重创伤或疾病患者的状况，从而使急诊医生能够做出明智的患者护理决策和治疗策略。此外，拟议的急诊远程放射学模式涉及

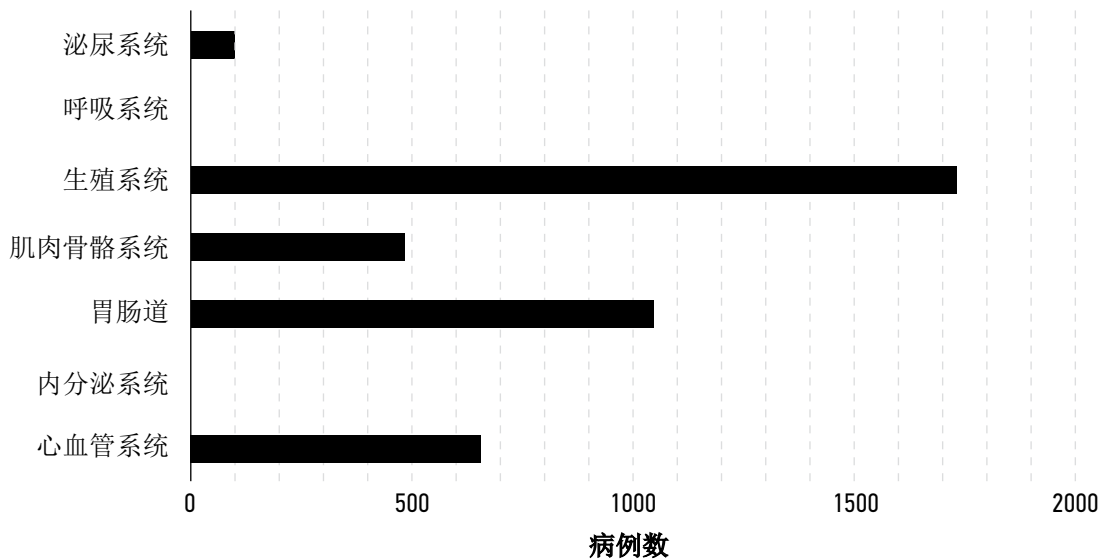


图 3. 采用系统方法拍摄一系列图像的病例分布情况。

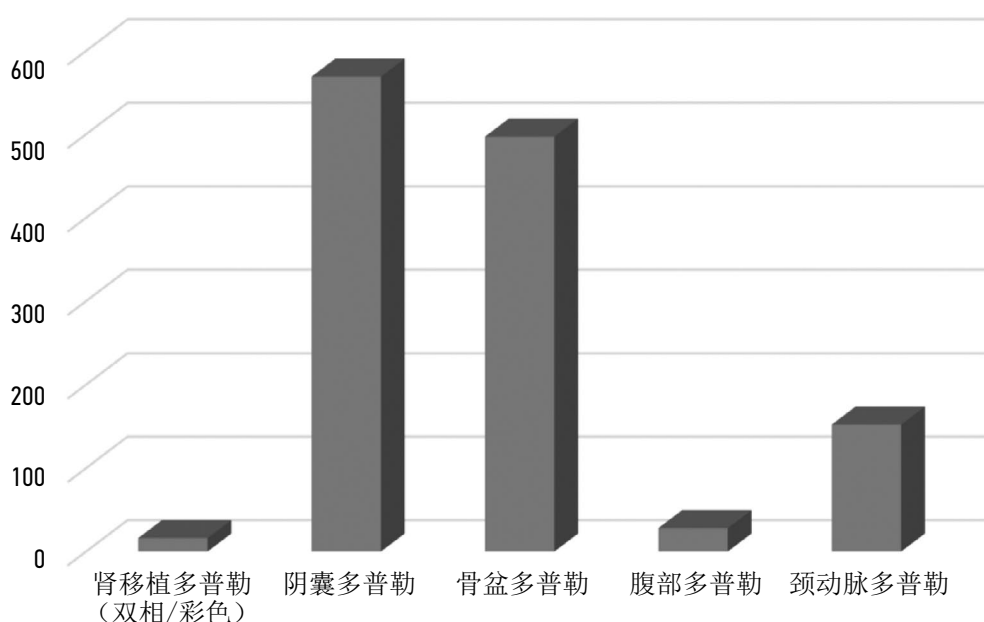


图 4. 多普勒成像病例的分布。

全天候提供医疗服务，可成为医疗保健领域的先行者。例如，在美国连夜进行的急诊超声波图像可能会由印度获得认证的放射科医生进行评估，并在当天传回。目前，急诊放射学方面没有培训，也没有专门的急诊放射学人员职位。一些组织，即急诊放射学会、欧洲放射医师和放射技师学会、美国放射学会、印度急诊医学学会和印度创伤和急诊医学学会——已经成立，以分享该领域的最佳实践，并确保临床护理和诊断成像的整合[19]。

我们的回顾性研究包括对来自86家美国医院的紧急超声图像的评估和解释。根据《医院医疗服务年度调查》，美国所有医院共有 919649 张全职病床[20]。根据病床数量，医院可分为低容量医院（少于 100 张病床）、中等容量医院（100–499 张病床）和高容量医院（超过 500 张病床）。在我们的研究中，医院根据床位数量和获得的图像数量进行了分类（见表 1）。大部分图像（79.7%）由 54 家中等规模医院传输，13% 由 3 家医疗诊断中心传输。我们的研究表明，远程超声波在各种规模的医院都能发挥作用。

远程超声可以由专职技术人员和随叫随到的专家有效地实践。在美国的 86 家医院中，只有 28 家拥有内部技术人员。在这种情况下，与只有随叫随到的专家的医院相比，医生之间的沟通更快、更有效。

在所有超声图像中，17333 张（35%）来自生殖系统疾病患者，15653 张（31%）来自胃肠道，4295 张（9%）来自心血管系统，2952 张（6%）来自肌肉骨骼系统。所有患者都需要立即就医。其他较小的类别包括 1531 张与皮肤病有关的超声图像、1398 幅与泌尿系统问题有关的超声图像、365 幅与神经系统问题有关的超声图像和 280 幅与呼吸系统问题有关的超声图像（

见图 2）。因此，超声远程放射学涵盖了所有器官系统和疾病的临床表现，满足了临床的迫切需求。

平均 TAT 时间是指从收到作为工作清单的急诊超声波扫描 DICOM 图像到将医生报告上传到 RADspa 平台或口头通知转诊医生/将结果发送到医院的时间。所有急诊超声检查的平均 TAT 时间为 35.71 分钟（95% 置信区间为 35.50–35.91）。I. Szabo 等人公布了放射科医生进行 ONP 超声检查的平均 TAT 时间为 58.27 分钟。在本研究中，与其他已发表研究中报告的全职放射科医生进行超声检查的平均时间相比，使用远程放射学能力的平均TAT时间是合理且令人满意的。。这证明了在急症护理环境中使用远程放射学对患者护理的有效性[21]。

此外，本研究还表明，在大多数情况下，标准投影的静态图像配以医生工作表足以对超声图像进行解读。在复杂的情况下，建议使用其他序列来提供更多信息。

至于结果的传输，在需要立即进行医疗干预的危重病例中，转诊医生会通过电话直接与放射科医生联系，或通过呼叫中心（远程放射学服务提供商）的工作人员联系[22]。在我们的研究中，共拨打了 752 个电话联系医院。其中，放射科医生与转诊医生直接通话49次，辅助人员转诊阳性结果70次，阴性结果转诊47次。此外，还拨打了 619 次电话，向医院的医生助理口头传达重要结果，随后采取了进一步行动。

在诊断放射学研究结果的解释中，专家评估在质量控制计划中发挥着不可或缺的作用。质量控制计划是评估诊断准确性和临床表现的最常用方法。在我们的研究中，同行评审显示了极高的判读准确率（99.9%）。仅在 39 个病例（0.1%）中发现了差异。在 39 个病例中，有 24 个发现了临床意义不显著的差异，有 15 个发现了临床

意义显著的差异。在 Lyer 等人 (2013 年) 的一项研究中, 85.9% 的病例的解释高度一致。专家分析中指出的差异如下:

- 专家低估或高估研究结果;
- 推理错误;
- 未能做出适当的鉴别诊断;
- 错别字;
- 未能在造影检查前进行咨询;
- 未能建议额外的成像技术或随访。

结论

远程放射学已成为急诊医学的一个重要工具, 在急诊医学中, 时间起着决定性的作用, 及时的诊断和治疗可以成为挽救患者生命的决定性因素。许多急诊科没有能够解读超声波图像的放射科医生, 这可能会导致诊断和进一步治疗病人的延误。在这种情况下, 远程放射学服务的部署就能发挥作用。快速、准确的诊断有助于更快、更安全地治疗病人。

REFERENCES

1. Kalyanpur A. The role of teleradiology in emergency radiology provision. *Radiol Manage*. 2014;36(3):46–49.
2. Burute N, Jankharia B. Teleradiology: The Indian perspective. *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2009;19(1):16–18. doi: 10.4103/0971-3026.45337
3. Michalke JA. An overview of emergency ultrasound in the United States. *World J Emerg Med*. 2012;3(2):85–90. doi: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.001
4. Misra A, Yadav DC, Kole T. Emergency care in India beyond 75 years of independence — problems and solutions. *J Glob Health*. 2023;13:03015. doi: 10.7189/jogh.13.03015
5. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2020 Emergency Department Summary Tables [Internet]. US: National Center for Health Statistics. Available from: https://www.cdc.gov/nchs/data/nhamcs/web_tables/2020-nhamcs-ed-web-tables-508.pdf
6. Perotte R, Lewin GO, Tambe U, et al. Improving Emergency Department Flow: Reducing Turnaround Time for Emergent CT Scans. *AMIA Annu Symp Proc*. 2018;2018:897–906.
7. Agrawal A, Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India. *Emerg Radiol*. 2016;23(2):101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
8. Abdolrazaghnejad A, Banaie M, Safdari M. Ultrasonography in Emergency Department; a Diagnostic Tool for Better Examination and Decision-Making. *Adv J Emerg Med*. 2018;2(1):e7. doi: 10.22114/AJEM.v0i0.40
9. Nicola R, Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first. *Br J Radiol*. 2016;89(1061):20150790. doi: 10.1259/bjr.20150790
10. Islam SN, Deka N, Hussain Z. Role of Doppler Ultrasound in Assessing the Severity of Peripheral Arterial Diseases of the Lower Limb. *J Med Ultrasound*. 2021;29(4):277–280. doi: 10.4103/JMU.JMU_137_20
11. Kalyanpur A, Meka S, Joshi K, Somashekaran Nair HT, Mathur N. Teleradiology in Tripura: Effectiveness of a Telehealth Model for the Rural Health Sector. *International Journal of Health Technology and Innovation*. 2022;1:7–12. doi: 10.60142/ijhti.v1i02.36
12. Agrawal A. Emergency Teleradiology-Past, Present, and, Is There a Future? *Front Radiol*. 2022;2:866643. doi: 10.3389/fradi.2022.866643
13. Kalyanpur A, Weinberg J, Neklesa V, et al. Emergency radiology coverage: technical and clinical feasibility of an international teleradiology model. *Emerg Radiol*. 2003;10(3):115–118. doi: 10.1007/s10140-003-0284-5
14. Agrawal A, Agrawal A, Pandit M, Kalyanpur A. Systematic survey of discrepancy rates in an international teleradiology service. *Emerg Radiol*. 2011;18(1):23–29. doi: 10.1007/s10140-010-0899-2
15. Chandramohan A, Krothapalli V, Augustin A, et al. Teleradiology and technology innovations in radiology: status in India and its role in increasing access to primary health care. *The Lancet Regional Health — Southeast Asia*. 2023;23. doi: 10.1016/j.lansea.2023.100195
16. Thrall JH. Teleradiology Part I. History and Clinical Applications. *Radiology*. 2007;243(3):613–617. doi: 10.1148/radiol.2433070350
17. Duarte ML, Dos Santos LR, Iared W, Peccin MS. Telementored ultrasonography: a narrative review. *Sao Paulo Med J*. 2022;140(2):310–319. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0607.R2.15092021
18. Bergquist HB, Burkholder TW, Muhammad Ali OA, Omer Y, Wallis LA. Considerations for service delivery for emergency care in low resource settings. *African Journal of Emergency Medicine*. 2020;10:S7–S11. doi: 10.1016/j.afjem.2020.07.002
19. Agrawal A, Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India. *Emerg Radiol*. 2016;23(2):101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
20. Fast Facts on U.S. Hospitals [Internet]. US: American Hospital Association. c2024. Available from: <https://www.aha.org/statistics/fast-facts-us-hospitals>

这项研究表明, 结构化远程超声波计划具有既定的图像采集、传输和参与者之间的后续通信协议, 能够在紧急医疗护理条件下快速交换超声数据。建议的远程医疗服务模式的结果将成为在发展中国家建立类似远程超声波服务模式的平台。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

A. Kalyanpur — conceptualization, formal analysis and investigation, writing and editing, supervision; N. Mathur — formal analysis and investigation, writing, original draft preparation.

21. Szabo I, Zag L, Takács I, et al. Quantile regression and an application: performance improvement of an emergency department in Eastern Europe. *Hungarian Statistical Review*. 2020;3(1):60–76. doi: 10.35618/hsr2020.01.en060

22. Honig SE, Honig EL, Babiarz LB, et al. Critical findings: timing of notification in neuroradiology. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014;35(8):1485–1492. doi: 10.3174/ajnr.A3918

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kalyanpur A. The role of teleradiology in emergency radiology provision // *Radiol Manage*. 2014. Vol. 36, N 3. P. 46–49.
2. Burute N., Jankharia B. Teleradiology: The Indian perspective // *Indian Journal of Radiology and Imaging*. 2009. Vol. 19, N 1. P. 16–18. doi: 10.4103/0971-3026.45337
3. Michalke J.A. An overview of emergency ultrasound in the United States // *World J Emerg Med*. 2012. Vol. 3, N 2. P. 85–90. doi: 10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2012.02.001
4. Misra A., Yadav D.C., Kole T. Emergency care in India beyond 75 years of independence — problems and solutions // *J Glob Health*. 2023. Vol. 13. P. 03015. doi: 10.7189/jogh.13.03015
5. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2020 Emergency Department Summary Tables [Internet]. US : National Center for Health Statistics. Доступ по ссылке: https://www.cdc.gov/nchs/data/nhamcs/web_tables/2020-nhamcs-ed-web-tables-508.pdf
6. Perotte R., Lewin G.O., Tambe U., et al. Improving Emergency Department Flow: Reducing Turnaround Time for Emergent CT Scans // *AMIA Annu Symp Proc*. 2018. Vol. 2018. P. 897–906.
7. Agrawal A., Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India // *Emerg Radiol*. 2016. Vol. 23, N 2. P. 101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
8. Abdolrazaghejad A., Banaie M., Safdari M. Ultrasonography in Emergency Department; a Diagnostic Tool for Better Examination and Decision-Making // *Adv J Emerg Med*. 2018. Vol. 2, N 1. P. e7. doi: 10.22114/AJEM.v0i0.40
9. Nicola R., Dogra V. Ultrasound: the triage tool in the emergency department: using ultrasound first // *Br J Radiol*. 2016. Vol. 89, N 1061. P. 20150790. doi: 10.1259/bjr.20150790
10. Islam S.N., Deka N., Hussain Z. Role of Doppler Ultrasound in Assessing the Severity of Peripheral Arterial Diseases of the Lower Limb // *J Med Ultrasound*. 2021. Vol. 29, N 4. P. 277–280. doi: 10.4103/JMU.JMU_137_20
11. Kalyanpur A., Meka S., Joshi K., Somashekaran Nair H.T., Mathur N. Teleradiology in Tripura: Effectiveness of a Telehealth Model for the Rural Health Sector // *International Journal of Health Technology and Innovation*. 2022. Vol. 1. P. 7–12. doi: 10.60142/ijhti.v1i02.36

12. Agrawal A. Emergency Teleradiology—Past, Present, and Is There a Future? // *Front Radiol*. 2022. Vol. 2. P. 866643. doi: 10.3389/fradi.2022.866643
13. Kalyanpur A., Weinberg J., Neklesa V., et al. Emergency radiology coverage: technical and clinical feasibility of an international teleradiology model // *Emerg Radiol*. 2003. Vol. 10, N 3. P. 115–118. doi: 10.1007/s10140-003-0284-5
14. Agrawal A., Agrawal A., Pandit M., Kalyanpur A. Systematic survey of discrepancy rates in an international teleradiology service // *Emerg Radiol*. 2011. Vol. 18, N 1. P. 23–29. doi: 10.1007/s10140-010-0899-2
15. Chandramohan A., Krothapalli V., Augustin A., et al. Teleradiology and technology innovations in radiology: status in India and its role in increasing access to primary health care // *The Lancet Regional Health — Southeast Asia*. 2023. Vol. 23. doi: 10.1016/j.lansea.2023.100195
16. Thrall J.H. Teleradiology Part I. History and Clinical Applications // *Radiology*. 2007. Vol. 243, N 3. P. 613–617. doi: 10.1148/radiol.2433070350
17. Duarte M.L., Dos Santos L.R., Iared W., Peccin M.S. Telemonitored ultrasonography: a narrative review // *Sao Paulo Med J*. 2022. Vol. 140, N 2. P. 310–319. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0607.R2.15092021
18. Bergquist H.B., Burkholder T.W., Muhammad Ali O.A., Omer Y., Wallis L.A. Considerations for service delivery for emergency care in low resource settings // *African Journal of Emergency Medicine*. 2020. Vol. 10. P. S7–S11. doi: 10.1016/j.afjem.2020.07.002
19. Agrawal A., Khandelwal N. Nucleating emergency radiology specialization in India // *Emerg Radiol*. 2016. Vol. 23, N 2. P. 101–103. doi: 10.1007/s10140-016-1381-6
20. Fast Facts on U.S. Hospitals [Internet]. US : American Hospital Association. c2024. Доступ по ссылке: <https://www.aha.org/statistics/fast-facts-us-hospitals>
21. Szabo I., Zag L., Takács I., et al. Quantile regression and an application: performance improvement of an emergency department in Eastern Europe // *Hungarian Statistical Review*. 2020. Vol. 3, N 1. P. 60–76. doi: 10.35618/hsr2020.01.en060
22. Honig S.E., Honig E.L., Babiarz L.B., et al. Critical findings: timing of notification in neuroradiology // *AJNR Am J Neuroradiol*. 2014. Vol. 35, N 8. P. 1485–1492. doi: 10.3174/ajnr.A3918

AUTHORS' INFO

* **Neetika Mathur**, PhD;
address: Plot No. 7G, Opposite Graphite India, Whitefield,
Bengaluru, Karnataka 560048, India;
ORCID: 0009-0002-8884-2060;
e-mail: neetika.mathur@imagecorelab.com

Arjun Kalyanpur, MD;
ORCID: 0000-0003-2761-7273;
e-mail: arjun.kalyanpur@telradsol.com

ОБ АВТОРАХ

* **Neetika Mathur**, PhD;
address: Plot No. 7G, Opposite Graphite India, Whitefield,
Bengaluru, Karnataka 560048, India;
ORCID: 0009-0002-8884-2060;
e-mail: neetika.mathur@imagecorelab.com

Arjun Kalyanpur, MD;
ORCID: 0000-0003-2761-7273;
e-mail: arjun.kalyanpur@telradsol.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

A new artificial intelligence program for the automatic evaluation of scoliosis on frontal spinal radiographs: Accuracy, advantages and limitations

Dima Kh.I. Kassab¹, Irina G. Kamyshanskaya¹, Stanislau V. Trukhan²

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;

² Esper LLC, Tver, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Scoliosis is one of the most common spinal deformations that are usually diagnosed on frontal radiographs using Cobb's method. Automatic measurement methods based on artificial intelligence can overcome many drawbacks of the usual method and can significantly save radiologist's time.

AIM: To analyze the accuracy, advantages, and disadvantages of a newly developed artificial intelligence program for the automatic diagnosis of scoliosis and measurement of Cobb's angle on frontal radiographs.

MATERIALS AND METHODS: In total, 114 digital radiographs were used to test the agreement of Cobb's angle measurements between the new automatic method and the radiologist using the Bland–Altman method on Microsoft Excel. A limited clinical accuracy test was also conducted using 120 radiographs. The accuracy of the system in defining the scoliosis grade was evaluated by sensitivity, specificity, accuracy, and area under the receiver operating characteristic curve.

RESULTS: The agreement of Cobb's angle measurement between the system and the radiologist's calculation was found mostly in grade 1 and 2 scoliosis. Only 2.8% of the results showed a clinically significant angle variability of $>5^\circ$. The diagnostic accuracy metrics of the limited clinical trial in City Mariinsky Hospital (Saint Petersburg, Russia) also proved the reliability of the system, with a sensitivity of 0.97, specificity of 0.88, accuracy (general validity) of 0.93, and area under the receiver operating characteristic curve of 0.93.

CONCLUSION: Overall, the artificial intelligence program can automatically and accurately define the scoliosis grade and measure the angles of spinal curvatures on frontal radiographs.

Keywords: scoliosis; artificial intelligence; spine.

To cite this article:

Kassab DKhI, Kamyshanskaya IG, Trukhan SV. A new artificial intelligence program for the automatic evaluation of scoliosis on frontal spinal radiographs: Accuracy, advantages and limitations. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения

Д.Х.И. Кассаб¹, И.Г. Камышанская¹, С.В. Трухан²¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;² Esper LLC, Тверь, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Сколиоз — одна из самых распространённых деформаций позвоночника, которую обычно диагностируют с помощью фронтальных спондилограмм по методу Кобба. Автоматические методы измерения, основанные на искусственном интеллекте, компенсируют многие недостатки стандартных методов и могут значительно сэкономить время врача-рентгенолога.

Цель — проанализировать точность, преимущества и недостатки новой программы искусственного интеллекта при автоматическом определении степени сколиоза и измерении угла Кобба на фронтальных рентгенограммах.

Материалы и методы. Всего исследовано 114 рентгенограмм на предмет соответствия измерений угла Кобба, выполняемых автоматически программой искусственного интеллекта и рентгенологом с использованием метода Бленда-Альмана в программе Microsoft Excel. Кроме того, были проведены клинические испытания точности системы с использованием ограниченных данных (120 рентгенограмм). Точность системы в определении степени выраженности сколиоза оценивали по показателям чувствительности, специфичности, точности и площади под ROC-кривой.

Результаты. Больше согласованности в измерениях угла Кобба, вычисляемых программой искусственного интеллекта и рентгенологом, найдено в группах сколиоза I и II степени. Только в 2,8% случаев наблюдалась клинически значимая разница в измерении углов Кобба (вариабельность $>5^\circ$). Показатели диагностической точности, полученные в ходе ограниченного клинического исследования в городской Мариинской больнице (Санкт-Петербург), также подтвердили надёжность системы: чувствительность составила 0,97, специфичность — 0,88, точность (общая валидность) — 0,93, а площадь под ROC-кривой — 0,93.

Заключение. В целом, программа искусственного интеллекта может автоматически точно определять степень выраженности сколиоза, а также измерять углы искривления позвоночника на фронтальных спондилограммах.

Ключевые слова: сколиоз; искусственный интеллект; позвоночник.

Как цитировать:

Кассаб Д.Х.И., Камышанская И.Г., Трухан С.В. Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, №2. С. 243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

用脊柱正面 X 光片自动诊断脊柱侧弯的新型智能系统：准确度、优势和局限性

Dima Kh.I. Kassab¹, Irina G. Kamyshanskaya¹, Stanislau V. Trukhan²¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia;² Esper LLC, Tver, Russia

摘要

论证。脊柱侧弯是最常见的脊柱畸形之一，通常使用 Cobb 方法正面 X 光片进行诊断。基于人工智能的自动测量方法弥补了标准方法的许多不足，可以大大节省放射科医生的时间。

目的是分析一种新的人工智能程序在通过自动测量正面 X 光片上的 Cobb 角来评估脊柱侧弯程度方面的准确度和优缺点。

材料和方法。共检查了 114 张 X 光片，以确定人工智能软件自动测量的 Cobb 角与放射科医生使用 Microsoft Excel 中的 Bland-Altman 方法测量的 Cobb 角是否一致。此外，还使用有限的临床数据（120 张 X 光片）进行了临床准确度测试。通过灵敏度、特异性、准确度和 ROC 曲线下面积评估了该系统在确定脊柱侧弯严重程度方面的准确度。

结果。I 度和 II 度脊柱侧弯组中，人工智能程序和放射科医生计算出的 Cobb 角测量值更加一致。只有 2.8% 的病例在 Cobb 角测量值上存在显著的临床差异（差异大于 5°）。在 Mariinsky City Hospital（圣彼得堡）进行的有限临床试验中获得的诊断准确度值也证实了该系统的可靠性：灵敏度为 0.97，特异性为 0.88，准确度（总体有效性）为 0.93，ROC 曲线下的面积为 0.93。

结论。一般来说，人工智能程序可以自动准确地确定脊柱侧弯的严重程度，并利用正面 X 光片测量脊柱弯曲的角度。

关键词：脊柱侧弯；人工智能；脊柱。

引用本文：

Kassab DKhl, Kamyshanskaya IG, Trukhan SV. 用脊柱正面 X 光片自动诊断脊柱侧弯的新型智能系统：准确度、优势和局限性. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):243–254. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD630093>

收到：11.04.2024

接受：15.05.2024

发布日期：19.07.2024

论证

脊柱侧弯是所有年龄组中最常见的脊柱畸形之一。脊柱侧弯是指脊柱在冠状面上的侧弯，角度 $\geq 10^\circ$ ，椎体及其后部发生扭转（扭曲）。脊柱侧弯症主要根据正面X光片进行诊断。Cobb法被认为是评估脊柱侧弯畸形角度的黄金标准[1-8]。近年来，许多研究人员正在积极探索使用人工智能（AI）通过各种成像技术评估脊柱侧弯的可能性，利用各种成像技术提供更客观的结果，并减少不同研究人员之间Cobb法测量结果的差异[9-14]。

我们开发了一个基于机器学习的新程序。在系统开发的第一阶段，以自动识别椎体的方式训练人工神经网络。为此，我们从数据库(XrSc1)[15]中选择了1000张脊柱图像。对每张X光图像进行标记，其中使用四个参考点确定椎体，并对每张图像中的所有胸椎和腰椎体进行编号。经过训练，神经网络能够独立识别椎体及其编号。第二步，自动测量Cobb角并确定脊柱侧弯的程度。自动测量Cobb角度有三种方法：

- 1) 传统的Cobb法，即分别在上下肢椎体的上下边界之间测量脊柱侧弯角；
- 2) 放射科医生实践中使用的方法（特别是在马林斯基市医院，其中脊柱侧弯的角度是在上端椎体和下端椎体闭合板的最大倾斜面之间确定；
- 3) 中线法，即在通过末端椎体中间部分绘制的椎体最大倾斜中线之间确定脊柱侧弯角度。

我们测试了新的自动系统在测量Cobb角和确定脊柱侧弯程度方面的准确性。

目的

分析新型人工智能程序在脊柱侧弯程度自动检测和脊柱前路片Cobb角测量中的准确性和优缺点程序。

材料与方

研究设计

本研究是一项观察性回顾性单一中心回顾性随机非对照研究。

研究描述和统计分析

为了评估新型人工智能程序在测量Cobb角方面的可靠性，我们从XrSc1数据库(测试集1)[15]中选取了114张数字脊柱和胸部X光片。该这个数据库包括2500多张图片。因此，我们可以使用不同的数据集来训练和测试系统。我们使用Microsoft Excel中的Bland-Altman方法检查了程序和放射科医生测量的Cobb角的一致性。计算了两种技术

的平均差(“系统差”)和95%的置信区间(2个标准差,SD)。仅比较了使用两种技术(放射科医生和人工智能)测量的角度。

在圣彼得堡City Mariinsky Hospital机构进行了初步临床和技术试验，以测试将新方案引入医疗实践的可行性。本研究从City Mariinsky Hospital和G.A. Albrecht Federal Scientific and Educational Center for Medical and Social Expertise and Rehabilitation档案库(测试集2)中共选取了120张射线照片。

通过计算ROC曲线下面积以及敏感性、特异性和准确性等参数，测试了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的可靠性。这些参数的计算公式如下(其中TP、TN、FP和FN分别指真阳性、真阴性、假阳性和假阴性结果)：

- 敏感性 — $\frac{TP}{TP + FN}$ ；
- 特异性 — $\frac{TN}{TN + FP}$ ；
- 精确度 — $\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$ 。

数据集1和2中的X光片由两名放射科医生进行评估，其中一名放射科医生拥有25年以上的经验，另一名放射科医生拥有9年以上的经验。

结果

研究对象

在测试组1中，根据脊柱侧凸的严重程度(根据俄罗斯政府第565¹号法令)，将放射线照片分为以下四组：

- - I度 — $5^\circ \sim 10^\circ$ ，16%；
- - II度 — $11^\circ \sim 25^\circ$ ，15%；
- - III度 — $26^\circ \sim 50^\circ$ ，16%；
- - IV度 — $> 50^\circ$ ，16%。

在此分类中加入了“正常”组(0度； $< 5^\circ$ ，37%)。此外，还对临床医生和人工智能系统发现的179个角度($5.1^\circ \sim 91.3^\circ$)进行了分析和比较。

对于该系统的初步临床和技术测试，测试集2被分为数量相等的图像组、正常组和病理(脊柱侧弯)组，每组60张照片。有脊柱侧弯的照片按照脊柱侧弯的程度(I~IV)分布，每个程度15张照片。

研究的主要结果

人工智能和放射科医生的Cobb角测量结果一致，主要体现在I级和II级脊柱侧凸。在这种情况下，测

¹ 关于批准《军事医学专家条例》的俄罗斯联邦第565号政府令(2013年7月4日)。访问方式：<http://government.ru/docs/all/87900/>

量的平均差异分别为0.10和0.46，SD值分别为1.29和1.73。在所有脊柱侧弯程度的病例中，95%的病例采用两种技术测量的角度相差小于4.5°，但III级脊柱侧弯组除外，其95%置信区间为-6.60°至7.85°。该组患者的SD值也最高(3.69°)。每个脊柱侧弯程度数据的统计分析结果如图1和图2 (Bland-Altman图) 以及表1所示。只有 2.8%的结果在临床上不令人满意(变异度大于 5°)。

在 City Mariinsky Hospital (测试集 2) 中进行的初步临床和技术试验的诊断准确性评分也证实了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的可靠性：

- - 灵敏度为 0.97
- - 特异性为 0.88；
- - 准确性（整体有效性）为 0.93；
- - ROC 曲线下面积为 0.93（图 3）。

人工智能程序分析每张图像的平均时间为 5 秒。获得的结果证实了该系统在确定脊柱侧弯程度方面的有效性。

讨论

研究主要结果概述

这项研究的大部分是在一家医院进行的，作为征兵体检委员会多次体检的一部分，该医院对征兵年龄段的人进行脊柱侧弯检测。因此，根据第 565 号联邦法令对测试集 1 和 2 中的射线照片进行了分类。根据这一分类，脊柱任何小于 10° 的轻微弯曲都被视为一级脊柱侧弯。

从数字脊柱侧凸图自动评估脊柱侧凸的新系统（人工智能程序）可帮助放射科医生快速准确地

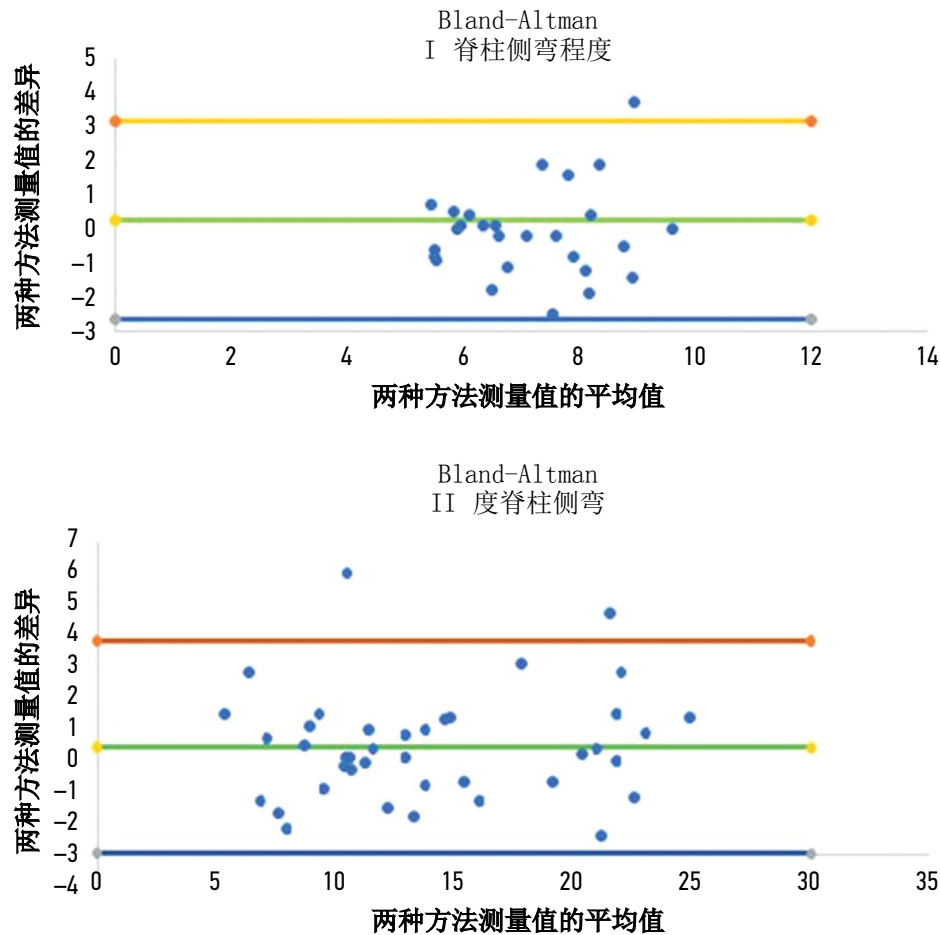


图 1. 根据 Bland-Altman 方法进行测量的结果。在脊柱侧凸 I 度和 II 度的 X 光片上使用两种方法测量 Cobb 角的一致性。

表 1. 评价不同程度脊柱侧弯两种Cobb角测量方法一致性的统计参数

参数	I 级脊柱侧凸	II 度脊柱侧凸	III 度脊柱侧凸	IV 度脊柱侧凸
平均差	-0.10	0.46	0.62	0.00
标准偏差	1.29	1.73	3.69	2.32
置信区间上限	2.43	3.84	7.85	4.56
置信区间下限	-2.63	-2.93	-6.60	-4.55

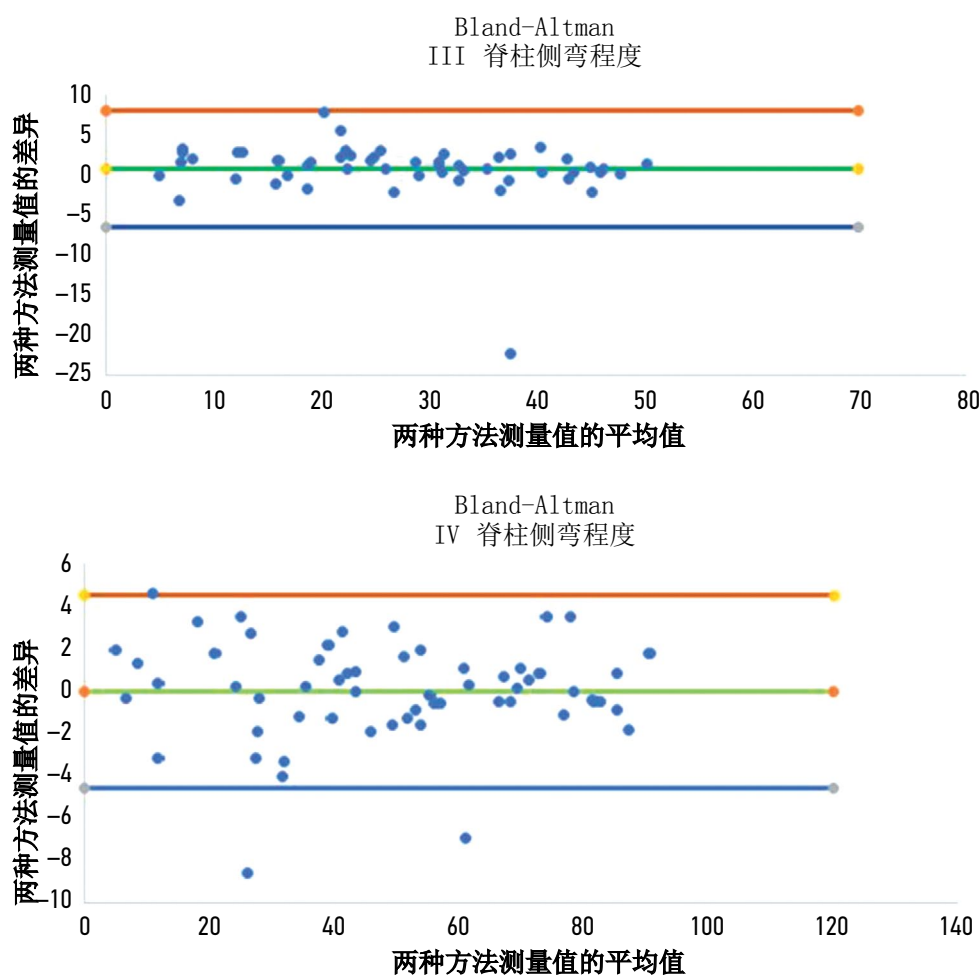


图 2. 使Bland-Altman 方法测量的结果。使用两种方法对 IV 度脊柱侧凸的 X 光片进行 Cobb 角测量的一致性。

确定脊柱侧凸的程度并测量 Cobb 角，特别是在大规模脊柱侧弯筛查和医疗机构工作量大的情况下。在这些情况下，放射科医生可以将新的人工智能程序作为诊断脊柱侧弯的客观工具，提高诊断的准确性，因为当医生使用相同的工具时，可

以避免结果的可变性。此外，该程序还能大大节省放射科医生分析射线照片所需的时间。此外，人工智能程序计算的 Cobb 角测量结果也令人满意。在大多数情况下，Cobb 角的测量结果没有明显差异。图 4 显示了人工智能的操作示例。

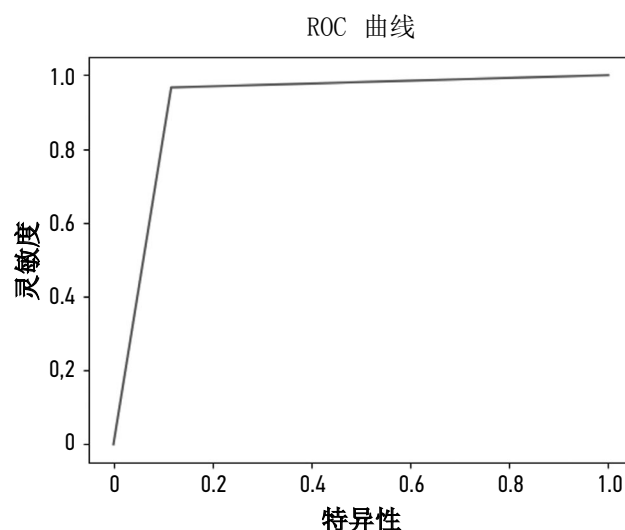


图 3. 在 ROC 曲线上确认新人工智能程序在确定脊柱侧弯程度方面的准确性。

主要研究结果讨论

拟议的 人工智能程序提供了通过三种不同方法测量柯布角的可能性。所有这些对放射科医生都很有用，尤其是在没有使用标准测量方法的情况下（如在 City Mariinsky Hospital 检查脊柱侧弯时）。确定最倾斜椎体的闭合板非常耗时，而且可能导致获得的结果不一致。因此，客观、自动地确定脊柱侧弯弓的上端和下端椎体（它们之间形成最大的弯曲角度）的可能性对放射科医生的实践非常有用。

此外，人工智能程序允许放射科医生更改她自动完成的椎骨标记程序。这一点非常重要，因为任何标记错误都可能导致最终结果不正确。对结果的进一步分析表明，椎体及其边界的标记不准确会导致 Cobb 角度测量和脊柱侧弯评分的准确性降低。这些错误基本上是在评估低质量图像和胸部X光片上的脊柱侧弯时观察到的。在纵隔器官的背景下，中胸椎的

边界通常是不可见的。许多正常的胸部图像（由放射科医生确定为 0 度）被程序识别为 I 级脊柱侧弯，原因是检测到了假阳性曲线（近端或中胸曲线）（图 5）。标记 L5 椎体的边界时也观察到了另一个常见错误（图 6）。相邻的骨性结构（相邻的骶骨和髂骨）使 L5 椎体的边界难以确定，尤其是其下闭合板。

至于评估正常组脊柱侧弯图像的误差，人工智能程序进行的大多数测量都超过了 5° 角，但也非常接近 5° 角。然而，人工智能程序和放射科医生之间测量结果的微小差异导致脊柱侧弯等级发生变化，从 0 度变为 I 度（图 7）。如饼状图（图 8）所示，这些角度大部分（70%）在 5-6° 之间。

在大多数情况下，该程序都能准确评估脊柱侧弯（III 级和 IV 级）的 X 光片，但偶尔会出现椎体识别和编号错误或 Cobb 角测量错误。IV 级脊柱侧弯的特点是椎体旋转幅度最大、椎弓根

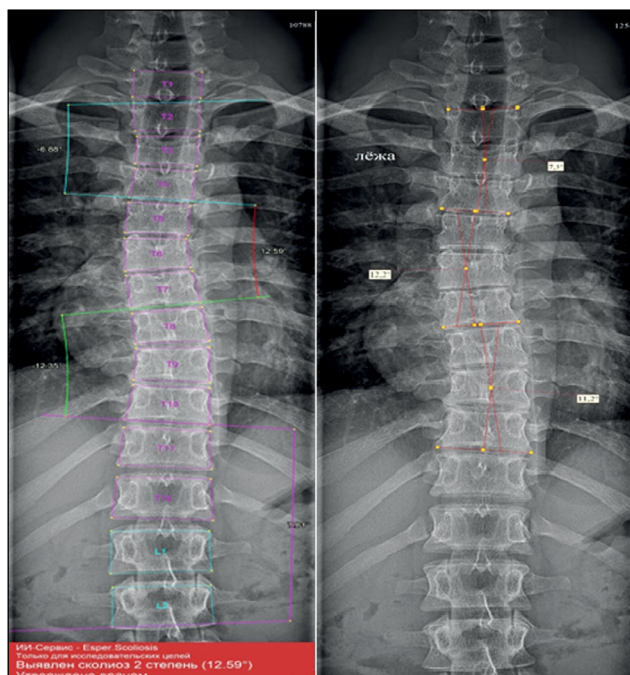


图 4. II 级脊柱侧弯的 X 光图像。人工智能程序（左）和放射科医生（右）对图像进行了分析。放射科医生没有测量胸腰椎曲线，因为图像上看不到下肢椎体。

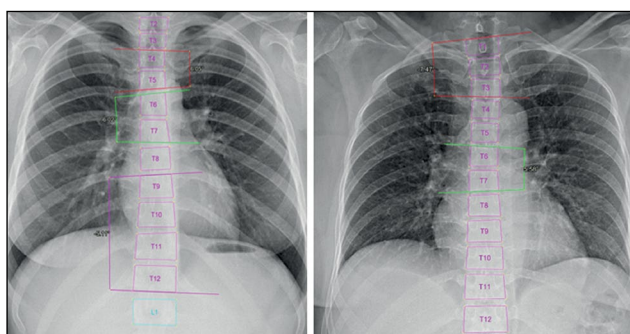


图 5. 0 度（正常）X 光片上椎体标记的误差。在胸片上，椎体边界不清晰可导致错误的测量结果。

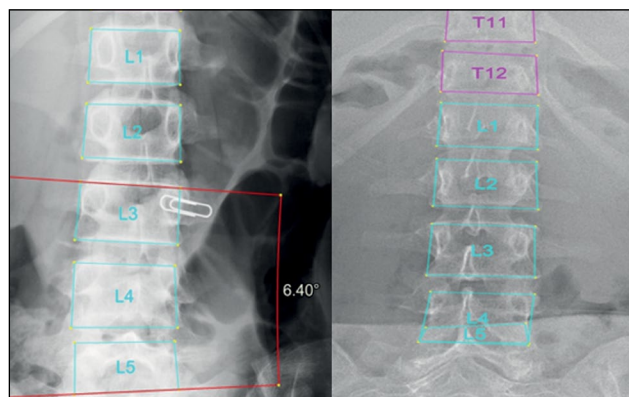


图 6. 0 度（正常）X 光片上的椎体标记错误。L 5 椎体的定义错误可能导致假阳性结果（左图）。

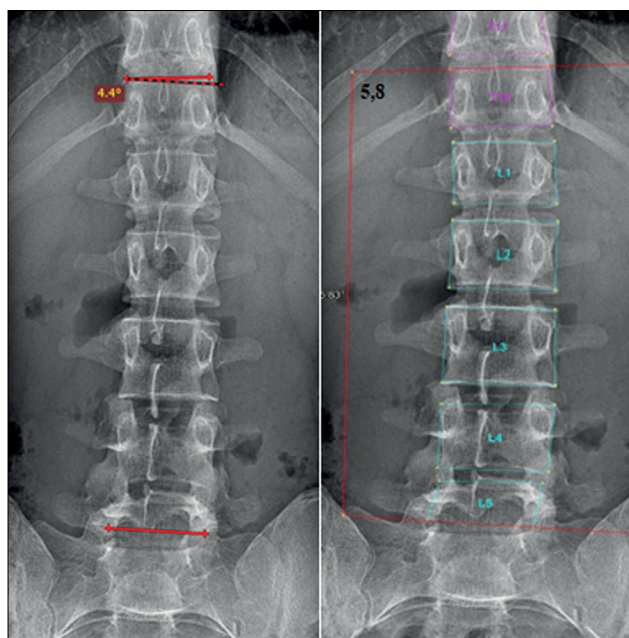


图 7. 评估 0 度脊柱侧凸图像时的程序错误。放射科医生（左）和人工智能程序（右）测量的 Cobb 角。测量值的变化可以忽略不计（1.4°），但医生确定的脊柱侧弯度为 0 度，而人工智能确定的是 I 度。

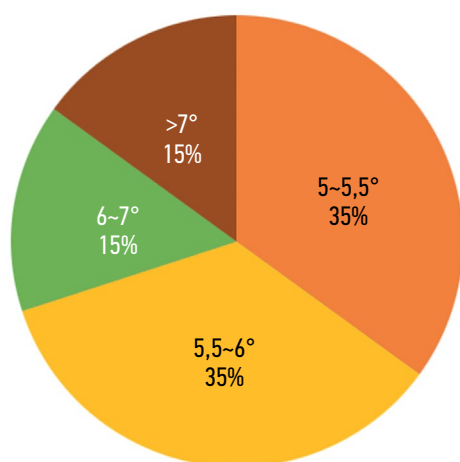


图 8. 人工智能在正常 X 光片上测量的 Cobb 角分布（无脊柱侧弯的 X 光片组）

移位超过中线以及椎体变形。在这种情况下，椎骨的正常形状发生了变化，其身体的边界变得不那么清晰（图 9）。

在某些情况下，程序诊断 III 或 IV 级脊柱侧弯的准确性并不会受到程序和放射科医生之间 Cobb 角测量值显著差异的影响。通常，在评估继发性脊柱弯曲时会出现此类错误（图 10）。

另一个局限是，拟议的人工智能程序只能用于评估正面射线照片。该程序无法检测侧位 X 光片和计算机断层扫描等其他检查中的脊柱弯曲。

放射科医生直接使用该程序可以消除上述大部分错误，因为该程序能够修改椎体标记以获得更准确的结果。即使放射科医生对程序自动进行的椎体标记进行修改，放射科医生获得结果所需的时间也比传统的 Cobb 法脊柱测量要少得多。此外，我们相信，如果人工智能程序系统能提供更多的数据，未来的椎体标记可能会更加准确。

结论

自动系统（人工智能程序）可作为一种可靠的客观工具，用于确定脊柱侧弯的程度和测量脊柱正面射线照片上的 Cobb 角，大大节省了放射科医生的时间。可能影响程序结果的主要因素是 X 线照片的质量和椎骨标记的准确性。在实际使用人工智能程序时可以考虑这些因素，因为放射医师可以调整椎体标记，获得更准确的结果。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

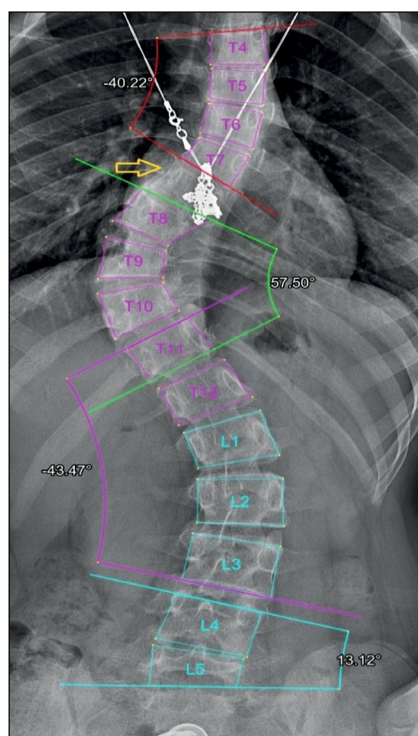


图 9. 脊柱侧弯 III 级和 IV 级患者 X 光片上的椎体标记特征。由于椎体形状不典型，导致椎骨定义和编号错误（黄色箭头）。

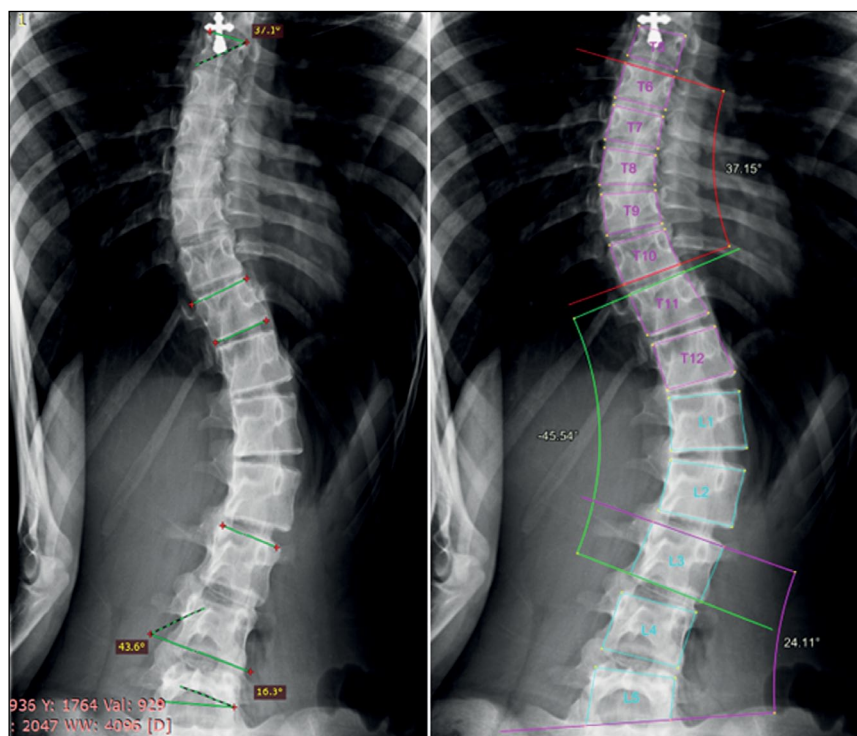


图 10. 由放射科医生（左）和人工智能（右）诊断的 III 级脊柱侧弯。腰椎曲度测量的显著差异（7.8°）并不影响脊柱侧弯的总体评分。

D.Kh.I. Kassab — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article, statistical analysis;
I.G. Kamyshanskaya — research concepts, data collection, analysis

and review of the results, organizing communications between co-authors, writing the text, editing the article; S.V. Trukhan — program creation, research concepts and statistical analysis.

REFERENCES

1. Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*. 2018;3(13). doi: 10.1186/s13013-017-0145-8
2. Birchenko NS. On the asymmetry of right and left leg loading in children with scoliosis. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2005;(4):9–12. (In Russ). EDN: IUMILP
3. Mironov SP, editor. *Orthopedics. Clinical Guidelines*. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. (In Russ).
4. Kotel'nikov GP, Lartsev YuV, Ryzhov PV. *Traumatology and Orthopedics. 2nd edition, revised*. Moscow: GEOTAR-Media; 2021. (In Russ).
5. Lenke CL. Revised glossary of terms [Internet]. Milwaukee, WI: Scoliosis Research Society; c2023 [cited 2023 Jun 05]. Available from: <https://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/glossary/revised-glossary-of-terms>
6. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, et al. *Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Study Group*. Miami, Florida: Medtronic Sofamor Danek USA; 2008.
7. Malfair D, Flemming AK, Dvorak MF, et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review. *American journal of roentgenology*. 2010;194(3):8–22. doi: 10.2214/AJR.07.7145
8. Imhof H, Halpern B, Herneth AM, et al. *Direct diagnosis in radiology. Spinal imaging. 2nd ed*. Thieme; 2021.
9. Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointest Endosc*. 2020;92(4):807–812. doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040
10. Padalko MA, Orlov SV, Naumov AM, Nazarikov SI, Lushnikov AA. *Automatic system for determining the angles of scoliotic deformity of the human spine*. Vestnik IKBFU. Physics, mathematics, and technology. 2019;(3):55–68. EDN: WMPiXX
11. Lein GA, Nechaeva NS, Mammadova GM, Smirnov AA, Statsenko MM. Automation analysis X-ray of the spine to objectify the assessment of the severity of scoliotic deformity in idiopathic scoliosis: a preliminary report. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2020;8(3):317–326. EDN: SJOTEB doi: 10.17816/PTORS34150
12. Khanal B, Dahal L, Adhikari P, et al. Automatic Cobb angle detection using vertebra detector and vertebra corners regression. Cai Y, Wang L, Audette M, et al. *Computational methods and clinical applications for spine imaging. Lecture Notes in Computer Science*. Switzerland: Springer Nature, 2020. P:81–87.
13. Horng M, Kuok S, Fu M, et al. Cobb angle measurement of spine from X-Ray images using convolutional neural network. *Computational and mathematical methods in medicine*. 2019;2019. doi: 10.1155/2019/6357171
14. Pan Y, Chen Q, Chen T, et al. Evaluation of a computer-aided method for measuring the Cobb angle on chest X-rays. *Eur Spine journal*. 2019;28(12):3035–3043. doi: 10.1007/s00586-019-06115-w
15. Patent RUS database registration № 2022620577/ 17.03.2022. Kassab DKhI, Kamyshanskaya IG, Cheremisin VM, Cheremisin AA. *A database of spinal radiographs with different degrees of scoliosis (XrScl)*. (In Russ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G., et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth // *Scoliosis*. 2018. Vol. 3, N 13. doi: 10.1186/s13013-017-0145-8
2. Бирченко Н.С. Об асимметрии нагружения правой и левой ноги у детей, больных сколиозом // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 4. С. 9–12. EDN: IUMILP
3. Ортопедия. Клинические рекомендации / под ред. С.П. Миронова. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018.
4. Котельников Г.П., Ларцев Ю.В., Рыжов П.В. *Травматология и ортопедия*. Издание 2-е, переработанное. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021.
5. Lenke C.L. Revised glossary of terms [Internet]. Milwaukee, WI : Scoliosis Research Society; c2023 [дата обращения: 05.06.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.srs.org/professionals/online-education-and-resources/glossary/revised-glossary-of-terms>
6. O'Brien M.F., Kuklo T.R., Blanke K.M., et al. *Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Study Group*. Miami, Florida : Medtronic Sofamor Danek USA, 2008.
7. Malfair D., Flemming A.K., Dvorak M.F., et al. Radiographic evaluation of scoliosis: review // *American journal of roentgenology*. 2010. Vol. 194, N 3. P. 8–22. doi: 10.2214/AJR.07.7145
8. Imhof H., Halpern B., Herneth A.M., et al. *Direct diagnosis in radiology. Spinal imaging*. 2nd ed. Thieme, 2021.
9. Kaul V., Enslin S., Gross S.A. History of artificial intelligence in medicine // *Gastrointest Endosc*. 2020. Vol. 92, N 4. P. 807–812. doi: 10.1016/j.gie.2020.06.040
10. Падалко М.А., Орлов С.В., Наумов А.М., Назариков С.И., Лушников А.А. Автоматическая система определения углов сколиотической деформации позвоночника человека // *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: физико-математические и технические науки*. 2019. № 3. С. 55–68. EDN: WMPiXX
11. Леин Г.А., Нечаева Н.С., Мамедова Г.М. Автоматизация анализа рентгенограмм позвоночника для объективизации оценки степени тяжести сколиотической деформации при идиопатическом сколиозе (предварительное сообщение) // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2020. Т. 8, № 3. С. 317–326. EDN: SJOTEB doi: 10.17816/PTORS34150

12. Khanal B., Dahal L., Adhikari P., et al. Automatic Cobb angle detection using vertebra detector and vertebra corners regression. Cai Y, Wang L, Audette M, et al. Computational methods and clinical applications for spine imaging. Lecture Notes in Computer Science. Switzerland : Springer Nature, 2020. P. 81–87.

13. Horng M., Kuok S., Fu M., et al. Cobb angle measurement of spine from X-Ray images using convolutional neural network // Computational and mathematical methods in medicine. 2019. Vol. 2019. doi: 10.1155/2019/6357171

14. Pan Y., Chen Q., Chen T., et al. Evaluation of a computer-aided method for measuring the Cobb angle on chest X-rays // Eur Spine journal. 2019. Vol. 28, N 12. P. 3035–3043. doi: 10.1007/s00586-019-06115-w

15. Патент РФ на регистрацию базы данных № 2022620577/17.03.2022. Касса́б Д.Х.И., Ка́мышанская И.Г., Че́ремисин В.М., Че́ремисин А.А. База данных рентгенограмм позвоночника со сколиозом различных степеней (XrScl).

AUTHORS' INFO

*** Dima Kh. I. Kassab, MD;**

address: 1 Yasnaya Str., Ropsha, Leningrad Region, 188514, Russia;
ORCID: 0000-0001-5085-6614;
eLibrary SPIN: 4907-7850;
e-mail: DimaKK87@gmail.com

Irina G. Kamyshanskaya, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor;
ORCID: 0000-0002-8351-9216;
eLibrary SPIN: 2422-5191;
e-mail: irinaka@mail.ru

Stanislau V. Trukhan;
ORCID: 0000-0003-0688-0988;
e-mail: stas.truhan@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

*** Касса́б Дима Халед Ибрагим;**

адрес: Россия, Ленинградская область, 188514, пос. Ропша, ул. Ясная, д. 1;
ORCID: 0000-0001-5085-6614;
eLibrary SPIN: 4907-7850;
e-mail: DimaKK87@gmail.com

Ка́мышанская Ирина Григорьевна, д-р. мед. наук, доцент;
ORCID: 0000-0002-8351-9216;
eLibrary SPIN: 2422-5191;
e-mail: irinaka@mail.ru

Трухан Станислав Вячеславович;
ORCID: 0000-0003-0688-0988;
e-mail: stas.truhan@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

Priority radiomic parameters for computed tomography of head and neck malignancies: A systematic review

Yuriy A. Vasilev, Olga G. Nanova, Ivan A. Blokhin, Roman V. Reshetnikov, Anton V. Vladzmyrskyy, Olga V. Omelyanskaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Radiomics is the newest and most promising direction in modern radiographic diagnostics. The number of head and neck cancer studies employing radiomics is increasing annually. A systematic review of recent publications (2021–2023) on computed tomography (CT) of head and neck malignancies was performed.

AIM: To present systematized data on parameters for radiomic analysis for head and neck malignancies identified by CT data.

MATERIALS AND METHODS: The literature search was carried out in PubMed. The basic characteristics of the selected articles were extracted, and their quality was assessed using RQS 2.0 and the modified QUADAS-CAD questionnaire. The reproducibility level of radiomic parameters selected for predictive models in different studies was assessed. Eleven articles were selected for the review. In most cases, a high risk of systematic error associated with data imbalance in terms of demographic parameters and level of pathologies was noted.

RESULTS: The range of RQS 2.0 scores for the included articles varied from 19.44% to 50.00% of the maximum possible score. The decreasing research quality was mainly caused by the lack of external result validation (73% of the analyzed articles) and data accessibility and transparency (82%). Inter-study reproducibility of radiomic parameters was low owing to the wide variety of techniques used for image acquisition, image post-processing, extraction, and statistical processing of radiomic parameters.

CONCLUSION: A set of stable radiomic parameters must be successfully introduced into clinical practice. The standardization of radiomics method and creation of an open radiomics database are necessary for this purpose.

Keywords: radiomics; head and neck cancer; radiomic parameters.

To cite this article:

Vasilev YuA, Nanova OG, Blokhin IA, Reshetnikov RV, Vladzmyrskyy AV, Omelyanskaya OV. Priority radiomic parameters for computed tomography of head and neck malignancies: A systematic review. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):255–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

Приоритетные параметры радиомического анализа для компьютерной томографии при злокачественных новообразованиях головы и шеи: систематический обзор

Ю.А. Васильев, О.Г. Нанова, И.А. Блохин, Р.В. Решетников,
А.В. Владимирский, О.В. Омелянская

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Радиомика — новейшее и многообещающее направление современной лучевой диагностики. Число исследований злокачественных новообразований головы и шеи с помощью этого метода увеличивается с каждым годом. Мы провели систематический обзор новейших публикаций (2021–2023) по злокачественным новообразованиям головы и шеи, выполненным на основе компьютерной томографии.

Цель — систематизация данных по используемым параметрам радиомического анализа при раке головы и шеи, выявленным по данным компьютерной томографии.

Материалы и методы. Поиск статей осуществлялся в базе PubMed. Произведены извлечение базовых характеристик отобранных статей и оценка их качества по RQS 2.0 и модифицированному опроснику QUADAS-CAD. Оценили уровень воспроизводимости радиомических параметров, отобранных для прогностических моделей, в разных исследованиях. Для обзора отобрано 11 статей. В большинстве случаев отмечался высокий риск систематической ошибки, связанный с несбалансированностью выборки по демографическим параметрам и уровню патологий.

Результаты. При оценке качества радиомики диапазон баллов для исследованных статей изменяется от 19,44% до 50,00% максимально возможной суммы. Основные проблемы, влекущие за собой снижение качества исследований, обусловлены отсутствием внешней валидации результатов (73% проанализированных статей), а также недоступностью или непрозрачностью исследовательских данных (82%). Воспроизводимость радиомических параметров между исследованиями низкая из-за большого разнообразия используемых методик получения и постобработки изображений, а также извлечения и статистической обработки радиомических параметров.

Заключение. Обсуждается необходимость выделения базового блока устойчивых радиомических параметров для внедрения метода в клиническую практику, что возможно сделать только при стандартизации методов радиомики и создания открытой базы радиомических данных.

Ключевые слова: радиомика; злокачественные образования головы и шеи; радиомические параметры.

Как цитировать:

Васильев Ю.А., Нанова О.Г., Блохин И.А., Решетников Р.В., Владимирский А.В., Омелянская О.В. Приоритетные параметры радиомического анализа для компьютерной томографии при злокачественных новообразованиях головы и шеи: систематический обзор // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 255–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

头颈部恶性肿瘤计算机断层扫描的优先放射组学分析 参数：系统综述

Yuriy A. Vasilev, Olga G. Nanova, Ivan A. Blokhin, Roman V. Reshetnikov,
Anton V. Vladzemyrskyy, Olga V. Omelyanskaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

摘要

论证。放射组学是现代放射治疗诊断中最新、最有前途的领域。使用这种方法对头颈部恶性肿瘤进行检查的数量每年都在增加。我们对基于计算机断层扫描的头颈部恶性肿瘤最新出版物（2021–2023 年）进行了系统综述。

目的是系统整理通过计算机断层扫描检测到的头颈部癌症的放射组学分析参数数据。

材料和方法。这些文章在 PubMed 数据库中进行了检索。我们提取了所选文章的基线特征，并使用 RQS 2.0 和修改后的 QUADAS-CAD 问卷对其质量进行了评估。我们评估了不同研究中预后模型所选放射组学参数的可重复性水平。我们选择了 11 篇文章进行审查。在大多数情况下，由于人口统计参数和病理学水平的取样不平衡，系统误差的风险很高。

结果。在评估放射组学的质量时，所分析文章的得分范围从最高可能得分的 19.44% 到 50.00% 不等。导致研究质量下降的主要问题是研究结果缺乏外部验证（占所分析文章的 73%），以及研究数据无法获取或缺乏透明度（占 82%）。由于所使用的图像采集和后处理技术种类繁多，以及对放射组学参数的提取和统计处理，不同研究之间放射组学参数的可重复性很低。

结论。讨论将该方法引入临床实践的基本稳定放射组学参数分配的必要性，这只有在放射组学方法标准化和建立开放的放射组学数据库的情况下才能实现。

关键词：放射组学；头颈部恶性肿瘤；放射组学参数。

引用本文：

Vasilev YuA, Nanova OG, Blokhin IA, Reshetnikov RV, Vladzemyrskyy AV, Omelyanskaya OV. 头颈部恶性肿瘤计算机断层扫描的优先放射组学分析参数：系统综述. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):255–268. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240>

收到: 13.11.2023

接受: 04.12.2023

发布日期: 29.01.2024

理论依据

放射组学是现代医学的最新发展方向。该方法的主要目的是根据肉眼看不见的医学影像参数（即放射组学特征）来提高诊断质量[1]。放射诊断中的放射组学分析正在迅速发展[2]。该方法的前景是广泛用作预测和决策治疗策略的辅助工具。

目前，有数千个放射组学参数[3]，主要分为三类：

- 曲线特征，描述图像的特性；
- 纹理参数，即表征像素比例的灰度矩阵；
- 形状参数。

在每个放射组中，识别出几个亚组。

研究中使用的参数数量从几十个到几千个不等，取决于放射组学特征提取的方法：人工或机器学习算法[3, 4]。某些参数在主要组中的分布也尽可能多样化：可以按不同比例包含所有特征群组，或者，例如，只包含纹理特征而不包含形状参数。目前，手工特征中放射特征数量及其组成的选择主要取决于所选的分析应用和研究人员的直觉。

将放射组学作为辅助诊断工具引入医疗实践的前景提出了统一放射学征象集的问题[5, 6]。为广泛实用而选择的特征应在不同的研究中具有可重复性。然而，有许多因素将这些研究区分开来：所分析的结构、预测的类型、图像采集和处理方法以及用于分析放射学特征的统计方法。

目的

本研究旨在系统整理计算机断层扫描（CT）检测到的头颈部癌症所使用的放射学分析参数数据。头颈部癌症包括咽喉、喉、鼻、鼻窦和口腔中的肿瘤[7]，已被选为最常见的癌症之一[8]，需要从CT开始进行多模式诊断[9–11]。

研究目标

工作的任务包括：

1. 分析基于CT的头颈癌放射组学的最新出版物（2021–2023 年），包括根据当前放射组学标准评估研究目标分布、所用方法和出版物质量；
2. 评估研究内部和研究之间放射组学特征的可重复性（稳定性）；
3. 将最近发表的论文与前一研究阶段的论文进行比较。

材料和方法

检索策略

检索在PubMed数据库中进行。检索查询仅限于英语。检索日期的选择使得我们的研究和其他研究之间的文献列表在很大程度上不会重叠：2020 年 11 月 15 日至 2023 年 6 月 1 日[12–14]。

搜索查询如下所示：

“head and neck neoplasms”[MeSH Terms] AND (“artificial intelligence”[MeSH Terms] OR (“artificial”[All Fields] AND “intelligence”[All Fields]) OR “artificial intelligence”[All Fields] OR (“deep learning”[MeSH Terms] OR (“deep”[All Fields] AND “learning”[All Fields]) OR “deep learning”[All Fields]) OR (“machine learning”[MeSH Terms] OR (“machine”[All Fields] AND “learning”[All Fields]) OR “machine learning”[All Fields]) OR (“neural networks, computer”[MeSH Terms] OR (“neural”[All Fields] AND “networks”[All Fields] AND “computer”[All Fields]) OR “computer neural networks”[All Fields] OR (“neural”[All Fields] AND “network”[All Fields]) OR “neural network”[All Fields]) OR “radiomic*”[All Fields]) OR “radiomic features*”[All Fields]) OR “radiomics features*”[All Fields]) AND (“node*”[All Fields] OR “lymph node*”[All Fields] OR (“nodal”[All Fields] OR “nodally”[All Fields] OR “nodals”[All Fields]) OR “metastas*”[All Fields])

纳入标准：原创文章。

排除标准：综述、荟萃分析以及使用放射学方法研究颈部和头部肿瘤的临床病例。

研究设计遵循 PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) 指南[15]。

通过搜索查询找到的文章的标题和摘要由两名专家独立分析。结果，一些文章被选中进行全文分析。如果对是否将某篇文章纳入分析存在分歧，则由第三位专家参与做出最终决定。没有对收录论文的参考文献目录进行额外分析，以确定适合本研究的出版物（“snowballing”）。

信息提取和文章质量评估

从所选文章的全文中提取了以下信息：

- 第一作者姓名和责任作者姓名；
- 文章标题、发表年份、DOI；
- 期刊名称、影响因子
- 开展研究的国家；
- 研究目标；
- 设计（前瞻性/回顾性、单中心/多中心）；
- 患者纳入/排除标准；
- 患者人数、性别和年龄；
- 肿瘤定位和肿瘤类型；
- 提取的放射学特征总数；
- 按类别划分的放射学特征分布情况（是否进行了评估）；如果进行了评估，则考虑以下类别：
 - 形状参数（二维和三维）；
 - 第一类参数
 - 第二类参数：具有多个子组的纹理参数

(Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM; Gray Level Run Length Matrix, GLRLM; Gray Level Size Zone Matrix, GLSZM; Neighbouring Gray Tone Difference Matrix, NGTDM; Gray Level Dependence Matrix, GLDM);

- 放射组学特征分析方法:
 - 是否使用了机器学习;
 - 在“手工放射组学”的情况下,用于选择放射组学特征的统计方法;
- - 作者选择的具有预测能力的放射组学特征的数量及其重要性。

所选文章的质量通过两种方式进行评估:放射组学研究专用的 RQS 2.0 (Radiomics Quality Score 2.0) 系统[16]和医学研究通用的 QUADAS-2 (Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies 2) 系统[17, 18],后者针对人工智能任务进行了修改—QUADAS-CAD。

放射特征的分析

从每篇选定的文章中提取了作者认为与预后相关的放射组学特征。从原始图像和后处理图像中提取的特征都被考虑在内。考虑了通过不同统计方法选出的特征:机器学习、回归分析、方差分析、重采样和类内相关系数估计。如果研究中测试了多个不同的假设,则分别提取每个假设的放射学特征。在两项研究中,对于所有提取的放射

组学参数,作者在公共领域提供了表征这些参数稳定性的统计数据—用于方差分析的类内相关系数[19]和方差分析的 p 级[20]—来说明这些参数的稳定性,而没有减少参数的数量。在这种情况下,我们根据所提供的公开数据,独立选择最稳定的辐射组学参数进行分析。

评估了不同研究之间以及同一研究内部针对不同终点的重要放射学特征集的重叠程度。

结果

文献检索和论文筛选

最初的检索查询获得了804篇参考文献,对这些参考文献的标题和摘要进行了分析。结果,有762篇参考文献因不合适而被排除(考虑了其他类型的癌症,没有使用放射组学分析)。根据标题和摘要分析,共纳入了42篇出版物(图 1)。其中,11篇文章被纳入最终分析,31篇文章被排除在外(11篇文章使用了磁共振成像,2篇文章使用了超声波;7篇文章研究了甲状腺癌,1篇文章研究了食道癌;在10篇论文中,作者没有提供使用的放射组学参数)。

文章的基本特征

附件1概述了选定供审查的文章的基本特征。在这11篇文章中,5篇在中国发表[19, 21–24],3篇在欧洲发表(其中一篇在意大利)[25],葡萄牙/奥地

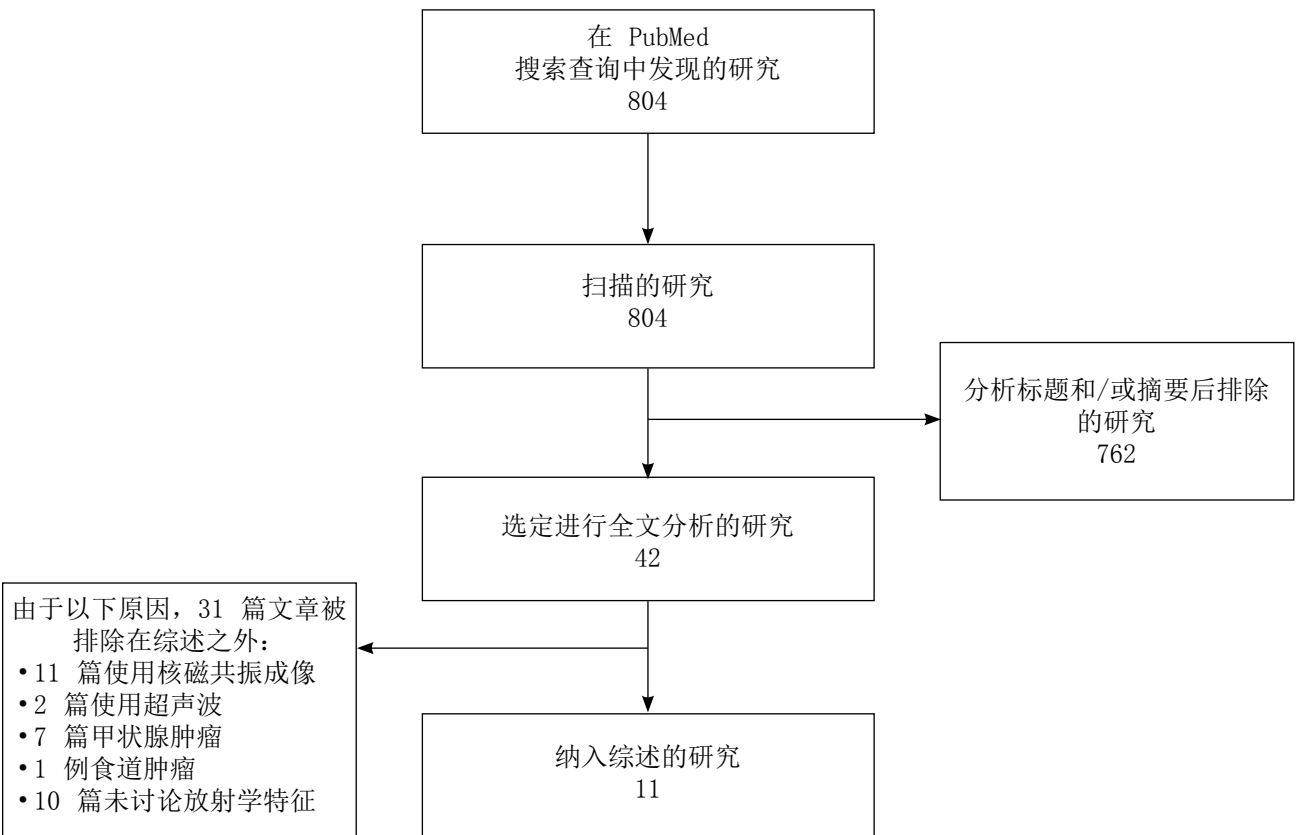


图 1. 系统文献检索框图。缩写: MRI—磁共振成像; US—超声波。

利/德国[26]、荷兰[27]、美国[28]、加拿大[20]和泰国[29]各有一篇文章发表。评分最高的论文发表在《Cancers》(影响因子 6.575) [20] 和《European Radiology》(影响因子 6.020) [21]。所有研究均为回顾性研究。纳入的研究中有八项是单中心研究[20-23, 25, 27-29], 三项是多中心研究[19, 24, 26]。

放射学特征已被用于预测总生存期[25, 26, 29]、无进展生存期[25, 29]、无远处转移生存期[28]、局部复发风险[25, 26, 28]、远处转移发生的评估[26]、淋巴结转移的术前预测[21, 23, 24]以及宫颈肿大结节的分类[22]。在一篇论文中, 研究了放射组学参数的稳定性对放射组学模型质量的影响[18]。在一篇文章中研究了取决于肿瘤位置的放射性标志性质的差异[20]。先前构建的模型在其他数据上的验证在一项工作中进行[27]。

根据RQS 2.0标准对收录论文进行的质量评估

附件2概述了根据放射学分析专用系统RQS 2.0[4]对文章进行的质量评估。研究文章的得分范围从36分(100%)中的7分(19.44%) [20]到18分(50.00%) [22]不等, 平均值和标准差分别为10分和4分。

11篇论文中有7篇(64%)对图像采集过程进行了详细记录[21-26, 28]。5篇论文(45%)考虑了分割(由两名研究人员重复分割、分割算法、引入随机噪声)对放射体特征提取的影响[22, 23, 25, 29, 30]。X. Teng 等人[20]评估了多中心研究中放射组学特征的可靠性, 以及不同特征对一般模型可靠性的影响。没有一项研究分析了放射组学特征对时间变化(例如, 器官运动、器官大小的增加/减少)的稳定性。有 10 篇论文(91%) [19, 21-29]考虑了重新训练模型和减少模型中辐射组学特征数量的问题, 并选择了最重要的特征。有8项研究(73%) [22, 24-30]在放射学和临床特征的组合集上建立了模型, 并对混合模型、放射学模型和临床模型进行了比较。所有研究(100%)都报告了置信度和判别质量值(AUC、p 级, 包括通过对数据重新取样获得的值) [31]。对所获得的放射模型进行验证的数值相当低。因此, 只有 3 篇论文(27%)使用了验证[20, 23, 26], 其中只有一篇论文(9%)使用了另一个中心的数据进行验证[26]。此外, 数据透明度指标较低: 只有两篇文章的数据是公共领域的——图像本身[25]和提取的放射组学特征[18]。

根据 QUADAS-CAD 量表确定的纳入论文的质量

表1和表2总结了QUADAS-CAD[17]给出的系统误差风险估计值。在所分析的11篇文章中, 有 篇(54.5%)的总体系统误差风险较高[19, 20, 25, 26, 28, 29]。在11篇文章中, 有5篇(45.5%)的系统性错误风险较低[21-24, 27]。有7项研究(64%) [19

、20、23、25、26、28、29]因数据不平衡而出现系统误差的风险较高, 有 4 项研究(36%) [21、22、24、27]因数据不平衡而出现系统误差的风险较低。大多数情况下, 这种风险与人口统计学参数和病理性质的样本不平衡有关。有6篇文章[19、20、22、24、26、28]使用了机器学习; 因此, D2 块中的一些问题只与这些文章相关。有 4 项研究(36%) [19, 20, 26, 29]选择了使用和解释指数测试的方式, 因此出现系统性错误的概率较高, 1 项研究(9.5%) [28]为中等, 6 项研究(54.5%) [21-25, 27]为低。在大多数情况下(64%), 与参考标准评估相关的错误风险较低[19、21-24、27、29]。在某些情况下, 评估参考值的医生的能力水平不清楚; 因此, 系统误差的风险被评估为高(27%) [28]或中(9%) [20, 25, 26]。有 3 项研究(27%)发现由于数据的异质性而导致系统错误的概率较高[20、25、28], 有 8 项研究(73%)发现系统错误的概率较低[19、21-24、26、27、29]。在某些情况下, 估计值不明确的原因是对数据分析方式的描述不够详细。

文章中使用的方法

提取的放射组学特征的数量从36[20]到5486[19]不等。5篇文章[22, 23, 25, 26, 28]详细介绍了按类别提取的放射性原子特征的分布情况。

有6项研究[19、20、22、24、26、28]使用了机器学习进行放射组学分析。在其余的5项研究中, 回归分析[25, 29], 方差分析(ANOVA) [23], 类内相关系数(ICC) [29], 数据重采样[28], 用于特征成对比较的单维检验(t检验, Mann-Whitney U检验, 卡方检验, Fisher精确检验) [21, 23, 27]。

文章中选择的特征数量从2[25, 27]到19[26]不等。在两篇文章中, 作者没有选择最重要的特征, 而是在附件中提供了每个提取特征的相关统计数据: ICC[19]和重复中特征重复的百分比[28]。

性状重现性分析

共有11项研究选择了191个放射组学特征作为有效的预测模型(见附件1), 其中47个属于一级特征。在这些特征中, 有5个(11%)相同的特征出现在两个不同的研究中, 其余的特征在不同的研究中没有重复出现。形状特征包括25个辐射组学特征。其中有5个(20%)相同的特征出现在两个不同的研究中。有两项研究(8%)在三项不同的研究中出现了相同的特征。其他情况下, 不同研究中没有重复出现。二阶特征包括 119 个放射学特征。其中, 有一篇文章(0.8%)的同一特征出现在两项不同的研究中。

在两篇文章中, 不同模型几乎完全再现了放射组学特征[23, 29]。在另外两项研究中, 不同模型的放射学特征没有重现[25, 28]。

讨论

本文总结了2021-2023年头颈部恶性肿瘤CT放射组学分析工作, 重点是编制一份常用和可靠的放射学

表 1. QUADAS-CAD 问卷

Домен	Вопросы	Franzese C., 2023	Gonçalves M., 2022	Zhao X., 2023	Teng X., 2022	Zhang W., 2022	Yang G., 2022	Intarak S., 2022	Morgan H., 2021	Li J., 2021	Liu X., 2021	Zhai T., 2021
D1	数据（训练集和测试集）在目标病理的严重性（包括缺失）方面是否平衡？	否	否	是	不清楚	是	是	否	否	是	否	是
	数据（训练集和测试集）在人口因素方面是否平衡？	否	否	是	不清楚	是	否	否	不清楚	是	否	是
	研究是否避免了不适当的例外？	是	否	是	不清楚	是	是	不清楚	不清楚	是	不清楚	是
	如果使用了神经网络，训练数据集和测试数据集是否不重叠或相似？	x	是	x	不清楚	是	x	x	是	是	不清楚	x
D2	如果使用了神经网络，每个数据集的大小是否合理？	x	否	x	是	是	x	x	是	是	是	x
	如果使用病理学阈值，是否先设定？	是	x	是	x	是	是	否	不清楚	是	不清楚	是
	如果使用决策阈值（人工智能），是否先设定？	x	x	x	x	x	x	x	不清楚	x	x	x
	参考标准能否正确地为目标状态进行分类？	不清楚	不清楚	是	是	是	是	是	不清楚	是	是	是
D3	参考标准的结果是否经过必要专业水平的准备或验证？	不清楚	不清楚	是	是	不清楚	是	是	不清楚	是	依稀	是
	得出结果的方式是否透明？	不清楚	是	是	是	是	是	是	否	是	是	是
	所有患者数据的参考标准是否相同？	不清楚	是	是	是	不清楚	是	是	否	不清楚	否	是

表2。 QUADAS-CAD偏差风险评估

第一作者， 年份	D1	D2	D3	D4	总体评估	重量 (%)
Franzese C., 2023	高风险	低风险	一些疑问	高风险	高风险	2
Gonçalves M., 2022	高风险	高风险	一些疑问	低风险	高风险	4
Zhao X., 2023	低风险	低风险	低风险	低风险	低风险	10
Teng X., 2022	高风险	高风险	低风险	低风险	高风险	32
Zhang W., 2022	低风险	低风险	低风险	低风险	低风险	6
Yang G., 2022	高风险	低风险	低风险	低风险	低风险	4
Intarak S., 2022	高风险	高风险	低风险	低风险	高风险	4
Morgan H., 2021	高风险	一些疑问	高风险	高风险	高风险	1
Li J., 2021	低风险	低风险	低风险	低风险	低风险	15
Liu X., 2021	高风险	高风险	一些疑问	高风险	高风险	14
Zhai T., 2021	低风险	低风险	低风险	低风险	低风险	6

参数列表。所分析的文献显示，所使用的方法多种多样，从图像采集和后处理技术，到用于提取放射学参数的软件和处理这些参数的统计方法，不一而足。此外，在构建预测放射组学模型时，总是减少放射组学参数的数量。参数的选择有多种方法（从单变量统计测试到机器学习），完全由作者的偏好决定。所选择的减少特征数量的统计方法也会极大地影响参数选择的结果。现代放射组学的主要问题之一（难以将单项研究的成功经验推广到实践中）至今尚未解决，最新的荟萃分析的结果强调了这一点[30]。

研究质量

通过对以往头颈部恶性肿瘤放射学研究的系统综述[13, 32]和我们的新研究进行比较分析，可以发现十年来一直存在的一些方法学问题。

放射组学研究的主要问题之一是缺乏根据外部数据验证所获得的放射组学模型。在我们分析的文章中，只有一篇文章使用了另一个中心的数据进行验证[33]。

另一个关键问题是数据不透明和分析技术描述不完整，这阻碍了此类研究成果的可重复性。尽管结果的可重复性是科学方法的基本标准之一，也是在实践中实施该方法的基础，这已不是什么秘密[34]。

我们的研究结果与其他系统综述中给出的估计值一致。例如，我们发现的所有四篇头颈部恶性肿瘤研究综述[12, 13, 32, 35]都指出缺乏外部数据对结果的验证。C. Giannitto 和合著者[13]还指出，由于对研究进展的描述不够详细，以及缺乏对结果在临床实践中实施的潜力的评估，研究中使用的技术不透明。A. Guha 及合著者[12]指出，研究方法存在很大的异质性，因此很难对研究结果进行归纳。

IBSI 放射诊断生物标记标准化倡议[36]目前

正在积极制定中。考虑到问题的细节和社区参与者的数量，该倡议可能是解决放射学分析不可识别问题的极佳步骤。仔细规划基于智能技术的算法的临床试验也可以提高结果的可重复性和可靠性[37]。

为放射组学研究创建一个开放空间，将使通常因所谓的“阳性系统误差”而未在同行评议来源中发表的负面结果也能在此发布。[38]。这对于在评估放射组学方法的有效性时最大限度地减少系统误差至关重要。此外，B. Koca等人[39]的荟萃研究，我们可以突出回顾性研究设计的普遍性（95%，149项研究中有142项）和相当大比例的研究（44%，149项研究中有66项）没有参考测试的问题[39]。

该方法的主要部分是描述肿块的体素、二维和三维特征及其他属性之间关系的放射学参数。目前，已知的此类参数有数千个，但对于它们中的每一个及其各种组合的诊断价值尚未达成共识。在所分析的文章中，所选特征的数量差异很大—从单位到数千个不等。只有不到一半的研究对反映肿瘤不同特性的特征组进行了详细描述。有三篇文章的作者根本没有关注模型中包含了哪些放射学参数。多中心研究中放射组学参数的稳定性仅在分析的一项工作中进行了评估。

为了能够在广泛的临床实践中实施放射预后模型，有必要根据对其稳定性和可重复性的评估，确定一组优先参数。我们试图选择预测模型中最常见的放射组学参数。结果表明，由于所使用的技术种类繁多，辐射测量参数的可重复性极低。这与先前研究人员的假设一致，即放射组学参数可能是随机的，不可再现的[40]。目前还无法推荐任何实用的放射参数组。首先，应统一放射技术并采用推荐标准，然后才能确定基本的放射参数组，以便将放射分析引入医学成像[41]。放射

学分析的统一还取决于研究方案和后处理控制标准化领域的工作[42]。

我们方法的局限性

我们的工作存在一些系统综述常见的局限性。由于我们的目标是尽可能广泛地概述头颈部恶性肿瘤的现有研究，因此我们纳入了对原发性和继发性肿瘤以及组织学上不同的头颈部肿瘤的研究。

检索仅限于PubMed数据库和英文论文，这可能在一定程度上减少了我们发现的研究数量。

所有研究均存在数据不平衡。只有病理病例被包括在内，而非病理病例未被包括在内。此外，有关人口统计学参数的数据也不平衡。

因此，我们只能使用描述性统计进行定性综合，而不能进行全面的荟萃分析。尽管如此，我们的研究揭示了当前放射组学的主要问题和该领域进一步研究的方向。

结论

放射组学是一个动态发展的现代领域。使用放射组学方法进行的研究越来越多。我们发现，该领域的主要挑战是研究透明度低、缺乏开放数据库以及缺乏统一的放射组学研究方法，这些挑战阻碍了这一前景广阔的技术在临床实践中的应用。放射组学发展的主要方向应该是在图像采集、图像处理和建模策略方面建立普遍接受的标准。在进行研究时，重要的是使用工具来评估系统误差的风险，如 QUADAS-2 或其针对特定任务的变体，并考虑降低这些风险的建议。此外，

还必须公开放射数据，例如遗传研究中常见的数据。创建一组稳定的放射组学参数是将该方法引入临床实践的必要条件。IBSI 平台是放射学数据标准化和公开发布的良好解决方案。

ADDITIONAL INFORMATION

Supplement 1. Basic characteristics of articles.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240-4214843>

Supplement 2. Radiomics quality assessment according to RQS-2.0.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623240-4214842>

Funding source. This paper was prepared by a group of authors as a part of the research and development effort titled “Scientific evidence for using radiomics-guided medical imaging to diagnose cancer”, No. 123031400009-1” (USIS No. 123031500005-2), in accordance with the Order No. 1196 dated December 21, 2022 “On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the city of Moscow to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Care Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025” issued by the Moscow Health Care Department.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Authors' contribution. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made a significant contribution to the development of the concept, conduct of the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication. The contribution is distributed as follows: Yu.A. Vasilev, A.V. Vladzymyrskyy, O.V. Omelyanskaya — study concept, approval of the final version of the manuscript; R.V. Reshetnikov, I.A. Blokhin, O.G. Nanova — literature review, data analysis, writing the text of the article.

REFERENCES

1. Rizzo S, Botta F, Raimondi S, et al. Radiomics: the facts and the challenges of image analysis. *Eur Radiol Exp.* 2018;2. doi: 10.1186/s41747-018-0068-z
2. Lambin P, Leijenaar R, Deist T, et al. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine. *Nat Rev Clin Oncol.* 2017;14:749–762. doi: 10.1038/nrclinonc.2017.141
3. Mayerhoefer ME, Materka A, Langs G, et al. Introduction to Radiomics. *J Nucl Med.* 2020;61(4):488–495. doi: 10.2967/jnumed.118.222893
4. Wan Y, Yang P, Xu L, et al. Radiomics analysis combining unsupervised learning and handcrafted features: A multiple-disease study. *Medical Physics.* 2021;48(11):7003–7015. doi: 10.1002/mp.15199
5. Zwanenburg A, Vallières M, Abdalah MA, et al. The Image Biomarker Standardization Initiative: Standardized Quantitative Radiomics for High-Throughput Image-based Phenotyping. *Radiology.* 2020;295(2). doi: 10.1148/radiol.2020191145
6. Berenguer R, Pastor-Juan M, Canales-Vázquez J, et al. Radiomics of CT Features May Be Nonreproducible and Redundant: Influence of CT Acquisition Parameters. *Radiology.* 2018;288(2). doi: 10.1148/radiol.2018172361
7. Laura QM, Chow MD. Head and Neck Cancer. *N Engl J Med.* 2020;382:60–72. doi: 10.1056/NEJMr1715715
8. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. *Ca Cancer J Clin.* 2021;71(3):209–249. doi: 10.3322/caac.21660
9. Bolotina LV, Vladimirova LY, Den'gina NV, Novik AV, Romanov IS. Practice guidelines for the treatment of malignant tumors of the head and neck. *Zlokačestvennye opuholi.* 2020;10(3s2-1):93–108. (In Russ). doi: 10.18027/2224-5057-2020-10-3s2-06
10. Bossi P, Chan AT, Licita L, et al. Nasopharyngeal carcinoma: ESMO-EURACAN Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of oncology.* 2021;32(4):452–465. doi: 10.1016/j.annonc.2020.12.007
11. Petrovichev VS, Neklyudova MV, Sinitsyn VE, Nikitin IG. Dual-energy computed tomography for head and neck cancer. *Digital Diagnostics.* 2021;2(3):343–355. doi: 10.17816/DD62572
12. Guha A, Connor S, Anjari M, et al. Radiomic analysis for response assessment in advanced head and neck cancers, a distant dream

or an inevitable reality? A systematic review of the current level of evidence. *BJR*. 2019;93(1106). doi: 10.1259/bjr.20190496

13. Giannitto C, Mercante G, Ammirabile A, et al. Radiomics-based machine learning for the diagnosis of lymph node metastases in patients with head and neck cancer: Systematic review. *Head & Neck*. 2022;45(2):482–491. doi: 10.1002/hed.27239

14. Yu Y, Li X, Li W, Wang H, Wang Y. Pretreatment radiomics power in evaluating neoadjuvant chemotherapy response and outcome for patients with head and neck squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. Preprint. 2023. doi: 10.21203/rs.3.rs-2530190/v1

15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372. doi: 10.1136/bmj.n71

16. Radiomics Quality Score — RQS 2.0 [Internet]. [cited 1 Jan 2023]. Available from: <https://www.radiomics.world/rqs2>

17. Kodenko MR, Vasilev YA, Vladzimirskyy AV, et al. Diagnostic Accuracy of AI for Opportunistic Screening of Abdominal Aortic Aneurysm in CT: A Systematic Review and Narrative Synthesis. *Diagnostics*. 2022;12(12):3197. doi: 10.3390/diagnostics12123197

18. Kodenko MR, Reshetnikov RV, Makarova TA. Modification of quality assessment tool for artificial intelligence diagnostic test accuracy studies (QUADAS-CAD). *Digital Diagnostics*. 2022;3(S1):4–5. doi: 10.17816/DD105567

19. Teng X, Zhang J, Ma Z, et al. Improving radiomic model reliability using robust features from perturbations for head-and-neck carcinoma. *Front. Oncol*. 2022;12. doi: 10.3389/fonc.2022.974467

20. Liu X, Maleki F, Muthukrishnan N, et al. Site-Specific Variation in Radiomic Features of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma and Its Impact on Machine Learning Models. *Cancers*. 2021;13(15). doi: 10.3390/cancers13153723

21. Zhao X, Li W, Zhang J, et al. Radiomics analysis of CT imaging improves preoperative prediction of cervical lymph node metastasis in laryngeal squamous cell carcinoma. *European Radiology*. 2023;33:1121–1131. doi: 10.1007/s00330-022-09051-4

22. Zhang W, Peng J, Zhao S, et al. Deep learning combined with radiomics for the classification of enlarged cervical lymph nodes. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*. 2022;148:2773–2780. doi: 10.1007/s00432-022-04047-5

23. Yang G, Yang F, Zhang F, et al. Radiomics Profiling Identifies the Value of CT Features for the Preoperative Evaluation of Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma. *Diagnostics*. 2022;12(5). doi: 10.3390/diagnostics12051119

24. Li J, Wu X, Mao N, et al. Computed Tomography-Based Radiomics Model to Predict Central Cervical Lymph Node Metastases in Papillary Thyroid Carcinoma: A Multicenter Study. *Front. Endocrinol*. 2021;12. doi: 10.3389/fendo.2021.741698

25. Franzese C, Lillo S, Cozzi L, et al. Predictive value of clinical and radiomic features for radiation therapy response in patients with lymph node-positive head and neck cancer. *Head & Neck*. 2023;45(5):1184–1193. doi: 10.1002/hed.27332

26. Gonçalves M, Gsaxner Ch, Ferreira A, et al. Radiomics in Head and Neck Cancer Outcome Predictions. *Diagnostics*. 2022;12(11). doi: 10.3390/diagnostics12112733

27. Zhai T, Wesseling F, Langendijk J, et al. External validation of nodal failure prediction models including radiomics in head and neck cancer. *Oral Oncology*. 2021;112. doi: 10.1016/j.oraloncology.2020.105083

28. Morgan HE, Wang K, Dohopolski M, et al. Exploratory ensemble interpretable model for predicting local failure in head and neck cancer: the additive benefit of CT and intra-treatment cone-beam computed tomography features. *Quant Imaging Med Surg*. 2021;11(12):4781–4796. doi: 10.21037/qims-21-274

29. Intarak S, Chongpison Y, Vimolnoch M, et al. Tumor Prognostic Prediction of Nasopharyngeal Carcinoma Using CT-Based Radiomics in Non-Chinese Patients. *Front. Oncol*. 2022;12. doi: 10.3389/fonc.2022.775248

30. Zhong J, Lu J, Zhang G, et al. An overview of meta-analyses on radiomics: more evidence is needed to support clinical translation. *Insights Imaging*. 2023;14. doi: 10.1186/s13244-023-01437-2

31. Certificate of state registration of the computer program № 2022617324/ 19.04.2022. Morozov SP, Andreichenko AE, Chetverikov SF, et al. *Web-based tool for performing ROC analysis of diagnostic test results: № 2022616046*. (In Russ).

32. Giraud P, Giraud Ph, Gasnier A, et al. Radiomics and Machine Learning for Radiotherapy in Head and Neck Cancers. *Front. Oncol*. 2019;9. doi: 10.3389/fonc.2019.00174

33. Certificate of state registration of the computer program № 2023619686/ 15.05.2023. Vasilev YuA, Vladzimirskyy AV, Omelyanskaya OV, et al. *Web-based tool for quality control of datasets: № 2023617136*. (In Russ).

34. Gundersen OE, Kjenmo S. State of the Art: Reproducibility in Artificial Intelligence. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2018;32(1). doi: 10.1609/aaai.v32i1.11503

35. Tortora M, Gemini L, Scaravilli A, et al. Radiomics Applications in Head and Neck Tumor Imaging: A Narrative Review. *Cancers*. 2023;15(4). doi: 10.3390/cancers15041174

36. Image Biomarker Standardisation Initiative (IBSI) [Internet]. [cited 1 Jan 2023]. Available from: <https://theibsi.github.io/>

37. Morozov SP, Vladzimirskyy AV, Klyashornyi VG, et al. *Practice guidelines for the treatment of malignant tumors of the head and neck*. Moscow; 2019. (In Russ).

38. Buvat I, Orlhac F. The Dark Side of Radiomics: On the Paramount Importance of Publishing Negative Results. *The Journal of Nuclear Medicine*. 2019;60(11):1543–1544. doi: 10.2967/jnumed.119.235325

39. Kocak B, Bulut E, Bayrak ON, et al. NEgative results in Radiomics research (NEVER): A meta-research study of publication bias in leading radiology journals. *European Journal of Radiology*. 2023;163. doi: 10.1016/j.ejrad.2023.110830

40. Berenguer R, Pastor-Juan MR, Canales-Vázquez J, et al. Radiomics of CT Features May Be Nonreproducible and Redundant: Influence of CT Acquisition Parameters. *Radiology*. 2018;288(2). doi: 10.1148/radiol.2018172361

41. Morozov SP, Lindenbraten LD, Gabai PG, et al. *Fundamentals of medical imaging management*. Morozov SP, editor. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. (In Russ). doi: 10.33029/9704-5247-9-MEN-2020-1-424

42. Khoruzhaya AN, Ahkmad ES, Semenov DS. The role of the quality control system for diagnostics of oncological diseases in radiomics. *Digital Diagnostics*. 2021;2(2):170–184. doi: 10.17816/DD60393

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rizzo S., Botta F., Raimondi S., et al. Radiomics: the facts and the challenges of image analysis // *Eur Radiol Exp*. 2018. Vol. 2. doi: 10.1186/s41747-018-0068-z
2. Lambin P., Leijenaar R., Deist T., et al. Radiomics: the bridge between medical imaging and personalized medicine // *Nat Rev Clin Oncol*. 2017. Vol. 14. P. 749–762. doi: 10.1038/nrclinonc.2017.141
3. Mayerhoefer M.E., Materka A., Langs G., et al. Introduction to Radiomics // *J Nucl Med*. 2020. Vol. 61, N 4. P. 488–495. doi: 10.2967/jnumed.118.222893
4. Wan Y., Yang P., Xu L., et al. Radiomics analysis combining unsupervised learning and handcrafted features: A multiple-disease study // *Medical Physics*. 2021. Vol. 48, N 11. P. 7003–7015. doi: 10.1002/mp.15199
5. Zwanenburg A., Vallières M., Abdalah M.A., et al. The Image Biomarker Standardization Initiative: Standardized Quantitative Radiomics for High-Throughput Image-based Phenotyping // *Radiology*. 2020. Vol. 295, N 2. doi: 10.1148/radiol.2020191145
6. Berenguer R., Pastor-Juan M., Canales-Vázquez J., et al. Radiomics of CT Features May Be Nonreproducible and Redundant: Influence of CT Acquisition Parameters // *Radiology*. 2018. Vol. 288, N 2. doi: 10.1148/radiol.2018172361
7. Laura Q.M., Chow M.D. Head and Neck Cancer // *N Engl J Med*. 2020. Vol. 382. P. 60–72. doi: 10.1056/NEJMra1715715
8. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries // *Ca Cancer J Clin*. 2021. Vol. 71, N 3. P. 209–249. doi: 10.3322/caac.21660
9. Болотина Л.В., Владимирова Л.Ю., Деньгина Н.В., Новик А.В., Романов И.С. Практические рекомендации по лечению злокачественных опухолей головы и шеи // *Злокачественные опухоли*. 2020. Т. 10, № 3s2-1. С. 93–108. doi: 10.18027/2224-5057-2020-10-3s2-06
10. Bossi P., Chan A.T., Licita L., et al. Nasopharyngeal carcinoma: ESMO-EURACAN Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up // *Annals of oncology*. 2021. Vol. 32, N 4. P. 452–465. doi: 10.1016/j.annonc.2020.12.007
11. Петровичев В.С., Неклюдова М.В., Синицын В.Е., Никитин И.Г. Двухэнергетическая компьютерная томография рака головы и шеи // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 3. С. 343–355. doi: 10.17816/DD62572
12. Guha A., Connor S., Anjari M., et al. Radiomic analysis for response assessment in advanced head and neck cancers, a distant dream or an inevitable reality? A systematic review of the current level of evidence // *BJR*. 2019. Vol. 93, N 1106. doi: 10.1259/bjr.20190496
13. Giannitto C., Mercante G., Ammirabile A., et al. Radiomics-based machine learning for the diagnosis of lymph node metastases in patients with head and neck cancer: Systematic review // *Head & Neck*. 2022. Vol. 45, N 2. P. 482–491. doi: 10.1002/hed.27239
14. Yu Y., Li X., Li W., Wang H., Wang Y. Pretreatment radiomics power in evaluating neoadjuvant chemotherapy response and outcome for patients with head and neck squamous cell carcinoma: a systematic review and meta-analysis. Preprint. 2023. doi: 10.21203/rs.3.rs-2530190/v1
15. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews // *BMJ*. 2021. Vol. 372. doi: 10.1136/bmj.n71
16. Radiomics Quality Score — RQS 2.0. [Internet]. [дата обращения 01.01.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.radiomics.world/rqs2>
17. Kodenko M.R., Vasilev Y.A., Vladzymirskyy A.V., et al. Diagnostic Accuracy of AI for Opportunistic Screening of Abdominal Aortic Aneurysm in CT: A Systematic Review and Narrative Synthesis // *Diagnostics*. 2022. Vol. 12, N 12. P. 3197. doi: 10.3390/diagnostics12123197
18. Коденко М.Р., Решетников Р.В., Макарова Т.А. Инструмент оценки качества исследований диагностической точности алгоритмов искусственного интеллекта (QUADAS-CAD) // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № S1. С. 4–5. doi: 10.17816/DD105567
19. Teng X., Zhang J., Ma Z., et al. Improving radiomic model reliability using robust features from perturbations for head-and-neck carcinoma // *Front. Oncol*. 2022. Vol. 12. doi: 10.3389/fonc.2022.974467
20. Liu X., Maleki F., Muthukrishnan N., et al. Site-Specific Variation in Radiomic Features of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma and Its Impact on Machine Learning Models // *Cancers*. 2021. Vol. 13, N 15. doi: 10.3390/cancers13153723
21. Zhao X., Li W., Zhang J., et al. Radiomics analysis of CT imaging improves preoperative prediction of cervical lymph node metastasis in laryngeal squamous cell carcinoma // *European Radiology*. 2023. Vol. 33. P. 1121–1131. doi: 10.1007/s00330-022-09051-4
22. Zhang W., Peng J., Zhao S., et al. Deep learning combined with radiomics for the classification of enlarged cervical lymph nodes // *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*. 2022. Vol. 148. P. 2773–2780. doi: 10.1007/s00432-022-04047-5
23. Yang G., Yang F., Zhang F., et al. Radiomics Profiling Identifies the Value of CT Features for the Preoperative Evaluation of Lymph Node Metastasis in Papillary Thyroid Carcinoma // *Diagnostics*. 2022. Vol. 12, N 5. doi: 10.3390/diagnostics12051119
24. Li J., Wu X., Mao N., et al. Computed Tomography-Based Radiomics Model to Predict Central Cervical Lymph Node Metastases in Papillary Thyroid Carcinoma: A Multicenter Study // *Front. Endocrinol*. 2021. Vol. 12. doi: 10.3389/fendo.2021.741698
25. Franzese C., Lillo S., Cozzi L., et al. Predictive value of clinical and radiomic features for radiation therapy response in patients with lymph node-positive head and neck cancer // *Head & Neck*. 2023. Vol. 45, N 5. P. 1184–1193. doi: 10.1002/hed.27332
26. Gonçalves M., Gsaxner Ch., Ferreira A., et al. Radiomics in Head and Neck Cancer Outcome Predictions // *Diagnostics*. 2022. Vol. 12, N 11. doi: 10.3390/diagnostics12112733
27. Zhai T., Wesseling F., Langendijk J., et al. External validation of nodal failure prediction models including radiomics in head and neck cancer // *Oral Oncology*. 2021. Vol. 112. doi: 10.1016/j.oraloncology.2020.105083
28. Morgan H.E., Wang K., Dohopolski M., et al. Exploratory ensemble interpretable model for predicting local failure in head and neck cancer: the additive benefit of CT and intra-treatment cone-beam computed tomography features // *Quant Imaging Med Surg*. 2021. Vol. 11, N 12. P. 4781–4796. doi: 10.21037/qims-21-274
29. Intarak S., Chongpison Y., Vimolnoch M., et al. Tumor Prognostic Prediction of Nasopharyngeal Carcinoma Using CT-Based Radiomics in Non-Chinese Patients // *Front. Oncol*. 2022. Vol. 12. doi: 10.3389/fonc.2022.775248
30. Zhong J., Lu J., Zhang G., et al. An overview of meta-analyses on radiomics: more evidence is needed to support

clinical translation // *Insights Imaging*. 2023. Vol. 14. doi: 10.1186/s13244-023-01437-2

31. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617324/ 19.04.2022. Морозов С.П., Андрейченко А.Е., Четвериков С.Ф., и др. Веб-инструмент для выполнения ROC анализа результатов диагностических тестов: № 2022616046.

32. Giraud P., Giraud Ph., Gasnier A., et al. Radiomics and Machine Learning for Radiotherapy in Head and Neck Cancers // *Front. Oncol*. 2019. Vol. 9. doi: 10.3389/fonc.2019.00174

33. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619686/ 15.05.2023. Васильев Ю.А., Владимировский А.В., Омелянская О.В., и др. Веб-инструмент для контроля качества датасетов: № 2023617136.

34. Gundersen O.E., Kjenmo S. State of the Art: Reproducibility in Artificial Intelligence // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2018. Vol. 32, N 1. doi: 10.1609/aaai.v32i1.11503

35. Tortora M., Gemini L., Scaravilli A., et al. Radiomics Applications in Head and Neck Tumor Imaging: A Narrative Review // *Cancers*. 2023. Vol. 15, N 4. doi: 10.3390/cancers15041174

36. Image Biomarker Standardisation Initiative (IBSI) [Internet]. [дата обращения: 01.01.2023]. Доступ по ссылке: <https://theibsi.github.io/>

37. Морозов С.П., Владимировский А.В., Кляшторный В.Г., и др. Клинические испытания программного обеспечения на

основе интеллектуальных технологий (лучевая диагностика). Москва, 2019.

38. Buvat I., Orhac F. The Dark Side of Radiomics: On the Paramount Importance of Publishing Negative Results // *The Journal of Nuclear Medicine*. 2019. Vol. 60, N 11. P. 1543–1544. doi: 10.2967/jnumed.119.235325

39. Kocak B., Bulut E., Bayrak O.N., et al. NEgative results in Radiomics research (NEVER): A meta-research study of publication bias in leading radiology journals // *European Journal of Radiology*. 2023. Vol. 163. doi: 10.1016/j.ejrad.2023.110830

40. Berenguer R., Pastor-Juan M.R., Canales-Vázquez J., et al. Radiomics of CT Features May Be Nonreproducible and Redundant: Influence of CT Acquisition Parameters // *Radiology*. 2018. Vol. 288, N 2. doi: 10.1148/radiol.2018172361

41. Морозов С.П., Линденбрaten Л.Д., Габай П.Г., и др. Основы менеджмента медицинской визуализации / под ред. С.П. Морозова. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. doi: 10.33029/9704-5247-9-MEN-2020-1-424

42. Хоружая А.Н., Ахмад Е.С., Семенов Д.С. Роль системы контроля качества лучевой диагностики онкологических заболеваний в радиомике // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 2. С. 170–184. doi: 10.17816/DD60393

AUTHORS' INFO

* **Olga G. Nanova**, Cand. Sci. (Biology)

address: 24/1 Petrovka street, 127051, Moscow, Russia;

ORCID: 0000-0001-8886-3684;

eLibrary SPIN: 6135-4872;

e-mail: NanovaOG@zdrav.mos.ru

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: npcmmr@zdrav.mos.ru

Ivan A. Blokhin;

ORCID: 0000-0002-2681-9378;

eLibrary SPIN: 3306-1387;

e-mail: i.blokhin@npcmmr.ru

Roman V. Reshetnikov, Cand. Sci. (Physics and Mathematics);

ORCID: 0000-0002-9661-0254;

eLibrary SPIN: 8592-0558;

e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Anton V. Vladzimirsky, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: npcmmr@zdrav.mos.ru

Olga V. Omelyanskaya;

ORCID: 0000-0002-0245-4431;

eLibrary SPIN: 8948-6152;

e-mail: o.omelyanskaya@npcmmr.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Нанова Ольга Геннадьевна**, канд. биол. наук;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;

ORCID: 0000-0001-8886-3684;

eLibrary SPIN: 6135-4872;

e-mail: NanovaOG@zdrav.mos.ru

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: npcmmr@zdrav.mos.ru

Блохин Иван Андреевич;

ORCID: 0000-0002-2681-9378;

eLibrary SPIN: 3306-1387;

e-mail: i.blokhin@npcmmr.ru

Решетников Роман Владимирович, канд. физ.-мат. наук;

ORCID: 0000-0002-9661-0254;

eLibrary SPIN: 8592-0558;

e-mail: reshetnikov@fbb.msu.ru

Владимировский Антон Вячеславович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: npcmmr@zdrav.mos.ru

Омелянская Ольга Васильевна;

ORCID: 0000-0002-0245-4431;

eLibrary SPIN: 8948-6152;

e-mail: o.omelyanskaya@npcmmr.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

Optimization of magnetic resonance imaging of the hand

Yuriy A. Vasilev, Dmitry S. Semenov, Alexey V. Petraikin, Andrey A. Uchevatkin, Liya R. Abuladze, Alexander V. Bazhin, Dariya E. Sharova

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Magnetic resonance imaging is one of the leading imaging modalities of the musculoskeletal system. However, when imaging the hand, major problems in magnetic resonance imaging include the lack of specialized coils and reliable fixation devices for the hand, uncomfortable patient posture, motion artifacts, and small anatomical structures in the wrist. These factors inevitably lead to incorrect interpretation.

AIM: To improve the quality of magnetic resonance imaging of the hand by developing an approach to coil selection, scanning protocol, and hand positioning and fixation.

MATERIALS AND METHODS: A positioning device was developed to prevent hand movements. Two types of coils were evaluated. Magnetic resonance images were evaluated comparatively, as well as by a musculoskeletal radiologist.

RESULTS: A head coil is more appropriate when scanning the entire hand, for example, in rheumatic diseases. A knee coil is more appropriate when studying smaller anatomical structures (including the wrist) owing to a smaller field of view and higher resolution. Based on the obtained data, guidelines for the selection of scanning parameters, sequences, and coils for magnetic resonance imaging of the hand were formulated. To prevent motion artifacts, a special fixation device of the patient's hand was introduced.

CONCLUSION: Certain factors directly affect the qualitative magnetic resonance imaging study of the hand, such as safety protocols, scanning parameters, and hand fixation. The guidelines presented in this study and the use of the developed specialized fixation device may improve the quality of magnetic resonance imaging of the hand.

Keywords: magnetic resonance imaging; hand; wrist; optimization.

To cite this article:

Vasilev YuA, Semenov DS, Petraikin AV, Uchevatkin AA, Abuladze LR, Bazhin AV, Sharova DE. Optimization of magnetic resonance imaging of the hand. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

Магнитно-резонансная томография кисти: оптимизация сканирования

Ю.А. Васильев, Д.С. Семенов, А.В. Петряйкин, А.А. Учеваткин,
Л.Р. Абуладзе, А.В. Бажин, Д.Е. Шарова

Научно-практический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Магнитно-резонансная томография — один из ведущих методов лучевой диагностики патологических изменений опорно-двигательного аппарата, в том числе лучезапястного сустава и кисти. Основными проблемами, с которыми встречаются рентгенолаборанты и врачи-рентгенологи при выполнении магнитно-резонансной томографии кисти, являются отсутствие специализированной катушки и надёжного фиксирующего устройства для кисти, а также неудобная поза пациента, что в итоге приводит к чрезмерной двигательной активности пациента во время исследования и снижению качества получаемых изображений. В дополнение к этому, лучезапястный сустав и кисть состоят из множества небольших анатомических структур, детальная визуализация которых требует удлинения времени сканирования, что в свою очередь является дополнительным фактором риска получения некачественных изображений из-за двигательной активности пациента, повышая вероятность некорректной интерпретации исследования врачом-рентгенологом.

Цель — улучшить качество изображений, полученных в ходе магнитно-резонансной томографии кисти, путём разработки стандартизованного подхода к выполнению исследования: выбор катушки, укладка пациента, осуществление фиксации кисти, а также выбор протокола сканирования и параметров импульсных последовательностей.

Материалы и методы. Разработана лонгета для предупреждения движений кисти и выполнены исследования с применением двух видов радиочастотных катушек. Проведена сравнительная оценка изображений по техническим параметрам, а также оценка врачом-рентгенологом, специализирующимся на скелетно-мышечной визуализации, на предмет качества изображений в зависимости от цели исследования.

Результаты. Применение катушки для исследования головы (головной катушки) более целесообразно при необходимости сканирования всей кисти (например, при ревматологических заболеваниях), применение коленной катушки — при необходимости более детальной оценки анатомических структур (в том числе запястья), ввиду меньшего поля обзора и более высокого разрешения. На основании полученных данных были сформулированы рекомендации по проведению магнитно-резонансной томографии кисти: выбор радиочастотной катушки, протокола сканирования, параметров импульсных последовательностей. Кроме того, нами предложена лонгета для фиксации кисти пациента с целью нивелирования избыточных движений и предотвращения возникновения артефактов.

Заключение. Для качественного выполнения магнитно-резонансной томографии кисти требуется учитывать ряд факторов: правила безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии, настройка параметров сканирования, грамотная фиксация кисти в катушке. Соблюдение рекомендаций, которые предлагаются в данной работе, а также применение разработанной лонгеты позволяют улучшить качество полученных изображений при магнитно-резонансной томографии кисти.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; кисть; лучезапястный сустав; оптимизация.

Как цитировать:

Васильев Ю.А., Семенов Д.С., Петряйкин А.В., Учеваткин А.А., Абуладзе Л.Р., Бажин А.В., Шарова Д.Е. Магнитно-резонансная томография кисти: оптимизация сканирования // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

手部磁共振成像：扫描优化

Yuriy A. Vasilev, Dmitry S. Semenov, Alexey V. Petraikin, Andrey A. Uchevatkin,
Liya R. Abuladze, Alexander V. Bazhin, Dariya E. Sharova

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

摘要

论证。磁共振成像是对包括腕关节和手部在内的肌肉骨骼系统病变进行放射诊断的主要方法之一。放射技师和放射科医生在进行手部磁共振成像时遇到的主要问题是缺乏专用线圈和可靠的手部固定装置，以及病人的姿势不舒适。这最终会导致患者在检查过程中过度移动，并降低所获图像的质量。此外，腕关节和手部由许多细小的解剖结构组成，对这些结构的详细观察需要更长的扫描时间。反过来，由于患者的运动活动，这也是造成图像质量差的一个额外风险因素。这就增加了放射科医生对检查做出错误解释的可能性。

目的是通过制定标准化的检查方法，提高手部磁共振成像的图像质量：线圈选择、患者定位、手部固定以及扫描方案和脉冲序列参数的选择。

材料和方法。开发了一种防止手部运动的绷带，并使用两种射频线圈进行了检查。一名专门从事肌肉骨骼成像的放射科医生对图像的技术参数进行了比较评估，并根据研究目的对图像质量进行了评估。

结果。当需要扫描整个手部（如风湿病）时，头部线圈更为合适。膝部线圈的视野较小，分辨率较高，可用于对解剖结构（包括腕部）进行更详细的评估。根据获得的数据，我们制定了手部磁共振成像的建议：选择射频线圈、扫描方案和脉冲序列参数。此外，我们还提出了固定患者手部的绷带，以平缓过度运动和防止伪影。

结论。要保证手部磁共振成像的质量，需要考虑以下几个因素：磁共振成像过程中的安全规则、扫描参数的调整以及手部在线圈中的正确固定。遵守本文提出的建议以及使用开发的绷带可以提高手部磁共振成像的质量。

关键词：磁共振成像；手部；腕关节；优化。

引用本文：

Vasilev YuA, Semenov DS, Petraikin AV, Uchevatkin AA, Abuladze LR, Bazhin AV, Sharova DE. 手部磁共振成像：扫描优化. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

收到: 31.10.2023

接受: 16.11.2023

发布日期: 19.06.2024

论证

磁共振成像（MRI）是诊断人体肌肉骨骼系统结构病变的主要方法之一。无电离辐射和高软组织对比度使该方法占据领先地位。磁共振成像在评估软骨、韧带、肿块和骨髓病变方面表现出很高的诊断准确性[1]。然而，为了详细评估手部的众多微小结构并获得高质量的磁共振成像图像，必要满足许多条件：放射科医生在进行磁共振成像时必须遵守一般安全规则[2]，使用正确的脉冲序列，使用特定的射频线圈和附加元件，以便将手部固定在正确的位置。磁共振成像的缺点之一是可用性较低[3]，成本较高[4]。

对于放射科医生来说，手部磁共振成像的解读难度在于手部结构较小，其病理变化的可视化和解释不仅直接取决于医生的资格，还取决于所进行研究的质量[5]。例如，研究表明，擅长诊断肌肉骨骼系统病变的放射科医生比经验较少的同行能提供更详细的描述[1]。谈到患者，值得注意的是，获得高质量图像的主要因素之一是患者手的正确放置和固定，以及在整个研究过程中最大限度地减少运动活动。众所周知，运动是磁共振成像图像产生伪影的最常见原因之一。伪影表现为结构轮廓的模糊，因此会降低研究的信息量[6]。造成伪影的运动有两种：一种是由生理过程（血管中的血流）引起的内部运动，另一种是与患者在研究过程中的主动或被动运动直接相关的外部运动。由于血管口径较小，血流伪影似乎不太明显，并且可以通过叠加在扫描区域远端和近端的特殊饱和脉冲以及相位编码梯度的方向来消除滑。通过为手部选择一个舒适的位置并确保其安全固定，可以最大限度地减少患者的活动[6]。

目的

这项工作的目的是通过制定包括线圈选择、患者定位、手部固定、扫描方案和脉冲序列参数在内的标准化方法，提高手部核磁共振成像的质量。

材料和方法

目前，包括莫斯科市卫生局的医疗机构在内，在进行手部磁共振成像扫描时存在许多问题：缺乏专用线圈、患者姿势不舒适、运动伪影、解剖



图 1. 用于患者手部安置的装置（绷带）。

结构小，其详细成像需要延长扫描时间。此外，一个重要的问题是线圈中缺乏可靠的手部固定装置。因此，我们开发了一种运动抑制绷带，并使用不同的射频线圈（头部和膝部）进行了研究，以比较质量，并根据研究目的根据获得的数据制定磁共振成像执行建议。

研究使用Excelart Vantage 1.5T磁共振断层成像仪（日本东芝公司）对一名健康志愿者进行，该设备是研究时莫斯科市卫生局医疗机构最常用的机型之一。

研究开发了一种手部固定绷带，在松紧带上有四个固定纺织扣（图 1）。使用的材料是聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）。绷带的尺寸为 30×12 厘米，厚度为 0.5 厘米。此外，还额外提供了前臂远端垫（图 2, b）和一次性臂带（手套、信封）。

纵向绷带的位置应使手部与身体紧密贴合，腕部靠在特制的垫子上，以提供舒适的位置。然后用弹力带上的四个纺织扣固定绷带（图 2）。患者体位：平躺，手臂前伸（超人姿势），绷带固定在手上（图 3）。

信噪比（SNR）是磁共振成像成像质量的主要指标之一：信噪比越高，解剖结构的成像就越好。因此，首先根据扫描区域对信噪比成像进行评估。头部和膝部线圈的信噪比计算有两种方法。

第一种方法：肌肉信号、拇指高程（thenar）和背景标准偏差（SD）之比，公式（1）：

$$SNR = \frac{\text{thenar signal}}{SD \text{ background}} \quad (1)$$

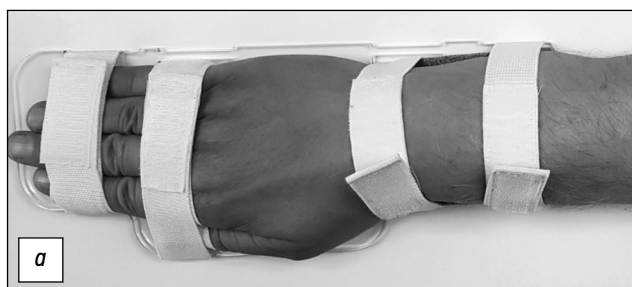


图 2. 固定患者手部的绷带固定示例：a - 俯视图；b - 侧视图。

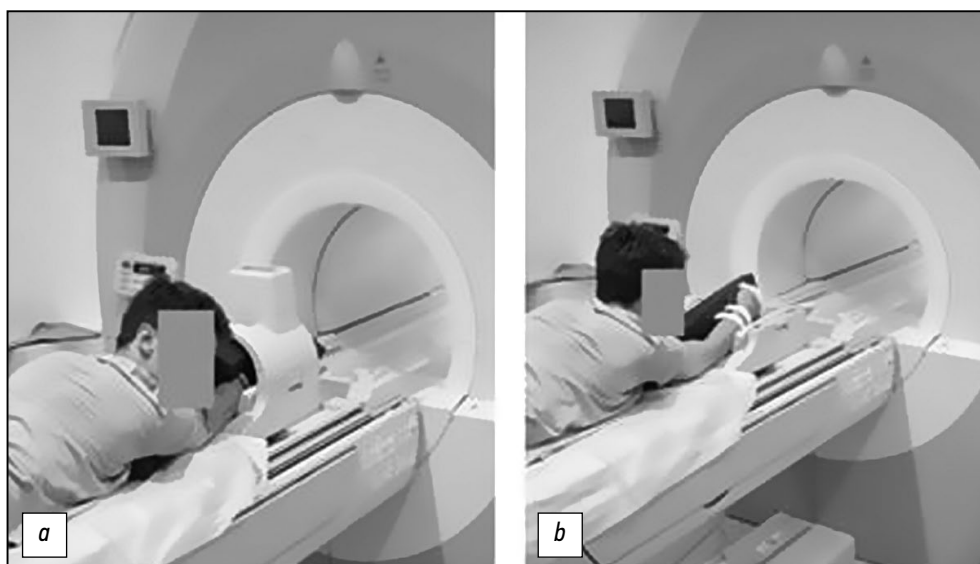


图 3. 患者仰卧位，手臂前伸（超人姿势），手放在绷带上固定：a – 设备在射频线圈组件中的位置；b – 设备在顶部开口的容积式射频线圈中的位置。

第二种方法：主音信号与背景信号之比，公式 (2)：

$$SNR = \frac{\text{thenar signal}}{\text{background signal}} \quad (2)$$

由于来自肌肉的信号不会被 STIR（短头反转恢复）和 FS（脂肪抑制）技术所抑制，因此可以对不同扫描模式下获得的数据进行平均。因此，计算了三种主要脉冲序列的信噪比指数：T1 加权图像（WI）、STIR、PD-WI FS（带脂肪抑制的质子密度加权图像）。此外，还评估了血管伪影的存在、垂直和水平放置的可能性、设置扫描程序的必要性以及患者的便利性。图像由一位有 10 年经验的放射科医生进行评估。

结果

表1显示了头部线圈和膝部线圈的信噪比比较。从表中可以看出，在两种确定该指标的方法中，膝部线圈的信噪比都更高，这更清楚地体现在平均信噪比值上，使用公式(1)测量时是1.39倍，使用公式(2)时是5.3倍（见上文公式）。

表2显示了头部和膝部线圈的比较情况。图4和图5显示了使用头部和膝部射频线圈获得的图像。图4和图5显示了使用头部和膝部射频线圈获得的图像。头部线圈的信噪比较低（见图 4），但信号强度分布更均匀，可对整个手部进行评估。另一方面，在使用膝关节线圈时（见图 5），信噪比局部较高，这使得评估较小的结构成为可能，这对于有针对性地研究手腕结构很重要。这是因为膝关节射频线圈是正交线圈而不是多通道线圈，也因为其工作视野较小。调查结果显示，头部线圈对病人来说更舒适。

因此，如果需要检查整个手部（例如风湿病）时，使用头部线圈更为合适。如果需要对腕部小

结构（如透明软骨损伤、应力性和病理性骨折、三角纤维软骨复合体（TFCC）损伤或隧道综合征）进行更详细的评估时，则适合使用膝关节线圈。

根据所获得的数据，我们为从业人员和放射技师提出了以下建议：

1. 排除可能造成伪影和创伤的金属物体的存在。
2. 根据临床任务选择射频线圈：如果需要详细分析局部解剖结构（手腕、TFCC 等），建议使用膝部容积射频线圈。如果需要对整个手部进行全面研究，则需要使用头部射频线圈。
3. 固定病人的手，使其与绷带主体紧密贴合，将腕部放在一个特殊的垫子上，以便舒适地放置手部，用四个纺织紧固件固定在松紧带上（图 2, a, b）。
4. 如图3所示，让患者仰卧，手臂向前伸展（超人姿势）。并不总是可能将患者的手沿着CT隧道的中心轴放置，并且手明显处于等中心，因此手部通常会旋转和/或移至通道边缘。此外，还应注意线圈的选择：一些制造商的解决方案是刚性固定在病人的手术台上，而另一些则允许足够的移动自由度，以确保手处于等中心位置。
5. 按照以下扫描方案进行研究[7-10]：
 - a) 如果需要检查整个手部，如风湿病（表 3）：
 - 扫描前设置和定位切片；
 - 矢状面上的 PD-WI FS（PD FS, sag）；
 - 冠状面的 PD-WI FS（PD FS, cor）；
 - 轴向平面的 PD-WI FS（PD FS, ax）；
 - 冠状面上的 STIR（STIR, cor）；
 - 冠状面上的 T1-WI（T1-WI, cor）。

进行脉冲序列定位：定位器——在不到25秒的时间内获得的三个投影的低分辨率图像：

- 轴向平面-获得的切片应覆盖整个手腕区域，在腕掌关节上方三个切片和远端肘关节下方三个切片。

表 1. 头部和膝部线圈的信噪比比较

	按公式 (1) 计算 信噪比			按公式 (2) 计算 信噪比		
	T 1-WI	STIR	PD FS	T 1-WI	STIR	PD FS
头部线圈	6.62	11.51	30.81	1.67	1.65	4.08
膝部线圈	10.13	15.54	39.97	11.29	7.16	20.39
信噪比 比率	1.53	1.35	1.30	6.76	4.34	5.00
平均值		1.39			5.3	

注 WI, 加权图像; PD FS, 质子密度与脂肪抑制; 信噪比, 信噪比; STIR, 反转恢复。信噪比 比率用公式确定: “膝关节线圈的 信噪比” / “头部线圈的 信噪比”。

表 2. 手部在头部和膝部线圈中的磁共振成像参数比较

参数	头部线圈	膝关节线圈
类型	多通道	正交
信噪比 (信噪比)	膝部线圈的功率高于头部线圈	
扫描区域	分布均匀 易于扫描整个手部 (风湿病学)	局部 (高达150毫米) 高 通过分成两个区域 (手腕和手腕/掌 骨和手指指骨 (创伤学)) 进行扫描 很方便
血管伪影	不明显	在许多计划中都需要强烈的抑制作用
垂直和水平定位选项	是	是
扫描程序	需要调整	需要调整
患者舒适度	舒适	相对舒适

- 冠状面一切口应覆盖从背部到手掌表面的整个手腕区域。
 - 矢状面一切片应覆盖从桡腕关节区域内侧到外侧的整个手腕区域。
 - b) 需要对腕部进行检查, 如外伤时 (表 4):
 - 为切片设置和定位而进行的预扫描;
 - 冠状面上的 T1-WI (T1-WI, cor);
 - 冠状面上的 T2-WI (T2-WI, cor);
 - 轴向平面的 PD FS (PD FS, ax);
 - 冠状面上的 PD FS (PD FS, cor);
- 矢状面上的 STIR (STIR, sag);
 - 冠状面 3D WET (可选)。

进行脉冲序列定位: 定位器 - 在 25 秒内获得三个投影的低分辨率图像:

 - 在轴向平面, 切片应覆盖从手指远端指骨到桡骨远端关节水平的整个手部区域。
 - 在冠状面上, 切片应覆盖从手背到掌面的整个手部区域。
 - 在矢状面上, 切片应覆盖从 I 指到 V 指的整个手部区域。

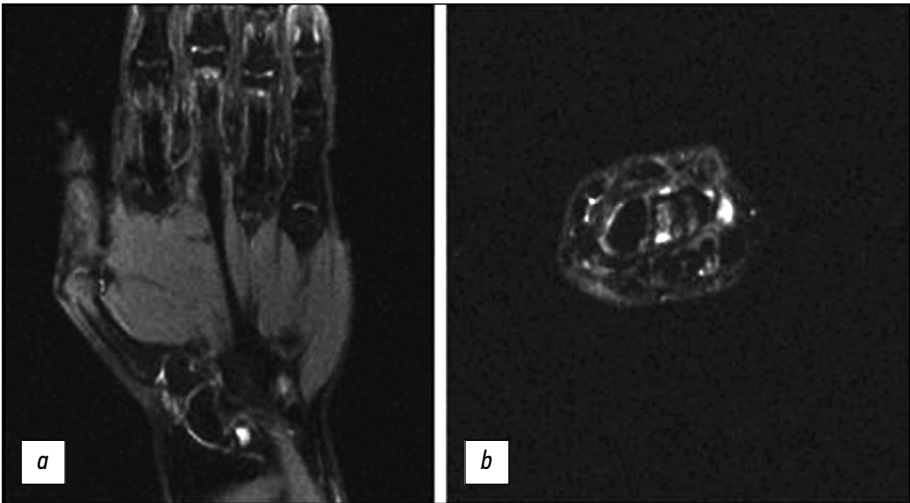


图 4. 使用绷带固定手部, 使用头戴式射频线圈进行手部磁共振成像。PD 加权脂肪抑制图像: a - 冠状面; b - 轴向。

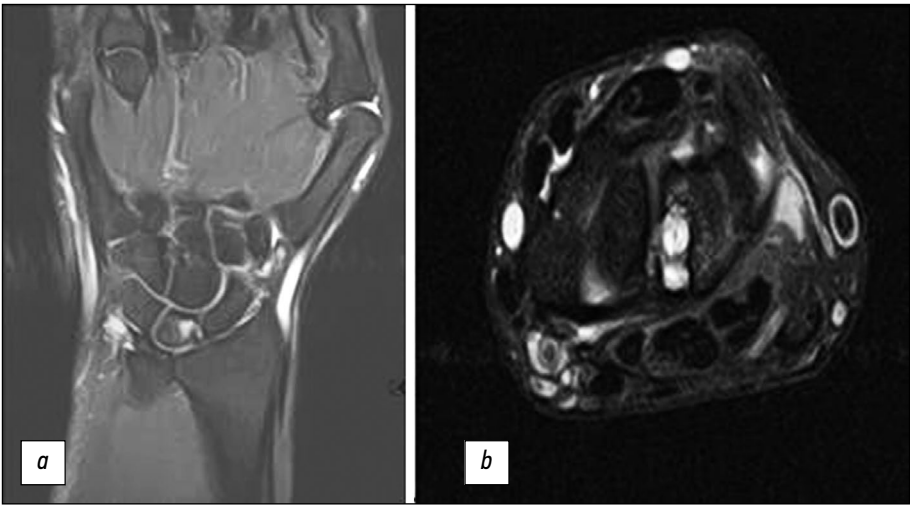


图 5. 使用膝关节射频线圈进行手部磁共振成像。PD 加权脂肪抑制图像：a - 冠状面；b - 轴向。

表3. 手腕检查的推荐参数(东芝断层扫描、头射频线圈)

研究中的飞机	TR	TE	切割厚度, mm	FOV, cm	ETL	矩阵
PD-WI FS, sag	2050	36	3	15×20	7	320 × 224
PD-WI FS, cor	2700	36	3	15×15	7	320 × 224
PD-WI FS, ax	2700	36	3	15×15	7	320 × 224
STIR, cor	3632	36	3	15×15	7	320×224
T1-WI, cor	646	15	3	15×15	1	320 × 224

注：ax/cor/sag — 轴位、冠状位和矢状位；WI — 加权图像；ETL (echo train length) — 回波径迹长度；FOV (field of view) — 视野；PD FS—质子密度与脂肪抑制；STIR-反转恢复；TE (echo time) — 回波时间；TR (repetition time, 重复时间)。切片间距 (间隙) 为切片厚度的 10%。STIR 的反转时间为 130 ms。

表4. 手腕检查的推荐参数 (东芝断层扫描, 膝盖射频线圈)

	TR	TE	切割厚度, mm	FOV, cm	ETL	矩阵
T1-WI, cor	273	10	3	20×16	1	368×240
T2-WI, cor	3660	45	3	12×12	7	320×256
PD FS, ax	3630	36	3	12×12	7	256×224
PD FS, cor	2116	45	3	18×16	7	256×256
STIR, sag	2464	12	3	15×15	7	320×224

注：ax/cor/sag — 轴位、冠状位和矢状位；WI — 加权图像；ETL (echo train length) — 回波径迹长度；FOV (field of view) — 视野；PD FS — 质子密度与脂肪抑制；STIR — 反转恢复；TE (echo time) — 回波时间；TR (repetition time, 重复时间)。切片间距 (间隙) 为切片厚度的 10%。STIR 的反转时间为 130 ms。

在回顾性研究中，例如在类风湿过程的诊断中，STIR的使用是合理的，因为这种脉冲序列可以对炎症变化的体积进行全面评估，PD-WI FS的选择性更强，提供更高的空间分辨率，这对于诊断较小的结构很重要。这种固定方法的局限性在于，如果患者存在挛缩或体积较大的肿块，导致轮廓严重变形 (图 6)，可能无法使用上述绷带，但在这种情况下，值得遵循其他研究建议。

讨论

手是上肢的远端部分，包括腕骨、掌骨和手指的指骨以及韧带、血管和神经。腕部由两排骨骼组成：近端包括舟骨 (os scaphoideum)、半月形骨 (os lunatum)、三棱骨 (os triquetrum) 和豌豆形骨 (os pisiforme)，远端包括梯形骨 (os trapezium)、梯形骨 (os trapezideum)、头状骨 (os capitatum) 和钩形骨 (os hamatum) [11] (图 7)。

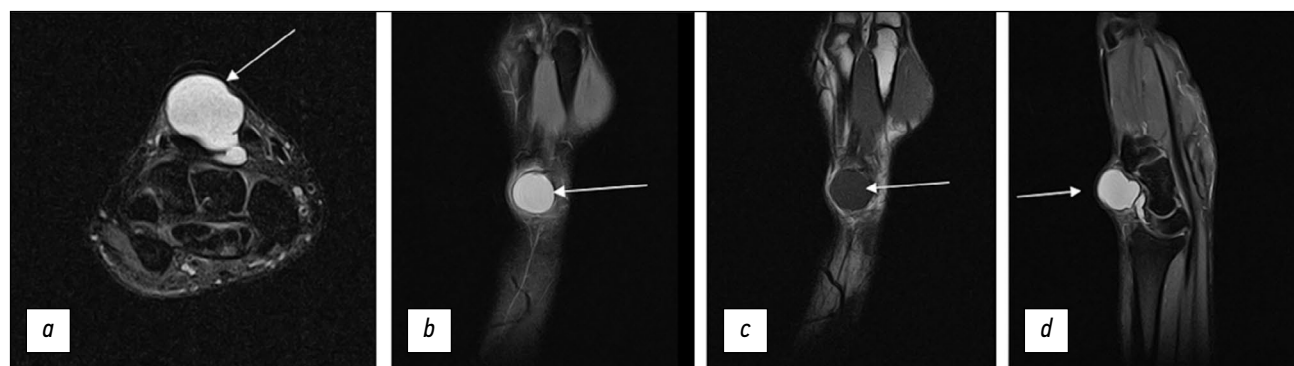


图 6. 右手背侧大面积包膜瘤，与腕关节腔呈颈状连接：a - 轴向的 PD 加权脂肪抑制图像；b - 冠状面的 PD 加权脂肪抑制图像；c - 冠状面的 T1 加权图像；d - 矢状面的 PD 加权脂肪抑制图像。

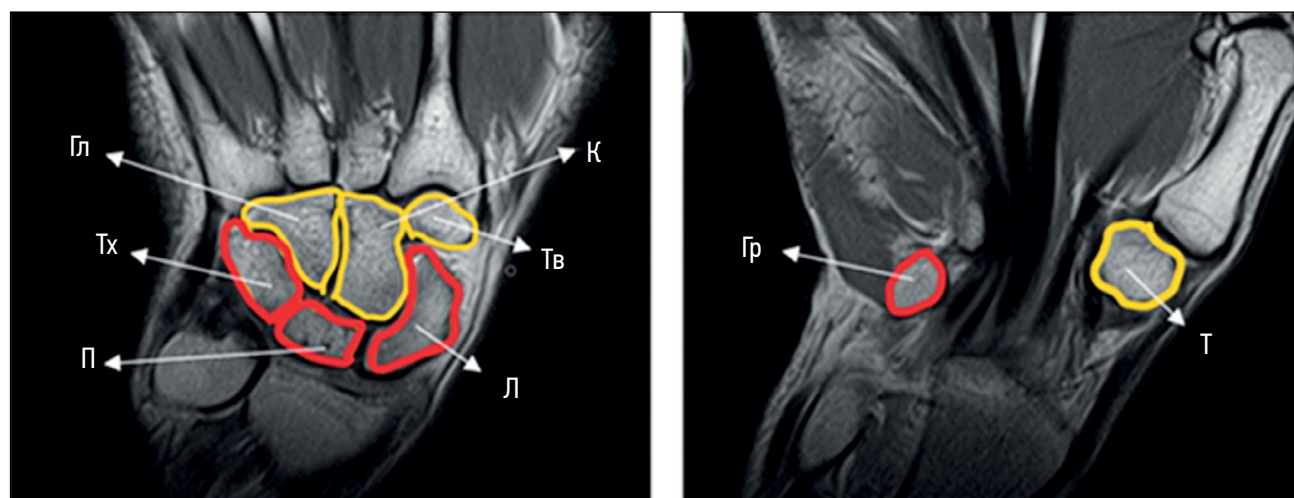


图 7. 左手腕骨磁共振成像 (T1 加权图像，冠状面)。近侧骨骼用红色标注，远侧骨骼用黄色标注。Л - 舟形骨，П - 半月形骨，Тх - 三角形骨，Т - 梯形骨，Тв - 梯形骨，К - 钩形骨，Гл - 头骨，Гр - 豌豆骨。

磁共振成像是评估手部结构的主要径向诊断方法之一，但X射线更常用于初步检查[12]。例如，磁共振成像可用于评估 TFCC，TFCC 的主要功能是缓冲，因为在中立位时，TFCC 承担了腕部约 18-20% 的轴向负荷[4]。例如，慢性腕痛的磁共振成像被证明是检测 TFHK 中央撕裂以及桡骨附着部位病变的有效工具，但尺侧的撕裂通常无法观察到[13]。在另一项研究中，A.M.F. El-Deek 等人在另一篇论文中比较了 磁共振成像和超声波在 手部病理学研究中的敏感性、特异性和准确性。结果显示，超声在评估肌腱病理学方面几乎不逊色于磁共振成像，在诊断腕管综合征和异物存在方面甚至略优于核磁共振成像。另一方面，磁共振成像在评估 TFCC 以及肿胀和肿块特征方面优于超声[14]。此外，文献显示，与使用 3 特斯拉 CT 扫描仪的磁共振成像相比，使用 7 特斯拉 CT 扫描仪的磁共振成像能更好地观察手部解剖结构[15]。

2018 年，ACR (American College of Radiology) 发布了关于放疗用于慢性腕痛的建议 (表 5)。然而，值得注意的是，作者指出有关手部磁共振成像技术方面和技巧的建议很少：需要专用的鸟笼型射频线圈以获得更好的可视化，

磁场为 3 特斯拉的MR断层扫描应优于 1.5 特斯拉或更低的磁场[12]。

用于手部磁共振成像的射频线圈的变体

早在 2002 年，作者发表了一篇论文，介绍了一种针对手部进行优化的鸟笼式射频线圈。有趣的是，使用这种线圈可将信噪比提高 50%-90%[16]—这也反映在当前的 ACR 建议中[12]。

目前，为手部成像设计的专用射频线圈有多种型号。例如，德国西门子公司提供的 16 通道射频线圈 “Hand/Wrist 16”。这种射频线圈的主要特点是：

- 特殊的内部设计可快速方便地放置病人的手；
- 稳定垫确保手部位置舒适；
- 支架可移动中心；
- 射频线圈易于安装在磁共振断层显像仪上 [17]。

ScanMed 公司 (美国) 提供的 Hand and Wrist 磁共振成像Coil 线圈的主要特点是与西门子、通用电气 (美国) 和飞利浦 (荷兰) 等多家制造商生产的磁共振断层成像仪兼容。据制造商介绍，与其他常用线圈 (膝盖射频线圈、四肢正交射频

表 5. American College of Radiology关于在慢性腕痛中使用放射治疗的建议摘录

目的/原因	研究
初步诊断	放射摄影
X 光检查结果不明确，患者症状持续存在	手部 磁共振成像（无需静脉注射造影剂
诊断关节炎以确定治疗或预后	手部 磁共振成像，有/无静脉注射造影剂
怀疑患有 Kienböck 病	X 射线阴性病变情况下的 X 射线造影 – 手部 磁共振成像，无静脉注射造影剂
手部可触及肿块或疑似肿块	手部 磁共振成像/超声波检查，无需静脉注射造影剂
怀疑手骨潜伏性骨折或应力性骨折	手部 磁共振成像/CT，无需静脉注射造影剂
曾发生过舟骨骨折和慢性腕痛，以评估骨折并发症	手部 磁共振成像/CT 检查，无需静脉注射造影剂
诊断隧道综合征	临床评估结合电生理研究（刺激电神经肌电图法）。通常不需要进一步的影像学检查，但在个别病例中，可能需要进行腕部超声波检查或不使用对比剂的磁共振成像检查。

注磁共振成像– 磁共振成像；CT – 计算机断层扫描

线圈和手腕4通道射频线圈等）的性能相，这种用于腕关节、手部或手指趾骨成像的线圈在扫描面积达 8 cm 的情况下显著提高了图像质量。这种射频线圈可以将患者的手臂放在患者的一侧（当患者仰卧时），或以 “超人 ” 姿势放在患者的头顶上方（当患者俯卧时）。此外，它还有两个版本，带有两个可拆卸的底座，可在颅尾和尾颅两个方向进行扫描[18]。

拟议绷带的现有类似物

在 C.G. Peterfy 等人的研究中[19]，描述了由 Spire Sciences Inc. [19]描述了由 Spire Sciences 公司提出的绷带模拟方案。根据该出版物，刷子被放置在一个特殊的丙烯酸M形框架上，使拇指和其他四根手指并拢并处于同一平面上。手和手腕用自粘弹力绷带固定在框架上[19]。

病人造型选择

病人的姿势有多种变化。在 “超人姿势 ” 中，患者仰卧，手臂伸过头顶，使手腕尽可能靠近磁场的等中心，从而获得最高的信噪比和最均匀的信号。

由于这种姿势对许多患者来说并不舒服，因此还有一种不同的姿势：患者可以采取仰卧姿势，手臂沿着身体放置。这种姿势会拉开手臂与磁体等中心的距离，导致信号减弱，从而导致来自脂肪组织的信号抑制不良且不均匀[20]。

此外，国外文献还描述了另一种姿势-- “祈祷姿势”：患者侧卧，肘部弯曲，这样手腕就会紧贴脸部，分别靠近磁体的等中心[20]。在 “磁共振成像标准 ” 教学手册中，A.V. Bazhin 等人[10]提供了类似的两种变体。[10]提供了两种类似的布局：患者仰卧位，头部朝向磁道

孔，手臂伸直并向上举起（“超人 ” 姿势）；患者仰卧位，接受检查的手臂沿着躯干，处于中立位置。

扫描协议的不同建议变体

在 “磁共振成像标准 ” 教学手册中，A.V. Bazhin 和合著者[10]提出了以下手部检查扫描方案：

- 1. 冠状面上的 T1-WI。
- 2. 冠状面上的 T2-WI。
- 3. 冠状面上的 STIR。
- 4. 矢状面上的 T1-WI。
- 5. 矢状面上的 STIR
- 6. 轴向平面的 STIR
- 7. 轴平面的 GRE。

European Society of Skeletal Radiology Sports Subcommittee [7]建议采用以下方案，主要用于手指检查：

- 1. 轴向的 PD-WI FS。
- 2. 轴向的 T1-WI。
- 3. 冠状面的 PD-WI FS。
- 4. 矢状面的 PD-WI FS。
- 5. 冠状面上的 STIR。

European Society of Skeletal Radiology Arthritis Subcommittee [8]建议风湿病患者采用以下方案： 1:

- 1. 冠状面 STIR/T2-WI FS。
- 2. 冠状面 T1-WI。
- 3. 轴向平面的 PD-WI FS/STIR/T2-WI FS。
- 4. 轴向的 T1-WI。
- 5. 矢状面上的 PD-WI FS。
- 6. 轴向 T1-WI 造影剂增强（可选）。

有伪影的图像

对手部核磁共振成像研究的审计表明，这些研究通常信息不全，分辨率低、对比度低（低 信

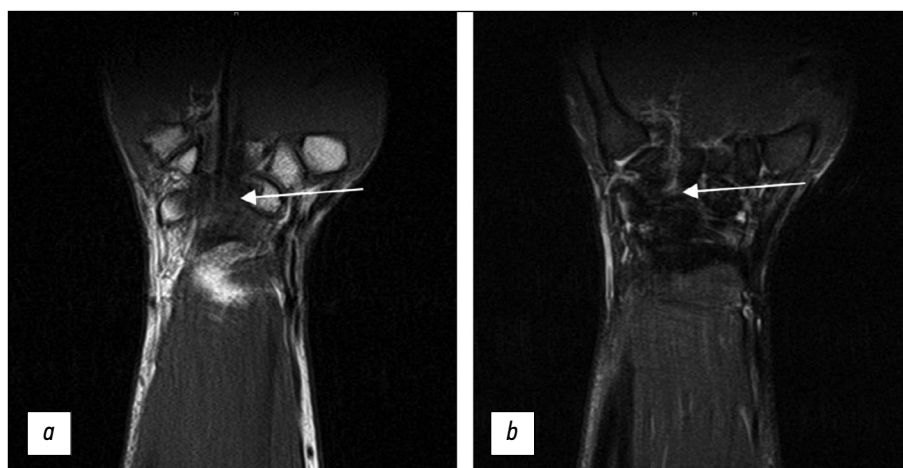


图 8. 在不使用绷带的情况下，运动伪影背景下的成像质量下降（箭头）：a – 冠状面的 T1 加权图像；b – 冠状面的反转恢复方案。

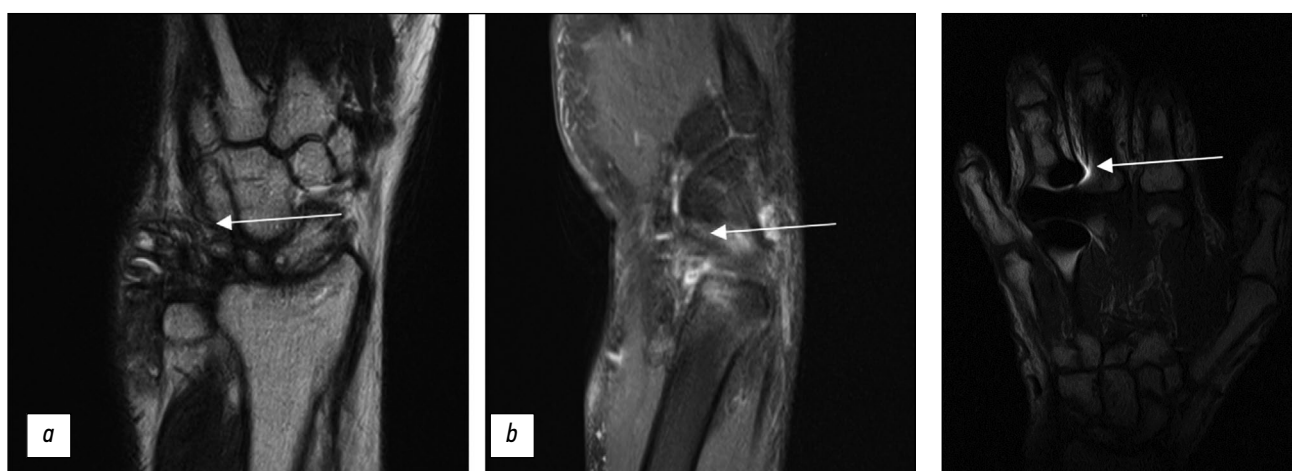


图 9. 在运动伪影（箭头）和非典型造型（无绷带）的背景下，一名三角纤维软骨复合体病变患者的成像质量下降：a – 冠状面的 T2 加权图像；b – 矢状面的 PD 加权脂肪抑制图像。



图 10. 环技术伪影背景下的成像质量下降：冠状面的 T1 加权图像。

噪比），并且由于患者移动或扫描区域内存在金属物体而产生伪影（图 8-10）。

因此，手部磁共振成像扫描的方法问题仍然具有现实意义，遵守该技术将确保患者的最大舒适度和高质量的图像。

结论

手部解剖结构复杂。核磁共振成像是研究肌肉骨骼系统最常用的径向诊断方法之一，因为缺乏电离辐射、软组织对比度高以及能够检测骨组织的X射线阴性变化。要获得高质量的磁共振图像，必须考虑一系列因素：在进行磁共振成像时遵守一般安全规则、调整扫描参数、将患者的手正确固定在线圈中。使用建议的绷带将使研究标准化，并因其固定舒适和易于使用而减少运动伪影。因此，遵守本文提出的建议可能是获得更好的磁共振图像、缩短整体扫描时间和减少磁共振成像手部磁共振成像判读错误的关键。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was prepared by a team of authors as part of the research work “Scientific support for standardization, safety and quality of magnetic resonance imaging” (No. in the Unified State Information System of Accounting: 123031500007-6) in accordance with Order dated December 21, 2022 No. 1196 “On approval of state assignments, the financial support of which is carried out from the budget of the city of Moscow to state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Department of Health”.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Yu.A. Vasiliev — concept and design of the work, setting up the proposed scanning protocol, editing and approval of the final version of the manuscript, advisory support; D.S. Semenov — concept and design of the work, data analysis, writing the text of

the article, setting up the proposed scanning protocol, developing the proposed splint, conducting a technical audit; A.V. Petryaykin — concept and design of the work, data analysis, writing the text of the article, setting up the proposed scanning protocol, conducting a technical audit, developing the proposed splint, approving the final version of the manuscript; A.A. Uchevatkin — concept and design of

the work, data analysis, writing the text of the article, setting up the proposed scanning protocol, conducting a technical audit, editing and approving the final version of the manuscript; L.R. Abuladze — data analysis, writing the text of the article; A.V. Bazhin, D.E. Sharova — editing and approval of the final version of the manuscript, advisory support.

REFERENCES

1. Ratasvuori MS, Lindfors NC, Sormaala MJ. The clinical significance of magnetic resonance imaging of the hand: an analysis of 318 hand and wrist images referred by hand surgeons. *J Plast Surg Hand Surg*. 2022;56(2):69–73. doi: 10.1080/2000656X.2021.1933993
2. Sergunova KA, Akhmad ES, Petryaikin AV, et al. *Safety Fundamentals of Magnetic Resonance Imaging*. Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2019. (In Russ). EDN: GTOVGS
3. Semenov DS, Panina OY, Khoruzhaya AN, et al. All-Russian rating of radiology departments: 2020 competition results. *Digital Diagnostics*. 2022;3(1):43–54. EDN: SWQWGE doi: 10.17816/DD95661
4. Andersson JK, Hansson-Olofsson E, Karlsson J, et al. Cost description of clinical examination and MRI in wrist ligament injuries. *J Plast Surg Hand Surg*. 2018;52(1):30–36. doi: 10.1080/2000656X.2017.1319845
5. Hansford BG. Multimodality Pitfalls of Wrist Imaging With a Focus on Magnetic Resonance Imaging. *Top Magn Reson Imaging*. 2020;29(5):263–272. doi: 10.1097/RMR.0000000000000254
6. Burns JE, Tanaka T, Ueno T, et al. Pitfalls That May Mimic Injuries of the Triangular Fibrocartilage and Proximal Intrinsic Wrist Ligaments at MR Imaging. *RadioGraphics*. 2011;31(1):63–78. doi: 10.1148/rg.311105114
7. Guidelines for MR Imaging of Sports Injuries [Internet]. European Society of Musculoskeletal Radiology. Available from: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ESSR-MRI-Protocols-Fingers.pdf>
8. Sudot-Szopińska I, Jurik A, Eshed I, et al. Recommendations of the ESSR Arthritis Subcommittee for the Use of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Rheumatic Diseases. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2015;19(04):396–411. doi: 10.1055/s-0035-1564696
9. Magnetic resonance imaging of the wrist joint [Internet]. Moscow Standard of Radiologic Diagnostics. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://standard.telemedai.ru/issledovanie/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-luchezapyastnogo-sustava> (In Russ)
10. Bazhin AV, Blinov NN, Vasilev YuA, et al. *Standards for the performance of magnetic resonance imaging*. Moscow: Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov; 2019. (In Russ).
11. Eschweiler J, Li J, Quack V, et al. Anatomy, Biomechanics, and Loads of the Wrist Joint. *Life*. 2022;12(2):188. doi: 10.3390/life12020188
12. Rubin DA, Roberts CC, Bencardino JT, et al. ACR Appropriateness Criteria® Chronic Wrist Pain. *J Am Coll Radiol*. 2018;15(5):S39–S55. doi: 10.1016/j.jacr.2018.03.021
13. Dreckmann SC, von Schroeder HP, Novak CB, et al. Utility of Specialized Imaging for Diagnosis of Chronic Wrist Pain. *J Wrist Surg*. 2019;08(06):497–502. doi: 10.1055/s-0039-1697022
14. El-Deek AMF, Dawood EMAE-HH, Mohammed AAM. Role of ultrasound versus magnetic resonance imaging in evaluation of non-osseous disorders causing wrist pain. *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2019;50(1):8. doi: 10.1186/s43055-019-0008-9
15. Götestrand S, Björkman A, Björkman-Burtscher IM, et al. Visualization of wrist anatomy — a comparison between 7T and 3T MRI. *Eur Radiol*. 2022;32(2):1362–1370. doi: 10.1007/s00330-021-08165-5
16. Kocharian A, Adkins MC, Amrami KK, et al. Wrist: Improved MR Imaging with Optimized Transmit-Receive Coil Design. *Radiology*. 2002;223(3):870–876. doi: 10.1148/radiol.2233010824
17. Hand/Wrist 16 [Internet]. Siemens Healthineers. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/options-and-upgrades/coils/hand-wrist-16>
18. Hand and Wrist MRI Coil [Internet]. ScanMed: A DirectMed Company. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://www.scanmed.com/wrist-mri-coil>
19. Peterfy CG, Olech E, DiCarlo JC, et al. Monitoring cartilage loss in the hands and wrists in rheumatoid arthritis with magnetic resonance imaging in a multi-center clinical trial: IMPRESS (NCT00425932). *Arthritis Res Ther*. 2013;15(2):R44. doi: 10.1186/ar4202
20. Vassa R, Garg A, Omar IM. Magnetic resonance imaging of the wrist and hand. *Polish J Radiol*. 2020;85(1):461–488. doi: 10.5114/pjr.2020.99034

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ratasvuori M.S., Lindfors N.C., Sormaala M.J. The clinical significance of magnetic resonance imaging of the hand: an analysis of 318 hand and wrist images referred by hand surgeons // *J Plast Surg Hand Surg*. 2022. Vol. 56, N 2. P. 69–73. doi: 10.1080/2000656X.2021.1933993
2. Основы безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии / сост. К.А. Сергунова, Е.С. Ахмад, А.В. Петряйкин, и др. Москва : Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, 2019. EDN: GTOVGS
3. Семенов Д.С., Панина О.Ю., Хоружая А.Н., и др. Всероссийский рейтинг отделений лучевой диагностики: результаты конкурса 2020 года // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 1. С. 43–54. EDN: SWQWGE doi: 10.17816/DD95661
4. Andersson J.K., Hansson-Olofsson E., Karlsson J., et al. Cost description of clinical examination and MRI in wrist ligament

- injuries // *J Plast Surg Hand Surg*. 2018. Vol. 52, N 1. P. 30–36. doi: 10.1080/2000656X.2017.1319845
5. Hansford B.G. Multimodality Pitfalls of Wrist Imaging With a Focus on Magnetic Resonance Imaging // *Top Magn Reson Imaging*. 2020. Vol. 29, N 5. P. 263–272. doi: 10.1097/RMR.0000000000000254
6. Burns J.E., Tanaka T., Ueno T., et al. Pitfalls That May Mimic Injuries of the Triangular Fibrocartilage and Proximal Intrinsic Wrist Ligaments at MR Imaging // *RadioGraphics*. 2011. Vol. 31, N 1. P. 63–78. doi: 10.1148/rg.311105114
7. Guidelines for MR Imaging of Sports Injuries [Internet]. European Society of Musculoskeletal Radiology. Доступ по ссылке: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ESSR-MRI-Protocols-Fingers.pdf>
8. Sudot-Szopińska I., Jurik A., Eshed I., et al. Recommendations of the ESSR Arthritis Subcommittee for the Use of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Rheumatic Diseases // *Semin Musculoskelet Radiol*. 2015. Vol. 19, N 04. P. 396–411. doi: 10.1055/s-0035-1564696
9. Магнитно-резонансная томография лучезапястного сустава [Internet]. Московский стандарт лучевой диагностики. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://standard.telemedai.ru/issledovanie/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-luchezapyastnogo-sustava>
10. Бажин А.В., Блинов Н.Н., Васильев Ю.А., и др. Стандарты выполнения магнитно-резонансной томографии. Москва : Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, 2019.
11. Eschweiler J., Li J., Quack V., et al. Anatomy, Biomechanics, and Loads of the Wrist Joint // *Life*. 2022. Vol. 12, N 2. P. 188. doi: 10.3390/life12020188
12. Rubin D.A., Roberts C.C., Bencardino J.T., et al. ACR Appropriateness Criteria® Chronic Wrist Pain // *J Am Coll Radiol*. 2018. Vol. 15, N 5. P. S39–S55. doi: 10.1016/j.jacr.2018.03.021
13. Dreckmann S.C., von Schroeder H.P., Novak C.B., et al. Utility of Specialized Imaging for Diagnosis of Chronic Wrist Pain // *J Wrist Surg*. 2019. Vol. 08, N 06. P. 497–502. doi: 10.1055/s-0039-1697022
14. El-Deek A.M.F., Dawood E.M.A.E.-H.H., Mohammed A.A.M. Role of ultrasound versus magnetic resonance imaging in evaluation of non-osseous disorders causing wrist pain // *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2019. Vol. 50, N 1. P. 8. doi: 10.1186/s43055-019-0008-9
15. Götestrand S., Björkman A., Björkman-Burtscher I.M., et al. Visualization of wrist anatomy—a comparison between 7T and 3T MRI // *Eur Radiol*. 2022. Vol. 32, N 2. P. 1362–1370. doi: 10.1007/s00330-021-08165-5
16. Kocharian A., Adkins M.C., Amrami K.K., et al. Wrist: Improved MR Imaging with Optimized Transmit-Receive Coil Design. *Radiology*. 2002. Vol. 223, N 3. P. 870–876. doi: 10.1148/radiol.2233010824
17. Hand/Wrist 16 [Internet]. Siemens Healthineers. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/options-and-upgrades/coils/hand-wrist-16>
18. Hand and Wrist MRI Coil [Internet]. ScanMed: A DirectMed Company. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://www.scanmed.com/wrist-mri-coil>
19. Peterfy C.G., Olech E., DiCarlo J.C., et al. Monitoring cartilage loss in the hands and wrists in rheumatoid arthritis with magnetic resonance imaging in a multi-center clinical trial: IMPRESS (NCT00425932) // *Arthritis Res Ther*. 2013. Vol. 15, N 2. P. R44. doi: 10.1186/ar4202
20. Vassa R., Garg A., Omar I.M. Magnetic resonance imaging of the wrist and hand // *Polish J Radiol*. 2020. Vol. 85, N 1. P. 461–488. doi: 10.5114/pjr.2020.99034

AUTHORS' INFO

* **Liya R. Abuladze**, MD;
address: 24-1 Petrovka Str., Moscow, 127051, Russia;
ORCID: 0000-0001-6745-1672;
eLibrary SPIN: 8640-9989;
e-mail: drliaabuladze@gmail.com

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-0208-5218;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Dmitry S. Semenov, Cand. Sci. (Engineering);
ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru

Alexey V. Petraykin, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetrayajkinAV@zdrav.mos.ru

Andrey A. Uchevatkin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-7284-4737;
eLibrary SPIN: 5575-4511;
e-mail: UchevatkinAA@zdrav.mos.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Абуладзе Лия Руслановна**;
адрес: Россия, г. Москва, 127051, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: 0000-0001-6745-1672;
eLibrary SPIN: 8640-9989;
e-mail: drliaabuladze@gmail.com

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0208-5218;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук;
ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru

Петрайкин Алексей Владимирович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetrayajkinAV@zdrav.mos.ru

Учеваткин Андрей Алексеевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-7284-4737;
eLibrary SPIN: 5575-4511;
e-mail: UchevatkinAA@zdrav.mos.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Alexander V. Bazhin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-3198-1334;
eLibrary SPIN: 6122-5786;
e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru

Dariya E. Sharova, MD;
ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru

Бажин Александр Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-3198-1334;
eLibrary SPIN: 6122-5786;
e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru

Шарова Дарья Евгеньевна;
ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

Multiparametric magnetic resonance imaging and magnetic resonance imaging fusion-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer: current status

Valentina Testini^{1,2}, Laura Eusebi³, Francesco Saverio Guerra¹, Willy Giannubilo⁴, Manuel Di Biase⁵, Annunziata Russo², Giuseppe Guglielmi^{1,2,6}

¹ Foggia University, Foggia, Italy;

² Monsignor Raffaele Dimiccoli, Barletta, Italy;

³ Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

⁴ Ospedale Civile, Civitanova Marche, Italy;

⁵ Santa Maria della Misericordia Hospital, Perugia, Italy;

⁶ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

ABSTRACT

This review explains the role of multiparametric magnetic resonance imaging, particularly in prostate biopsy, in the detection of prostate cancer. The use of multiparametric magnetic resonance imaging in the diagnosis of prostate cancer has also allowed its use in magnetic resonance imaging-guided biopsies, which according to many studies present high sensitivity and specificity in early diagnosis and staging, in patients with persistently high prostate-specific antigen levels despite previous negative prostate biopsies, and in the follow-up of patients under active surveillance.

To perform a targeted prostate biopsy, three types of magnetic resonance imaging guidance are available: cognitive fusion, direct magnetic resonance imaging-guided biopsy performed within a tomograph (in-bore biopsies), and software coregistration of stored magnetic resonance images with real-time ultrasound using a fusion device, with multiparametric magnetic resonance imaging findings digitally overlaid on real-time transrectal ultrasound images for targeted biopsy.

Each method has its advantages and disadvantages. Magnetic resonance imaging-targeted biopsy improves the quality of histological results compared with other approaches, with approximately 90% correct detection of significant index lesions. Correct staging allows the selection of the best therapeutic options, adequate evaluation of the prognosis, and reduction of the incidence of new biopsies and complications. The current objective is to make magnetic resonance imaging-guided biopsy increasingly available and standardize the technique to minimize inter-operator variability depending on the available system.

Keywords: multiparametric magnetic resonance imaging; prostate cancer; fusion biopsy; targeted biopsy.

To cite this article:

Testini V, Eusebi L, Guerra FS, Giannubilo W, Di Biase M, Russo A, Guglielmi G. Multiparametric magnetic resonance imaging and magnetic resonance imaging fusion-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer: current status. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):283–302. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии при проведении фьюжн-биопсии под её контролем в диагностике рака предстательной железы: текущий статус

V. Testini^{1,2}, L. Eusebi³, F.S. Guerra¹, W. Giannubilo⁴, M. Di Biase⁵, A. Russo², G. Guglielmi^{1,2,6}¹ Университет Фоджи, Фоджа, Италия;² Monsignor Raffaele Dimiccoli Hospital, Барлетта, Италия;³ Carlo Urbani Hospital, Ези, Италия;⁴ Ospedale Civile, Чивитанова-Марке, Италия;⁵ Santa Maria della Misericordia Hospital, Перуджа, Италия;⁶ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

В данном обзоре освещается роль мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в выявлении рака предстательной железы, в частности — при биопсии простаты. Использование мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике рака простаты позволяет также применять её для биопсии. Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография, по данным многих исследований, обладает высокой чувствительностью и специфичностью в ранней диагностике и стадировании у пациентов с сохраняющимся высоким уровнем простатспецифического антигена, несмотря на предыдущие отрицательные биопсии простаты, а также при ведении пациентов, находящихся под активным наблюдением.

Для проведения прицельной биопсии простаты существует три типа наведения: когнитивная фьюжн-биопсия; прямая биопсия, направляемая магнитно-резонансной томографией и выполняемая внутри томографа (in-bore); программная корегистрация снимков предоперационной магнитно-резонансной томографии с интраоперационным ультразвуковым исследованием с помощью фьюжн-устройства. При этом при проведении прицельной биопсии результаты мультипараметрической магнитно-резонансной томографии накладываются в цифровом виде на изображения трансректального ультразвукового исследования в реальном времени.

Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки. Прицельная биопсия с помощью магнитно-резонансной томографии улучшает качество гистологических результатов по сравнению с другими подходами, выявляя значимые индексные поражения с точностью до 90%. Правильное стадирование позволяет выбрать оптимальные варианты лечения, адекватно оценить прогноз, снизить частоту новых биопсий и осложнений. В настоящее время главная задача состоит в том, чтобы сделать биопсию в сочетании с магнитно-резонансной томографией более доступной и стандартизировать технику проведения процедуры, что позволит минимизировать межоператорскую вариабельность в зависимости от используемой системы.

Ключевые слова: мультипараметрическая магнитно-резонансная томография; рак предстательной железы; фьюжн-биопсия; прицельная биопсия.

Как цитировать:

Testini V., Eusebi L., Guerra F.S., Giannubilo W., Di Biase M., Russo A., Guglielmi G. Возможности мультипараметрической магнитно-резонансной томографии при проведении фьюжн-биопсии под её контролем в диагностике рака предстательной железы: текущий статус // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 283–302. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

融合引导活检在前列腺癌诊断中的多参数磁共振成像功能：现状

Valentina Testini^{1,2}, Laura Eusebi³, Francesco Saverio Guerra¹, Willy Giannubilo⁴, Manuel Di Biase⁵, Annunziata Russo², Giuseppe Guglielmi^{1,2,6}

¹ Foggia University, Foggia, Italy;

² Monsignor Raffaele Dimiccoli, Barletta, Italy;

³ Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

⁴ Ospedale Civile, Civitanova Marche, Italy;

⁵ Santa Maria della Misericordia Hospital, Perugia, Italy;

⁶ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

摘要

本综述强调了多参数磁共振成像在前列腺癌检测中的作用，特别是在前列腺活检中的作用。多参数磁共振成像技术在前列腺癌诊断中的应用也可用于活检。许多研究报告称，多参数磁共振成像在前列腺活检阴性但前列腺特异性抗原水平持续偏高的患者的早期诊断和分期方面具有很高的灵敏度和特异性，在主动监测患者的管理方面也是如此。

前列腺靶向活检有三种引导方式：认知融合引导活检；由磁共振成像引导并在计算机断层扫描仪内（in-bore）进行的直接活检；以及使用融合设备对术前磁共振成像图像和术中超声检查进行的软件联合注册。在这种靶向活检中，多参数磁共振成像结果以数字方式叠加在实时经直肠超声图像上。

每种方法都有其优缺点。与其他方法相比，利用磁共振成像进行靶向活检可提高组织学结果的质量，检测重要指标病变的准确率高达 90%。正确的分期可以选择最佳治疗方案，充分评估预后，减少新的活检和并发症的发生。目前的主要任务是使活检与磁共振成像相结合的应用更加广泛，并使手术技术标准化，以最大限度地减少因所使用的系统不同而造成的操作者之间的差异。

关键词：多参数磁共振成像；前列腺癌；融合引导活检；靶向活检。

引用本文：

Testini V, Eusebi L, Guerra FS, Giannubilo W, Di Biase M, Russo A, Guglielmi G. 融合引导活检在前列腺癌诊断中的多参数磁共振成像功能：现状. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):283–302. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623183>

收到: 10.11.2023

接受: 27.12.2023

发布日期: 05.07.2024

引言

在西方国家,前列腺癌(PCa)是男性最常见的非皮肤肿瘤[1]。根据欧洲泌尿学协会(EAU)的建议,前列腺活检是诊断前列腺癌的金标准。

最常用的诊断方法是随机12点活检(非外周),即仅在腺体外周区域采集12个样本[2]。这种技术有以下局限性:

- 取样不足:相对于前列腺体积,样本数量不足;
- 取样过多:样本数量过多,检测到不重要的微病灶;
- 灵敏度低:高估了对不重要肿瘤的诊断;
- 特异性低:低估了诊断结果,未能诊断出有临床意义的癌症肿瘤;
- 与操作者技能有关的误差[3]。

针对低风险肿瘤的主动监测(AS)和微创靶向手术是新的治疗趋势,这就要求对前列腺进行更精确的检查,从而需要改进活检技术。

目前,建议50-69岁血清前列腺特异性抗原(PSA)水平较高(>3 ng/ml)或数字直肠检查结果异常(结节、增厚和不对称)的男性进行前列腺活检。在第一轮活检结果呈阴性后,如果仍怀疑患有前列腺癌,则应增加活检次数(即进行饱和活检),并采集过渡区样本[4]。

自1983年首次使用以来,磁共振成像因其可用性以及结合解剖和功能数据的多参数成像而被广泛用于前列腺癌的诊断[5, 6]。

2012年,欧洲泌尿生殖放射学会发布了前列腺磁共振成像检查的专家共识指南(Pi-RADS)[7]。此后,Pi-RADS评分经过外部评估,被认为可以更准确地检测前列腺癌[8]。

2019年,Pi-RADS指导委员会发布了更新的建议,描述了评估类别和技术参数[9]。

鉴于这些假设,多参数磁共振成像(mpMRI)不仅在前列腺癌诊断中发挥着至关重要的作用,在活检中也是正确分期和评估肿瘤扩散(Gleason评分)的工具。

目前的目标是使磁共振成像引导下的活组织检查更容易进行,从而最大限度地减少因所使用的系统不同而造成的操作者之间的差异。

在前列腺活检中使用磁共振成像的方法

用于靶向活检(TB)的磁共振成像引导有三种类型。

1. 认知性 FUSION 活检(融合活检)。操作者在经直肠超声(TRUS)引导下,在mpMRI观察到的前列腺病变区域进行可视化活检。
2. 在CT管内直接进行磁共振成像引导活检(“in-bore biopsy”)。这种方法在识别前列腺中感兴趣的区域时具有足够的准确性,但由于整个过程在CT扫描仪内进行,因此不切实际、耗时且成本高昂[10]。

3. 使用融合设备对术前核磁共振图像和术中实时超声波图像进行软件联合注册。在此过程中,数字存储的mpMRI结果与实时经直肠超声图像进行数字叠加,以进行靶向活检。此过程可使用弹性图像叠加系统 - Urostation(法国 Koelis 公司)、Artemis(美国 Eigen Health 公司)或刚性图像叠加系统 - Uronav(荷兰飞利浦公司)、BiopSee(德国 MedCom 公司)。
- 每种方法都有自己的优缺点。

尽管不同研究中检测惰性疾病的敏感性存在显著差异,但大多数研究表明,磁共振成像/超声波融合活检(认知或硬件)的灵敏度在80%到95%之间[11]。

核磁共振成像/超声波融合活检的主要临床适应症是,尽管之前的前列腺活检结果为阴性,但血清前列腺特异性抗原水平持续偏高,以及对接受主动监测检查的患者进行监测[12]。

认知融合活检

认知融合活检快速简便,除了一台核磁共振成像仪和一台标准的经直肠超声机器外,无需其他设备。

核磁共振成像和经直肠超声图像通过认知匹配进行重叠,这可以通过打印文件或在经直肠超声室平台旁的工作站屏幕上显示核磁共振成像来实现[13]。认知图像匹配基于超声医师在磁共振成像上成像病变后通过可视化其在前列腺中的位置来定位感兴趣区域的能力[12]。

认知匹配的优势在于快速和简单。医生根据核磁共振成像显示的病变位置,从病变部位取样。这种活检不需要经直肠超声引导活检所需的特殊设备,并且超声操作者不需要额外的培训[14]。

然而,认知融合活检的一个缺点可能是在试图概念化感兴趣区域时的采样错误,这对于小肿瘤尤其成问题。另一个缺点是无法追踪之前活检的取样部位。

尽管如此,认知融合活检中肿瘤检测的频率与硬件中的频率相当,并且在大多数研究中,这两种程序都显示出比仅随机系统样本更好的结果[15, 16]。

认知融合活检的另一个缺点是,在没有实际图像重叠的情况下,从断层扫描过渡到经直肠超声可能会造成人为错误。

有几项研究评估了认知靶向活检的价值。I.S. Williams 等人发现,与随机化相比,认知靶向活检显示出更好的效果,尤其是对于前列腺前部病变[17]。在一项回顾性分析中,J. Haffner 等人对555例患者进行了回顾性分析,比较了靶向活检与随机12点活检的结果[18]。作者估计,仅采用靶向活检方法,每位患者只需3.8列活检,这将避免38%MRI结果正常的患者进行不必要的活检,并避免在13%的病例中检测到随机活检中发现的“小”癌症[18]。

在 J. Haffner 等人的研究中, 仅使用 靶向活检就漏诊了 13 例重大癌症, 而使用标准方法则漏诊了 12 例[18]。

在另一项研究中, P. Puech 等人发现在活检前进行磁共振成像可将癌症检出率 (CDR) 从 12 点饱和活检 (SB) 的 59% 提高到认知活检的 65%[15]。

至于显着形式的癌症 (任何样本中受癌症影响的活检长度>3mm, Gleason评分>3+3), 靶向活检的癌症检出率为67%, 常规活检为52%[15]。

A. P. Labanaris 等人的研究表明, 靶向活检术前活检的 Gleason 总和与术后结果的一致性为 90%, 并指出应在活检前进行磁共振检查, 以降低 活检活检的低估率[19]。

因此, 目前的研究表明, 断层扫描引导的活检比标准 经直肠超声引导的活检具有更高的准确性和 癌症检出率。

J. Haffner等人认为, 对于磁共振成像结果可疑的男性, 认知融合活检不如系统活检, 强调与认知融合活检相关的主要风险是操作者间的可变性[18]。尽管目前的文献强调了由经验丰富的专业人员进行认知融合活检的巨大潜力, 但由于缺乏数据可追溯性和数字叠加, 大多数泌尿科医生目前仍倾向于使用市售的硬件活检。

磁共振成像直接活检 (IN-BORE)

放射科医生在 CT 扫描仪内 (in-bore) 直接进行核磁共振成像引导的活检, 结合指示病变的先前磁共振成像图像和实时磁共振成像图像, 以确定活检针的插入位置。手术通过经直肠入路进行。每次活检后都要进行扫描, 以确保每次活检都定位准确。通常情况下, 只取几个目标样本, 不进行随机取样。

In-bore 活检法的优点是穿刺针位置准确, 样本数量少, 而且如果在核磁共振成像中可以看到取样点, 则遗漏取样点的风险较低[20]。该方法的缺点是成本高、耗时长, 以及无法定期从残留的腺体组织中取样[20]。这一点很重要, 因为在根治性前列腺切除术发现的严重病变中, 核磁共振成像无法检测出约 10%的病变[21, 22]。

M. Quentin等人的研究表明, in-bore 靶向活检显示了极佳的显著癌症检出率 (92.2%) [23]。C. M. Hoeks 等人报道了 265 例 mpMRI 检测到可疑病变的患者, 这些患者之前的 经直肠超声活检结果为阴性, 他们接受了经直肠 in-bore 靶向活检, 结果 癌症检出率 为 41%, 检测到的肿瘤中 87% 有临床意义[24]。

L. Marks 等人介绍了 in-bore 活检的丰富经验[25]。作者认为, 该程序的缺点包括大量的时间和金钱, 以及需要进行两次磁共振成像才能获得活检样本。

此外, 由于在此过程中只对可疑病灶取样, 因此不会对磁共振成像显示为 “正常 ” 的组织取样。这一事实提出了一个问题, 因为前列

腺磁共振成像检查的假阴性特征尚未得到充分研究[25]。

利用磁共振成像和经直肠超声波进行融合活检

在这一过程中, 操作员会获得前列腺的超声波图像, 这是几十年来的常见做法。在这种情况下, 超声实时叠加在预先存储的前列腺磁共振成像上, 使超声波机能够被引导到放射科医生预先确定的目标上。图像叠加的结果是创建了一个前列腺三维模型, 并用它来定位和跟踪取样部位 (图 1 和图 2) [25]。

与肉眼评估相比, 磁共振成像 经直肠超声融合活检术对操作者的依赖性较小, 而且能对实际活检区域进行实时反馈, 因此可重复性更高[3]。此外, 此外, 这种方法的优点是, 这种类型的活检可以在门诊条件下在局部麻醉下几分钟内完成。融合设备取得的结果非常令人鼓舞[25]。

其缺点包括软件/设备成本较高、精确度取决于软件以及相关的学习曲线和操作员培训 (图 3、图 4) [26]。这种方法的另一个缺点是它是间接的, 需要使用额外的设备和操作员的特殊培训。

硬件融合活检可通过三维渲染机将存储的核磁共振图像叠加到实时超声图像上, 从而在预定义的核磁共振成像区域内提取活检标本。这种技术被称为联合注册。目前市面上有几种商用平台, 每种平台都有自己的联合注册方法和使用联合注册图像进行活检的硬件平台[3]。尽管有几个平台用于匹配磁共振成像和超声图像, 但它们都使用某种类型的图像配准和针/探针跟踪 (机械或电磁)。这些技术可以实时采集、存储和重建超声图像, 并绘制病变位置和先前活检部位的三维地图, 以供日后使用[27]。由于患者或前列腺的任何运动都会影响图像的共同配准, 因此这些设备还利用运动补偿算法采用动态再配准技术, 以确保准确、可重复地定位索引病灶[12]。

最近的研究比较了使用传统 活检或经会阴前列腺活检作为参考检测的 前列腺癌和严重疾病的检测方法 [22、28、29]。

在 M. M. Siddiqui 等人的一项涉及 1000 多名患者的研究中, 作者使用 Philips Uronav 系统进行标准 12 点活检, 以 经直肠超声引导作为参考检测, 结果显示 靶向活检诊断出的高危肿瘤比标准活检多 30% ($P=0.001$), 低危肿瘤少 17% ($P=0.002$)。4的初级Gleason评分用作显着性水平[22]。E. C. Serefoglu 等人将 Gleason 评分为 3+4 的病例定义为有临床意义的 前列腺癌 (sPCa), 并报告称, 14.3%-20.9% 的前列腺癌病例仅通过 靶向活检检测到, 但通过传统 经直肠超声却被忽略[30]。此外, 23.5% 的病例通过磁共振检查经直肠超声融合活检从非显著性转化为 前列腺癌。相反, 在 105 例 s前列腺癌中, 有 4 例因 磁共振检查-经直肠超声融合活检而被忽略[30]。

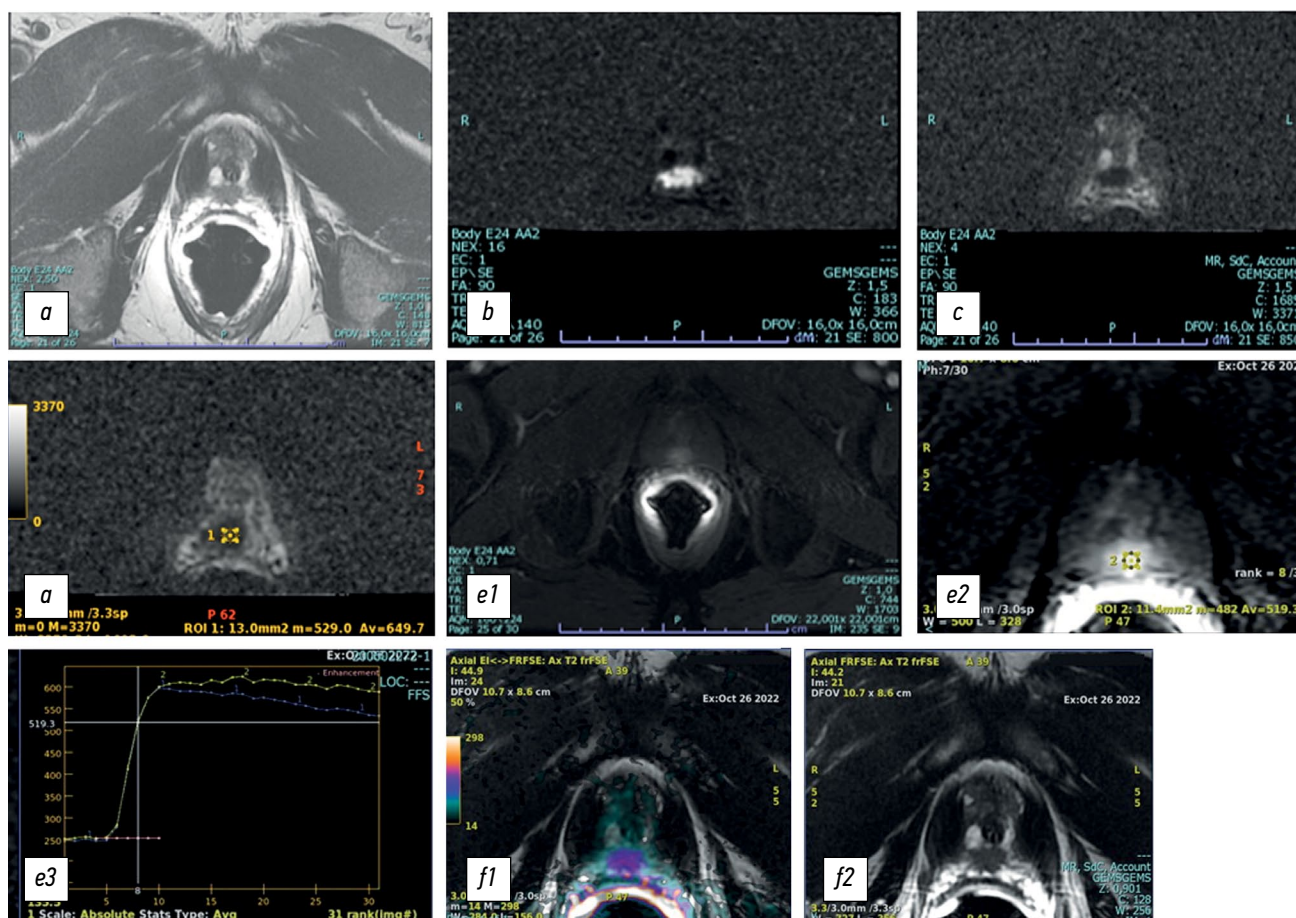


图 1. 磁共振成像: *a* — T2 加权轴向图像显示前列腺顶端后表面外周区有低密度结节病变; *b*、*c* — 轴向扩散加权图像, 相应区域的测量扩散系数等于 $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$; *d* — DWI 模式与相应的测量扩散系数图相结合。这是一个重要的定量生物物理参数, 可用于诊断前列腺癌, 因为在给定病理中水分子扩散的减少与恶性细胞饱和度增加、细胞外空间减少和大多数水分子向细胞内空间的移动受到限制有关; *e* — 肿瘤的特征是造影剂在周围正常组织中的强烈早期聚集; *f* — 通过动态对比增强获得的比色图; *g* — 造影剂在周围正常组织中的聚集; *h* — 造影剂在周围正常组织中的聚集。可疑区域呈红色。

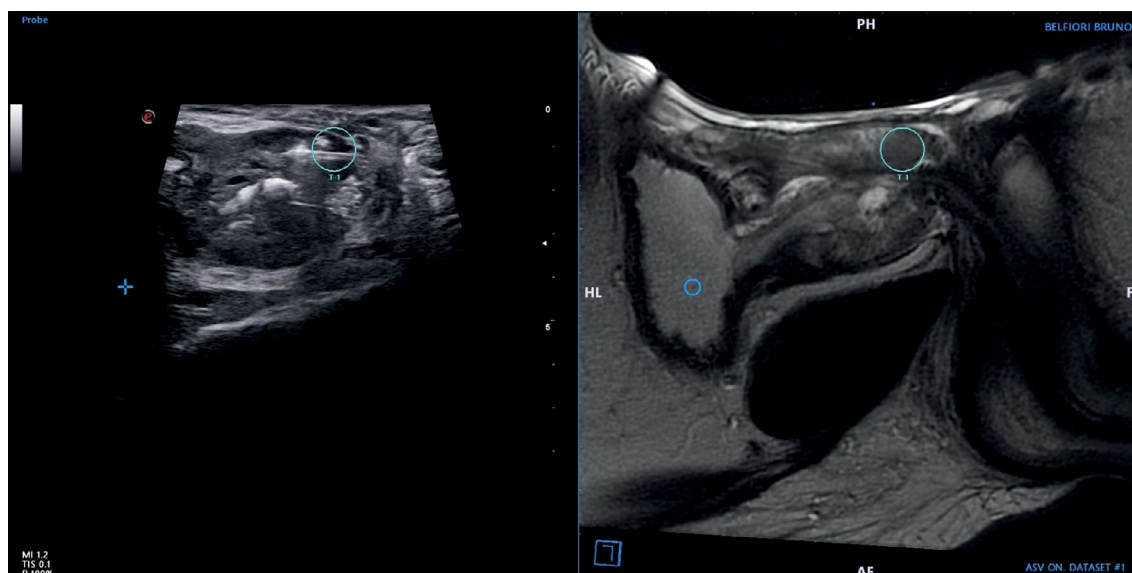


图 2. 前列腺融合活检结合磁共振成像和经直肠超声检查。对图像（本例中为 T2 加权图像）上确定的前列腺和病灶进行分割。在手术过程中, 对前列腺进行了二维经直肠超声检查。图像以半自动模式生成, 可以相互组合和叠加。结合这两幅图像, 泌尿科医生就能在实时超声引导下确定活检病灶的位置。

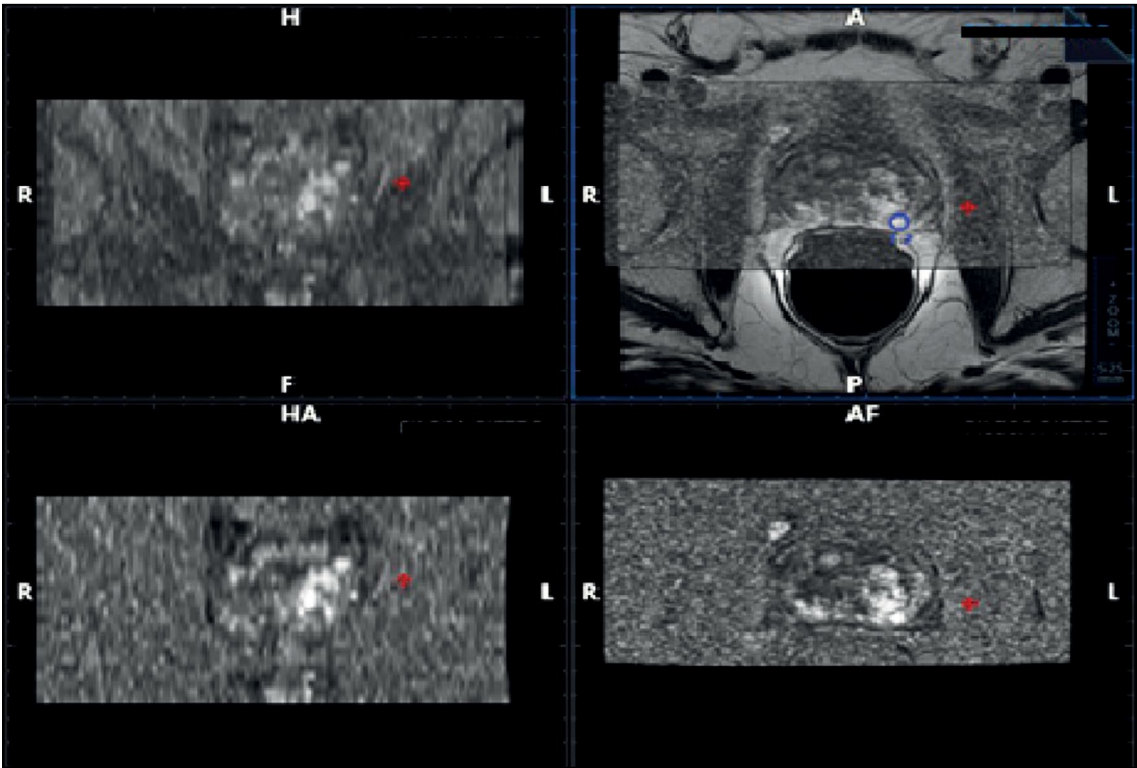


图3。前列腺的磁共振成像：轴向弥散加权图像（左上）和测得的弥散系数图（左下）、T2 加权图像（右上）和注射造影剂后的 T1 加权图像（右下）。

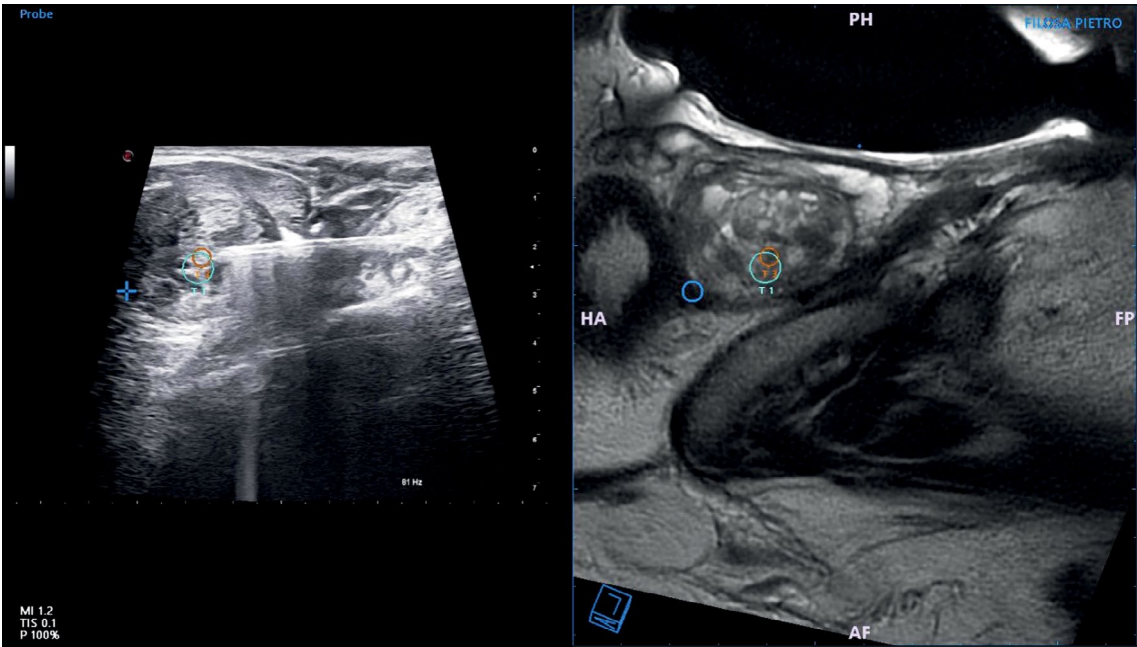


图 4。通过数字叠加的方法，将磁共振图像与经直肠超声图像实时匹配，从而将放射科医生预先绘制的目标分配给超声机。通过重叠图像可以重建前列腺组织，然后在重建的模型上定位和追踪活检部位。

E. Baco等人。证明由最大Gleason评分（或具有相同Gleason评分的多灶情况下的最大体积）确定的98%的指数肿瘤通过断层扫描诊断。在 Philips Urostation 平台上进行 磁共振检查—经直肠超声融合活检时，98% 的病例都能正确确定肿瘤位置[31]。

在公共卫生方面，2016 年，Y. Cerantola 等人发表了一项临床和成本效益分析结果，对经直肠超声活检与靶向磁共振检查活检进行了比较。作者评估了5年、10年、15年和20年后的累积效应，得出结论认为，将成像和靶向磁共振检查活检纳入 前列腺癌的诊断和治疗是

一项经济合理的决策，即使在多年后也是如此[32]。

比较不同的靶向活检方法

只有少数几项研究对采用不同预设参数策略的癌症检出率进行了调查，其结果相互矛盾[26]。

在 N.B. Delongchamps 等人的研究中，比较了目视评估和使用两种磁共振检查-经直肠超声融合活检设备获得的结果。作者报告说，与认知融合活检相比，活检的效果更好。然而，在一组 391 名患者中测试的两种基于软件的联合注册设备 Esaote (MyLab Twice, 意大利) 和 Philips Urostation 在条件逻辑回归分析中都显示出比活检更高的 癌症检出率 [33]。

在一项涉及125名疑似肿瘤男性的前瞻性J. Box 研究中，将磁共振检查经直肠超声融合活检 (Eigen Artemis) 与视觉评估靶向进行比较[34]。作者发现，使用磁共振检查-经直肠超声进行的活检对所有类型的癌症具有略高的癌症检出率率 (32%对26.7%; $p=0.1374$) 和Gleason评分的总和 $\geq 3+4$ (20.3%对15.1%; $p=0.0523$)。

P. Puech等人发现，使用MedCom Navigator (德国MedCom公司) 的刚性方案联合登记与认知靶向融合活检相比，前列腺癌的检出率没有差异 (53%对47%)。此外，前列腺后部 (79 人中有 46 人; 58%) 和前列腺前部 (79 人中有 33 人; 42%) 或最小病灶 (79 人中有 25 人; 32%) 的成像确定的癌症阳性率也没有差异[15]。2013 年，M.A. Bjurlin 等人得出结论认为，在前列腺 靶向活检中使用磁共振成像可以通过更好地定位病灶和选择活检来减少与常规活检相关的抽样误差。作者发现，增加取样可以进行更准确的风险分类，这可能会影响后续的治疗决策。然而，磁共振检查引导活检的最佳临床使用问题尚未得到解决[3]。

前列腺癌的早期诊断

2018年，美国预防服务工作组 (USPSTF) 根据大型筛查试验的长期随访数据，以及低风险前列腺癌患者主动监测可减少血清前列腺特异性抗原筛查中过度治疗相关危害的新证据，发布了最新建议。USPSTF 现在建议 55~69 岁的男性在与医生讨论过 血清前列腺特异性抗原 检测的相对益处和危害后再进行 血清前列腺特异性抗原 检测。然而，仍不建议年轻男性 (40~55 岁) 或 70 岁以上的男性进行 血清前列腺特异性抗原 检测 [35]。

在缺乏广泛的血清前列腺特异性抗原检测的情况下，机会筛选已成为许多欧盟国家的常规做法。然而，最近的一项研究表明，与有组织的测试相比，这种策略不仅对前列腺癌死亡率影响最小，而且还导致过度诊断[36]。缺乏效果在很大程度上是由于在没有合理必要的情况下对不会带来显着益处的人 (例如，预期寿命为10年的

人) 进行了测试[37]，以及重新测试没有患严重前列腺癌风险的男性[38]。

基于 血清前列腺特异性抗原 值的风险适应策略与风险计算器和 mpMRI 相结合，可用于区分临床意义重大和不重要的 前列腺癌并相应调整治疗方法，从而降低过度诊断的可能性。因此，许多早期 前列腺癌诊断病例可通过主动监测解决，避免了不必要的治疗[39]。与晚期诊断和治疗相比，癌症风险较低的患者可能会从局部治疗中获益，因为局部治疗的副作用更少，疗效更好，从而改善或保持患者的生活质量[40]。

欧洲泌尿学协会开发了一种算法，揭示了适应风险的 前列腺癌检测策略的本质。该算法针对 50 岁以上、预期寿命超过 10~15 年的男性，他们了解这种方法的细微差别。此外，该算法还清楚地展示了如何在避免过度诊断和不必要治疗的同时，及早发现严重的前列腺癌。在进行临床风险评估和适当咨询后，进行 血清前列腺特异性抗原 检测。如果 血清前列腺特异性抗原 浓度较低，则 2~4 年内 (血清前列腺特异性抗原 为 1~3 纳克/毫升) 或 5 年内 (60 岁时 血清前列腺特异性抗原 为 1 ng/ml) 无需采取进一步行动 [39]。

风险分层在风险计算器中考虑了年龄、家族史、数字直肠检查和前列腺体积 (血清前列腺特异性抗原 密度) 等因素。这将识别出只需临床随访的低风险男性亚群 (约占原发性 血清前列腺特异性抗原 >3 ng/ml[41]的男性总数的 35%)，从而避免了包括核磁共振成像和活组织检查在内的进一步检查。血清前列腺特异性抗原 浓度大于 3 纳克/毫升的中危或高危男性应接受 mpMRI 检查。这将识别出另一个 Pi-RADS 评分为 1~2 的亚群 (约占所有接受成像的男性的 54%[41])，他们罹患 s前列腺癌的风险较低，只需进行临床随访。

考虑到 血清前列腺特异性抗原 密度和其他临床特征，对 Pi-RADS 评分为 3 分的男性进行进一步分类，可确定另外一类仅需临床随访的患者 (低风险类别—Pi-RADS 1、2 或 3—包括约 57% 接受检测的男性[41])。因此，基线人群的其余部分可能被归类为中等或高风险，应接受有针对性和/或系统性活检。在这一群体中，诊断结果呈阳性且评分适当的个体 (约占所有确诊患者的 25%[42]) 可接受主动监测而非积极治疗。

然而，所有最终的治疗决定都应该与患者共同做出，同时考虑到他的具体情况和偏好[40]。该算法演示了如何更有效地使用磁共振检查和Pi-RADS评分使用血清前列腺特异性抗原分析[43,44]，以及使用作为European Randomised Study of Screening for Prostate Cancer (ERSPC)和Prostate Cancer Prevention Trial 研究的一部分开发的风险计算器[42]，这将减少接受活检的男性数。根据年龄和初次检查结果提出的 血清前列腺特异性抗原重测时间间隔反映了未来诊断出具有临床意义的癌症的风险[45]，因此有助于减少假阳性结果的活检次数。

还应谨慎选择所使用的风险计算器。尽管 ERSPC 计算器已被公认为最好的计算器,但如果使用该计算器,可能需要对数据进行重新校准,以考虑流行率的地区差异以及血清前列腺特异性抗原值与前列腺癌风险之间的相关性[46]。

通过靶向活检进行癌症风险评估

从系统活检到靶向活检的转变引发了人们对前列腺癌治疗的严重关切。如果新的活检方法更可信,越来越多的男性应选择主动监测。

但是,应进行靶向活检检查以避免过度治疗。目前,基于活检结果的风险分类系统极大地影响了后续治疗决策[47]。这些系统是根据传统的系统活检结果开发的。与传统活检相比,靶向活检取样更彻底,阳性活检标本的比例和活检标本受癌症影响的最大累计长度更高[48, 18]。

因此,与系统活检相比,靶向活检能检测出更多的前列腺癌高危病例。N.L. Robertson 和合著者[49] 在一项计算机建模研究中报告了这一情况,该研究包括 107 个根据前列腺切除术结果制作的前列腺标本重建三维模型。作者发现,12 点经直肠超声活检仅能将 24% 有临床意义的恶性肿瘤正确归类为高风险,而经会阴 4 点 PB 活检则能将 74% 的恶性肿瘤正确归类为高风险。

此外,靶向活检中阳性活检标本的比例较高,最大累积活检长度的数值也较高。作者总结说,从传统经直肠超声活检中得出的风险模型,在图像引导活检中使用后,系统地将标本归类为高风险。

在加利福尼亚大学洛杉矶分校,194 名接受主动监测的男性接受了核磁共振/超声引导下的靶向融合活检,其中包括系统性和靶向取样。仅使用系统性活检和 Epstein 组织学标准(Gleason 评分 6 分、存在 2 个阳性柱状体、在任何柱状体的 50% 以上发现前列腺癌),28% 的男性在后续活检中被归类为不适合接受主动监测。

靶向活检之后,此类患者的数量增加到 41%。在某些情况下,这是由于发现了额外的危险恶性肿瘤,而在另一些情况下(如在一次活检中发现多个恶性细胞),则是由于使用的分类系统没有考虑到靶向活检的结果。

鉴于高风险评分病例的增加,靶向活检可能会被用来作为对更多男性进行积极治疗的理由,从而加剧过度治疗的问题。为了避免这种不良后果,有必要根据靶向活检结果制定和验证新的风险分层标准。以接受传统活检和靶向活检的患者为例,他们的低体积成分和 Gleason 评分分别为 3+3 和 3+4。靶向活检结合设备活检可用于安全监测目前认为需要治疗的肿瘤[47]。

在前列腺癌风险建模中纳入多参数磁共振成像和融合活检结果

与根治性前列腺切除术中获得的标本相比,mpMRI 可检测出 85%–95% 的索引病变和前列腺癌[50]。对 mpMRI 检测出的可疑病变进行有针对性的融合活检可将 s 前列腺癌的检出率提高 30%[22]。

基于风险的多变量方法可用于识别患有前列腺癌的男性,避免不必要的活检[51, 52]。ERSPC 风险计算器是用来量化前列腺癌风险的。M. J. Roobol 等人的研究表明,前列腺癌风险为 12.5% 的男性可避免 33% 的常规活检[52]。

虽然对仅在 mpMRI 上检测到的可疑病灶进行靶向活检是减少过度检测非重要肿瘤的潜在方法,但前列腺癌也可能未被检测到[22、53、54]。

相比之下,A.R. Alberts 等人、J.P. Radtke 和 P.J. van Leeuwen 等人开发了自己的风险计算器,并将活检前的 mpMRI 结果添加到临床参数中,以确定个体罹患前列腺癌的风险。作者们采用了一种经过验证的方法,一方面将靶向融合活检和经会阴系统性活检作为参考,另一方面将经会阴测图加上靶向 12 点经直肠超声活检结合起来[55, 56]。

通过分析 ROC 曲线下的面积,P. J. Van Leeuwen 等人的研究结果表明,将年龄、血清前列腺特异性抗原、前列腺直肠指检、前列腺体积、既往活检以及 mpMRI 上的 Pi-RADS 和 Likert 评分结合起来的模型优于仅包括临床参数的模型,其区分系数为 0.90 [56]。

除了针对未活检男性的模型外,J. P. Radtke 等人还对针对既往活检阴性男性的风险模型进行了内部验证,该模型结合了血清前列腺特异性抗原、前列腺体积、前列腺直肠指检、年龄、Pi-RADS 和 Likert mpMRI 评分[55]。与经过验证的临床参数和 Pi-RADS 评分风险计算器相比,该模型优于这两种工具[55]。将包含 mpMRI 和临床参数的风险模型与仅使用临床参数或 Pi-RADS 评分的风险模型进行比较,可提高疑似 s 前列腺癌患者活检决策的准确性。总之,包含 mpMRI 结果的风险模型优于不包含 mpMRI 结果的模型,不仅适用于初次活检前的男性,也适用于先前活检结果为阴性的患者[55, 56]。

虽然前列腺癌的检出率可能会提高,但对于疑似 RPV 病例,不利的 mpMRI 结果或较低的 Pi-RADS 评分可能并不是拒绝活检的理由。据称,磁共振成像引导下的融合活检有助于诊断轻度前列腺癌。低风险前列腺癌的检测可避免不必要的治疗,并在选择主动监测患者时提高疾病监测的准确性和可靠性,从而提高患者的安全性。

利用多参数磁共振成像避免融合活检中的误差

虽然 mpMRI 为诊断前列腺癌提供了有用的信息,但 mpMRI 融合活检可能会失败。迄今为止,已经确定了四种潜在的错误机制:

1. mpMRI 上看不到的恶性肿瘤;
2. 样本采集不当;
3. 操作人员失误;
4. 肿瘤内异质性与 Gleason 总和[57]。

A. Muthigi 等人报告说,在活检而非靶向活检检测到前列腺癌的病例中,71%的恶性病变位于目标病变的六分仪内,这与 H. Cash 等人的研究结果一致,他们认为取样不准确是融合活检失败的主要原因之一 [56, 58]。

同样, D. J. Bryk 等人认为,在 mpMRI 检测到单侧病变的患者中,联合使用靶向活检和同侧活检是检测前列腺癌和降低低危前列腺癌发病率的最好策略。作者将靶向活检和活检的结果作为参考 [59]。这两项研究的结果表明,增加从靶区采集的样本数量可以最大限度地减少肿瘤内异质性的抽样和检测误差。然而, F. Porpiglia 等人发现,从病灶中心取两个目标样本就足以准确代表指数病灶 [60]。

对这一问题还需要进行更多的研究。与未见肿瘤相关的 mpMRI 融合活检误差 (mpMRI 的阴性预测值为 63%~98%) 只能通过进行额外的活检来解决 [61, 62]。然而,在大多数病例中,靶向活检和 12 点活检的组合在检测前列腺癌方面与单独进行靶向活检相比没有优势 [22, 63]。

相反, C. P. Filson 等人发现,联合方法检测出的前列腺癌病例明显多于单纯靶向活检或单纯活检 [64]。

这些相互矛盾的结果表明,与单纯靶向活检方法相比,联合方法提高了因活检导致的前列腺癌的检出效率,但仍有可能检出风险明显较低的疾病。

排除活检的问题可能永远无法完全解决,应根据活检的具体适应症和患者的需求,逐一决定是否合适。

有关融合活检 mfMRI 的质量和可能的失败原因的另一点是手术本身的技术。

融合活检结合多参数磁共振成像技术用于需要重复活检的男性

对于既往活检阴性但仍怀疑存在前列腺癌的男性,应始终对其进行监测。与未进行活检的患者组相比,事先取样可降低总体发病率。然而,对持续怀疑有前列腺癌的患者进行 12 点经直肠超声活检可能会出现假阴性结果。许多研究表明, mpMRI 可有效监测这类患者,因此建议在重复活检时使用 [1, 65]。

在大多数研究中,这些患者被归类为更大队列的一个子集,但在一些研究中,他们受到了特别关注。例如, L. A. M. Simmons 等人评估了 mpMRI 对需要重复前列腺活检男性的诊断准确性 (PICTURE 研究),尽管只有 31% 的男性在之前的活检中结果为阴性 [66]。作为阳性结果, mpMRI 3 分的敏感性为 97%,特异性为 22%,阴性和阳性预测值分别为 91% 和 47% [66]。

作者总结说,14% 的男性可以避免重复活检,但有可能忽略 9% 的前列腺癌病例 [66]。N. L. Hansen 等人报告称,将 Pi-RADS 评分和血清前列腺特异性抗原密度合并后, AUC 有了显著提高 (0.82

对 0.85)。作者认为,只有在 mpMRI 结果惊人且血清前列腺特异性抗原密度较低的情况下,才应避免重复活检 [67]。同样,何时可以排除活检的问题仍然不清楚。C. Arsov 等人在一项前瞻性随机研究中比较了 in-bore 靶向活检与靶向融合活检和 12 点经直肠超声-活检的组合。作者发现,活检对检测前列腺癌没有额外的益处 [10]。

相反,最近对靶向活检和 24 点或 12 点活检进行比较的研究表明,靶向活检无法发现大量前列腺癌病例 [67]。

融合活组织检查与多参数磁共振成像相结合,适用于接受主动监测的男性

另一个重要的患者类别是患有前列腺癌的男性,他们可能有资格参加主动监测计划。对可能不太严重的疾病进行适当的风险评估至关重要。MpMRI 与融合活检相结合可能有助于初步筛选主动监测候选者和监测疾病进展。J. P. Radtke 等人的一项研究 (n=149) 比较了在接受主动监测之前进行初始 mpMRI 和融合活检的患者与根据 12 点经直肠超声活检结果选择接受主动监测的患者在随后 2 年随访期间的结果,前者的主动监测发生率明显较低 (20% 对 48%) [68]。

D. R. Henderson 等人在一项前瞻性研究中表明,测量的弥散系数可作为选择主动监测患者的良好标志,因为测量的弥散系数值越低,病理进展越快 [69]。最近的一些研究探讨了 mpMRI 和融合活检在监测疾病进展方面的功效。其中大多数研究表明, mpMRI 能相当准确地预测临床进展的可能性,而且 mpMRI 结果稳定的患者疾病进展的可能性较低 [70~72]。

将临床标准纳入决策过程似乎是选择主动监测患者的一个优势。C. Arsov 等人发现,在一组 210 名基线无疾病进展证据的男性患者中,当 mpMRI 不可疑且血清前列腺特异性抗原密度 <0.15 ng/ml 时,才会进行确诊活检。作者建议此类患者应避免后续活检 [10]。不过,仅限于 mpMRI 可见病灶的融合活检是否足以满足后续治疗的需要,仍是一个值得商榷的问题。X. Meng 和 T. P. Frye 等人的研究表明,在随访期间采用饱和和靶向 mpMRI 融合活检相结合的方法,在靶向活检中发现的肿瘤明显多于在活检中发现的肿瘤,这证实了放弃活检的合理性 [53, 70]。

相反, G. N. Tran 和 P. Recabal 等人发现,相当一部分恶性程度较高的肿瘤只能通过活检诊断,这表明需要额外的活检诊断 [71, 72]。这些相互矛盾的结果可部分归因于研究参数的差异,如中位靶向活检和通过活检检测到的阳性活检标本的数量。不过,作者也强调需要进一步研究长期结果、连续的 mpMRI 而不是重复活检,以及根据 mpMRI 结果进行可能的后续活检。

结论

与其他方法相比，靶向磁共振成像活检提高了组织学结果的质量，约90%的重要指标病变可被正确识别。尽管临床检测 前列腺癌的灵敏度有限，但系统性 12 点 经直肠超声I 活检仍被广泛使用。磁共振检查引导下的活检可提高 前列腺癌的检出率，并增加阳性活检标本的比例。

尽管这些类型的活检目前主要用于系统性经直肠超声活检阴性但临床仍高度怀疑有 前列腺癌的患者，但随着诊断前磁共振成像使用的增加，这些方法有望取代标准的系统活检。

正确的分期有助于选择最佳治疗方案，包括病灶治疗、充分评估未来前景以及减少重复活检、费用和并发症。此外，标准化活检技术和改进图

像匹配技术非常重要，这将减少估计肿瘤体积时的错误数量。在术前阶段，当需要进行前列腺根治术时，mpMRI 可帮助规划初始手术策略，从而促进良好的临床决策。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

REFERENCES

1. Mottet N, Bellmunt J, Bolla M, et al. EAU-ESTRO-SIOG Guidelines on Prostate Cancer. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent. *Eur Urol*. 2017;71(4):618–629. doi: 10.1016/j.eururo.2016.08.003
2. Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Truong H, et al. Magnetic resonance imaging/ultrasound-fusion biopsy significantly upgrades prostate cancer versus systematic 12-core transrectal ultrasound biopsy. *Eur Urol*. 2013;64(5):713–719. doi: 10.1016/j.eururo.2013.05.059
3. Bjurlin MA, Meng X, Le Nobin J, et al. Optimization of prostate biopsy: the role of magnetic resonance imaging targeted biopsy in detection, localization and risk assessment. *J Urol*. 2014;192(3):648–658. doi: 10.1016/j.juro.2014.03.117
4. [WITHDRAWN] Prostate cancer risk management programme (PCRMP): benefits and risks of PSA testing (guidance) [Internet]. UK: Public Health England; 2016. Available from: <https://www.gov.uk/government/publications/prostate-cancer-risk-management-programme-psa-test-benefits-and-risks>
5. Hamoen EHJ, de Rooij M, Witjes JA, Barentsz JO, Rovers MM. Use of the Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) for Prostate Cancer Detection with Multiparametric Magnetic Resonance Imaging: A Diagnostic Meta-analysis. *Eur Urol*. 2015;67(6):1112–1121. doi: 10.1016/j.eururo.2014.10.033
6. Ventrella E, Eusebi L, Carpagano FA, et al. Multiparametric MRI of Prostate Cancer: Recent Advances. *Curr Radiol Rep*. 2020;8. doi: 10.1007/s40134-020-00363-1
7. Portalez D, Mozer P, Cornud F, et al. Validation of the European Society of Urogenital Radiology scoring system for prostate cancer diagnosis on multiparametric magnetic resonance imaging in a cohort of repeat biopsy patients. *Eur Urol*. 2012;62(6):986–996. doi: 10.1016/j.eururo.2012.06.044
8. Kuru TH, Roethke MC, Rieker P, et al. Histology core-specific evaluation of the European Society of Urogenital Radiology (ESUR) standardised scoring system of multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI) of the prostate. *BJU Int*. 2013;112(8):1080–1087. doi: 10.1111/bju.12259
9. Carpagano F, Eusebi L, Tupputi U, et al. Multiparametric MRI: Local Staging of Prostate Cancer. *Current Radiology Reports*. 2020;8. doi: 10.1007/s40134-020-00374-y
10. Arsov C, Rabenalt R, Blondin D, et al. Prospective randomized trial comparing magnetic resonance imaging (MRI)-guided in-bore biopsy to MRI-ultrasound fusion and transrectal ultrasound-guided prostate biopsy in patients with prior negative biopsies. *Eur Urol*. 2015;68(4):713–720. doi: 10.1016/j.eururo.2015.06.008
11. Hambrock T, Somford DM, Hoeks C, et al. Magnetic resonance imaging guided prostate biopsy in men with repeat negative biopsies and increased prostate specific antigen. *J Urol*. 2010;183(2):520–527. doi: 10.1016/j.juro.2009.10.022
12. Tyson MD, Arora SS, Scarpato KR, Barocas D. Magnetic resonance-ultrasound fusion prostate biopsy in the diagnosis of prostate cancer. *Urol Oncol*. 2016;34(7):326–332. doi: 10.1016/j.urolonc.2016.03.005
13. Wolters T, Montironi R, Mazzucchelli R, et al. Comparison of incidentally detected prostate cancer with screen-detected prostate cancer treated by prostatectomy. *Prostate*. 2012;72(1):108–115. doi: 10.1002/pros.21415
14. Moore CM, Robertson NL, Arsanious N, et al. Image-guided prostate biopsy using magnetic resonance imaging-derived targets: a systematic review. *Eur Urol*. 2013;63(1):125–140. doi: 10.1016/j.eururo.2012.06.004
15. Puech P, Rouvière O, Renard-Penna R, et al. Prostate cancer diagnosis: multiparametric MR-targeted biopsy with cognitive and transrectal US-MR fusion guidance versus systematic biopsy — prospective multicenter study. *Radiology*. 2013;268(2):461–469. doi: 10.1148/radiol.13121501
16. Labanaris AP, Engelhard K, Zugor V, Nützel R, Kühn R. Prostate cancer detection using an extended prostate biopsy schema in combination with additional targeted cores from suspicious images in conventional and functional endorectal magnetic resonance imaging of the prostate. *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2010;13(1):65–70. doi: 10.1038/pcan.2009.41

17. Williams IS, McVey A, Perera S, et al. Modern paradigms for prostate cancer detection and management. *Med J Aust.* 2022;217(8):424–433. doi: 10.5694/mja2.51722
18. Haffner J, Lemaitre L, Puech P, et al. Role of magnetic resonance imaging before initial biopsy: comparison of magnetic resonance imaging-targeted and systematic biopsy for significant prostate cancer detection. *BJU Int.* 2011;108(8 Pt 2):E171–E178. doi: 10.1111/j.1464-410X.2011.10112.x
19. Labanaris AP, Zugor V, Smieszek R, et al. Guided e-MRI prostate biopsy can solve the discordance between Gleason score biopsy and radical prostatectomy pathology. *Magn Reson Imaging.* 2010;28(7):943–946. doi: 10.1016/j.mri.2010.03.041
20. Stephenson SK, Chang EK, Marks LS. Screening and detection advances in magnetic resonance image-guided prostate biopsy. *Urol Clin North Am.* 2014;41(2):315–326. doi: 10.1016/j.ucl.2014.01.007
21. Vourganti S, Rastinehad A, Yerram N, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging and ultrasound fusion biopsy detect prostate cancer in patients with prior negative transrectal ultrasound biopsies. *J Urol.* 2012;188(6):2152–2157. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.025
22. Siddiqui MM, Rais-Bahrami S, Turkbey B, et al. Comparison of MR/ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer. *JAMA.* 2015;313(4):390–397. doi: 10.1001/jama.2014.17942
23. Quentin M, Schimmöller L, Arsov C, et al. 3-T in-bore MR-guided prostate biopsy based on a scoring system for target lesions characterization. *Acta Radiol.* 2013;54(10):1224–1229. doi: 10.1177/0284185113492972
24. Hoeks CM, Schouten MG, Bomers JG, et al. Three-Tesla magnetic resonance-guided prostate biopsy in men with increased prostate-specific antigen and repeated, negative, random, systematic, transrectal ultrasound biopsies: detection of clinically significant prostate cancers. *Eur Urol.* 2012;62(5):902–909. doi: 10.1016/j.eururo.2012.01.047
25. Marks L, Young S, Natarajan S. MRI-ultrasound fusion for guidance of targeted prostate biopsy. *Curr Opin Urol.* 2013;23(1):43–50. doi: 10.1097/MOU.0b013e32835ad3ee
26. Monni F, Fontanella P, Grasso A, et al. Magnetic resonance imaging in prostate cancer detection and management: a systematic review. *Minerva Urol Nefrol.* 2017;69(6):567–578. doi: 10.23736/S0393-2249.17.02819-3
27. Schlaier JR, Warnat J, Dorenbeck U, et al. Image fusion of MR images and real-time ultrasonography: evaluation of fusion accuracy combining two commercial instruments, a neuronavigation system and a ultrasound system. *Acta Neurochir (Wien).* 2004;146(3):271–276. doi: 10.1007/s00701-003-0155-6
28. Pokorny MR, de Rooij M, Duncan E, et al. Prospective study of diagnostic accuracy comparing prostate cancer detection by transrectal ultrasound-guided biopsy versus magnetic resonance (MR) imaging with subsequent MR-guided biopsy in men without previous prostate biopsies. *Eur Urol.* 2014;66(1):22–29. doi: 10.1016/j.eururo.2014.03.002
29. Kuru TH, Roethke MC, Seidenader J, et al. Critical evaluation of magnetic resonance imaging targeted, transrectal ultrasound guided transperineal fusion biopsy for detection of prostate cancer. *J Urol.* 2013;190(4):1380–1386. doi: 10.1016/j.juro.2013.04.043
30. Serefoglu EC, Altinova S, Ugras NS, et al. How reliable is 12-core prostate biopsy procedure in the detection of prostate cancer. *Can Urol Assoc J.* 2013;7(5–6):E293–E298. doi: 10.5489/cuaj.11224
31. Baco E, Ukimura O, Rud E, et al. Magnetic resonance imaging-transtectal ultrasound image-fusion biopsies accurately characterize the index tumor: correlation with step-sectioned radical prostatectomy specimens in 135 patients. *Eur Urol.* 2015;67(4):787–794. doi: 10.1016/j.eururo.2014.08.077
32. Cerantola Y, Dragomir A, Tanguay S, et al. Cost-effectiveness of multiparametric magnetic resonance imaging and targeted biopsy in diagnosing prostate cancer. *Urol Oncol.* 2016;34(3):119.e1–119.e9. doi: 10.1016/j.urolonc.2015.09.010
33. Delongchamps NB, Peyromaure M, Schull A, et al. Prebiopsy magnetic resonance imaging and prostate cancer detection: comparison of random and targeted biopsies. *J Urol.* 2013;189(2):493–499. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.195
34. Bax J, Cool D, Gardi L, et al. Mechanically assisted 3D ultrasound guided prostate biopsy system. *Med Phys.* 2008;35(12):5397–5410. doi: 10.1118/1.3002415
35. US Preventive Services Task Force; Grossman DC, Curry SJ, et al. Screening for Prostate Cancer: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA.* 2018;319(18):1901–1913. Erratum in: *JAMA.* 2018;319(23):2443. doi: 10.1001/jama.2018.3710
36. Arnsrud Godtman R, Holmberg E, Lilja H, Stranne J, Hugosson J. Opportunistic testing versus organized prostate-specific antigen screening: outcome after 18 years in the Göteborg randomized population-based prostate cancer screening trial. *Eur Urol.* 2015;68(3):354–360. doi: 10.1016/j.eururo.2014.12.006
37. Engler J, Dahlhaus A, Güthlin C. The readiness of German GPs to recommend and conduct cancer screening is associated with patient-physician gender concordance. Results of a survey. *Eur J Gen Pract.* 2017;23(1):11–19. doi: 10.1080/13814788.2016.1240166
38. Nordström T, Aly M, Clements MS, et al. Prostate-specific antigen (PSA) testing is prevalent and increasing in Stockholm County, Sweden, Despite no recommendations for PSA screening: results from a population-based study, 2003–2011. *Eur Urol.* 2013;63(3):419–425. doi: 10.1016/j.eururo.2012.10.001
39. Van Poppel H, Roobol MJ, Chapple CR, et al. Prostate-specific Antigen Testing as Part of a Risk-Adapted Early Detection Strategy for Prostate Cancer: European Association of Urology Position and Recommendations for 2021. *Eur Urol.* 2021;80(6):703–711. doi: 10.1016/j.eururo.2021.07.024
40. Mottet N, van den Bergh RCN, Briers E, et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG Guidelines on Prostate Cancer-2020 Update. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent. *Eur Urol.* 2021;79(2):243–262. doi: 10.1016/j.eururo.2020.09.042
41. Collen S, Van Poppel H. Early detection and diagnosis of prostate cancer in well informed men: the way forward for Europe. *Belg J Med Oncol.* 2020;14:321–326.
42. Louie KS, Seigneurin A, Cathcart P, Sasieni P. Do prostate cancer risk models improve the predictive accuracy of PSA screening? A meta-analysis. *Ann Oncol.* 2015;26(5):848–864. doi: 10.1093/annonc/mdu525
43. Ahmed HU, El-Shater Bosaily A, Brown LC, et al. Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate

- cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study. *Lancet*. 2017;389(10071):815–822. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32401-1
- 44.** Alberts AR, Schoots IG, Bokhorst LP, et al. Characteristics of Prostate Cancer Found at Fifth Screening in the European Randomized Study of Screening for Prostate Cancer Rotterdam: Can We Selectively Detect High-grade Prostate Cancer with Upfront Multivariable Risk Stratification and Magnetic Resonance Imaging. *Eur Urol*. 2018;73(3):343–350. doi: 10.1016/j.eururo.2017.06.019
- 45.** Palsdottir T, Nordstrom T, Karlsson A, et al. The impact of different prostate-specific antigen (PSA) testing intervals on Gleason score at diagnosis and the risk of experiencing false-positive biopsy recommendations: a population-based cohort study. *BMJ Open*. 2019;9(3):e027958. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027958
- 46.** Wynants L, van Smeden M, McLernon DJ, et al. Three myths about risk thresholds for prediction models. *BMC Med*. 2019;17(1):192. doi: 10.1186/s12916-019-1425-3
- 47.** Sonn GA, Margolis DJ, Marks LS. Target detection: magnetic resonance imaging-ultrasound fusion-guided prostate biopsy. *Urol Oncol*. 2014;32(6):903–911. doi: 10.1016/j.urolonc.2013.08.006
- 48.** Sonn GA, Natarajan S, Margolis DJ, et al. Targeted biopsy in the detection of prostate cancer using an office based magnetic resonance ultrasound fusion device. *J Urol*. 2013;189(1):86–91. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.095
- 49.** Robertson NL, Hu Y, Ahmed HU, et al. Prostate cancer risk inflation as a consequence of image-targeted biopsy of the prostate: a computer simulation study. *Eur Urol*. 2014;65(3):628–634. doi: 10.1016/j.eururo.2012.12.057
- 50.** Radtke JP, Schwab C, Wolf MB, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging (MRI) and MRI — transrectal ultrasound fusion biopsy for index tumor detection: correlation with radical prostatectomy specimen. *Eur Urol*. 2016;70:846–853. doi: 10.1016/j.eururo.2015.12.052
- 51.** Schröder FH, Hugosson J, Roobol MJ, et al. Screening and prostate cancer mortality: results of the European Randomised Study of Screening for Prostate Cancer (ERSPC) at 13 years of follow-up. *Lancet*. 2014;384(9959):2027–2035. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60525-0
- 52.** Roobol MJ, Steyerberg EW, Kranse R, et al. A risk-based strategy improves prostate-specific antigen-driven detection of prostate cancer. *Eur Urol*. 2010;57(1):79–85. doi: 10.1016/j.eururo.2009.08.025
- 53.** Meng X, Rosenkrantz AB, Mendhiratta N, et al. Relationship Between Prebiopsy Multiparametric Magnetic Resonance Imaging (MRI), Biopsy Indication, and MRI-ultrasound Fusion-targeted Prostate Biopsy Outcomes. *Eur Urol*. 2016;69(3):512–517. doi: 10.1016/j.eururo.2015.06.005
- 54.** Vargas HA, Hötter AM, Goldman DA, et al. Updated prostate imaging reporting and data system (PIRADS v2) recommendations for the detection of clinically significant prostate cancer using multiparametric MRI: critical evaluation using whole-mount pathology as standard of reference. *Eur Radiol*. 2016;26(6):1606–1612. doi: 10.1007/s00330-015-4015-6
- 55.** Radtke JP, Wiesenfarth M, Kesch C, et al. Combined Clinical Parameters and Multiparametric Magnetic Resonance Imaging for Advanced Risk Modeling of Prostate Cancer—Patient-tailored Risk Stratification Can Reduce Unnecessary Biopsies. *Eur Urol*. 2017;72(6):888–896. doi: 10.1016/j.eururo.2017.03.039
- 56.** van Leeuwen PJ, Hayen A, Thompson JE, et al. A multiparametric magnetic resonance imaging-based risk model to determine the risk of significant prostate cancer prior to biopsy. *BJU Int*. 2017;120(6):774–781. doi: 10.1111/bju.13814
- 57.** Muthigi A, George AK, Sidana A, et al. Missing the Mark: Prostate Cancer Upgrading by Systematic Biopsy over Magnetic Resonance Imaging/Transrectal Ultrasound Fusion Biopsy. *J Urol*. 2017;197(2):327–334. doi: 10.1016/j.juro.2016.08.097
- 58.** Cash H, Günzel K, Maxeiner A, et al. Prostate cancer detection on transrectal ultrasonography-guided random biopsy despite negative real-time magnetic resonance imaging/ultrasonography fusion-guided targeted biopsy: reasons for targeted biopsy failure. *BJU Int*. 2016;118(1):35–43. doi: 10.1111/bju.13327
- 59.** Bryk DJ, Llukani E, Taneja SS, et al. The Role of Ipsilateral and Contralateral Transrectal Ultrasound-guided Systematic Prostate Biopsy in Men With Unilateral Magnetic Resonance Imaging Lesion Undergoing Magnetic Resonance Imaging-ultrasound Fusion-targeted Prostate Biopsy. *Urology*. 2017;102:178–182. doi: 10.1016/j.urology.2016.11.017
- 60.** Porpiglia F, De Luca S, Passera R, et al. Multiparametric Magnetic Resonance/Ultrasound Fusion Prostate Biopsy: Number and Spatial Distribution of Cores for Better Index Tumor Detection and Characterization. *J Urol*. 2017;198(1):58–64. doi: 10.1016/j.juro.2017.01.036
- 61.** Fütterer JJ, Briganti A, De Visschere P, et al. Can Clinically Significant Prostate Cancer Be Detected with Multiparametric Magnetic Resonance Imaging? A Systematic Review of the Literature. *Eur Urol*. 2015;68(6):1045–1053. doi: 10.1016/j.eururo.2015.01.013
- 62.** Thompson JE, Moses D, Shnier R, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging guided diagnostic biopsy detects significant prostate cancer and could reduce unnecessary biopsies and over detection: a prospective study. *J Urol*. 2014;192(1):67–74. doi: 10.1016/j.juro.2014.01.014
- 63.** Delongchamps NB, Portalez D, Bruguière E, et al. Are Magnetic Resonance Imaging-Transrectal Ultrasound Guided Targeted Biopsies Noninferior to Transrectal Ultrasound Guided Systematic Biopsies for the Detection of Prostate Cancer. *J Urol*. 2016;196(4):1069–1075. doi: 10.1016/j.juro.2016.04.003
- 64.** Filson CP, Natarajan S, Margolis DJ, et al. Prostate cancer detection with magnetic resonance-ultrasound fusion biopsy: The role of systematic and targeted biopsies. *Cancer*. 2016;122(6):884–892. doi: 10.1002/cncr.29874
- 65.** Rosenkrantz AB, Verma S, Choyke P, et al. Prostate Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Targeted Biopsy in Patients with a Prior Negative Biopsy: A Consensus Statement by AUA and SAR. *J Urol*. 2016;196(6):1613–1618. doi: 10.1016/j.juro.2016.06.079
- 66.** Simmons LAM, Kanthabalan A, Arya M, et al. The PICTURE study: diagnostic accuracy of multiparametric MRI in men requiring a repeat prostate biopsy. *Br J Cancer*. 2017;116(9):1159–1165. doi: 10.1038/bjc.2017.57

67. Hansen NL, Kesch C, Barrett T, et al. Multicentre evaluation of targeted and systematic biopsies using magnetic resonance and ultrasound image-fusion guided transperineal prostate biopsy in patients with a previous negative biopsy. *BJU Int.* 2017;120(5):631–638. doi: 10.1111/bju.13711
68. Radtke JP, Kuru TH, Bonekamp D, et al. Further reduction of disqualification rates by additional MRI-targeted biopsy with transperineal saturation biopsy compared with standard 12-core systematic biopsies for the selection of prostate cancer patients for active surveillance. *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2016;19(3):283–291. doi: 10.1038/pcan.2016.16
69. Henderson DR, de Souza NM, Thomas K, et al. Nine-year Follow-up for a Study of Diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging in a Prospective Prostate Cancer Active Surveillance Cohort. *Eur Urol.* 2016;69(6):1028–1033. doi: 10.1016/j.eururo.2015.10.010
70. Frye TP, George AK, Kilchevsky A, et al. Magnetic Resonance Imaging-Transrectal Ultrasound Guided Fusion Biopsy to Detect Progression in Patients with Existing Lesions on Active Surveillance for Low and Intermediate Risk Prostate Cancer. *J Urol.* 2017;197(3 Pt 1):640–646. doi: 10.1016/j.juro.2016.08.109
71. Recabal P, Assel M, Sjöberg DD, et al. The Efficacy of Multiparametric Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Targeted Biopsy in Risk Classification for Patients with Prostate Cancer on Active Surveillance. *J Urol.* 2016;196(2):374–381. doi: 10.1016/j.juro.2016.02.084
72. Tran GN, Leapman MS, Nguyen HG, et al. Magnetic Resonance Imaging-Ultrasound Fusion Biopsy During Prostate Cancer Active Surveillance. *Eur Urol.* 2017;72(2):275–281. doi: 10.1016/j.eururo.2016.08.023

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mottet N., Bellmunt J., Bolla M., et al. EAU-ESTRO-SIOG Guidelines on Prostate Cancer. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent // *Eur Urol.* 2017. Vol. 71, N 4. P. 618–629. doi: 10.1016/j.eururo.2016.08.003
2. Siddiqui M.M., Rais-Bahrami S., Truong H., et al. Magnetic resonance imaging/ultrasound-fusion biopsy significantly upgrades prostate cancer versus systematic 12-core transrectal ultrasound biopsy // *Eur Urol.* 2013. Vol. 64, N 5. P. 713–719. doi: 10.1016/j.eururo.2013.05.059
3. Bjurlin M.A., Meng X., Le Nobin J., et al. Optimization of prostate biopsy: the role of magnetic resonance imaging targeted biopsy in detection, localization and risk assessment // *J Urol.* 2014. Vol. 192, N 3. P. 648–658. doi: 10.1016/j.juro.2014.03.117
4. [WITHDRAWN] Prostate cancer risk management programme (PCRMP): benefits and risks of PSA testing (guidance) [Internet]. UK : Public Health England, 2016. Доступ по ссылке: <https://www.gov.uk/government/publications/prostate-cancer-risk-management-programme-psa-test-benefits-and-risks>
5. Hamoen E.H.J., de Rooij M., Witjes J.A., Barentsz J.O., Rovers M.M. Use of the Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) for Prostate Cancer Detection with Multiparametric Magnetic Resonance Imaging: A Diagnostic Meta-analysis // *Eur Urol.* 2015. Vol. 67, N 6. P. 1112–1121. doi: 10.1016/j.eururo.2014.10.033
6. Ventrella E., Eusebi L., Carpagano F.A., et al. Multiparametric MRI of Prostate Cancer: Recent Advances // *Curr Radiol Rep.* 2020. Vol. 8. doi: 10.1007/s40134-020-00363-1
7. Portalez D., Mozer P., Cornud F., et al. Validation of the European Society of Urogenital Radiology scoring system for prostate cancer diagnosis on multiparametric magnetic resonance imaging in a cohort of repeat biopsy patients // *Eur Urol.* 2012. Vol. 62, N 6. P. 986–996. doi: 10.1016/j.eururo.2012.06.044
8. Kuru T.H., Roethke M.C., Rieker P., et al. Histology core-specific evaluation of the European Society of Urogenital Radiology (ESUR) standardised scoring system of multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI) of the prostate // *BJU Int.* 2013. Vol. 112, N 8. P. 1080–1087. doi: 10.1111/bju.12259
9. Carpagano F., Eusebi L., Tupputi U., et al. Multiparametric MRI: Local Staging of Prostate Cancer. *Current Radiology Reports.* 2020. Vol. 8. doi: 10.1007/s40134-020-00374-y
10. Arsov C., Rabenalt R., Blondin D., et al. Prospective randomized trial comparing magnetic resonance imaging (MRI)-guided in-bore biopsy to MRI-ultrasound fusion and transrectal ultrasound-guided prostate biopsy in patients with prior negative biopsies // *Eur Urol.* 2015. Vol. 68, N 4. P. 713–720. doi: 10.1016/j.eururo.2015.06.008
11. Hambrock T., Somford D.M., Hoeks C., et al. Magnetic resonance imaging guided prostate biopsy in men with repeat negative biopsies and increased prostate specific antigen // *J Urol.* 2010. Vol. 183, N 2. P. 520–527. doi: 10.1016/j.juro.2009.10.022
12. Tyson M.D., Arora S.S., Scarpato K.R., Barocas D. Magnetic resonance-ultrasound fusion prostate biopsy in the diagnosis of prostate cancer // *Urol Oncol.* 2016. Vol. 34, N 7. P. 326–332. doi: 10.1016/j.urolonc.2016.03.005
13. Wolters T., Montironi R., Mazzucchelli R., et al. Comparison of incidentally detected prostate cancer with screen-detected prostate cancer treated by prostatectomy // *Prostate.* 2012. Vol. 72, N 1. P. 108–115. doi: 10.1002/pros.21415
14. Moore C.M., Robertson N.L., Arsanious N., et al. Image-guided prostate biopsy using magnetic resonance imaging-derived targets: a systematic review // *Eur Urol.* 2013. Vol. 63, N 1. P. 125–140. doi: 10.1016/j.eururo.2012.06.004
15. Puech P., Rouvière O., Renard-Penna R., et al. Prostate cancer diagnosis: multiparametric MR-targeted biopsy with cognitive and transrectal US-MR fusion guidance versus systematic biopsy — prospective multicenter study // *Radiology.* 2013. Vol. 268, N 2. P. 461–469. doi: 10.1148/radiol.13121501
16. Labanaris A.P., Engelhard K., Zugor V., Nützel R., Kühn R. Prostate cancer detection using an extended prostate biopsy schema in combination with additional targeted cores from suspicious images in conventional and functional endorectal magnetic resonance imaging of the prostate // *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2010. Vol. 13, N 1. P. 65–70. doi: 10.1038/pcan.2009.41

17. Williams I.S., McVey A., Perera S., et al. Modern paradigms for prostate cancer detection and management // *Med J Aust.* 2022. Vol. 217, N 8. P. 424–433. doi: 10.5694/mja2.51722
18. Haffner J., Lemaitre L., Puech P., et al. Role of magnetic resonance imaging before initial biopsy: comparison of magnetic resonance imaging-targeted and systematic biopsy for significant prostate cancer detection // *BJU Int.* 2011. Vol. 108, N 8 Pt 2. P. E171–E178. doi: 10.1111/j.1464-410X.2011.10112.x
19. Labanaris A.P., Zugor V., Smiszek R., et al. Guided e-MRI prostate biopsy can solve the discordance between Gleason score biopsy and radical prostatectomy pathology // *Magn Reson Imaging.* 2010. Vol. 28, N 7. P. 943–946. doi: 10.1016/j.mri.2010.03.041
20. Stephenson S.K., Chang E.K., Marks L.S. Screening and detection advances in magnetic resonance image-guided prostate biopsy // *Urol Clin North Am.* 2014. Vol. 41, N 2. P. 315–326. doi: 10.1016/j.ucl.2014.01.007
21. Vourganti S., Rastinehad A., Yerram N., et al. Multiparametric magnetic resonance imaging and ultrasound fusion biopsy detect prostate cancer in patients with prior negative transrectal ultrasound biopsies // *J Urol.* 2012. Vol. 188, N 6. P. 2152–2157. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.025
22. Siddiqui M.M., Rais-Bahrami S., Turkbey B., et al. Comparison of MR/ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer // *JAMA.* 2015. Vol. 313, N 4. P. 390–397. doi: 10.1001/jama.2014.17942
23. Quentin M., Schimmöller L., Arsov C., et al. 3-T in-bore MR-guided prostate biopsy based on a scoring system for target lesions characterization // *Acta Radiol.* 2013. Vol. 54, N 10. P. 1224–1229. doi: 10.1177/0284185113492972
24. Hoeks C.M., Schouten M.G., Bomers J.G., et al. Three-Tesla magnetic resonance-guided prostate biopsy in men with increased prostate-specific antigen and repeated, negative, random, systematic, transrectal ultrasound biopsies: detection of clinically significant prostate cancers // *Eur Urol.* 2012. Vol. 62, N 5. P. 902–909. doi: 10.1016/j.eururo.2012.01.047
25. Marks L., Young S., Natarajan S. MRI-ultrasound fusion for guidance of targeted prostate biopsy // *Curr Opin Urol.* 2013. Vol. 23, N 1. P. 43–50. doi: 10.1097/MOU.0b013e32835ad3ee
26. Monni F., Fontanella P., Grasso A., et al. Magnetic resonance imaging in prostate cancer detection and management: a systematic review // *Minerva Urol Nefrol.* 2017. Vol. 69, N 6. P. 567–578. doi: 10.23736/S0393-2249.17.02819-3
27. Schlaier J.R., Warnat J., Dorenbeck U., et al. Image fusion of MR images and real-time ultrasonography: evaluation of fusion accuracy combining two commercial instruments, a neuronavigation system and a ultrasound system // *Acta Neurochir (Wien).* 2004. Vol. 146, N 3. P. 271–276. doi: 10.1007/s00701-003-0155-6
28. Pokorný M.R., de Rooij M., Duncan E., et al. Prospective study of diagnostic accuracy comparing prostate cancer detection by transrectal ultrasound-guided biopsy versus magnetic resonance (MR) imaging with subsequent MR-guided biopsy in men without previous prostate biopsies // *Eur Urol.* 2014. Vol. 66, N 1. P. 22–29. doi: 10.1016/j.eururo.2014.03.002
29. Kuru T.H., Roethke M.C., Seidenader J., et al. Critical evaluation of magnetic resonance imaging targeted, transrectal ultrasound guided transperineal fusion biopsy for detection of prostate cancer // *J Urol.* 2013. Vol. 190, N 4. P. 1380–1386. doi: 10.1016/j.juro.2013.04.043
30. Serefoglu E.C., Altinova S., Ugras N.S., et al. How reliable is 12-core prostate biopsy procedure in the detection of prostate cancer? // *Can Urol Assoc J.* 2013. Vol. 7, N 5-6. P. E293–E298. doi: 10.5489/cuaj.11224
31. Baco E., Ukimura O., Rud E., et al. Magnetic resonance imaging-transtectal ultrasound image-fusion biopsies accurately characterize the index tumor: correlation with step-sectioned radical prostatectomy specimens in 135 patients // *Eur Urol.* 2015. Vol. 67, N 4. P. 787–794. doi: 10.1016/j.eururo.2014.08.077
32. Cerantola Y., Dragomir A., Tanguay S., et al. Cost-effectiveness of multiparametric magnetic resonance imaging and targeted biopsy in diagnosing prostate cancer // *Urol Oncol.* 2016. Vol. 34, N 3. P. 119.e1–119.e9. doi: 10.1016/j.urolonc.2015.09.010
33. Delongchamps N.B., Peyromaure M., Schull A., et al. Prebiopsy magnetic resonance imaging and prostate cancer detection: comparison of random and targeted biopsies // *J Urol.* 2013. Vol. 189, N 2. P. 493–499. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.195
34. Bax J., Cool D., Gardi L., et al. Mechanically assisted 3D ultrasound guided prostate biopsy system // *Med Phys.* 2008. Vol. 35, N 12. P. 5397–5410. doi: 10.1118/1.3002415
35. US Preventive Services Task Force; Grossman D.C., Curry S.J., et al. Screening for Prostate Cancer: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement // *JAMA.* 2018. Vol. 319, N 18. P. 1901–1913. Erratum in: *JAMA.* 2018. Vol. 319, N 23. P. 2443. doi: 10.1001/jama.2018.3710
36. Arnsrud Godtman R., Holmberg E., Lilja H., Stranne J., Hugosson J. Opportunistic testing versus organized prostate-specific antigen screening: outcome after 18 years in the Göteborg randomized population-based prostate cancer screening trial // *Eur Urol.* 2015. Vol. 68, N 3. P. 354–360. doi: 10.1016/j.eururo.2014.12.006
37. Engler J., Dahlhaus A., Güthlin C. The readiness of German GPs to recommend and conduct cancer screening is associated with patient-physician gender concordance. Results of a survey // *Eur J Gen Pract.* 2017. Vol. 23, N 1. P. 11–19. doi: 10.1080/13814788.2016.1240166
38. Nordström T., Aly M., Clements M.S., et al. Prostate-specific antigen (PSA) testing is prevalent and increasing in Stockholm County, Sweden, Despite no recommendations for PSA screening: results from a population-based study, 2003–2011 // *Eur Urol.* 2013. Vol. 63, N 3. P. 419–425. doi: 10.1016/j.eururo.2012.10.001
39. Van Poppel H., Roobol M.J., Chapple C.R., et al. Prostate-specific Antigen Testing as Part of a Risk-Adapted Early Detection Strategy for Prostate Cancer: European Association of Urology Position and Recommendations for 2021 // *Eur Urol.* 2021. Vol. 80, N 6. P. 703–711. doi: 10.1016/j.eururo.2021.07.024
40. Mottet N., van den Bergh R.C.N., Briers E., et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG Guidelines on Prostate Cancer-2020 Update. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent // *Eur Urol.* 2021. Vol. 79, N 2. P. 243–262. doi: 10.1016/j.eururo.2020.09.042
41. Collen S., Van Poppel H. Early detection and diagnosis of prostate cancer in well informed men: the way forward for Europe // *Belg J Med Oncol.* 2020. Vol. 14. P. 321–326.

42. Louie K.S., Seigneurin A., Cathcart P., Sasieni P. Do prostate cancer risk models improve the predictive accuracy of PSA screening? A meta-analysis // *Ann Oncol.* 2015. Vol. 26, N 5. P. 848–864. doi: 10.1093/annonc/mdl525
43. Ahmed H.U., El-Shater Bosaily A., Brown L.C., et al. Diagnostic accuracy of multi-parametric MRI and TRUS biopsy in prostate cancer (PROMIS): a paired validating confirmatory study // *Lancet.* 2017. Vol. 389, N 10071. P. 815–822. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32401-1
44. Alberts A.R., Schoots I.G., Bokhorst L.P., et al. Characteristics of Prostate Cancer Found at Fifth Screening in the European Randomized Study of Screening for Prostate Cancer Rotterdam: Can We Selectively Detect High-grade Prostate Cancer with Upfront Multivariable Risk Stratification and Magnetic Resonance Imaging? // *Eur Urol.* 2018. Vol. 73, N 3. P. 343–350. doi: 10.1016/j.eururo.2017.06.019
45. Palsdottir T., Nordstrom T., Karlsson A., et al. The impact of different prostate-specific antigen (PSA) testing intervals on Gleason score at diagnosis and the risk of experiencing false-positive biopsy recommendations: a population-based cohort study // *BMJ Open.* 2019. Vol. 9, N 3. P. e027958. doi: 10.1136/bmjopen-2018-027958
46. Wynants L., van Smeden M., McLernon D.J., et al. Three myths about risk thresholds for prediction models // *BMC Med.* 2019. Vol. 17, N 1. P. 192. doi: 10.1186/s12916-019-1425-3
47. Sonn G.A., Margolis D.J., Marks L.S. Target detection: magnetic resonance imaging-ultrasound fusion-guided prostate biopsy // *Urol Oncol.* 2014. Vol. 32, N 6. P. 903–911. doi: 10.1016/j.urolonc.2013.08.006
48. Sonn G.A., Natarajan S., Margolis D.J., et al. Targeted biopsy in the detection of prostate cancer using an office based magnetic resonance ultrasound fusion device // *J Urol.* 2013. Vol. 189, N 1. P. 86–91. doi: 10.1016/j.juro.2012.08.095
49. Robertson N.L., Hu Y., Ahmed H.U., et al. Prostate cancer risk inflation as a consequence of image-targeted biopsy of the prostate: a computer simulation study // *Eur Urol.* 2014. Vol. 65, N 3. P. 628–634. doi: 10.1016/j.eururo.2012.12.057
50. Radtke J.P., Schwab C., Wolf M.B., et al. Multiparametric magnetic resonance imaging (MRI) and MRI — transrectal ultrasound fusion biopsy for index tumor detection: correlation with radical prostatectomy specimen // *Eur Urol.* 2016. Vol. 70. P. 846–853. doi: 10.1016/j.eururo.2015.12.052
51. Schröder F.H., Hugosson J., Roobol M.J., et al. Screening and prostate cancer mortality: results of the European Randomised Study of Screening for Prostate Cancer (ERSPC) at 13 years of follow-up // *Lancet.* 2014. Vol. 384, N 9959. P. 2027–2035. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60525-0
52. Roobol M.J., Steyerberg E.W., Kranse R., et al. A risk-based strategy improves prostate-specific antigen-driven detection of prostate cancer // *Eur Urol.* 2010. Vol. 57, N 1. P. 79–85. doi: 10.1016/j.eururo.2009.08.025
53. Meng X., Rosenkrantz A.B., Mendhiratta N., et al. Relationship Between Prebiopsy Multiparametric Magnetic Resonance Imaging (MRI), Biopsy Indication, and MRI-ultrasound Fusion-targeted Prostate Biopsy Outcomes // *Eur Urol.* 2016. Vol. 69, N 3. P. 512–517. doi: 10.1016/j.eururo.2015.06.005
54. Vargas H.A., Hötter A.M., Goldman D.A., et al. Updated prostate imaging reporting and data system (PIRADS v2) recommendations for the detection of clinically significant prostate cancer using multiparametric MRI: critical evaluation using whole-mount pathology as standard of reference // *Eur Radiol.* 2016. Vol. 26, N 6. P. 1606–1612. doi: 10.1007/s00330-015-4015-6
55. Radtke J.P., Wiesenfarth M., Kesch C., et al. Combined Clinical Parameters and Multiparametric Magnetic Resonance Imaging for Advanced Risk Modeling of Prostate Cancer-Patient-tailored Risk Stratification Can Reduce Unnecessary Biopsies // *Eur Urol.* 2017. Vol. 72, N 6. P. 888–896. doi: 10.1016/j.eururo.2017.03.039
56. van Leeuwen P.J., Hayen A., Thompson J.E., et al. A multiparametric magnetic resonance imaging-based risk model to determine the risk of significant prostate cancer prior to biopsy // *BJU Int.* 2017. Vol. 120, N 6. P. 774–781. doi: 10.1111/bju.13814
57. Muthigi A., George A.K., Sidana A., et al. Missing the Mark: Prostate Cancer Upgrading by Systematic Biopsy over Magnetic Resonance Imaging/Transrectal Ultrasound Fusion Biopsy // *J Urol.* 2017. Vol. 197, N 2. P. 327–334. doi: 10.1016/j.juro.2016.08.097
58. Cash H., Günzel K., Maxeiner A., et al. Prostate cancer detection on transrectal ultrasonography-guided random biopsy despite negative real-time magnetic resonance imaging/ultrasonography fusion-guided targeted biopsy: reasons for targeted biopsy failure // *BJU Int.* 2016. Vol. 118, N 1. P. 35–43. doi: 10.1111/bju.13327
59. Bryk D.J., Llukani E., Taneja S.S., et al. The Role of Ipsilateral and Contralateral Transrectal Ultrasound-guided Systematic Prostate Biopsy in Men With Unilateral Magnetic Resonance Imaging Lesion Undergoing Magnetic Resonance Imaging-ultrasound Fusion-targeted Prostate Biopsy // *Urology.* 2017. Vol. 102. P. 178–182. doi: 10.1016/j.urolgy.2016.11.017
60. Porpiglia F., De Luca S., Passera R., et al. Multiparametric Magnetic Resonance/Ultrasound Fusion Prostate Biopsy: Number and Spatial Distribution of Cores for Better Index Tumor Detection and Characterization // *J Urol.* 2017. Vol. 198, N 1. P. 58–64. doi: 10.1016/j.juro.2017.01.036
61. Fütterer J.J., Briganti A., De Visschere P., et al. Can Clinically Significant Prostate Cancer Be Detected with Multiparametric Magnetic Resonance Imaging? A Systematic Review of the Literature // *Eur Urol.* 2015. Vol. 68, N 6. P. 1045–1053. doi: 10.1016/j.eururo.2015.01.013
62. Thompson J.E., Moses D., Shnier R., et al. Multiparametric magnetic resonance imaging guided diagnostic biopsy detects significant prostate cancer and could reduce unnecessary biopsies and over detection: a prospective study // *J Urol.* 2014. Vol. 192, N 1. P. 67–74. doi: 10.1016/j.juro.2014.01.014
63. Delongchamps N.B., Portalez D., Bruguère E., et al. Are Magnetic Resonance Imaging-Transrectal Ultrasound Guided Targeted Biopsies Noninferior to Transrectal Ultrasound Guided Systematic Biopsies for the Detection of Prostate Cancer? // *J Urol.* 2016. Vol. 196, N 4. P. 1069–1075. doi: 10.1016/j.juro.2016.04.003
64. Filson C.P., Natarajan S., Margolis D.J., et al. Prostate cancer detection with magnetic resonance-ultrasound fusion biopsy: The role of systematic and targeted biopsies // *Cancer.* 2016. Vol. 122, N 6. P. 884–892. doi: 10.1002/cncr.29874

65. Rosenkrantz A.B., Verma S., Choyke P., et al. Prostate Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Targeted Biopsy in Patients with a Prior Negative Biopsy: A Consensus Statement by AUA and SAR // *J Urol*. 2016. Vol. 196, N 6. P. 1613–1618. doi: 10.1016/j.juro.2016.06.079
66. Simmons L.A.M., Kanthabalan A., Arya M., et al. The PICTURE study: diagnostic accuracy of multiparametric MRI in men requiring a repeat prostate biopsy // *Br J Cancer*. 2017. Vol. 116, N 9. P. 1159–1165. doi: 10.1038/bjc.2017.57
67. Hansen N.L., Kesch C., Barrett T., et al. Multicentre evaluation of targeted and systematic biopsies using magnetic resonance and ultrasound image-fusion guided transperineal prostate biopsy in patients with a previous negative biopsy // *BJU Int*. 2017. Vol. 120, N 5. P. 631–638. doi: 10.1111/bju.13711
68. Radtke J.P., Kuru T.H., Bonekamp D., et al. Further reduction of disqualification rates by additional MRI-targeted biopsy with transperineal saturation biopsy compared with standard 12-core systematic biopsies for the selection of prostate cancer patients for active surveillance // *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2016. Vol. 19, N 3. P. 283–291. doi: 10.1038/pcan.2016.16
69. Henderson D.R., de Souza N.M., Thomas K., et al. Nine-year Follow-up for a Study of Diffusion-weighted Magnetic Resonance Imaging in a Prospective Prostate Cancer Active Surveillance Cohort // *Eur Urol*. 2016. Vol. 69, N 6. P. 1028–1033. doi: 10.1016/j.eururo.2015.10.010
70. Frye T.P., George A.K., Kilchevsky A., et al. Magnetic Resonance Imaging-Transrectal Ultrasound Guided Fusion Biopsy to Detect Progression in Patients with Existing Lesions on Active Surveillance for Low and Intermediate Risk Prostate Cancer // *J Urol*. 2017. Vol. 197, N 3 Pt 1. P. 640–646. doi: 10.1016/j.juro.2016.08.109
71. Recabal P., Assel M., Sjoberg D.D., et al. The Efficacy of Multiparametric Magnetic Resonance Imaging and Magnetic Resonance Imaging Targeted Biopsy in Risk Classification for Patients with Prostate Cancer on Active Surveillance // *J Urol*. 2016. Vol. 196, N 2. P. 374–381. doi: 10.1016/j.juro.2016.02.084
72. Tran G.N., Leapman M.S., Nguyen H.G., et al. Magnetic Resonance Imaging-Ultrasound Fusion Biopsy During Prostate Cancer Active Surveillance // *Eur Urol*. 2017. Vol. 72, N 2. P. 275–281. doi: 10.1016/j.eururo.2016.08.023

AUTHORS' INFO

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Valentina Testini, MD;
ORCID: 0000-0003-1231-5213;
e-mail: testinivalentina@gmail.com

Laura Eusebi, MD;
ORCID: 0000-0002-4172-5126;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Francesco Saverio Guerra, MD;
ORCID: 0000-0003-3923-3429;
e-mail: francesco.rino@gmail.com

Willy Giannubilo, MD;
e-mail: willygiannubilo@virgilio.it

Manuel Di Biase, MD;
e-mail: manuel.dibiase@ospedale.perugia.it

Annunziata Russo, MD;
ORCID: 0000-0002-4643-4280;
e-mail: tittyrosso-23@libero.it

05 ABTOPAX

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Valentina Testini, MD;
ORCID: 0000-0003-1231-5213;
e-mail: testinivalentina@gmail.com

Laura Eusebi, MD;
ORCID: 0000-0002-4172-5126;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Francesco Saverio Guerra, MD;
ORCID: 0000-0003-3923-3429;
e-mail: francesco.rino@gmail.com

Willy Giannubilo, MD;
e-mail: willygiannubilo@virgilio.it

Manuel Di Biase, MD;
e-mail: manuel.dibiase@ospedale.perugia.it

Annunziata Russo, MD;
ORCID: 0000-0002-4643-4280;
e-mail: tittyrosso-23@libero.it

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

SWOT-analysis: Remote monitoring of blood pressure

Alexandra E. Demkina¹, Anna N. Korobeynikova², Anatoliy N. Rogoza³,
Anton V. Vladzemyrskyy¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Center of Cardiology and Neurology, Kirov, Russia;

³ National Medical Research Centre of Cardiology Named After Academician E.I. Chazov, Moscow, Russia

ABSTRACT

Global political and socioeconomic changes have caused a huge strain on the healthcare system. To transition into a new level of medical care, modern technological solutions are needed. Accelerated development of innovations in medicine and the formation of a personalized approach will improve the quality and accessibility of medical services. One of the directions of healthcare development is the use of digital technologies and remote monitoring in assessing the health indicators of citizens. Currently, the federal project of remote monitoring of patients with arterial hypertension, named, "Personal Medical Assistants," is being implemented in the Russian Federation. Similar to any new technology, remote monitoring has advantages and disadvantages. In this article, a strategic analysis (SWOT-analysis) was performed, considering medical, economic, social, and political aspects that may affect the results of the federal project. For effective implementation of remote monitoring technology in clinical practice, the strengths and weaknesses in the healthcare system and the state as a whole must be emphasized. SWOT-analysis can be used in formulating strategies for the widespread use of new digital technologies in clinical practice.

Keywords: SWOT-analysis; remote monitoring; blood pressure; federal projects; personal medical assistants; healthcare.

To cite this article:

Demkina AE, Korobeynikova AN, Rogoza AN, Vladzemyrskyy AV. SWOT-analysis: Remote monitoring of blood pressure. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):303–317. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

SWOT-анализ: дистанционный мониторинг артериального давления

А.Е. Демкина¹, А.Н. Коробейникова², А.Н. Рогоза³, А.В. Владзимирский¹¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;² Центр кардиологии и неврологии, Киров, Россия;³ Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии имени академика Е.И. Чазова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

В связи с глобальными политическими и социально-экономическими изменениями система здравоохранения испытывает огромную нагрузку. Переход на новый уровень оказания медицинской помощи требует внедрения современных технологических решений. Ускоренное развитие инноваций в медицине и формирование персонализированного подхода позволит повысить качество и доступность медицинских услуг.

Одним из направлений развития здравоохранения является использование цифровых технологий и применение дистанционного мониторинга для оценки показателей здоровья граждан. В настоящее время на территории Российской Федерации реализуется Федеральный проект дистанционного наблюдения за пациентами с артериальной гипертензией «Персональные медицинские помощники». Как и любая новая технология, дистанционное мониторирование имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье проведён стратегический анализ (SWOT-анализ), а также рассмотрены медицинские, экономические, социальные и политические аспекты, которые могут оказать влияние конечный результат федерального проекта. Для эффективного внедрения в практику технологии дистанционного мониторинга требуется акцентуация сильных и проработка слабых сторон как в системе здравоохранения, так и в государстве в целом. Проведённый SWOT-анализ может быть использован для построения дальнейшей стратегии широкого использования в клинической практике новых цифровых технологий.

Ключевые слова: SWOT-анализ; дистанционное мониторирование; артериальное давление; федеральные проекты; персональные медицинские помощники; здравоохранение.

Как цитировать:

Демкина А.Е., Коробейникова А.Н., Рогоза А.Н., Владзимирский А.В. SWOT-анализ: дистанционный мониторинг артериального давления // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 303–317. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

SWOT 分析：远程血压监控

Alexandra E. Demkina¹, Anna N. Korobeynikova², Anatoliy N. Rogoza³,
Anton V. Vladzemyrskyy¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Center of Cardiology and Neurology, Kirov, Russia;

³ National Medical Research Centre of Cardiology Named After Academician E.I. Chazov, Moscow, Russia

摘要

由于全球政治和社会经济的变化，医疗保健系统面临着巨大的压力。向新的医疗水平过渡需要引入现代技术解决方案。医学创新的加速发展和个性化方法的形成将提高医疗服务的质量和可及性。

保健发展的一个领域是使用数字技术和应用远程监控来评估公民的健康指标。目前，俄罗斯联邦正在实施对动脉高血压患者进行远程监控的联邦项目《个人医疗助理》。与任何新技术一样，远程监控也有其优缺点。本文进行了战略分析（SWOT 分析），并考虑了可能影响联邦项目最终结果的医疗、经济、社会和政治方面。要有效实施远程监控技术，就必须强调医疗保健系统和整个国家的优势并克服其不足。所进行的 SWOT 分析可用于制定进一步的战略，以便在临床实践中广泛使用新的数字技术。

关键词：SWOT 分析；远程监控；血压；联邦项目；个人医疗助理；医疗保健。

引用本文：

Demkina AE, Korobeynikova AN, Rogoza AN, Vladzemyrskyy AV. SWOT 分析：远程血压监控. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):303–317.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568899>

收到：28.08.2023

接受：12.12.2024

发布日期：20.06.2024

导言

现代医疗保健系统目前正承受着巨大的压力。这既是社会人口因素（劳动适龄人口数量减少、人口老龄化、具有慢性非传染性疾病风险因素的公民人数增加）造成的，也是经济因素（经济不稳定、医疗机构人员短缺）造成的 [1-4]。

寻找能够应对当前部分挑战的解决方案与医学科学和医疗保健系统的科技进步有关。医疗行业的数字化转型需要全新的医疗保健组织方法[5]。以自动传输患者健康状况数据为基础的远程监控是实现个性化医疗任务的关键技术解决方案之一[6]。在实践中广泛采用新的远程监控技术是医疗保健系统的战略目标之一，因为它可以影响慢性非传染性疾病的风险因素[7-11]。

SWOT 分析法（优势 - Strengths, 劣势 - Weaknesses, 机会 - Opportunities, 威胁 - Threats）是一种进行战略分析的通用工具。该方法适用于所有经济部门（商业、非营利和政府组织），以评估品牌、产品或项目。SWOT 分析法的主要优势之一是能够共同研究外部和内部环境，建立优势和劣势之间的关系，以及评估现有的外部威胁和机遇[12]。

众所周知，动脉高血压（AH）既是一种常见病，也是心血管疾病的重要可调节风险因素之一[4]。在俄罗斯联邦，动脉高血压的发病率始终保持在较高水平，根据研究，高达 40%-45%。目前俄罗斯人口的老齡化可能会导致 动脉高血压患者人数的进一步增加 [3]。2010-2020 年期间在俄罗斯进行的关于动脉高血压研究的流行病学研究显示，存在许多迄今为止尚未解决的组织和医疗问题：患者拒绝服药、在使用降压药物治疗的背景下血压（BP）无法达到目标水平、农村地区对 血压的积极性和控制水平较低[2]。

与此同时，成功控制血压指标被认为是对抗心血管疾病最有效的预防策略之一¹。61 项随机临床试验的荟萃分析数据表明，血压即使降低 2 mmHg，中风和缺血性心脏病的死亡率也会随之降低，如果能及时有效地治疗 动脉高血压，可挽救约 30% 的人的生命 [13]。

有效控制患者血压水平是一个全球性的难题[14]。世界上大多数国家都认为，疾病得不到完全控制的主要原因是患者对治疗的依从性低，以及在 动脉高血压治疗方面不规律或完全不与医护人员接触 [15]。抗高血压治疗依从性低不仅无法达到目标血压水平，还会导致住院率、住院时间增加，从而增加医疗保健系统的成本[8]。

文章作者认为，在俄罗斯联邦实施远程 血压监测大型项目时，对这一战略任务进行 SWOT 分析非常重要。

S - 优势

通过便携式设备的实用性和可用性、紧凑性和长期使用的便利性来解释使用便携式设备远程监测心血管疾病患者的可行性。此外，对患者病情的远程监测可以在患者舒适的家中进行，并能在需要紧急医疗救助或住院治疗时立即发出通知[7]。一些便携式设备不需要面对面地对病人进行维护：可以远程监控产品的功能，这对于居住在远离心脏病服务发达的大城市的地区（包括农村地区）的人使用它们非常重要[9]。使用远程医疗技术有许多优势：便于规划疾病的监测、监控和治疗[16]，以及医患之间更直接的交流[17]。

使用远程技术的患者能够更好地观察和了解自己的日常活动（饮食、睡眠模式、坚持治疗）与健康状况之间的关系。远程医疗技术的使用使患者能够监测和记录自己的健康指标。这反过来又有助于提高认识，鼓励人们关注自身健康[18, 19]。长期观察的可能性、医务人员的长期控制、提高患者在医疗问题上的知识水平、不需要面对面访问的便捷沟通方式—所有这些都说明了为公民使用远程医疗技术的优势[20, 21]。

此外，远程监控的引入使偏远地区的居民更容易获得医疗服务[22]。专业医护人员（医生、护理人员）可以可靠地了解患者的日常活动和行为，这使他们能够快速调整所选的治疗方案[23]。研究人员还指出，在家中读取 血压更接近真实生活：排除了在医疗机构的压力和白大褂综合症[24]。

使用远程技术的医疗机构有许多优势：它们在治疗病人的数量、对医疗质量的满意程度以及因建立远程会诊流程而腾出的组织空间等方面都显示出较高的指标。虽然直接的短期经济联系尚未得到证实，但从长期来看，此类解决方案的成本效益是显而易见的[19, 24, 25]。

国外的一些研究表明，远程传输 血压自我监测结果具有经济可行性[26-29]。国内学者尝试对 血压升高患者引入远程技术的潜在社会经济效应模型进行评估。数学计算结果表明，在一个 100 万人口的地区，如果这种监测的覆盖率达到 30%，5 年内可挽救 600 多条生命，如果覆盖率达到 90%，则可挽救约 2000 条生命[30]。

同时，还有证据表明，对患者本身也有经济效益：对男性和女性而言，自我监测 血压比常规治疗更有效（前提是男性的降低效果至少持续2年，女性持续5年）[20]。重要的是，长期监测与生活质量的不良影响无关[31]。其他研究也表明，远程技术的经济效果可能因短期使用而异，但在 2 年或更长时间内会变得明显[19, 20]。

因此，对动脉高血压进行远程监测的优势在于可以对 血压进行密切监测，并增加偏远地区居民的医疗服务可及性，从长远来看，这对患者和医疗服务提供者都具有成本效益。

¹ 世卫组织。高血压问题全球摘要。无声杀手，全球公共卫生危机。日内瓦；2013 年。URL: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/79059/WHO_DCO_WHD_2013_2_rus.pdf 发行日期: 13.02.2023 年

W - 缺点

尽管远程监控应用具有各种优势,但在使用数字技术监测血压水平的实际实践中积累的经验揭示了弱点,在扩大已实施项目和未来项目的规模时应加以考虑。

患者的技术知识水平较低,这在很大程度上限制了远程监控技术的使用。许多患者对现代技术不够熟悉,无法在日常生活中使用这些技术[32]。对于老年人来说尤其如此,这意味着需要进行教育培训,以扩大了解使用远程监控技术的目的并积极使用这些技术的患者群体[31]。

在很大程度上,引入新技术的有效性取决于患者的个人特征及其情绪特征[33]。因此,宾夕法尼亚大学进行了一项研究,在研究过程中确定了病人与血压远程监控系统互动的表型。研究确定了三种主要的病人行为方式:

- “发烧友”,倾向于在没有提示的情况下发送词汇丰富的信息(10.9%);
- 定期与远程监测系统互动的“学生”(22.6%);
- “极简主义者”,只在有人提醒时才打开系统(66.5%)。

仅在“极简主义者”组中观察到互动方式与达到目标血压水平之间的统计关系($p < 0.001$) [34]。

比利时的一项研究调查了患有动脉高血压的孕妇对远程监测的依从性,结果显示焦虑和抑郁水平对患者依从性的影响(使用 PHQ-9 和 ECR-R 问卷)。依从性一般的妇女表现出更高水平的焦虑和抑郁水平,而依从性良好和过度依从的组别则没有发现这种关系[35]。

对许多患者来说,个人数据安全是一个重要问题。某些类别的人出于对个人信息安全的担忧而放弃生物识别数据跟踪技术。在某些情况下,决定使用追踪器的患者会表现出焦虑和抑郁加重的迹象[36]。

一些学者认为,人际接触的丧失可能是远程监控广泛传播的一个限制[37]。在早前的研究中,患者表达了沟通要素的重要性,如能够赴约、直接与医生交谈和提问[38]。患者在远程监测过程中的被动角色也是风险之一,如果医务人员对血压控制不佳缺乏充分和及时的反应,这一点就很明显[39]。

远程监测的时间对患者是否坚持监测起着重要作用。在短期项目中,1662 名患者中有近 80% 的人坚持接受监测,其中 87% 的人认为这种监测方式有用且方便[40]。随着长期随访,活跃患者的数量减少:在一项使用 Hello Heart 方案的观察性临床试验中,从 3 个月到一年,大约一半的患者停止将数据输入电子日记[41]。国内研究也发现了类似的相关性—使用人工方法传递测量结果与患者对远程监测的依从性低有关[42, 43]。在上述研究中,拒绝接受监测的比例超过了 50%,而拒绝接受监测的人数最多发生在监测的最初 1.5-3 个月。

研究表明,患者需要医务人员的大力支持,以便他们能够独立和稳定地使用远程医疗技术[16]。此外,

患者在理解和应用远程监测规则方面 also 存在问题[44],已发现有患者自行用药,这带来了巨大的健康风险[24]。

除了患者远程监护技术使用方面的局限性,医疗系统流程管理和人力资本管理方面也存在薄弱环节。

根据国内的研究,门诊医生对远程监护的广泛实施持怀疑态度,这主要是由于缺乏这方面的实践经验。因此,来自布良斯克 6 家综合医院的 93 名医生参与了 A.M. Kalinina 等人的研究[45]。调查显示,对医生来说最困难的问题是远程监测的组织结构有关的问题—超过 1/3 (34.4%) 的医生无法表达他们对建立单独的远程诊室随访结构是否合适的态度,而这个问题目前正在讨论之中。不足为奇的是,医生们仍然不清楚这种组织结构的功能。通过调查,我们发现了医生们认为在广泛实施远程控制药房监控时可能会遇到的障碍和阻碍。因此,大多数受访者(80.6%)认为,缺乏监测时间、44.1%-经济原因(设备成本)、45.2%-技术困难、39.8%-难以教育患者以及不确定收集和传输信息的方法的可靠性。

一些外国也发现医务人员的数字素养和准备程度较低。R.J. Shaw 等人一项研究中发现,护士采用远程医疗技术的准备度较低的因素包括:额外的工作量、融入现有工作流程的必要性、与患者的额外接触以及人员短缺[25]。此外,医生认为,从长远来看,远程医疗的使用会导致工作量增加[19, 24, 46]。从业人员担心,提供远程监控服务的成本将超过保险公司的报销额度[46],经济效益将被抵消[21]。还有一种威胁是,这种技术的引入将导致医疗环境中专业角色的模糊[18]。

除了人力资源方面的制约因素外,经济障碍也是阻碍信息技术在药房监测领域进一步发展的一个重要限制因素。

特别是,设备的高昂成本和培训医务人员使用这些设备的必要性,可能会成为在临床实践中引入远程技术的一个问题。此外,重要的是要关注监管文件的不完善,以及缺乏关于使用远程监控方法的一般性建议[10]。此外,保险公司在为远程医疗服务支付血压监测费用方面的积极性也不高[39]。

为了开发远程监测技术,有必要考虑到另一个欠发达领域—医生定期查看患者在家进行的测试结果以及医生与患者作为监测一部分的远程通信的时间和人力成本。此外,教育病人使用移动应用程序也会增加医生的劳动成本。这个问题需要改变工作时间安排,改变强制/自愿医疗保险制度,或由医疗机构开发新的融资形式[22]。

远程 动脉高血压监测的第三类弱点包括方法问题。迄今为止尚未解决的最棘手的问题是通过诊室或家庭 血压测量诊断白大衣 动脉高血压和掩蔽性 动脉高血压。PAMELA 研究表明,家庭和门诊(24 小时)血压测量方法具有一致性[47]。然而,在另一项研究中,发现 13% 的参与者在通过家庭和门诊监测诊断白大衣 动脉高血压时存在差异[48]。关于被掩盖的高血压,在根据收缩压和舒张压 血压水平升高而确诊的 动脉高血

压患者中, 分别只有 57% 和 45% 的患者的家庭 血压监测值相同。然而, 收缩压和舒张压 血压水平的差异分别为 23% 和 30%[49]。研究人员得出结论, 家庭 血压监测可确诊 “办公室 ” 血压升高, 而门诊监测对诊断掩蔽性 动脉高血压或白大褂 动脉高血压最有用[49]。已发现的结果不一致的情况并不表明一种方法比另一种方法差。虽然看似相似, 但它们评估的是 血压剖面的不同方面 [50, 51]。根据 J. Barochiner 等人认为, 由于 “办公室 ” 测量的不可重复性 (Cohen kappa 系数为 $\kappa=0.19$; 95% 置信区间为 $0.0002\sim0.38$; $p=0.02$), 因此通过家庭监测数据诊断掩蔽性 动脉高血压的可能性极小[52]。

到目前为止, 当 “诊室 ” 和 “家庭 ” 血压值之间存在差异时, 医生应如何处理仍没有明确的建议: 既有可能开出过量的治疗处方, 也有可能开出不足的治疗处方; 这与其说是远程医疗技术的局限, 不如说是 动脉高血压诊断方法的问题。需要对家庭 血压监测和报告方法进行标准化, 以防止数据评估中的偏见和信息失真[53]。

做出治疗决定的一个重要条件是相信在家中 对血压进行了可靠的评估。由于技术误差和眼压计故障, 有可能导致 血压测量不正确。因此, 必须对其准确性进行验证和检查, 并将读数与训练有素的专业医护人员的测量结果进行比较。除了眼压计本身技术正确性的重要性外, 使用大小合适的袖带也至关重要。根据 NHANES 统计, 美国 51% 的成年人 (包括 65% 的 18~34 岁人群和 84% 的肥胖人群) 需要使用大号或超大号的袖带 [54~56]。

因此, 动脉高血压远程监控技术也有其弱点。数字知识水平低、对新技术的不信任以及希望与医生保持原有关系的愿望限制了这种技术在患者中的广泛应用。此外, 医务工作者也有抵触情绪: 担心额外工作量会增加时间和劳动力成本, 使他们不相信远程监测的广泛应用。对 动脉高血压患者进行远程监护在方法和技术上的困难使医学界至今仍不愿意使用这种技术。

0-机会

尽管存在种种不足, 但对心血管疾病患者的 血压进行远程监控取得了令人鼓舞的成果: 与常规治疗和监测相比, 住院频率和住院时间显著减少, 死亡率降低, 血压控制指标改善。在 TEN-HMS 研究 (英国、德国和荷兰) 中, 对照组的一年死亡率为 45%, 而远程监控组为 29%, 结构化电话支持组为 27% [10]。对 46 项随机临床试验的荟萃分析旨在研究远程 血压监测与传统 动脉高血压管理相比的疗效。结果显示, 远程监测使 “办公室 ” 收缩压和舒张压 血压水平降低了 3.99 mmHg ($p < 0.001$) [11]。Home BP

研究 (英国) 显示, 使用远程监测系统能更好地控制收缩压 血压。收缩压的平均差异为 3.4 mmHg (95% 置信区间为 $6.1\sim0.8$; $P < 0.05$) [57]。

M. G. Bubnova 等人 (2018 年) 的研究纳入了 342 名 动脉高血压患者, 结果显示, 在使用远程监护的患者组中, 在急诊和急诊呼叫次数、住院次数和病假时间方面确定了具有统计学意义的优势。12 个月后, 主要组 92.2% 的患者达到了目标 血压水平, 而对照组只有 43.3% [58]。

远程监控方法的使用将使大量患者信息得以积累。大数据和智能计算机系统的使用将对既定的医疗方法产生越来越大的影响[59, 60]: 信息收集、数据汇总和向临床医生的反馈将实现自动化。从不同的小工具收集大数据、通过机器学习形成趋势, 以及长期分析生命和地理特征, 将有助于更清楚地了解心血管疾病在人群中的发展情况[61]。

未来, 远程监控系统还将得到改进: 它们将变得更具适应性和灵活性。例如, 如果病人在执行远程监控计划时遇到任何问题, 就会启动行为模块, 为患者量身定制并帮助他克服困难。药物处方的算法也可以实现自动化: 大量的信息将使分析情况并在此时此地做出决定成为可能[62]。

远程监控在美国和欧洲国家医疗系统中的广泛应用, 使我们能够对其长期有效性 (经济性和临床性) 进行讨论。远程医疗技术的应用使得更好地管理健康和合理利用有限的医疗资源成为可能:

- 减少重复看病的时间和选择有效降压疗法的时间;
- 提高 动脉高血压的 血压控制效果, 减少相关并发症;
- 减少因 动脉高血压并发症而住院的时间;
- 在俄罗斯偏远地区和长期缺乏医务人员的条件下引进该技术;
- 提高行动不便和非行动不便人群的医疗可及性和医疗质量[40]。

T- 威胁

在实施远程监控的过程中, 发现了一些限制其在医疗实践中广泛应用的威胁。

远程监控的发展意味着先进的解决方案和现代技术发展使医疗保健系统饱和。然而, 当前的地缘政治形势决定了其自身的条件。以前, 大量信息技术产品及其组件都由国外供应, 这比开发投资回收期长的内部生产设施要有利得多。这就是为什么在制裁的背景下, 俄罗斯发现自己由于自身信息技术基础设施不发达而处于极为不利的地位。信息技术领域最大的西方巨头, 如 Microsoft, Oracle, Cisco, IBM, Adobe, SAP, Intel, AMD², 已经限制或完全停止了他们在我国的业务。根据 Dmitry Pshichenko 信息技术管理学院讲师 Russian Presidential Academy of

² 离开后没有再回来: 哪些 IT 公司离开了俄罗斯。 URL: <https://hightech.fm/2022/05/26/it-companies-went-away>. 地址日期: 1.03.2023

National Economy and Public Administration of the Russian Federation 的说法,目前的主要风险在于信息安全和维修领域。大多数西方软件都是基于云的,购买维修组件非常困难。毫无疑问,这种情况将影响医学数字技术的发展³。

除了软件问题,俄罗斯还缺乏信息技术人才。副总理 Dmitry Chernyshenko 宣布,IT 专家的缺口达 100 万人⁴,据预测,到 2027 年可能达到 200 万人。这对信息技术产业的快速发展造成了一定的阻碍,尤其是在医疗保健系统中。

经济问题和资源短缺也可能导致数字化发展速度滞后。据高等经济学院估计,2019 年医疗保健行业在创建、传播和使用数字技术及相关产品和服务方面的内部成本共计 395 亿卢布,占行业总增加值的 1.6%。2019 年的数字技术及相关产品和服务的创造、分销和使用的内部成本总额为 395 亿卢布,占行业总增加值的 1.6%。与支出额的比较显示,行业数字化的支出比例不超过 0.6%–0.7%[63]。

在所有类型的经济活动中,2021 年用于医疗保健数字化的支出占成本结构的 2.6%。过去两年,医疗保健部门在俄罗斯组织数字化成本中的份额增长微不足道:2019 年仅为 1.6%,2020 年为 2.2%。

网络安全问题在一定程度上损害了远程监控技术。远程医疗涉及大量数据的积累,这些数据必须以一定的方式存储,防止这些信息流入公开渠道。患者数据可能落入欺诈者之手,被用于犯罪目的⁵。

卡巴斯基实验室(Kaspersky Lab)的数据显示,54% 的医疗机构使用过时的软件。这种情况与升级成本高和新旧系统兼容性问题有关。如果没有更新,系统容易受到网络攻击,攻击者可以进入公司结构并将获得的数据库用于自己的目的。统计数据显示,由于俄罗斯医疗系统的脆弱性增加,32% 的医疗机构遭遇过数据泄露,32% 的医疗机构遭遇过 DDoS 攻击,30% 的医疗机构遭遇过勒索软件攻击⁶。T. I. Buldakova 等人的著作[64]详细阐述了信息安全可能面临的威胁:从传感器本身和云医疗信息系统到医务人员和病人,信息泄漏实际上可能发生在任何阶段。此外,移动技术和移动医疗的雪崩式发展导致手机和现成无线设备上出现了大量应用程序,其中绝大多数未经认证[65, 66],因此不能作为医疗设备使用,原因包括不符合网络安全规则(此类应用程序只能由患者使用)[67]。

在使用远程监控时,远程病人识别是一项挑战。准确可靠地确定实际监测指标的患者的身份存在一定的困难。因此,在专家和有疑问的情况

下不能使用远程监控,而负责任地使用设备则成为患者的责任[68]。

结论

要在我国广泛应用远程监控技术,就必须开展大规模的威胁研究,这不仅适用于医疗保健行业。在我国,医学的发展与信息技术的发展同步。不可能将医学数字化割裂为某个单独的行业,它与外部和内部因素密不可分,并受到政治、经济和社会各方面的影响。当然,虽然医疗行业的特殊性(个人数据、医疗保密)会给医疗行业打上各自的烙印,但俄罗斯信息技术发展的基础是统一的。

进行 SWOT 分析意味着构建进一步的战略,根据 Weichrich 模型,可以预测不同象限因素的相互作用:

- 优势 – 机遇;
- 优势 – 威胁;
- 缺点 – 机遇;
- 弱点 – 威胁。

综合方法将使远程监控技术更加完美地融入医疗保健系统,并使数字医学的全部优势得到广泛利用。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was prepared by a group of authors as a part of the research and development effort titled “Scientific evidence for using telemedicine-based models and methods for organization and delivery of medical care” (USIS No.: 123031400008-4) in accordance with the Order No. 1196 dated December 21, 2022 “On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the city of Moscow to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Care Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025” issued by the Moscow Health Care Department.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.E. Demkina — the concept of the study, writing the text of the manuscript, manuscript's text editing; A.N. Korobeynikova — collection of materials, writing the text of the manuscript; A.N. Rogova — writing the text of the manuscript, manuscript's text editing; A.V. Vladzimirsky — manuscript's text editing.

³ 信息技术的主要风险与缺乏专家有关。URL: <https://rg.ru/2023/02/17/vitaiut-v-oblakah.html>. 地址日期: 1.03.2023

⁴ 今年,俄罗斯获得认证的 IT 公司数量增加了七倍。URL: <https://www.ixbt.com/news/2022/10/24/v-jetom-godu-akkreditovannyh-itkompanij-v-rossii-stalo-v-sem-raz-bolshe.html>. 地址日期: 1.03.2023

⁵ 关于风险、威胁和缺乏系统数字化的问题。URL: <https://www.infowatch.ru/resources/blog/tochka-zreniya-kasperskoy-o-riskakh-ugrozakh-i-otsutstvii-sistemnosti-v-tsifrovizatsii>. 地址日期: 1.03.2023

⁶ 研究:俄罗斯联邦每两个医疗中心就有一个使用操作系统过时的设备。URL: <https://tass.ru/ekonomika/13143911>. 地址日期: 1.03.2023.

REFERENCES

1. Zudin AB, Chepin VO. Global Challenges for Russian Healthcare. *Byulleten' Natsional'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta obshchestvennogo zdorov'ya imeni N.A. Semashko*. 2016;(5):41–45. (In Russ). EDN: XWOKVJ
2. Boytsov SA, Demkina AE, Oshchepkova EV, Dolgusheva YuA. Progress and Problems of Practical Cardiology in Russia at the Present Stage. *Kardiologiya*. 2019;59(3):53–59. EDN: CJGCQF doi: 10.18087/cardio.2019.3.10242
3. Boytsov SA, Pogosova NV, Bubnova MG, et al. Cardiovascular prevention 2017. National Guidelines. *Russian Journal of Cardiology*. 2018;23(6):7–122. EDN: XSLTTF doi: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122
4. Balanova YuA, Shalnova SA, Imaeva AE, et al. Prevalence, Awareness, Treatment and Control of Hypertension in Russian Federation (Data of Observational ESSERF-2 Study). *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2019;15(4):450–466. EDN: ZRWESV doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466
5. Lebedev GS, Vladzmyrskyy AV, Shaderkin IA, Dudareva VP. Remote monitoring complex for chronic noncommunicable diseases. *Russian Journal of Telemedicine and E-Health*. 2020;8(1):7–14. EDN: NMFKNG doi: 10.29188/2712-9217-2022-8-1-7-14
6. Nikolaev VA. Innovative technologies for personalized medicine. *Forcipe*. 2019;2(S3):40–41. EDN: UEPRRX
7. Bautista LE. Predictors of persistence with antihypertensive therapy: Results from the NHANES. *Am J Hypertens*. 2008;21(2):183–188. doi: 10.1038/ajh.2007.33
8. Paramore LC, Halpern MT, Lapuerta P, et al. Impact of poorly controlled hypertension on health care resource utilization and cost. *Am J Manag Care*. 2001;7(4):89–98.
9. Varma N, Epstein AE, Irimpen A, et al. TRUST investigators. Efficacy and safety of automatic remote monitoring for implantable cardioverter-defibrillator follow-up: the lumos-t safely reduces routine office device follow-up (TRUST) Trial. *Circulation*. 2010;122(4):325–332. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.937409
10. Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, et al. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(13):1582–1592. doi: 10.1016/j.jacc.2020.01.046
11. Cleland JGF, Louis AA, Rigby AS, et al. Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2005;45(10):1654–1664. doi: 10.1016/j.jacc.2005.01.050
12. Pyzhlov DS. Strengths and Opportunities. The concept of dynamic SWOT analysis. *Russian Journal of Entrepreneurship*. 2008;(6-1):133–138. (In Russ). EDN: JKONSZ
13. Lewington S, Clarke R, Qizilbash N, et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality. *The Lancet*. 2003;361(9366):1391–1392. doi: 10.1016/S0140-6736(03)13061-9
14. Slimko ML, Mensah GA. The role of diets, food, and nutrients in the prevention and control of hypertension and prehypertension. *Clinical Cardiology*. 2010;4(28):665–674. doi: 10.1016/j.ccl.2010.08.001
15. Chazova IE, Oshchepkova EV. Results of the federal (national) project for prevention and treatment essential hypertension patients in Russia from 2002–2012 years. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2013;68(2):4–11. EDN: PWEBNT doi: 10.15690/vramn.v68i2.542
16. McKoy J, Fitzner K, Margetts M, et al. Are telehealth technologies for hypertension care and self-management effective or simply risky and costly. *Popul Health Manag*. 2015;18(3):192–202. doi: 10.1089/pop.2014.0073
17. Fitzner K, Moss G. Telehealth—an effective delivery method for diabetes self-management education. *Popul Health Manag*. 2013;16(3):169–177. doi: 10.1089/pop.2012.0054
18. Flodgren G, Rachas A, Farmer AJ, Inzitari M, Shepperd S. Interactive telemedicine: effects on professional practice and health care outcomes. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(9):CD002098. doi: 10.1002/14651858.CD002098.pub2
19. Piette JD, Marinec N, Gallegos-Cabriaes EC, et al. Spanish-speaking patients' engagement in interactive voice response (IVR) support calls for chronic disease self-management: data from three countries. *Telemed Telecare*. 2013;19(2):89–94. doi: 10.1177/1357633x13476234
20. Kaambwa B, Bryan S, Jowett S, et al. Telemonitoring and self-management in the control of hypertension (TASMINH2): a cost-effectiveness analysis. *Eur J Prev Cardiol*. 2014;21(12):1517–1530. doi: 10.1177/2047487313501886
21. Maciejewski ML, Bosworth HB, Olsen MK, et al. Do the benefits of participation in a hypertension self-management trial persist after patients resume usual care. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2014;7(2):269–275. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000309
22. Shaderkin IA, Shaderkina VA. Remote health monitoring: motivating patients. *Journal of Telemedicine and E-Health*. 2020;6(3):37–43. EDN: PBHKKX doi: 10.29188/2542-2413-2020-6-3-37-43
23. Wise J. Activity trackers, even with cash incentives, do not improve health. *BMJ*. 2016;355:i5392. doi: 10.1136/bmj.i5392
24. Jones MI, Greenfield SM, Bray EP, et al. Patients' experiences of self-monitoring blood pressure and self-titration of medication: the TASMINH2 trial qualitative study. *Br J Gen Pract*. 2012;65(595):e135–e142. doi: 10.3399/bjgp12X625201
25. Shaw RJ, Kaufman MA, Bosworth HB, et al. Organizational factors associated with readiness to implement and translate a primary care-based telemedicine behavioral program to improve blood pressure control: the HTN-IMPROVE study. *Implement Sci*. 2013;8. doi: 10.1186/1748-5908-8-106
26. AbuDagga A, Resnick HE, Alwan M. Impact of Blood Pressure Telemonitoring on Hypertension Outcomes: A Literature Review. *Telemedicine and eHealth*. 2010;16(7):830–838. doi: 10.1089/tmj.2010.0015
27. Chandak A, Joshi A. Self-management of hypertension using technology enabled interventions in primary care settings. *Technology and Health Care*. 2015;23(2):119–128. doi: 10.3233/thc-140886
28. McKinstry B, Hanley J, Lewis S. Telemonitoring in the management of high blood pressure. *Curr Pharm Des*. 2015;21(6):823–827. doi: 10.2174/1381612820666141024154232
29. Sivakumaran D, Earle K. Telemonitoring: use in the management of hypertension. *Vascular Health and Risk Management*. 2014;10:217–224. doi: 10.2147/vhrm.s36749
30. Kontsevaya AV, Komkov DS, Boytsov SA. The modeling as a technique of evaluation of expediency of remote monitoring of arterial tension at the regional level. *Health Care of the Russian Federation*. 2017;61(1):10–16. EDN: YF0KVP doi: 10.18821/0044-197X-2017-61-1-10-16

31. Ho K. Health-e-Apps: A project to encourage effective use of mobile health applications. *BCM J*. 2013;55(10):458–460.
32. Isaeva AV, Krasnova KS, Tagoev YuSh, et al. A study of the digital readiness of patients with chronic heart failure. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2023;26(3):101–108. EDN: DGKTAU doi: 10.17116/profmed202326031101
33. Baysangurov AF, Arutyunova NN, Baysangurova MM. Analysis of the demotivation factors that reduce the efficiency of employees. *Digital Diagnostics*. 2021;2(2S):10–11. EDN: VGEGJF doi: 10.17816/DD83175
34. Davoudi A, Lee NS, Chivers C, et al. Patient interaction phenotypes with an automated remote hypertension monitoring program and their association with blood pressure control: observational study. *J Med Internet Res*. 2020;22(12):e22493. doi: 10.2196/22493
35. Vandenberk T, Lanssens D, Storms V, et al. Relationship Between Adherence to Remote Monitoring and Patient Characteristics: observational study in women with pregnancy-induced hypertension. *JMIR mHealth and uHealth*. 2019;7(8):e12574. doi: 10.2196/12574
36. Case MA, Burwick HA, Volpp KG, et al. Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data. *JAMA*. 2015;313(6):625–626. doi: 10.1001/jama.2014.17841
37. O'Kane MJ. Efficacy of self-monitoring of blood glucose in patients with newly diagnosed type 2 diabetes (ESMON study): randomised controlled trial. *BMJ*. 2008;336(7654):1174–1180. doi: 10.1136/bmj.39534.571644.BE
38. Walker RC, Tong A, Howard K, et al. Patient expectations and experiences of remote monitoring for chronic diseases: Systematic review and thematic synthesis of qualitative studies. *Int J Med Inform*. 2019;124:78–85. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2019.01.013
39. Mareev YuV, Zinchenko AO, Myasnikov RP, et al. Telemonitoring in patients with chronic heart failure. *Kardiologiya*. 2019;59(S9):4–15. EDN: ISWIAI doi: 10.18087/cardio.n530
40. Omboni S, Ferrari R. The role of telemedicine in hypertension management: focus on blood pressure telemonitoring. *Curr Hypertens Rep*. 2015;17. doi: 10.1007/s11906-015-0535-3
41. Gazit T, Gutman M, Beatty AL. Assessment of hypertension control among adults participating in a mobile technology blood pressure self-management program. *JAMA Netw Open*. 2021;4(10):e2127008. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.27008
42. Komkov DS, Baturin DI, Kulikov AA, et al. The role of SMS-informing in the dispensary monitoring of patients with arterial hypertension. *Arterial'naya Gipertenziya*. 2015;21(S1):91. (In Russ). EDN: WEPXLT
43. Komkov DS, Goryachkin EA, Korsunsky DV, et al. Clinical effectiveness of various models of telemedicine technologies in patients with arterial hypertension. *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2020;23(4):27–35. EDN: PMROKX doi: 10.17116/profmed20202304127
44. Melnyk SD, Zullig LL, McCant F, et al. Telemedicine cardiovascular risk reduction in veterans. *Am Heart J*. 2013;165(4):501–508. doi: 10.1016/j.ahj.2012.08.005
45. Kalinina AM, Gornyy BE, Dubovoy II, et al. The attitude of primary care physicians to the use of telemedicine technologies in dispensary observation of patients with chronic diseases (medical and sociological research). *Russian Journal of Preventive Medicine and Public Health*. 2020;23(6):8–13. EDN: TIADWK doi: 10.17116/profmed2020230628
46. Wang V, Smith VA, Bosworth HB, et al. Economic evaluation of telephone self-management interventions for blood pressure control. *Am Heart J*. 2012;163(6):980–986. doi: 10.1016/j.ahj.2012.03.016
47. Cuspidi C, Facchetti R, Dell'Oro R, et al. Office and out-of-office blood pressure changes over a quarter of century: findings from the PAMELA Study. *Hypertension*. 2020;76(3):759–765. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15434
48. Mancia G, Facchetti R, Bombelli M, et al. Long-term risk of mortality associated with selective and combined elevation in office, home, and ambulatory blood pressure. *Hypertension*. 2006;47(5):846–853. doi: 10.1161/01.HYP.0000215363.69793.bb
49. Stergiou GS, Salgami EV, Tzamouranis DG, Roussias LG. Masked hypertension assessed by ambulatory blood pressure versus home blood pressure monitoring: is it the same phenomenon. *Am J Hypertens*. 2005;18(6):772–778. doi: 10.1016/j.amjhyper.2005.01.003
50. Pickering TG. Self-monitoring of blood pressure. In: *Ambulatory Monitoring and Blood Pressure Variability (Part 1)*. London: Science Press; 1990.
51. Pickering T. Recommendations for the use of home (self) and ambulatory blood pressure monitoring. American Society of Hypertension Ad Hoc Panel. *Am J Hypertens*. 1996;9(1):1–11. doi: 10.1016/0895-7061(95)00341-x
52. Barochiner J, Posadas Martínez ML, Martínez R. Reproducibility of masked uncontrolled hypertension detected through home blood pressure monitoring. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2019;21(7):877–883. doi: 10.1111/jch.13596
53. Myers MG. Reporting bias in self-measurement of blood pressure. *Blood Press Monit*. 2001;(6):181–183.
54. Miao H, Liu Y, Tsai TC, Schwartz J, Ji JS. Association between blood lead level and uncontrolled hypertension in the US population (NHANES 1999–2016). *J Am Heart Assoc*. 2020;9(13):e015533. doi: 10.1161/JAHA.119.015533
55. Jackson SL, Gillespie C, Shimbo D, Rakotz M, Wall HK. Blood Pressure Cuff Sizes for Adults in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey, 2015–2020. *Am J Hypertens*. 2022;35(11):923–928. doi: 10.1093/ajh/hpac104
56. Cepeda M, Pham P, Shimbo D. Status of ambulatory blood pressure monitoring and home blood pressure monitoring for the diagnosis and management of hypertension in the US: an up-to-date review. *Hypertens Res*. 2023;46:620–629. doi: 10.1038/s41440-022-01137-2
57. Duan Y, Xie Z, Dong F, et al. Effectiveness of home blood pressure telemonitoring: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies. *Journal of Human Hypertension*. 2017;31:427–437. doi: 10.1038/jhh.2016.99
58. Bubnova MG, Tribuntseva LV, Ostroshko NI, et al. Impact of remote follow-up on the course of hypertension. *The Russian Journal of Preventive Medicine*. 2018;21(5):77–82. EDN: YPHTZJ doi: 10.17116/profmed20182105177
59. Schoenhagen P, Mehta N. Big data, smart computer systems, and doctor-patient relationship. *European Heart Journal*. 2017;38(7):508–510. doi: 10.1093/eurheartj/ehw217
60. Sharova DE, Zinchenko VV, Akhmad ES, et al. On the issue of ethical aspects of the artificial intelligence systems implementation

in healthcare. *Digital Diagnostics*. 2021;2(3):356–368. EDN: TGZGZZ doi: 10.17816/DD77446

61. Kario K, Tomitani N, Kanegae H, et al. The further development of out-of-office BP monitoring: Japan's IMPACT Program Project's achievements, impact, and direction. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2019;21(3):344–349. doi: 10.1111/jch.13495

62. Starodubtseva IA, Sharapova YuA. The Distance Monitoring of Blood Pressure as a Tool for Improving of the Quality of Follow-Up Observation of Patients with Arterial Hypertension. *The Russian Archives of Internal Medicine*. 2021;11(4):255–263. EDN: FTKKTE doi: 10.20514/2226-6704-2021-11-4-255-263

63. Karpov OE, Khramov AE. *Information Technology, Computing and Artificial Intelligence in Medicine*. Moscow: DPK Press; 2022. (In Russ).

64. Buldakova TI, Mikov DA, Sokolova AV. Data Security at Remote Monitoring of Human State. *Herald of the Bauman Moscow state*

technical university. Series Instrument engineering. 2020;(4):42–57. EDN: QHBUUF doi: 10.18698/0236-3933-2020-4-42-57

65. Alessa T, Hawley MS, Hock ES, de Witte L. Smartphone apps to support self-management of hypertension: review and content analysis. *JMIR mHealth and uHealth*. 2019;7(5):e13645. doi: 10.2196/13645

66. Picone DS, Deshpande RA, Schultz MG, et al. Nonvalidated home blood pressure devices dominate the online marketplace in Australia. *Hypertension*. 2020;75(6):1593–1599. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.14719

67. Jalali MS, Russell B, Razak S, et al. EARS to cyber incidents in health care. *J Am Med Inform Assoc*. 2019;26(1):81–90. doi: 10.1093/jamia/ocy148

68. Vladzimirsky AV. Systematic review: the messengers «WhatsApp» and «Viber» in a clinical routine. *Zhurnal teleditsiny i elektronnoygo zdravookhraneniya*. 2017;(1):30–41. EDN: YPTUYR

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зудин А.Б., Щепин В.О. Глобальные вызовы для российского здравоохранения // Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н.А. Семашко. 2016. № 5. С. 41–45. EDN: XWOKVJ

2. Бойцов С.А., Демкина А.Е., Ощепкова Е.В., Долгушева Ю.А. Достижения и проблемы практической кардиологии в России на современном этапе // Кардиология. 2019. Т. 59, № 3. С. 53–59. EDN: CJGCQF doi: 10.18087/cardio.2019.3.10242

3. Бойцов С.А., Погосова Н.В., Бубнова М.Г., и др. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации // Российский кардиологический журнал. 2018. Т. 23, № 6. С. 7–122. EDN: XSLTTF doi: 10.15829/1560-4071-2018-6-7-122

4. Баланова Ю.А., Шальнова С.А., Имаева А.Э., и др. Распространенность артериальной гипертензии, охват лечением и его эффективность в Российской Федерации (данные наблюдательного исследования ЭССЕ-РФ-2) // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. 2019. Т. 15, № 4. С. 450–466. EDN: ZRWESV doi: 10.20996/1819-6446-2019-15-4-450-466

5. Лебедев Г.С., Владимировский А.В., Шадркин И.А., Дударева В.П. Комплекс дистанционного мониторинга при хронических неинфекционных заболеваниях // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2020. Т. 8, № 1. С. 7–14. EDN: NMFKNQ doi: 10.29188/2712-9217-2022-8-1-7-14

6. Николаев В.А. Инновационные технологии персонализированной медицины // Forcipe. 2019. Т. 2, № S3. С. 40–41. EDN: UEPRRX

7. Bautista L.E. Predictors of persistence with antihypertensive therapy: Results from the NHANES // Am J Hypertens. 2008. Vol. 21, N 2. P. 183–188. doi: 10.1038/ajh.2007.33

8. Paramore L.C., Halpern M.T., Lapuerta P., et al. Impact of poorly controlled hypertension on health care resource utilization and cost // Am J Manag Care. 2001. Vol. 7, N 4. P. 89–98.

9. Varma N., Epstein A.E., Irimpen A., et al. TRUST investigators. Efficacy and safety of automatic remote monitoring for implantable cardioverter-defibrillator follow-up: the lumos-t safely reduces routine office device follow-up (TRUST) Trial // Circulation. 2010. Vol. 122, N 4. P. 325–332. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.937409

10. Sana F., Isselbacher E.M., Singh J.P., et al. Wearable Devices for Ambulatory Cardiac Monitoring: JACC State-of-the-Art Review // J Am CollCardiol. 2020. Vol. 75, N 13. P. 1582–1592. doi: 10.1016/j.jacc.2020.01.046

11. Cleland J.G.F., Louis A.A., Rigby A.S., et al. Noninvasive home telemonitoring for patients with heart failure at high risk of recurrent admission and death: the Trans-European Network-Home-Care Management System (TEN-HMS) study // Journal of the American College of Cardiology. 2005. Vol. 45, N 10. P. 1654–1664. doi: 10.1016/j.jacc.2005.01.050

12. Пыжлаков Д.С. Сила и возможности. Концепция динамического SWOT-анализа // Российское предпринимательство. 2008. № 6-1. С. 133–138. EDN: JKONSZ

13. Lewington S., Clarke R., Qizilbash N., et al. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality // The Lancet. 2003. Vol. 361, N 9366. P. 1391–1392. doi: 10.1016/S0140-6736(03)13061-9

14. Slimko M.L., Mensah G.A. The role of diets, food, and nutrients in the prevention and control of hypertension and prehypertension // Clinical Cardiology. 2010. Vol. 4, N 28. P. 665–674. doi: 10.1016/j.ccl.2010.08.001

15. Чазова И.Е., Ощепкова Е.В. Итоги реализации Федеральной целевой программы по профилактике и лечению артериальной гипертензии в России в 2002–2012 гг. // Вестник Российской академии медицинских наук. 2013. Т. 68, № 2. С. 4–11. EDN: PWEBNT doi: 10.15690/vramn.v68i2.542

16. McKoy J., Fitzner K., Margetts M., et al. Are telehealth technologies for hypertension care and self-management effective or simply risky and costly? // Popul Health Manag. 2015. Vol. 18, N 3. P. 192–202. doi: 10.1089/pop.2014.0073

17. Fitzner K., Moss G. Telehealth—an effective delivery method for diabetes self-management education? // Popul Health Manag. 2013. Vol. 16, N 3. P. 169–177. doi: 10.1089/pop.2012.0054

18. Flodgren G., Rachas A., Farmer A.J., Inzitari M., Shepperd S. Interactive telemedicine: effects on professional practice and health care outcomes // Cochrane Database Syst Rev. 2015. Vol. 2015, N 9. P. CD002098. doi: 10.1002/14651858.CD002098.pub2

19. Piette J.D., Marinenc N., Gallegos-Cabriaes E.C., et al. Spanish-speaking patients' engagement in interactive voice response (IVR) support calls for chronic disease self-management: data from three countries // *Telemed Telecare*. 2013. Vol. 19, N 2. P. 89–94. doi: 10.1177/1357633x13476234
20. Kaambwa B., Bryan S., Jowett S., et al. Telemonitoring and self-management in the control of hypertension (TASMINH2): a cost-effectiveness analysis // *Eur J Prev Cardiol*. 2014. Vol. 21, N 12. P. 1517–1530. doi: 10.1177/2047487313501886
21. Maciejewski M.L., Bosworth H.B., Olsen M.K., et al. Do the benefits of participation in a hypertension self-management trial persist after patients resume usual care? // *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2014. Vol. 7, N 2. P. 269–275. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.113.000309
22. Шадеркин И.А., Шадеркина В.А. Удаленный мониторинг здоровья: мотивация пациентов // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2020. Т. 6, № 3. С. 37–43. EDN: PBHKKX doi: 10.29188/2542-2413-2020-6-3-37-43
23. Wise J. Activity trackers, even with cash incentives, do not improve health // *BMJ*. 2016. Vol. 355. P. i5392. doi: 10.1136/bmj.i5392
24. Jones M.I., Greenfield S.M., Bray E.P., et al. Patients' experiences of self-monitoring blood pressure and self-titration of medication: the TASMINH2 trial qualitative study // *Br J Gen Pract*. 2012. Vol. 65, N 595. P. e135–e142. doi: 10.3399/bjgp12X625201
25. Shaw R.J., Kaufman M.A., Bosworth H.B., et al. Organizational factors associated with readiness to implement and translate a primary care-based telemedicine behavioral program to improve blood pressure control: the HTN-IMPROVE study // *Implement Sci*. 2013. Vol. 8. doi: 10.1186/1748-5908-8-106
26. AbuDagga A., Resnick H.E., Alwan M. Impact of Blood Pressure Telemonitoring on Hypertension Outcomes: A Literature Review // *Telemedicine and eHealth*. 2010. Vol. 16, N 7. P. 830–838. doi: 10.1089/tmj.2010.0015
27. Chandak A., Joshi A. Self-management of hypertension using technology enabled interventions in primary care settings // *Technology and Health Care*. 2015. Vol. 23, N 2. P. 119–128. doi: 10.3233/thc-140886
28. McKinstry B., Hanley J., Lewis S. Telemonitoring in the management of high blood pressure // *Curr Pharm Des*. 2015. Vol. 21, N 6. P. 823–827. doi: 10.2174/1381612820666141024154232
29. Sivakumaran D., Earle K. Telemonitoring: use in the management of hypertension // *Vascular Health and Risk Management*. 2014. Vol. 10. P. 217–224. doi: 10.2147/vhrm.s36749
30. Концевая А.В., Комков Д.С., Бойцов С.А. Моделирование как метод оценки экономической целесообразности дистанционного мониторинга артериального давления на региональном уровне // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2017. Т. 61, № 1. С. 10–16. EDN: YFOKVP doi: 10.18821/0044-197X-2017-61-1-10-16
31. Ho K. Health-e-Apps: A project to encourage effective use of mobile health applications // *BCM J*. 2013. Vol. 55, N 10. P. 458–460.
32. Исаева А.В., Краснова К.С., Тагоев Ю.Ш., и др. Изучение цифровой готовности пациентов с хронической сердечной недостаточностью // *Профилактическая медицина*. 2023. Т. 26, № 3. С. 101–108. EDN: DGKTAU doi: 10.17116/profmed202326031101
33. Байсангуров А.Ф., Арутюнова Н.Н., Байсангурова М.М. Анализ факторов демотивации, снижающих эффективность работы сотрудников // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 2S. С. 10–11. EDN: VGEGJF doi: 10.17816/DD83175
34. Davoudi A., Lee N.S., Chivers C., et al. Patient interaction phenotypes with an automated remote hypertension monitoring program and their association with blood pressure control: observational study // *J Med Internet Res*. 2020. Vol. 22, N 12. P. e22493. doi: 10.2196/22493
35. Vandenberk T., Lanssens D., Storms V., et al. Relationship Between Adherence to Remote Monitoring and Patient Characteristics: observational study in women with pregnancy-induced hypertension // *JMIR MhealthUhealth*. 2019. Vol. 7, N 8. P. e12574. doi: 10.2196/12574
36. Case M.A., Burwick H.A., Volpp K.G., et al. Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data // *JAMA*. 2015. Vol. 313, N 6. P. 625–626. doi: 10.1001/jama.2014.17841
37. O'Kane M.J. Efficacy of self-monitoring of blood glucose in patients with newly diagnosed type 2 diabetes (ESMON study): randomised controlled trial // *BMJ*. 2008. Vol. 336, N 7654. P. 1174–1180. doi: 10.1136/bmj.39534.571644.BE
38. Walker R.C., Tong A., Howard K., et al. Patient expectations and experiences of remote monitoring for chronic diseases: Systematic review and thematic synthesis of qualitative studies // *Int J Med Inform*. 2019. Vol. 124. P. 78–85. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2019.01.013
39. Мареев Ю.В., Зинченко А.О., Мясников Р.П., и др. Применение телеметрии у больных с хронической сердечной недостаточностью // *Кардиология*. 2019. Т. 59, № S9. С. 4–15. EDN: ISWIAY doi: 10.18087/cardio.n530
40. Omboni S., Ferrari R. The role of telemedicine in hypertension management: focus on blood pressure telemonitoring // *Curr Hypertens Rep*. 2015. Vol. 17. doi: 10.1007/s11906-015-0535-3
41. Gazit T., Gutman M., Beatty A.L. Assessment of hypertension control among adults participating in a mobile technology blood pressure self-management program // *JAMA Netw Open*. 2021. Vol. 4, N 10. P. e2127008. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.27008
42. Комков Д.С., Батулин Д.И., Куликов А.А., и др. Роль SMS-информирования в диспансерном наблюдении пациентов с артериальной гипертензией // *Артериальная Гипертензия*. 2015. Т. 21, № S1. С. 91. EDN: WEPXLT
43. Комков Д.С., Горячкин Е.А., Корсунский Д.В., и др. Клиническая эффективность различных моделей телемедицинских технологий у больных с артериальной гипертензией // *Профилактическая медицина*. 2020. Т. 23, № 4. С. 27–35. EDN: PMROKX doi: 10.17116/profmed20202304127
44. Melnyk S.D., Zullig L.L., McCant F., et al. Telemedicine cardiovascular risk reduction in veterans // *Am Heart J*. 2013. Vol. 165, N 4. P. 501–508. doi: 10.1016/j.ahj.2012.08.005
45. Калинина А.М., Горный Б.Э., Дубовой И.И., и др. Отношение врачей первичного звена к применению телемедицинских технологий при диспансерном наблюдении больных с хроническими заболеваниями (медико-социологическое исследование) // *Профилактическая медицина*. 2020. Т. 23, № 6. С. 8–13. EDN: TIADWK doi: 10.17116/profmed2020230628
46. Wang V., Smith V.A., Bosworth H.B., et al. Economic evaluation of telephone self-management interventions for blood pressure control // *Am Heart J*. 2012. Vol. 163, N 6. P. 980–986. doi: 10.1016/j.ahj.2012.03.016

47. Cuspidi C., Facchetti R., Dell'Oro R., et al. Office and out-of-office blood pressure changes over a quarter of century: findings from the PAMELA Study // *Hypertension*. 2020. Vol. 76, N 3. P. 759–765. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15434
48. Mancia G., Facchetti R., Bombelli M., et al. Long-term risk of mortality associated with selective and combined elevation in office, home, and ambulatory blood pressure // *Hypertension*. 2006. Vol. 47, N 5. P. 846–853. doi: 10.1161/01.HYP.0000215363.69793.bb
49. Stergiou G.S., Salgami E.V., Tzamouranis D.G., Roussias L.G. Masked hypertension assessed by ambulatory blood pressure versus home blood pressure monitoring: is it the same phenomenon? // *Am J Hypertens*. 2005. Vol. 18, N 6. P. 772–778. doi: 10.1016/j.amjhyper.2005.01.003
50. Pickering T.G. Self-monitoring of blood pressure. In: *Ambulatory Monitoring and Blood Pressure Variability (Part 1)*. London : Science Press, 1990.
51. Pickering T. Recommendations for the use of home (self) and ambulatory blood pressure monitoring. American Society of Hypertension Ad Hoc Panel // *Am J Hypertens*. 1996. Vol. 9, N 1. P. 1–11. doi: 10.1016/0895-7061(95)00341-x
52. Barochiner J., Posadas Martínez M.L., Martínez R. Reproducibility of masked uncontrolled hypertension detected through home blood pressure monitoring // *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2019. Vol. 21, N 7. P. 877–883. doi: 10.1111/jch.13596
53. Myers M.G. Reporting bias in self-measurement of blood pressure // *Blood Press Monit*. 2001. № 6. P. 181–183.
54. Miao H., Liu Y., Tsai T.C., Schwartz J., Ji J.S. Association between blood lead level and uncontrolled hypertension in the US population (NHANES 1999–2016) // *J Am Heart Assoc*. 2020. Vol. 9, N 13. P. e015533. doi: 10.1161/JAHA.119.015533
55. Jackson S.L., Gillespie C., Shimbo D., Rakotz M., Wall H.K. Blood Pressure Cuff Sizes for Adults in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey, 2015–2020 // *Am J Hypertens*. 2022. Vol. 35, N 11. P. 923–928. doi: 10.1093/ajh/hpac104
56. Cepeda M., Pham P., Shimbo D. Status of ambulatory blood pressure monitoring and home blood pressure monitoring for the diagnosis and management of hypertension in the US: an up-to-date review // *Hypertens Res*. 2023. Vol. 46. P. 620–629. doi: 10.1038/s41440-022-01137-2
57. Duan Y., Xie Z., Dong F., et al. Effectiveness of home blood pressure telemonitoring: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled studies // *Journal of Human Hypertension*. 2017. Vol. 31. P. 427–437. doi: 10.1038/jhh.2016.99
58. Бубнова М.Г., Трибунцева Л.В., Остроушко Н.И., и др. Влияние дистанционного диспансерного наблюдения на течение артериальной гипертензии // *Профилактическая медицина*. 2018. Т. 21, № 5. С. 77–82. EDN: YPHTZJ doi: 10.17116/profmed20182105177
59. Schoenhagen P., Mehta N. Big data, smart computer systems, and doctor-patient relationship // *European Heart Journal*. 2017. Vol. 38, N 7. P. 508–510. doi: 10.1093/eurheartj/ehw217
60. Шарова Д.Е., Зинченко В.В., Ахмад Е.С., и др. К вопросу об этических аспектах внедрения систем искусственного интеллекта в здравоохранении // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 3. С. 356–368. EDN: TGZGZZ doi: 10.17816/DD77446
61. Kario K., Tomitani N., Kanegae H., et al. The further development of out-of-office BP monitoring: Japan's ImPACT Program Project's achievements, impact, and direction // *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2019. Vol. 21, N 3. P. 344–349. doi: 10.1111/jch.13495
62. Стародубцева И.А., Шарапова Ю.А. Дистанционный мониторинг артериального давления как инструмент повышения качества диспансерного наблюдения пациентов с артериальной гипертензией // *Архивъ внутренней медицины*. 2021. Т. 11, № 4. С. 255–263. EDN: FTKKTE doi: 10.20514/2226-6704-2021-11-4-255-263
63. Карпов О.Э., Храмов А.Е. Информационные технологии, вычислительные системы и искусственный интеллект в медицине. Москва : ДПК Пресс, 2022.
64. Булдакова Т.И., Миков Д.А., Соколова А.В. Защита данных при дистанционном мониторинге состояния человека // *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение»*. 2020. № 4. С. 42–57. EDN: QHBUUF doi: 10.18698/0236-3933-2020-4-42-57
65. Alessa T., Hawley M.S., Hock E.S., de Witte L. Smartphone apps to support self-management of hypertension: review and content analysis // *JMIR MhealthUhealth*. 2019. Vol. 7, N 5. P. e13645. doi: 10.2196/13645
66. Picone D.S., Deshpande R.A., Schultz M.G., et al. Nonvalidated home blood pressure devices dominate the online marketplace in Australia // *Hypertension*. 2020. Vol. 75, N 6. P. 1593–1599. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.14719
67. Jalali M.S., Russell B., Razak S., et al. EARS to cyber incidents in health care // *J Am Med Inform Assoc*. 2019. Vol. 26, N 1. P. 81–90. doi: 10.1093/jamia/ocy148
68. Владимирский А.В. Систематический обзор применения мессенджеров «Whatsapp» и «Viber» в клинической медицине // *Журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2017. № 1. С. 30–41. EDN: YPTUVR

AUTHORS' INFO

* **Anna N. Korobeynikova**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 93 Sovetskaya street, 610008, Kirov, Russia;
ORCID: 0000-0002-8934-7021;
eLibrary SPIN: 9728-9583;
e-mail: anna_best2004@mail.ru

Alexandra E. Demkina, MD, Cand. Sci (Medicine);
ORCID: 0000-0001-8004-9725;
eLibrary SPIN: 4657-5501;
e-mail: ademkina@bk.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Коробейникова Анна Николаевна**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 610008, г. Киров, ул. Советская, 93;
ORCID: 0000-0002-8934-7021;
eLibrary SPIN: 9728-9583;
e-mail: anna_best2004@mail.ru

Демкина Александра Евгеньевна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-8004-9725;
eLibrary SPIN: 4657-5501;
e-mail: ademkina@bk.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Anatoliy N. Rogoza, Dr. Sci. (Biology), Professor;
ORCID: 0000-0002-4829-0954;
eLibrary SPIN: 9362-3496;
e-mail anrogoza@gmail.com

Anton V. Vladzimirskyy, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

Рогоза Анатолий Николаевич, д-р биол. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-4829-0954;
eLibrary SPIN: 9362-3496;
e-mail anrogoza@gmail.com

Владзими́рский Анто́н Вячесла́вович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: a.vladzimirskiy@npcmr.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

Conventional and innovative imaging modalities in bladder cancer: Techniques and applications

Federica Masino¹, Laura Eusebi², Gianmichele Muscatella¹, Manuela Montatore¹,
Giuseppe Sortino³, Willy Giannubilo⁴, Giuseppe Guglielmi^{1,5,6}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy;

² Radiology Unit, Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

³ Urology Unit, Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

⁴ Urology Unit, Civitanova Marche Hospital, Civitanova Marche, Italy;

⁵ Radiology Unit, Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

⁶ Radiology Unit, IRCCS Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, San Giovanni Rotondo, Italy

ABSTRACT

This narrative review describes the current status of imaging in the evaluation of bladder cancer, considering conventional technologies such as ultrasonography, computed tomography urography, and magnetic resonance imaging, as well as novel technologies such as contrast-enhanced ultrasonography and dual-energy computed tomography.

The article is organized by first presenting an introduction on both the anatomy of the bladder (to understand its normal appearance on imaging) and the main features of bladder cancer with reference to epidemiology, clinical picture, classification, and treatment. Subsequently, the role of imaging is discussed, with an explanation of the technique and applications in bladder cancer assessment for each modality.

Imaging plays a critical role in the detection and staging of bladder cancer. In particular, the role of magnetic resonance imaging is expanding because it enables differentiating muscle-invasive bladder cancer from non-muscle-invasive bladder cancer using the Vesical Imaging-Reporting and Data System (VI-RADS), along with conventional technologies, such as computed tomography urography and ultrasonography. Contrast-enhanced ultrasound and dual-energy computed tomography are new imaging modalities that offer special advantages and provide the right approach to patients with oncological conditions. This review ends with the presentation of integrated imaging modalities such as positron emission tomography combined with computed tomography or magnetic resonance imaging, which are promising methods for bladder cancer staging.

Keywords: urinary bladder neoplasms; ultrasonography; multiparametric magnetic resonance imaging; diagnostic imaging.

To cite this article:

Masino F, Eusebi L, Muscatella G, Montatore M, Sortino G, Giannubilo W, Guglielmi G. Conventional and innovative imaging modalities in bladder cancer: Techniques and applications. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):318–333. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

Традиционные и инновационные методы визуализации при раке мочевого пузыря: технология выполнения и применение

F. Masino¹, L. Eusebi², G. Muscatella¹, M. Montatore¹, G. Sortino²,
W. Giannubilo³, G. Guglielmi^{1,4,5}

¹ Foggia University School of Medicine, Фоджа, Италия;

² Carlo Urbani Hospital, Ези, Италия;

³ Civitanova Marche Hospital, Чивитанова-Марке, Италия;

⁴ Dimiccoli Hospital, Барлетта, Италия;

⁵ IRCCS Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, San Giovanni Rotondo, Италия

АННОТАЦИЯ

В статье описаны современные методы визуализации при оценке рака мочевого пузыря с учётом традиционных технологий (ультразвуковое исследование, компьютерно-томографическая урография и магнитно-резонансная томография), а также новых технологий, таких как ультразвуковое исследование с контрастным усилением и двухэнергетическая компьютерная томография.

В начале статьи представлены общие данные об анатомии мочевого пузыря для понимания его нормального внешнего вида при визуализации, а также основные особенности рака мочевого пузыря с учётом эпидемиологии, клинической картины, классификации и лечения. Затем обсуждается роль каждого метода визуализации с объяснением техники выполнения процедуры и применения в оценке рака мочевого пузыря.

Визуализация играет важнейшую роль в выявлении и стадировании рака мочевого пузыря. В частности, в последнее время возрастает роль магнитно-резонансной томографии, которая, дополняя результаты компьютерно-томографической урографии и ультразвукового исследования, позволяет дифференцировать мышечно-инвазивный рак мочевого пузыря от немышечно-инвазивного с помощью системы отчётности и данных о визуализации (VI-RADS). Ультразвуковое исследование с контрастным усилением и двухэнергетическая компьютерная томография — новые методы визуализации, которые обладают особыми преимуществами и обеспечивают правильный подход к пациенту с онкологическими заболеваниями. В конце обзора представлены комбинированные методы визуализации, включающие позитронно-эмиссионную томографию, совмещённую с компьютерной или магнитно-резонансной томографией, которые также перспективны при стадировании рака мочевого пузыря.

Ключевые слова: новообразования мочевого пузыря; ультразвуковое исследование; мультипараметрическая магнитно-резонансная томография; диагностическая визуализация.

Как цитировать:

Masino F., Eusebi L., Muscatella G., Montatore M., Sortino G., Giannubilo W., Guglielmi G. Традиционные и инновационные методы визуализации при раке мочевого пузыря: технология выполнения и применение // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 318–333. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

膀胱癌的传统和创新成像技术：技术与应用

Federica Masino¹, Laura Eusebi², Gianmichele Muscatella¹, Manuela Montatore¹,
Giuseppe Sortino³, Willy Giannubilo⁴, Giuseppe Guglielmi^{1,5,6}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy;

² Radiology Unit, Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

³ Urology Unit, Carlo Urbani Hospital, Jesi, Italy;

⁴ Urology Unit, Civitanova Marche Hospital, Civitanova Marche, Italy;

⁵ Radiology Unit, Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

⁶ Radiology Unit, IRCCS Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, San Giovanni Rotondo, Italy

摘要

这篇叙述性综述旨在描述成像技术在膀胱癌评估中的现状，其中考虑到了超声检查 (US)、计算机断层扫描尿路造影 (CTU) 和磁共振成像 (MRI) 等传统技术，以及对比增强超声检查 (CEUS) 和双能量计算机断层扫描 (DECT) 等新型技术。文章首先介绍了膀胱的解剖结构，以了解正常的影像学表现，并结合流行病学、临床、分类和治疗介绍了膀胱癌的主要特征。随后，文章讨论了成像技术的作用，并解释了每种成像方式在膀胱癌评估中的技术和应用。影像学在膀胱癌的检测和分期中起着至关重要的作用。尤其是磁共振成像的作用正在不断扩大，因为它能利用膀胱成像报告和数据系统 (VI-RADS) 以及 CTU 和 US 等传统技术区分肌层浸润性膀胱癌和非肌层浸润性膀胱癌。为确保对肿瘤患者采取正确的治疗方法，CEUS 和 DECT 代表了具有特殊优势的新兴模式。本综述最后介绍了正电子发射断层扫描 (PET)/CT 和 PET/MRI 等综合成像模式，它们是膀胱癌分期的理想方法。

关键词：膀胱肿瘤；超声检查；多参数磁共振成像；诊断成像。

引用本文：

Masino F, Eusebi L, Muscatella G, Montatore M, Sortino G, Giannubilo W, Guglielmi G. 膀胱癌的传统和创新成像技术：技术与应用. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):318–333. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623889>

收到: 27.11.2023

接受: 06.02.2024

发布日期: 19.07.2024

膀胱解剖

膀胱是位于骨盆中的一中空肌肉器官，起着储存尿液并让尿液排出的作用。这个容易变形的器官位于盆腔内，耻骨联合后方，腹膜旁下方。膀胱的大小和形状根据其容纳的尿量（总体积高达500毫升）和其他器官施加的压力而变化。特别是，膀胱充盈时呈圆形或椭圆形[1]。

膀胱的解剖结构复杂。从宏观上看，膀胱分为四个部分：顶部或圆顶（面向前方和向上）、膀胱体、膀胱底和膀胱颈（位于下方）。膀胱底部有三个开口，形成一个三角形。其中两个开口属于输尿管，它们斜着穿过膀胱壁。第三个开口是尿道开口，位于膀胱颈部，恰好在三角区的下角。尿液通过它从膀胱排出[2, 3]。

从显微镜下看，膀胱具有类似输尿管的层状结构。膀胱内膜由过渡上皮（即尿路上皮）组成，由数层细胞构成。在放松状态下，尿路上皮有 5–7 层细胞厚，它可以拉伸以容纳更多的尿液。尿路上皮下面是固有层或粘膜下层，这是一种上皮结缔组织，含有不同排列的肌纤维。其次是肌肉层，由逼尿肌组成（由内纵肌、中圆肌和外纵肌组成）。这种平滑肌负责收缩并将尿液排出膀胱。膀胱壁由浆膜覆盖，浆膜是一层薄薄的结缔组织，与腹膜后空间连通并包含血管。在没有浆膜的地方，膀胱被一层疏松的结缔组织覆盖[4, 5]。

膀胱癌

膀胱癌 (BC) 是一种全球常见的侵袭性恶性肿瘤，继发于前列腺癌，被认为是泌尿生殖系统肿瘤[6]。根据国际癌症研究机构的记录，以下风险因素与膀胱癌有关：吸烟；某些职业接触（如铝和橡胶生产、油漆、消防）；接触各种染料（如紫馨和金胺）或染料中间体（如 4-氨基联苯）。环境因素，包括 X 射线、伽马射线和砷，以及特定药物（环磷酰胺）、吸食鸦片和感染血吸虫，也会影响膀胱癌的发病。其他风险因素，如饮食要素、肠道菌群紊乱、基因与环境的相互作用、接触柴油废气和盆腔放疗，也与膀胱癌的发病有关 [7]。

膀胱癌最常见的症状是无症状性大血尿或小血尿，即所谓的“无痛性血尿”，约有 85% 的患者会出现这种症状。为了确定出血的来源，必须仔细将血尿分为初始、终末期和完全血尿[8]。膀胱癌的其他常见症状与膀胱刺激症（尿频、尿急和排尿困难）有关。输尿管梗阻时会出现侧腹疼痛。较少见的症状是下肢肿胀和骨盆可触及的肿块。在晚期病例中，由于远处转移，患者会出现体重减轻、腹部或骨骼疼痛 [9, 10]。

尿路上皮癌 (UC) 是膀胱癌最常见的亚型，其次是鳞状细胞癌、肉瘤、淋巴瘤和腺癌。三分之二的病例为非肌层浸润性膀胱癌 (NMIBC)，三分之一为肌层浸润性膀胱癌 (MIBC)，与转移风险增加和预后显著恶化有关[7]。膀胱癌的

形态因肿瘤的生长和进展而异。例如，水平生长是原位癌 (CIS) 的特征，而外生性息肉样肿块或无梗浸润性病变则是浸润型的典型特征[6, 8]。

膀胱癌根据恶性肿瘤 TNM 标准分类系统进行分期。与其他中空器官一样，T 符号表示膀胱各层受侵的深度。其中，pTa 指乳头状癌（非肌层浸润型膀胱癌），表现为外生肿块病变；pTis 指鳞状原位癌（非肌层浸润型膀胱癌）。在 T1 期，肿瘤侵犯了自身的薄层，通常通过经尿道电切和辅助膀胱内化疗来治疗。在 T2 期，肿瘤会浸润到膀胱逼尿肌（一种肌肉浸润性膀胱癌）；在 T3 期，肿瘤会浸润到膀胱周围的脂肪组织；在 T4 期，肿瘤会浸润到周围器官。T2 期及以上肿瘤需要更积极的治疗，如根治性膀胱切除术[11]。

符号 N 表示淋巴结受累。在 N1 和 N2 期，分别观察到骨盆中的一个或多个结节受累。在 N3 期，转移灶到达髂总淋巴结。

M1 期表示存在转移：区域淋巴结未受累 (M1a) 和存在其他远处转移 (M1b) [5, 12]。

可视化技术

影像学技术包括超声波、计算机断层扫描尿路造影 (CTU) 和磁共振成像 (MRI) 在膀胱癌的诊断和分期中发挥着重要作用。这些技术对于检测膀胱癌以及区分 T1 和 T2 肿瘤至关重要，因为这两个阶段患者的治疗策略有很大不同[13]。

从超声到 CTU，膀胱癌的检测灵敏度不断提高，磁共振成像（的检测灵敏度非常高。磁共振成像是区分非肌肉浸润性和肌肉浸润性膀胱癌的重要方法，因此越来越多地使用磁共振成像。

根据国际建议，诊断可疑肿瘤（如无痛性血尿）的第一步应是超声检查，而不排除体格检查，需要膀胱镜检查 and 随后的活检才能做出最终诊断 [8]。

放射性核素诊断，包括正电子发射断层扫描 (PET) 结合计算机断层扫描 (PET/CT) 和磁共振成像 (PET/MRI)，在膀胱癌分期方面也很有前景，特别是在检测受影响的淋巴结和远处转移方面。混合成像方法比传统 CT 更准确。

本综述还包括双能量计算机断层扫描 (DECT) 和对比增强超声波（对比增强超声波）等成像方式，这些成像方式不包括在标准检查方案中，但在某些情况下可能有用。

超声波检查

技术

检查前，患者应饮用 300–500 毫升水，以确保膀胱充分膨胀和充盈。膀胱膨胀不足会导致难以评估膀胱壁的情况，因为它们增厚或病灶可能会被高估，而过度膨胀则可能会导致患者不适，并减少患者与医生之间的合作。

经腹超声检查是最常见的检查方法，本综述将对此进行讨论。在女性中，如有必要，可进行经阴道超声检查以提高空间分辨率，而对于男性，

如果经腹方法受限,则可进行经直肠超声检查。检查时患者仰卧,必要时以侧卧位进行。

建议使用凸面传感器(4.5-6 MHz)进行超声波检查,并将其预先设置为腹部/肾脏检查。传感器应放置在耻骨联合正上方,并向尾部倾斜,以便对器官进行正确评估。扫描应在两个正交平面上以斜投影方式进行。这样,在检查过程中膀胱将始终位于视野中心。

膀胱壁呈分层状,在与浆膜和粘膜相对应的两个高回声层之间有低回声肌。侧壁和后壁在超声波中清晰可见,而前壁受混响现象的影响,可通过时域增益补偿进行控制。高频线性传感器(>7.5 MHz)可用于选择性检查前壁和膀胱穹隆。为评估输尿管排尿(正常且周期性的尿液从输尿管流出到膀胱),必须进行后壁三角彩色多普勒检查,以排除输尿管完全梗阻。

超声波可评估膀胱容量和残余尿量。尿量是通过在两个正交平面上进行三次测量,并应用包含校正因子(k)的自动公式估算得出的,该公式考虑到了膀胱的复杂形状[11, 14]。

应用

经腹超声的有效性受到各种因素的影响,包括膀胱充盈程度、患者体质、肿瘤大小和扩散以及既往治疗(放疗、化疗或手术)[13]。超声的灵敏度为63%,但它可以随着前列腺肥大而降低,通常表明膀胱底部壁的不均匀性。相反,在憩室中肿瘤定位的情况下,与膀胱镜检查相比,敏感性可能会增加,因为膀胱镜检查期间膀胱狭窄颈部的评估是困难的[14]。

通常,如果定位于膀胱侧壁和后壁,膀胱癌很容易被检测到。因此,尿路上皮癌通常定位于后壁并且具有大尺寸,这是影响超声诊断灵敏度的最重要因素。肿瘤只有在其最大直径超过5毫米时才能被检测到。较大的肿瘤通常与其他体征有关,如壁僵硬和膀胱不对称拉伸。肿瘤的位置是影响敏感性的不太重要的因素,尽管由于技术原因,某些区域(圆顶,前壁和膀胱底部)更难以评估[11]。

膀胱中的形成物通常是回声的,具有不规则的形状,例如类似花椰菜,并且在膀胱壁上或壁的部分中发现厚度不均匀增加。然而,在超声检查中,膀胱癌的迹象可能因肿瘤的形态而异,表现为乳头状,或浸润性,或具有乳头状和浸润性形成的混合迹象。乳头状的形状看起来像是从膀胱壁发出并突出到腔内的小回声结构,当大于2-3毫米时很容易发现。相反,如果肿瘤是浅表癌,则只能通过壁软组织增厚来识别。壁软组织有正常的回声结构,没有入侵的迹象。浸润性肿瘤具有典型的小乳头元件。它们的特征在于低发性,不像回声膀胱壁和膀胱周围脂肪组织[11, 13, 14]。

如果在超声图像上发现灶性肿块,则需要进一步检查是否存在其他病变,因为三分之一的肿瘤通常是多灶性的。此外,还应做进一步的多普勒超声评估,这有助于识别有明显血流信号或星状形态的内部血管,并区分潜在的肿瘤和血栓。

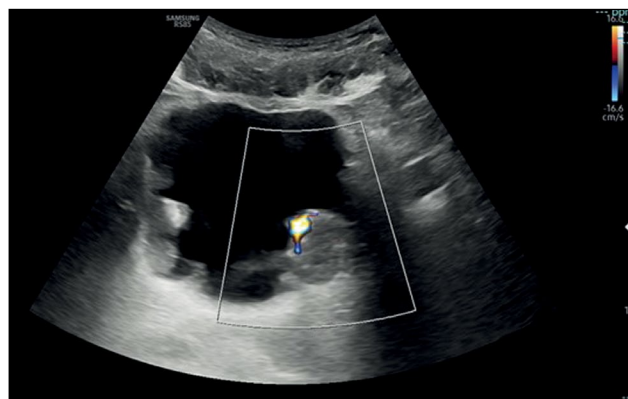


图 1. 膀胱横断面超声图像显示,膀胱壁弥漫性不规则增厚,并伴有多个肿块和腔内发育。最大回声肿块位于左侧膀胱后壁,彩色多普勒成像显示肿瘤内有血管化。

后一种选择可以通过要求患者从仰卧位改为侧卧位,以评估血栓特征的病变移动性,或进行膀胱冲洗,然后重复超声检查来排除[11](图 1)。

对比增强超声波

技术

对比增强超声波是一种利用超声造影剂(UCA)客观显示组织灌注情况的新技术。在常规超声检查中,膀胱应适度膨胀。最初,在进行超声+CU检查之前,应先进行完整的基线超声检查。最常用的超声造影剂是六氟化硫(SonoVue;意大利,Bracco),它是一种不超出血管的示踪剂,可用于血液微循环灌注的实时动态成像。

使用 21 G 外周插管静脉注射 2.4 毫升该物质,然后再注射约 5 毫升生理溶液。超声造影剂在血液中停留的时间足以到达靶向器官,并提供动脉和静脉相位的充分解释。研究在低机械指数的基础 B 模式下进行,以降低微泡破裂的发生率。

正常膨胀的膀胱壁薄约 2 毫米,圆二色性信号微乎其微,在使用造影剂的初始阶段几乎检测不到。信号会在大约 2 分钟内逐渐增强[15]。

应用

对比增强超声波基于生物学原理,根据该原理,肿瘤的特征是明显的新血管形成,这导致造影剂的冲洗和注射时间与非肿瘤情况相比发生变化。对比增强超声波的一个主要优势是可以实时进行。CT 或磁共振成像必须精确确定最佳图像采集时间,才能更好地将肿瘤与周围的膀胱壁区分开来,而对比增强超声波则不需要这样做,因为不同患者的增强模式可能会因心血管状况或膀胱癌的微血管化程度等因素而有所不同。对比增强超声波可以持续进行实时动态增益评估。

此外,膀胱癌造影剂的长期造影剂增强使得只需一次超声造影剂剂量就能对膀胱壁进行全面检查,这使得它对多中心癌症的多病灶检测很有用。动脉新生血管是膀胱癌的常见特征,乳头状和无柄肿瘤或小病灶增厚的信号增强立即显现

出来。该过程类似于在尿路造影的动脉期中观察到的过程。信号放大通常均匀地发生,除了更广泛的,高度恶性的侵袭性肿瘤。在这种情况下,信号增强可能是不均匀的,尤其是在肿瘤的坏死区域[16]。

在快速的动脉期和 超声造影剂积累之后,大多数肿瘤都会出现缓慢的冲洗,但在静脉期,这一过程会因肿瘤大小和细胞分化情况而有所不同。对比增强超声波有助于鉴别诊断,使您能够将肿瘤形成与其他可能模拟肿瘤的膀胱壁病理区分开来。这些病变可能是膀胱内血块、粘连性结石、与前列腺肥大相关的良性增厚或炎症过程引起的膀胱壁增厚。病灶或淋巴结的对比度增强表示肿瘤。

使用 对比增强超声波诊断 膀胱癌的依据是检测膀胱壁局灶性增厚区域或突出到膀胱腔内的肿块。在超声波中使用造影剂可提高 膀胱癌的检出率,特别是当传统超声可能因膀胱膨胀不足、膀胱手术史、肥胖或膀胱内导管的存在等因素而效果不佳时。

膀胱壁受累的深度、恶性肿瘤的组织学分级以及肿瘤向膀胱外的扩散是 膀胱癌预后和治疗的主要决定因素。虽然核磁共振成像和 CT 是局部分期的首选成像方法,但 对比增强超声波可以通过检查膀胱壁病变区域的对比度增强模式来帮助评估膀胱壁病变。这种方法可根据有无低糜烂层以及动脉期后的增强模式来区分非浸润性膀胱癌和浸润性癌 [15]。

恶性膀胱肿瘤与良性膀胱肿瘤在造影剂增强模式上有所不同,因此 对比增强超声波成为区分恶性膀胱肿瘤和提高诊断准确性的重要工具。对比增强超声波可实时观察膀胱肿瘤的血流情况。然而,与 CT 和磁共振成像相比,对比增强超声波其在浸润癌分

期中的用途有限,因为它不能评估膀胱周围脂肪组织和腹膜后淋巴结的浸润情况(图 2) [16]。

CT 尿路造影

造影技术

CTU 是一种尿路 CT 扫描,属于原位扫描。静脉注射造影剂后,进行多相扫描,以获得一组显示完全阴影和扩张的肾内集合系统、输尿管和膀胱的图像[17]。此外,CTU 方案还包括对腹部和盆腔器官进行原位扫描。静脉注射造影剂后,可区分以下增强阶段:超声造影剂注射后 30-40 秒为皮质-髓质期,随后进入动脉期,100 秒后进入肾造影期,8~12 分钟后进入排泄期。

然而,多阶段研究方案的主要限制是25至35 mSv的高辐射负荷。因此,我们为年轻患者提供了分次注射造影剂(split-bolus)的方案,其中包括非强化扫描的两阶段方案,先进行一次非强化扫描,然后分两次静脉注射造影剂,剂量分别约为 80 毫升和 40 毫升。第一次注射后,20 秒后进行皮质-髓质扫描。延迟 8 分钟后,注射第二部分 超声造影剂,然后在 100 秒后进行扫描,以获得排泄期。扫描应在颅尾方向进行,Z 轴延伸应从膈穹隆开始,到达膀胱耻骨联合,特别是在无造影增强扫描和肾造影时,而皮质髓质增强阶段可从肾脏上极开始[18]。

这两种方案都可以在皮质-髓质扫描前 2~3 分钟静脉注射 10 毫克呋塞米,以达到充分扩张上尿路和膀胱的目的。膨胀不足的膀胱可能会出现增厚,尤其是沿着前壁,膀胱腔内未被遮盖的尿液和造影剂可能会不完全混合,这将导致尿液的对比水平增加,因为其比重高于造影剂的比重[17]。

应用

腹部 CTU 是最常用的技术,因为它有许多优点,如广泛的可用性、快速扫描和创建具有后处

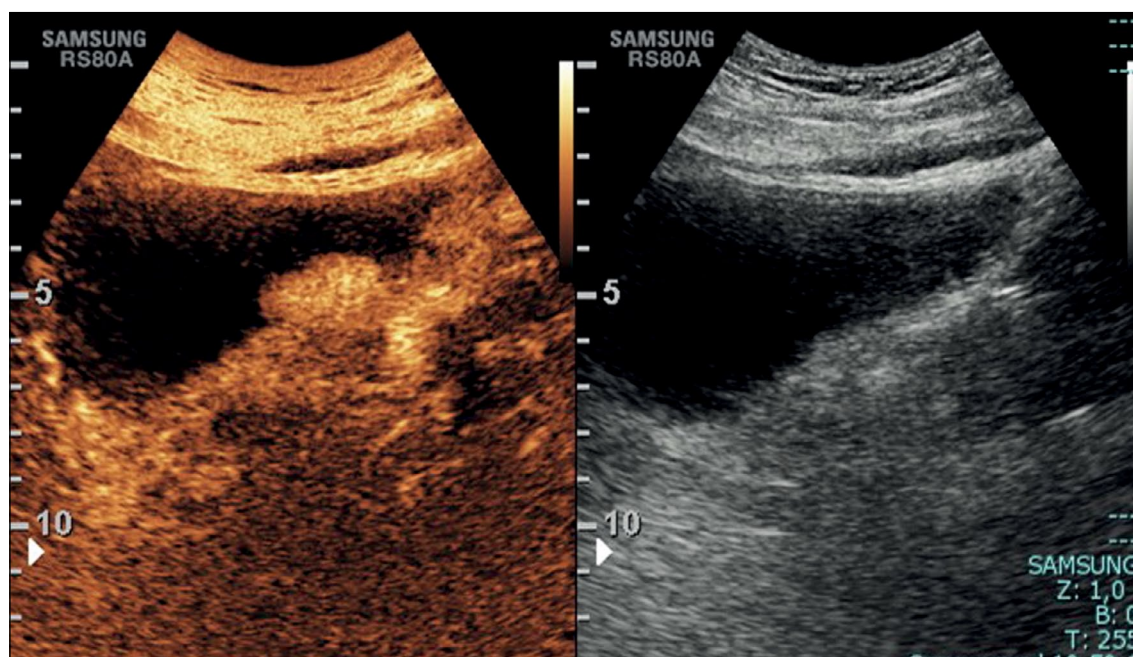


图 2. 矢状切面的对比增强超声图像显示,左侧膀胱壁上有一个体积较大的肿块,在 B 型图像中轮廓不清。

理能力的多平面三维重建图像。对于疑似或确诊为膀胱癌的患者，CTU 可用于癌症检测和分期，特别是评估局部和远处肿瘤扩散情况。

CTU 方案的每个步骤都有各自的优势。非增强 CT 用于测量肿瘤区域的基础信号衰减，然后与造影剂增强后的信号进行比较，以确定是否存在结石、钙化、出血和血栓。皮质-髓质期用于评估可疑的血管异常或动脉增强。肾造影阶段可以检测肾脏肿块并确定其特征。排泄期用于评估尿路上皮，因为当膀胱被致密造影剂充盈时，腔内软组织病变会表现为充盈缺损[19]。

膀胱癌可表现为膀胱壁局灶性增厚，晚期病例可表现为肿块突入膀胱腔或扩散至邻近组织。如果膀胱膨胀不足，则应检查增厚的不对称性。通常，肿瘤的特征是软组织中的信号减弱，并可能被细小的钙化物覆盖。

CTU 的准确性最高。例如，在膀胱癌的检测和分期中，综合灵敏度为 92%，综合特异度为 95%。T 分期不能区分非肌肉浸润性膀胱癌和肌肉浸润性膀胱癌，但可以区分 T3 和 T4 肿瘤。N 分期可反映淋巴结形态和大小。如果盆腔、腹腔和腹膜后淋巴结短轴超过 8-10 毫米，则应怀疑为恶性肿瘤。就形态学标准而言，融合淋巴结或中心坏死的淋巴结的存在被认为是转移的明确标志。在淋巴结检查中，CTU 的特点是高估和低估疾病的严重程度。高估发生在约 30% 的反应性淋巴结疾病病例中，即淋巴结短轴超过 10 毫米。如果淋巴结是恶性的，但大小正常，则有可能被低估。至于 M 期，膀胱癌最常转移到盆腔和腹膜后淋巴结。膀胱癌最常见的远处转移部位是骨。大多数骨病变表现为硬化，但也可能是溶解性或混合性溶解硬化。在实体器官中，转移灶最常出现在肝脏和肺部，其他器官受影响的情况要少得多[11]。

诊断程序结束后，如果发现需要进一步评估的可疑肿块，可要求进行内窥镜检查+活检，以确诊并确定尿路肿瘤的数量、范围和位置[18]。

双能量计算机断层扫描

技术

双能量计算机断层扫描是一种新的成像技术，它使用两种类型的 X 射线和两个具有不同电压（低能级和高能级）的 X 射线管。双能量计算机断层扫描图像可在后期处理过程中进行二次重建。

考虑到研究的目的，即检测膀胱癌或其分期，最有用的图像类型是虚拟单色（VMC）和虚拟非对比（VNC）图像，以及碘图和原子图。

虚拟单色图像的质量与传统单能量 CT 相似，但能提供更可靠的信号衰减值。由于碘吸收导致的高信号衰减，较低的电压可增加附近结构的对比度。因此，在这种情况下，更容易识别顶叶区域的病变。电压越高，对金属结构产生的噪音和伪影的敏感度越低。在虚拟单色图像的基础上比较两种不同的模式，可以构建信号衰减的

光谱曲线，这是能量的函数。后者所具有的特性有助于改善命中特征。

虚拟非对比图像是一种无对比度图像，在对比后获得的扫描中观察到的碘吸收被抑制。虚拟非对比图像也被称为无碘图像。在这种情况下，由于不对患者进行预先扫描，辐射量会更低。碘图是一种特定材料的图像，与碘减影图像不同，它能显示所有碘吸收区域。它是一种彩色图谱，可以用毫克/毫升表示碘吸收的数量。此外，碘图还能让我们根据主动脉中的碘填充量来区分血管病变和新生血管病变。

有效原子序数的估算是一种定量方法，可用于区分不同类型的材料和确定辐射的衰减系数[3]。

应用

双能量计算机断层扫描有助于克服 CT 的主要缺点，如过度暴露于电离辐射，这在接受多次检查和密集监视的癌症患者中很常见。

此外，通过后处理图像，双能量计算机断层扫描还能更好地确定病灶的特征。

虚拟非对比扫描可提供真正的无对比度图像，可以排除结石、钙化和新鲜血液的存在。后者在典型的基底扫描中以及在测量后续对比后扫描的信号衰减参考值时会出现高密度。

在膀胱壁增厚的情况下，频谱曲线会从较低的电压值开始上升。

在低电压下获得的虚拟单色图像与附近的结构相比，肿瘤的对比度更高，检测肿瘤的灵敏度也更高。此外，当定量碘含量相对于肾造影期的主动脉进行归一化处理时，当达到 $\geq 3.0 \text{ mg/ml}$ 的阈值时，这种类型的图像显示出增加的特异性，并且允许您使用以下公式区分血管化病变和非血管化病变： $|I|_{\text{归一化}} = |I|_{\text{病灶}} / |I|_{\text{主动脉}}$ [20, 21]。

双能量计算机断层扫描的优势也适用于膀胱癌分期，因为碘图可以更快地检测膀胱壁浸润，包括在区分非肌肉浸润性和肌肉浸润性膀胱癌时检测肌肉层，以及评估淋巴结受累情况和是否存在转移。

这项技术的使用可能对治疗策略的选择至关重要，因为它能更好地评估肿瘤与血管之间的关系，而在较低电压下进行虚拟单色成像所获得的更高对比度是一个重要参数（图 3 和图 4）[22]。

磁共振成像

技术

要进行充分的磁共振成像检查，患者的初步准备非常重。膀胱应适度膨胀。患者应在核磁共振成像扫描前约 2.5 小时排尿并饮水 500 毫升。

使用定位器的定向扫描允许专家在膀胱足够充盈时开始手术。

如上所述，膀胱膨胀对于评估膀胱癌非常重要。膀胱壁可能会出现增厚，膨胀不足可能会导致误诊。相反，过度膨胀可能会导致患者不适，他们可能会在检测到假象时变得活跃，甚至在无法憋住大量尿液时中止检查。

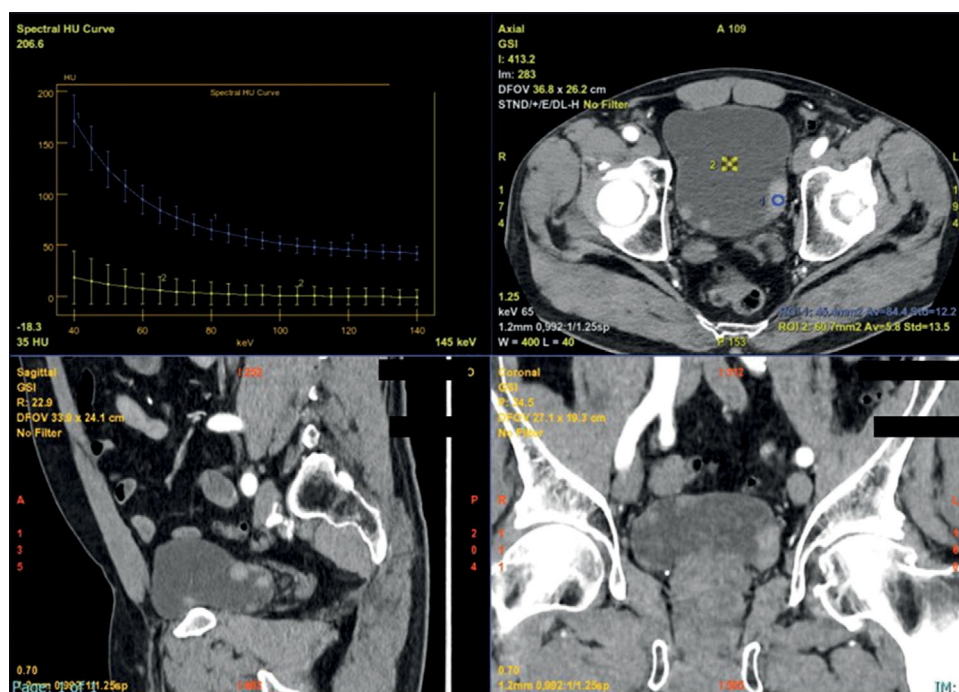


图 3. 多平面碘图像显示多灶性肿块有不同程度的信号衰减，主要肿块位于左后壁。病灶的平均值与腔内值不同。通过光谱曲线（左上），我们可以识别出不同衰减曲线的物质。

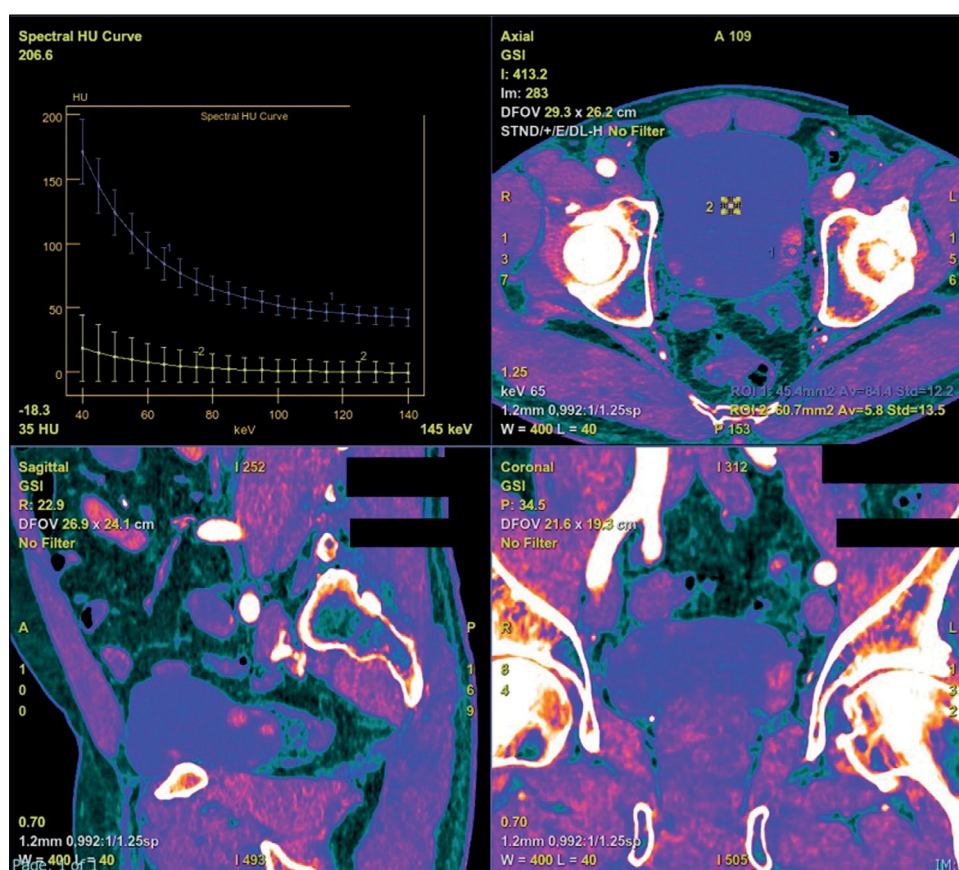


图 4. 彩色碘图的多平面图像，显示多灶性肿块有不同程度的信号衰减，主要肿块位于左后壁。病灶的平均值与腔内值不同。通过光谱曲线（左上），我们可以识别出不同衰减曲线的材料。

通常情况下,检查本身使用 1.5 特斯拉核磁共振成像扫描仪进行,患者取仰卧位。以下序列用于正确评估膀胱:

- 轴向 T1 加权 (T1W) 涡轮自旋回波;
- T2-加权 (T2W) 序列,在轴向、矢状或冠状面上具有高分辨率和窄视野,并抑制脂肪组织信号;
- 扩散加权成像 (DWI) 和测量扩散系数 (ADC);
- 动态对比磁共振成像、T1-W 三维梯度回波和三点狄克逊法。

对女性而言,图像不仅应包括膀胱,还应包括子宫、卵巢和阴道,对男性而言,图像应该包括前列腺[5]。

应用

磁共振成像主要用于 膀胱癌局部肿瘤分期,因为它可以确定是否存在肌肉浸润,从而区分非肌肉浸润性 膀胱癌和肌肉浸润性 膀胱癌,以及 T1 和 T2 分期。

膀胱壁具有多层结构,尿路上皮和固有层只有在注射造影剂后的早期阶段才会在动态对比增强磁共振成像上显示为一条高强度线。肌层在 T2 加权图像上表现为一条低信号强度线,在具有测量扩散系数比值的 扩散加权成像 图像上表现为中等强度,而在具有动态对比度的磁共振成像图像上则表现为一条晚期信号逐渐增强的线[5]。

VI-RADS 系统有助于规范经尿道膀胱切除术确诊为 膀胱癌患者的磁共振成像结果的获取、解释和报告方法。分值从 1 到 5 不等,反映了侵入逼尿肌的风险不断增加[6]。T2W、扩散加权成像/测量扩散系数 和 DCE 序列用于更准确地反映病变情况,每种序列分为 1-5 级。T1 加权图像对区分非肌肉浸润性 膀胱癌和肌肉浸润性膀胱癌没有价值,因为在排尿肌中存在中间信号强度,意味着恶性过程[23]。

在分析 T2W 结构数据时,应首先评估肌层的完整性。肌层信号应均匀低强,而膀胱内容物则呈高强信号。然后评估 扩散加权成像/测量扩散系数 和 DCE 序列的信号。在肿瘤中,信号在 扩散加权成像 模式中呈高密度,在 测量扩散系数 图中呈低密度,膀胱壁内层早期信号增强。在获得每个序列的信息后,对不同的评分组合进行比较,并计算出最终的 VI-RADS 评分。

当 T2W 上与肌肉层相对应的强信号线出现中断时,则属于 VI-RADS 1 类。病灶的最大尺寸(无柄或植物状)不应超过 1 厘米。VI-RADS 1 提示存在非肌肉浸润性 膀胱癌。当强信号线中断,但肿瘤直径大于 1 厘米时,也可划分为 VI-RADS 2 类。病变可能与水肿有关,表现为线增厚,肿瘤浸润的可能性增加。VI-RADS 3 表示怀疑肿瘤侵犯肌肉层;T2W 上肌肉层的低强度信号没有明显中断。VI-RADS 4 表示肿瘤侵犯肌肉层,VI-RADS 5 表示肿瘤侵犯肌肉层并累及周围脂肪组织。

如果结果存在差异,可使用 扩散加权成像/测量扩散系数 和 DCE 图谱对病灶进行降级和升级[5]。

磁共振成像对于评估 膀胱癌患者治疗后的变

化也很重要。磁共振成像可用于评估新辅助化疗和免疫疗法后的患者,这些疗法是治疗 膀胱癌的革命性疗法。治疗后,可使用 T2W、扩散加权成像/测量扩散系数 和 DCE 序列研究肿瘤状态。此外,还要评估对治疗的反应,包括部分反应、完全反应或无反应。在这方面,VI-RADS 已显示出良好的效果[24]。

总之,磁共振成像正在成为诊断 膀胱癌、评估治疗反应和长期随访的主要成像方式。此外,磁共振成像在手术和放疗的治疗计划中也发挥着重要作用。然而,确定肿瘤的恶性程度需要经尿道切除活检,这是磁共振成像无法替代的(图 5 和图 6)。

联合混合放射性核素成像

PET/CT 将 PET 和 CT 结合为一种单一的成像方法。2-氟-18F-2-脱氧-D-葡萄糖 (FDG) 是肿瘤学中最常见的放射性药物,因此使用 FDG 的 PET/CT 被广泛应用于多种癌症的临床实践中 [25, 26]。

作为葡萄糖的类似物,18F-FDG 通过 GLUT 转运蛋白和其他转运蛋白进入肿瘤细胞,在细胞内被己糖激酶磷酸化,但不会进一步代谢,导致细胞内蓄积。PET/CT 可对代谢活动进行高灵敏度扫描,并对肿瘤进行精确的解剖定位[27]。

近年来,这种混合成像技术越来越多地被用于检测 膀胱癌患者根治性膀胱切除术后的复发情况 [25, 26]。

鉴于尿路肿瘤对 FDG 的摄取量较高,这种药物随尿液排泄可以掩盖尿路所有部分的肿瘤,尤其是膀胱肿瘤。因此,人们研究并测试了几种降低尿液中 FDG 活性的方法,如大量吸水、利尿剂和导尿。然而,导尿过程中的灌洗和逆行膀胱充盈可能会增加先天性尿路感染的风险,从而延长住院时间。鉴于这一局限性,可在 FDG 排泄和在膀胱内蓄积之前的早期阶段通过动态成像对肿瘤进行评估[25]。

目前,不建议将 FDG PET/CT 作为初始诊断方式或主要分期工具,因为该技术被认为无法在显微镜水平上评估膀胱周围脂肪组织的侵犯程度和邻近器官的损害。不过,PET/CT 可用来评估对治疗的反应、检测残留或复发情况以及区分疤痕组织和活动性肿瘤[26]。

PET/MRI 是另一种混合成像模式,它结合了 PET 提供的功能信息和磁共振成像提供的详细解剖图像。PET 使用 FDG 作为示踪剂,可以识别代谢活性增加的区域,这通常表明存在癌组织。相比之下,磁共振成像结合使用可提供高对比度的软组织。

鉴于这些先决条件,PET/MRI 可以克服 PET/CT 在评估肿瘤局部范围方面的固有局限性,因为高质量的磁共振成像图像可以评估周围脂肪组织和肌肉层(28)。然而,由于肾脏排泄 FDG 的特异性,PET/MRI 诊断 膀胱癌早期阶段的灵敏度仍然很低。因此,膀胱壁的小病灶可能不会被发现[29]。

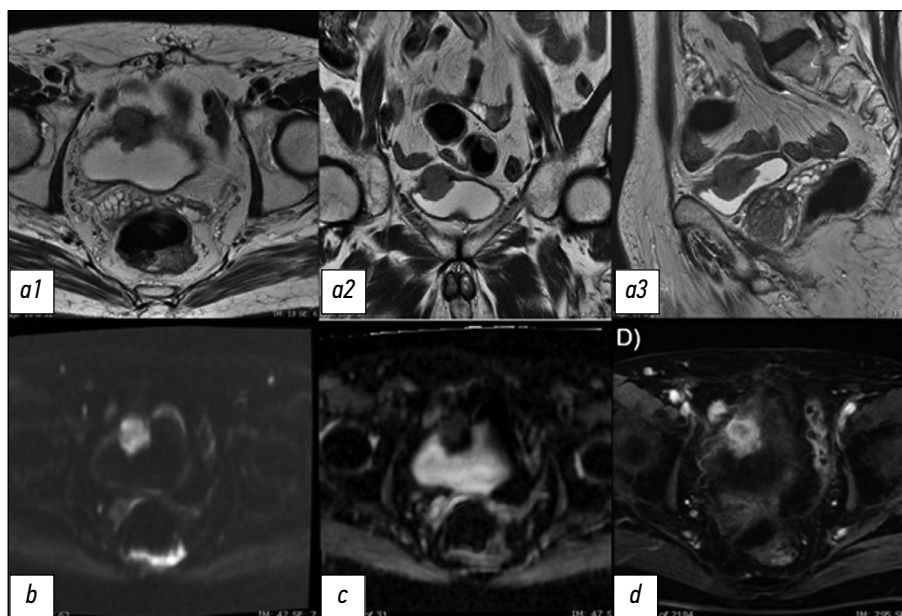


图 5. 膀胱磁共振成像: *a* - T2W 模式下的多平面图像显示左侧膀胱后壁一个大于1cm的肿块, 中间有肌层信号 (VI-RADS 4); *b* - 扩散加权成像 序列和 测量扩散系数 图显示病变扩散明显受限, 并侵入肌层, 测量扩散系数 比值低至 $0.9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 提示恶性 (VI-RADS 4); *c* - DCE 序列显示病灶早期异质信号放大, 并侵入肌肉层 (VI-RADS 4)。VI-RADS 总分为 4 分。图片来源: Eusebi Laura, Masino Federica, Gifuni Rossella, Fierro Davide, Michele Bertolotto, Cova Maria Assunta, Giuseppe Guglielmi. Role of Multiparametric-MRI in Bladder Cancer. Current Radiology Reports 11, 69–80 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40134-023-00412-5>. 本文属于公共领域, 根据 Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 许可条款发布 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)。

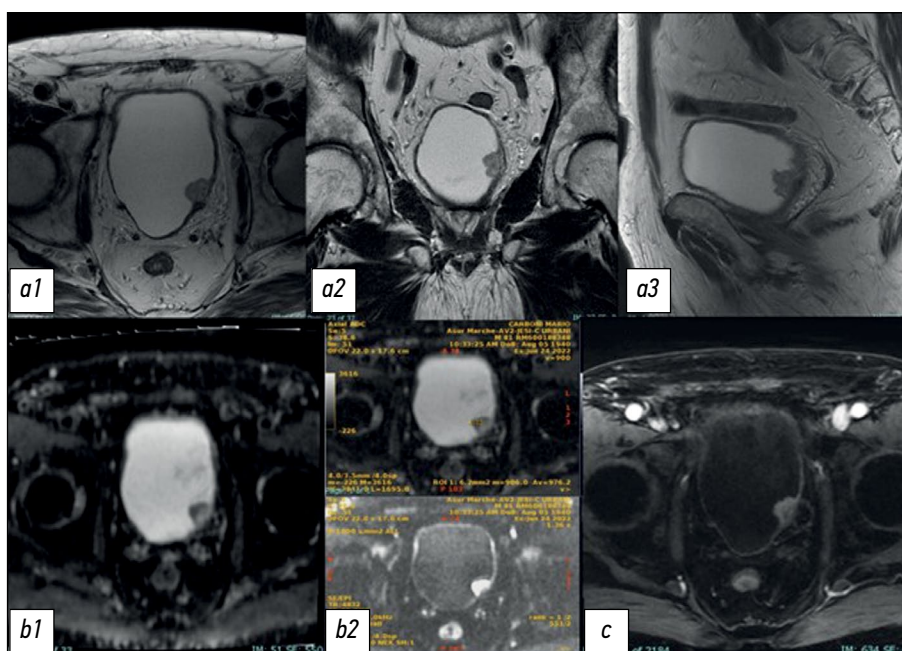


图 6. 膀胱磁共振成像: *a* - T2W 模式下的多平面图像显示, 右侧膀胱穹隆外侧壁上有一个超过 1 厘米的肿块, 其间有肌肉层信号, 并侵入膀胱周围脂肪组织 (VI-RADS 5); *b* - 扩散加权成像 和 测量扩散系数 图显示病变呈明显局限的弥漫性, 侵犯肌肉层和膀胱周围脂肪组织 (VI-RADS 5); *c* - DCE 序列显示病变早期不均匀信号增强, 侵犯肌肉层和膀胱周围脂肪组织 (VI-RADS 5)。VI-RADS 量表的总分是 5 分。图片来源: Eusebi Laura, Masino Federica, Gifuni Rossella, Fierro Davide, Michele Bertolotto, Cova Maria Assunta, Giuseppe Guglielmi. Role of Multiparametric-MRI in Bladder Cancer. Current Radiology Reports 11, 69–80 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40134-023-00412-5>. 本文属于公共领域, 根据 Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 许可条款发布 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)。

结论

影像学检查对 膀胱癌的评估至关重要，尤其是在癌症肿瘤的检测和分期方面。传统的超声波技术，尤其是 CTU，现在正得到 磁共振成像检查结果的补充。反过来，磁共振成像也越来越受欢迎，因为它可以通过 VI-RADS 区分非肌肉浸润性 膀胱癌和肌肉浸润性 RRM。PET/CT 和 PET/MRI 等联合成像模式也是对 膀胱癌进行分期的有前途的工具。对比增强超声波和双能量计算机断层扫描等新的成像模式并不属于典型的诊断和分期方案，但却在某些情况下得到应用，可为临床医生和放射科医生提供有用的信息，确保为癌症患者提

供正确的治疗方法，并着眼于未来越来越个性化的医疗。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

REFERENCES

- Hill WG. Control of Urinary Drainage and Voiding. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2015;10(3):480–492. doi: 10.2215/CJN.04520413
- Glasscock RJ, Rule AD. Aging and the Kidneys: Anatomy, Physiology and Consequences for Defining Chronic Kidney Disease. *Nephron.* 2016;134(1):25–29. doi: 10.1159/000445450
- Montatore M, Muscatella G, Eusebi L, et al. Current Status on New Technique and Protocol in Urinary Stone Disease. *Curr Radiol Rep.* 2023;11(12):1–16. doi: 10.1007/s40134-023-00420-5
- Sam P, Nassereddin A, LaGrange CA. Anatomy, Abdomen and Pelvis: Bladder Detrusor Muscle. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
- Eusebi L, Masino F, Gifuni R, et al. Role of Multiparametric-MRI in Bladder Cancer. *Curr Radiol Rep.* 2023;11(5):69–80. doi: 10.1007/s40134-023-00412-5
- Nicola R, Pecoraro M, Lucciola S, et al. VI-RADS score system — A primer for urologists. *Int Braz J Urol.* 2022;48(4):609–622. doi: 10.1590/s1677-5538.ijbu.2021.0560
- Jubber I, Ong S, Bukavina L, et al. Epidemiology of Bladder Cancer in 2023: A Systematic Review of Risk Factors. *Eur Urol.* 2023;84(2):176–190. doi: 10.1016/j.eururo.2023.03.029
- Messina E, Pecoraro M, Piscioti ML, et al. Seeing is Believing: State of the Art Imaging of Bladder Cancer. *Semin Radiat Oncol.* 2023;33(1):12–20. doi: 10.1016/j.semradonc.2022.10.002
- Comp  rat E, Amin MB, Cathomas R, et al. Current best practice for bladder cancer: a narrative review of diagnostics and treatments. *Lancet.* 2022;400(10364):1712–1721. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01188-6
- Ahmadi H, Duddalwar V, Daneshmand S. Diagnosis and Staging of Bladder Cancer. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2021;35(3):531–541. doi: 10.1016/j.hoc.2021.02.004
- Wentland AL, Desser TS, Troxell ML, Kamaya A. Bladder cancer and its mimics: a sonographic pictorial review with CT/MR and histologic correlation. *Abdom Radiol (NY).* 2019;44(12):3827–3842. doi: 10.1007/s00261-019-02276-w
- Wong VK, Ganeshan D, Jensen CT, Devine CE. Imaging and Management of Bladder Cancer. *Cancers.* 2021;13(6):1396. doi: 10.3390/cancers13061396
- Messina E, Piscioti ML, Pecoraro M, et al. The use of MRI in urothelial carcinoma. *Curr Opin Urol.* 2022;32(5):536–544. doi: 10.1097/MOU.0000000000001011
- Schallom M, Prentice D, Sona C, et al. Accuracy of Measuring Bladder Volumes With Ultrasound and Bladder Scanning. *Am J Crit Care.* 2020;29(6):458–467. doi: 10.4037/ajcc2020741
- Ahmadi H, Duddalwar V, Daneshmand S. Diagnosis and Staging of Bladder Cancer. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2021;35(3):531–541. doi: 10.1016/j.hoc.2021.02.004
- Liu Q, Gong H, Zhu H, Yuan C, Hu B. Contrast-Enhanced Ultrasound in the Bladder: Critical Features to Differentiate Occupied Lesions. *Comput Math Methods Med.* 2021;2021:1–5. doi: 10.1155/2021/1047948
- Fouladi DF, Shayesteh S, Fishman EK, Chu LC. Imaging of urinary bladder injury: the role of CT cystography. *Emerg Radiol.* 2020;27(1):87–95. doi: 10.1007/s10140-019-01739-3
- Renard-Penna R, Rocher L, Roy C, et al. Imaging protocols for CT urography: results of a consensus conference from the French Society of Genitourinary Imaging. *Eur Radiology.* 2020;30(3):1387–1396. doi: 10.1007/s00330-019-06529-6
- Abuhasanein S, Hansen C, Vojinovic D, et al. Computed tomography urography with corticomedullary phase can exclude urinary bladder cancer with high accuracy. *BMC Urol.* 2022;22(1):60. doi: 10.1186/s12894-022-01009-4
- Bicci E, Mastrorosato M, Danti G, et al. Dual-Energy CT applications in urinary tract cancers: an update. *Tumori.* 2023;109(2):148–156. doi: 10.1177/03008916221088883
- Parakh A, Lennartz S, An C, et al. Dual-Energy CT Images: Pearls and Pitfalls. *RadioGraphics.* 2021;41(1):98–119. doi: 10.1148/rq.2021200102
- Toia GV, Mileto A, Wang CL, Sahani DV. Quantitative dual-energy CT techniques in the abdomen. *Abdom Radiol (NY).* 2022;47(9):3003–3018. doi: 10.1007/s00261-021-03266-723
- Lai AL, Law YM. VI-RADS in bladder cancer: Overview, pearls and pitfalls. *Eur J Radiol.* 2023;160:110666. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110666
- Panebianco V, Pecoraro M, Del Giudice F, et al. VI-RADS for Bladder Cancer: Current Applications and Future

Developments. *J Magn Reson Imaging*. 2022;55(1):23–36. doi: 10.1002/jmri.27361

25. Bouchelouche K. PET/CT in Bladder Cancer: An Update. *Semin Nucl Med*. 2022;52(4):475–485. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2021.12.004

26. Kim SK. Role of PET/CT in muscle-invasive bladder cancer. *Transl Androl Urol*. 2020;9(6):2908–2919. doi: 10.21037/tau.2020.03.31

27. Omorphos NP, Ghose A, Hayes JDB, et al. The increasing indications of FDG-PET/CT in the staging and management

of Invasive Bladder Cancer. *Urol Oncol*. 2022;40(10):434–441. doi: 10.1016/j.urolonc.2022.05.017

28. Zhang-Yin J, Girard A, Marchal E, et al. PET Imaging in Bladder Cancer: An Update and Future Direction. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2023;16(4):606. doi: 10.3390/ph16040606

29. Muin D, Laukhtina E, Hacker M, Shariat SF. PET in bladder cancer imaging. *Curr Opin Urol*. 2023;33(3):206–210. doi: 10.1097/MOU.0000000000001090

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hill W.G. Control of Urinary Drainage and Voiding // *Clin J Am Soc Nephrol*. 2015. Vol. 10, N 3. P. 480–492. doi: 10.2215/CJN.04520413

2. Glasscock R.J., Rule A.D. Aging and the Kidneys: Anatomy, Physiology and Consequences for Defining Chronic Kidney Disease // *Nephron*. 2016. Vol. 134, N 1. P. 25–29. doi: 10.1159/000445450

3. Montatore M., Muscatella G., Eusebi L., et al. Current Status on New Technique and Protocol in Urinary Stone Disease // *Curr Radiol Rep*. 2023. Vol. 11, N 12. P. 1–16. doi: 10.1007/s40134-023-00420-5

4. Sam P., Nassereddin A., LaGrange C.A. Anatomy, Abdomen and Pelvis: Bladder Detrusor Muscle. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.

5. Eusebi L., Masino F., Gifuni R., et al. Role of Multiparametric-MRI in Bladder Cancer // *Curr Radiol Rep*. 2023. Vol. 11, N 5. P. 69–80. doi: 10.1007/s40134-023-00412-5

6. Nicola R., Pecoraro M., Lucciola S., et al. VI-RADS score system — A primer for urologists // *Int Braz J Urol*. 2022. Vol. 48, N 4. P. 609–622. doi: 10.1590/s1677-5538.ijbu.2021.0560

7. Jubber I., Ong S., Bukavina L., et al. Epidemiology of Bladder Cancer in 2023: A Systematic Review of Risk Factors // *Eur Urol*. 2023. Vol. 84, N 2. P. 176–190. doi: 10.1016/j.eururo.2023.03.029

8. Messina E., Pecoraro M., Pisciotto M.L., et al. Seeing is Believing: State of the Art Imaging of Bladder Cancer // *Semin Radiat Oncol*. 2023. Vol. 33, N 1. P. 12–20. doi: 10.1016/j.semradonc.2022.10.002

9. Comp  rat E., Amin M.B., Cathomas R., et al. Current best practice for bladder cancer: a narrative review of diagnostics and treatments // *Lancet*. 2022. Vol. 400, N 10364. P. 1712–1721. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01188-6

10. Ahmadi H., Duddalwar V., Daneshmand S. Diagnosis and Staging of Bladder Cancer // *Hematol Oncol Clin North Am*. 2021. Vol. 35, N 3. P. 531–541. doi: 10.1016/j.hoc.2021.02.004

11. Wentland A.L., Desser T.S., Troxell M.L., Kamaya A. Bladder cancer and its mimics: a sonographic pictorial review with CT/MR and histologic correlation // *Abdom Radiol*. 2019. Vol. 44, N 12. P. 3827–3842. doi: 10.1007/s00261-019-02276-w

12. Wong V.K., Ganeshan D., Jensen C.T., Devine C.E. Imaging and Management of Bladder Cancer // *Cancers*. 2021. Vol. 13, N 6. P. 1396. doi: 10.3390/cancers13061396

13. Messina E., Pisciotto M.L., Pecoraro M., et al. The use of MRI in urothelial carcinoma // *Curr Opin Urol*. 2022. Vol. 32, N 5. P. 536–544. doi: 10.1097/MOU.0000000000001011

14. Schallom M., Prentice D., Sona C., et al. Accuracy of Measuring Bladder Volumes With Ultrasound and Bladder Scanning // *Am J Crit Care*. 2020. Vol. 29, N 6. P. 458–467. doi: 10.4037/ajcc2020741

15. Ahmadi H., Duddalwar V., Daneshmand S. Diagnosis and Staging of Bladder Cancer // *Hematol Oncol Clin North Am*. 2021. Vol. 35, N 3. P. 531–541. doi: 10.1016/j.hoc.2021.02.004

16. Liu Q., Gong H., Zhu H., Yuan C., Hu B. Contrast-Enhanced Ultrasound in the Bladder: Critical Features to Differentiate Occupied Lesions // *Comput Math Methods Med*. 2021. Vol. 2021. P. 1–5. doi: 10.1155/2021/1047948

17. Fouladi D.F., Shayesteh S., Fishman E.K., Chu L.C. Imaging of urinary bladder injury: the role of CT cystography // *Emerg Radiol*. 2020. Vol. 27, N 1. P. 87–95. doi: 10.1007/s10140-019-01739-3

18. Renard-Penna R., Rocher L., Roy C., et al. Imaging protocols for CT urography: results of a consensus conference from the French Society of Genitourinary Imaging // *Eur Radiology*. 2020. Vol. 30, N 3. P. 1387–1396. doi: 10.1007/s00330-019-06529-6

19. Abuhasanein S., Hansen C., Vojinovic D., et al. Computed tomography urography with corticomedullary phase can exclude urinary bladder cancer with high accuracy // *BMC Urol*. 2022. Vol. 22, N 1. P. 60. doi: 10.1186/s12894-022-01009-4

20. Bicci E., Mastrorosato M., Danti G., et al. Dual-Energy CT applications in urinary tract cancers: an update // *Tumori*. 2023. Vol. 109, N 2. P. 148–156. doi: 10.1177/03008916221088883

21. Parakh A., Lennartz S., An C., et al. Dual-Energy CT Images: Pearls and Pitfalls // *RadioGraphics*. 2021. Vol. 41, N 1. P. 98–119. doi: 10.1148/rg.2021200102

22. Toia G.V., Mileto A., Wang C.L., Sahani D.V. Quantitative dual-energy CT techniques in the abdomen // *Abdom Radiol (NY)*. 2022. Vol. 47, N 9. P. 3003–3018. doi: 10.1007/s00261-021-03266-723

23. Lai A.L., Law Y.M. VI-RADS in bladder cancer: Overview, pearls and pitfalls // *Eur J Radiol*. 2023. Vol. 160. P. 110666. doi: 10.1016/j.ejrad.2022.110666

24. Panebianco V., Pecoraro M., Del Giudice F., et al. VI-RADS for Bladder Cancer: Current Applications and Future Developments // *J Magn Reson Imaging*. 2022. Vol. 55, N 1. P. 23–36. doi: 10.1002/jmri.27361

25. Bouchelouche K. PET/CT in Bladder Cancer: An Update // *Semin Nucl Med*. 2022. Vol. 52, N 4. P. 475–485. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2021.12.004

26. Kim S.K. Role of PET/CT in muscle-invasive bladder cancer // *Transl Androl Urol*. 2020. Vol. 9, N 6. P. 2908–2919. doi: 10.21037/tau.2020.03.31

27. Omorphos N.P., Ghose A., Hayes J.D.B., et al. The increasing indications of FDG-PET/CT in the staging and management of Invasive Bladder Cancer // *Urol Oncol*. 2022. Vol. 40, N 10. P. 434–441. doi: 10.1016/j.urolonc.2022.05.017

28. Zhang-Yin J., Girard A., Marchal E., et al. PET Imaging in Bladder Cancer: An Update and Future Direction // *Pharmaceuticals (Basel)*. 2023. Vol. 16, N 4. P. 606. doi: 10.3390/ph16040606

29. Muin D., Laukhtina E., Hacker M., Shariat S.F. PET in bladder cancer imaging // *Curr Opin Urol*. 2023. Vol. 33, N 3. P. 206–210. doi: 10.1097/MOU.0000000000001090

AUTHORS' INFO

*** Giuseppe Guglielmi**, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71122 Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Laura Eusebi, MD;
ORCID: 0000-0002-4172-5126;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Gianmichele Muscatella, MD;
ORCID: 0009-0004-3535-5802;
e-mail: muscatella94@gmail.com

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Giuseppe Sortino, MD;
ORCID: 0000-0002-8804-1805;
e-mail: giuseppesortino@live.it

Willy Giannubilo, MD;
e-mail: willygiannubilo@virgilio.it

05 ABTOPAX

*** Giuseppe Guglielmi**, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71122 Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Laura Eusebi, MD;
ORCID: 0000-0002-4172-5126;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Gianmichele Muscatella, MD;
ORCID: 0009-0004-3535-5802;
e-mail: muscatella94@gmail.com

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Giuseppe Sortino, MD;
ORCID: 0000-0002-8804-1805;
e-mail: giuseppesortino@live.it

Willy Giannubilo, MD;
e-mail: willygiannubilo@virgilio.it

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

Multiple biliary microhamartomas diagnosed in an unsuspecting elderly patient

Marina Balbino¹, Manuela Montatore¹, Giacomo Fascia¹, Ruggiero Tupputi², Federica Masino¹, Gianmichele Muscatella¹, Domenico Mannatrizio¹, Giuseppe Guglielmi^{1,2,3}

¹ University of Foggia, Foggia, Italy;

² Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

ABSTRACT

Multiple biliary hamartomas are a benign incidental finding in the liver. They are not easily detected if one has never seen them, and if appropriate imaging tests are unavailable, and also can be challenging to differentiate from other liver lesions based on imaging alone. Thus, this study aimed to expand the radiologist's digital image library, enabling a quick and precise differential diagnosis. This paper also highlights the importance of thorough radiological assessment and need for a multidisciplinary approach, involving radiologists, hepatologists, and pathologists, to ensure a precise diagnosis.

The patient presented at the hospital for a computed tomography scan and an abdominal magnetic resonance imaging recommended by his general practitioner to assess the biliary tree (magnetic resonance cholangiopancreatography), owing to persistent abdominal pain. The patient had never undergone an abdominal magnetic resonance imaging previously; hence, the discovery of hepatic lesions was incidental and unexpected.

Magnetic resonance imaging revealed multiple benign lesions in both the hepatic lobes comparable to the Von Meyenburg complex. These lesions are multiple hamartomas and behave differently in all magnetic resonance imaging sequences.

Images acquired with different magnetic resonance imaging sequences were carefully examined. Multiple lesions were found scattered throughout the liver; however, the lesions were benign and consistent with the diagnosis of multiple biliary hamartomas.

Medical practitioners should examine the presence of multiple biliary hamartomas and consider them in the differential diagnosis when patients present with hepatic abnormalities. This can prevent unnecessary interventions and guide appropriate patient management.

Keywords: liver; hamartomas; Von Meyenburg complex; magnetic resonance imaging; diagnostic imaging; magnetic resonance cholangiography; bile duct neoplasms.

To cite this article:

Balbino M, Montatore M, Fascia G, Tupputi R, Masino F, Muscatella G, Mannatrizio D, Guglielmi G. Multiple biliary microhamartomas diagnosed in an unsuspecting elderly patient. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):334–341. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

Множественные билиарные микрогамартомы, случайно диагностированные у пожилого пациента

M. Balbino¹, M. Montatore¹, G. Fascia¹, R. Tupputi², F. Masino¹, G. Muscatella¹,
D. Mannatrizio¹, G. Guglielmi^{1,2,3}

¹ Университет Фоджи, Фоджа, Италия;

² Dimiccoli Hospital, Барлетта, Италия;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

Множественные билиарные гамартомы, также называемые комплексами фон Мейенбурга — это доброкачественные новообразования печени, которые могут быть выявлены случайно. Их нелегко обнаружить, если ранее не доводилось с ними встречаться, а также если соответствующие методы визуализации на момент обследования недоступны. К тому же их сложно отличить от других поражений печени на основании визуализационных данных. Таким образом, описание данного клинического случая направлено на пополнение библиотеки цифровых изображений, что позволит радиологу быстро и точно провести дифференциальную диагностику. Кроме того, подчёркивается важность тщательной рентгенологической оценки этого заболевания и необходимость мультидисциплинарного подхода с участием радиологов, гепатологов и патологов для постановки точного диагноза.

Пациент поступил в больницу для проведения компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии брюшной полости по рекомендации терапевта для оценки состояния билиарного дерева (магнитно-резонансная холангио-панкреатография) в связи с постоянными болями в животе. Пациенту никогда ранее не проводили инструментальное обследование брюшной полости, поэтому новообразования печени оказались случайной и неожиданной находкой.

Магнитно-резонансная томография выявила множественные доброкачественные образования в обеих печёночных долях, сопоставимые с комплексами фон Мейенбурга. Эти поражения представляют собой множественные гамартомы и ведут себя по-разному во всех последовательностях сканирования.

В ходе исследования были тщательно изучены изображения, полученные с помощью различных последовательностей магнитно-резонансной томографии. В печени обнаружены множественные очаги поражения с признаками доброкачественности, которые соответствовали диагнозу «множественные билиарные гамартомы».

Практикующие специалисты должны уметь распознать это заболевание и учитывать его при дифференциальной диагностике у пациентов с патологиями печени. Это позволит предотвратить ненужные вмешательства и выбрать правильную тактику ведения пациентов.

Ключевые слова: печень; гамартомы; комплекс фон Мейенбурга; магнитно-резонансная томография; диагностическая визуализация; магнитно-резонансная холангиография; новообразования желчных протоков.

Как цитировать:

Balbino M., Montatore M., Fascia G., Tupputi R., Masino F., Muscatella G., Mannatrizio D., Guglielmi G. Множественные билиарные микрогамартомы, случайно диагностированные у пожилого пациента // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 334–341. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

一名老年患者偶然诊断出的多发性胆管微小错构瘤

Marina Balbino¹, Manuela Montatore¹, Giacomo Fascia¹, Ruggiero Tupputi²,
Federica Masino¹, Gianmichele Muscatella¹, Domenico Mannatrizio¹, Giuseppe Guglielmi^{1,2,3}

¹ University of Foggia, Foggia, Italy;

² Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

摘要

多发性胆管错构瘤又称 von Meyenburg 复合体，是一种可能偶然发现的良性肝肿瘤。如果以前没有遇到过，而且在检查时没有适当的成像技术，就不容易被发现。根据影像学检查结果，它们也很难与其他肝脏病变区分开来。因此，本病例的描述旨在为数字图像库增添新的内容，使放射科医生能够做出快速准确的鉴别诊断。此外，该病例还强调了对该疾病进行全面放射学评估的重要性，以及放射科医生、肝病科医生和病理科医生多学科合作以做出准确诊断的必要性。

患者因持续腹痛，在全科医生的建议下入院进行腹腔计算机断层扫描和磁共振成像，以评估胆道树的状况（磁共振胰胆管造影）。患者以前从未接受过腹腔器械检查，因此肝脏肿瘤是一个偶然的意外发现。

磁共振成像显示了，两个肝叶都有多发性良性病变，与 von Meyenburg 复合体相似。这些病变代表多发性错构瘤，在所有扫描序列中表现不同。

研究仔细检查了不同磁共振成像序列获得的图像。在肝脏中发现了多个具有良性迹象的病灶，符合“多发性胆管错构瘤”的诊断。

医生应该能够识别这种疾病，并在肝脏病变患者的鉴别诊断中加以考虑。这将有助于避免不必要的干预，并能选择正确的治疗策略。

关键词：肝脏；错构瘤；von Meyenburg 复合体；磁共振成像；诊断成像；磁共振胰胆管造影；胆管肿瘤。

引用本文：

Balbino M, Montatore M, Fascia G, Tupputi R, Masino F, Muscatella G, Mannatrizio D, Guglielmi G. 一名老年患者偶然诊断出的多发性胆管微小错构瘤. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):334–341. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623322>

收到: 14.11.2023

接受: 19.12.2023

发布日期: 02.07.2024

论证

多发性胆道错构瘤,也称为von Meyenburg复合体,相对罕见。因此,它们经常成为诊断成像期间的偶然发现。识别和准确诊断这些形成至关重要,因为它们可能模拟其他肝脏病变,如囊肿或肿瘤,导致可能不必要的侵入性程序或治疗[1-4]。

案例描述

病史

一名82岁的男子以持续超过6周的腹痛初步投诉入院。患者没有肝病的个人/家族史。进行了彻底的体检,包括体检和血液检查。然而,他们没有给出令人信服的结果,也没有做出明确的诊断。

诊断评估

患者接受了具有对比度增强的计算机断层扫描(CT),然后是磁共振成像(MRI) [5, 6]。

两个肝小叶的CT扫描意外发现多个毫米级杂乱的低密度病灶,包括囊下和肝内。

注射造影剂后,未观察到病灶增强(图1)。

随后的磁共振成像检查发现相同的病灶在不同的序列中具有不同的特征。在T2加权图像中,区域看起来均匀且高度密集(图2)。

在T1加权图像中,所有病灶均呈同质低密度。

在扩散加权图像中,病灶在低b因子(50s/mm^2)时保持高密度,在高b因子(800s/mm^2)时消失(图3)。

在具有磁共振胆管造影的T2加权图像中,由于存在许多小的高密度病灶,肝脏具有“星空”的外观,然而,与胆管的连通通常不会可视化[7] (图4)。

对比给药后的动态检查未发现动脉和静脉相的增加(图5)。

鉴别诊断

X射线数据可能是非特异性的,并且不允许将胆道错构瘤与其他病变区分开来。

多囊性肝病,多发性单纯性肝囊肿,转移瘤,微脓肿和Caroli病应被视为鉴别诊断[8]。在后一种情况下,更多异质类型的病变和与胆管的连通被可视化。

干预措施

在这种情况下,病变与任何症状或并发症没有直接关系,因此不需要手术或药物治疗。

如果von Meyenburg复合体具有某些症状或并发症,治疗可能包括手术切除受影响的肝组织或引流大囊肿[9-11]。

对于被诊断患有von Meyenburg复合体的人来说,咨询肝病专家以根据具体情况确定最佳治疗是至关重要的。

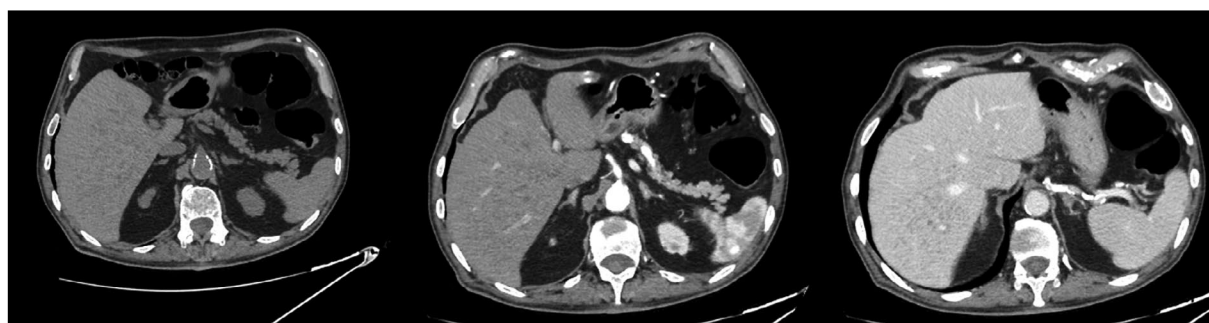


图1。 计算机断层扫描(轴向部分): 在动脉和静脉阶段没有显着的对比度增强的低密度病灶

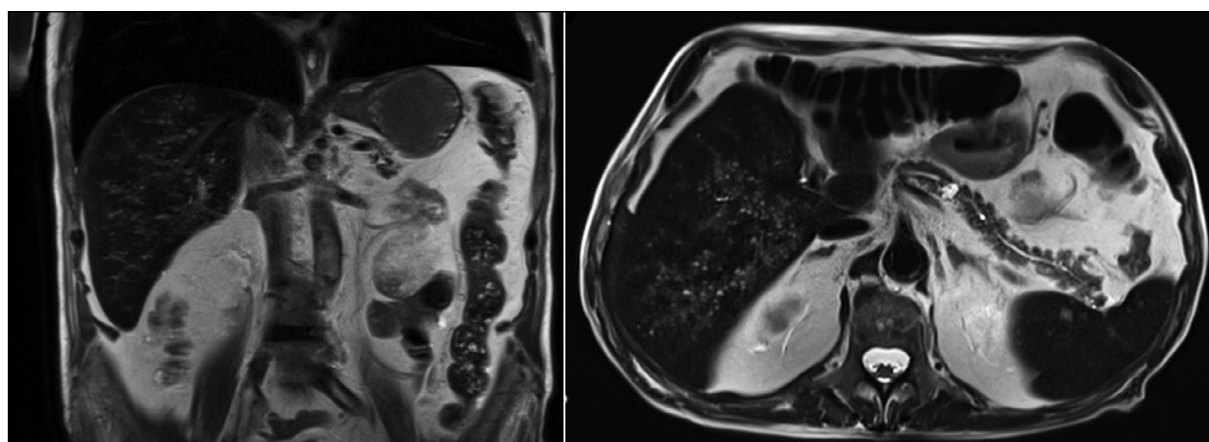


图2。 具有HASTE 2序列的磁共振成像的冠状动脉和轴向图像: 多个小高度集中病灶分散在整个肝脏。

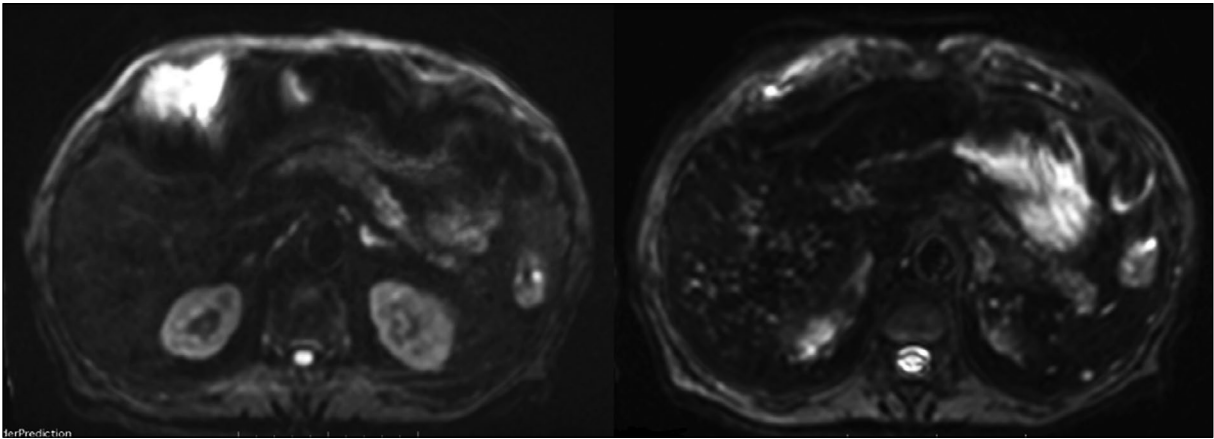


图3。 具有DWI序列的磁共振成像（轴向截面）：病灶在右侧低b因子值（50s/mm²）处保持高密度，左侧高b因子值（800s/mm²）处消失。

观察和结果

患者管理以随访和定期监测为基础，及时评估可能的变化。然而，所识别的变化不影响诊断方法的选择。

讨论情况

多发性胆道错构瘤或von Meyenburg复合体是一种罕见的良性肝脏病变，其特征是影响双叶肝叶的小而杂乱的囊性结构，通常位于包膜下区域

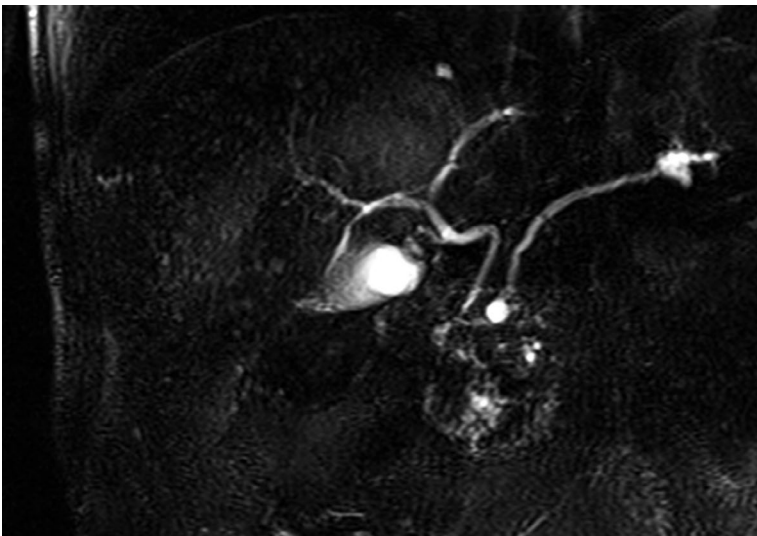


图4。 具有T2序列的磁共振胆管造影：多个小高度集中病灶，肝脏呈“星空”形式。

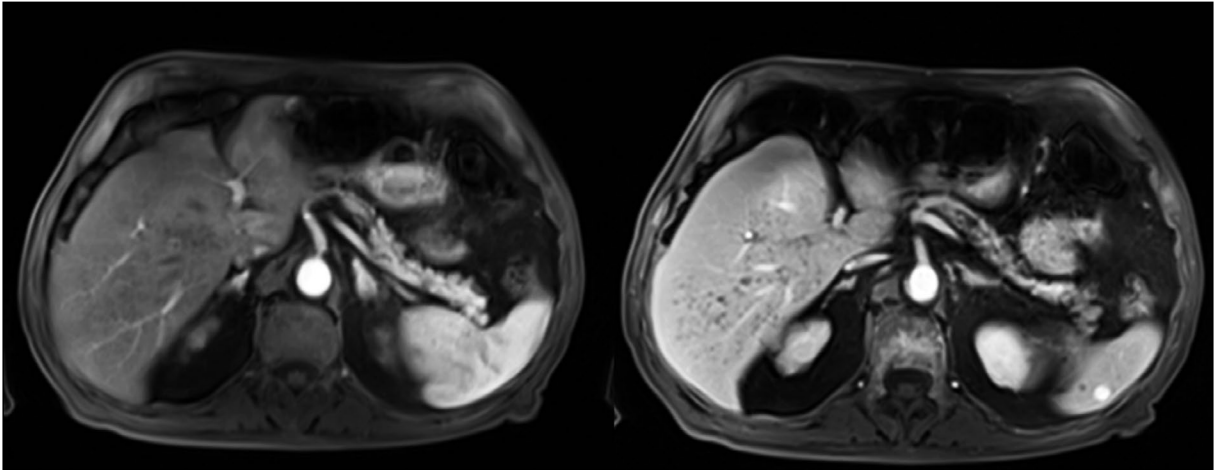


图5。 具有T1序列的磁共振成像（轴向部分）：动脉和静脉相中无明显对比增强的低密度病灶。

[12, 13]. 这些是多个小的圆形或不规则形状的形成, 成像时其大小通常为5–30毫米。

错构瘤是杂乱的胆管, 通常是在超声、计算机断层扫描和磁共振成像等影像学研究中偶然发现的, 这些检查往往是由于其他原因而进行的。尽管错构瘤可以与胆管树连通, 但它们通常不会。人们相信它们是由没有时间进化的胆管胚胎残余物产生的。

Von Meyenburg复合体被认为是良性的, 并且在大多数情况下无症状。通常, 它们与肝功能受损或临床症状无关。实验室检查数据通常是非特异性的并且在正常范围内。大多数患有此类病变的患者不需要治疗。在某些情况下, 胆道错构瘤可能与各种肝脏疾病有关, 包括多囊性肝病, Caroli病和先天性肝纤维化[14]。

如果这些疾病存在, 它们可能导致更严重的肝脏问题, 需要医疗干预。

结论

Von Meyenburg复合体是一种罕见的疾病, 通常是偶然发现的。本文描述的临床病例强调了

准确诊断的重要性, 以及将这些病变与其他肝脏疾病区分开来的困难。如果疾病无症状, 基于观察和定期监测的治疗将是适当的。然而, 医生对多发性胆道错构瘤的认识对于防止误诊和不必要的侵入性干预至关重要。未来的研究可能有助于更深入地了解这种病理及其临床后果。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

REFERENCES

1. Zheng RQ, Zhang B, Kudo M, Onda H, Inoue T. Imaging findings of biliary hamartomas. *World J Gastroenterol*. 2005;11(40):6354–6359. doi: 10.3748/wjg.v11.i40.6354
2. Gil-Bello D, Ballesteros E, Sanfeliu E, Andreu FJ. Calcification in biliary hamartomatosis. *Br J Radiol*. 2012;85(1012):e099–e101. doi: 10.1259/bjr/95019559
3. Thommesen N. Biliary hamartomas (von Meyenburg complexes) in liver needle biopsies. *Acta Pathol Microbiol Scand A*. 1978;86(2):93–99. doi: 10.1111/j.1699-0463.1978.tb02019.x
4. Aguado IC, Álvarez MH, Hernández JS, La Orden Izquierdo E. Hamartomatosis biliar en una lactante con colitis alérgica: revisión a propósito de un caso. *Rev Pediatr Aten Primaria*. 2013;15(59):e111–e114. doi: 10.4321/S1139-76322013000400014
5. Horton KM, Bluemke DA, Hruban RH, Soyer P, Fishman EK. CT and MR imaging of benign hepatic and biliary tumors. *Radiographics*. 1999;19(2):431–451. doi: 10.1148/radiographics.19.2.g99mr0443
6. Brancatelli G, Federle MP, Vilgrain V, et al. Fibropolycystic liver disease: CT and MR imaging findings. *RadioGraphics*. 2005;25(3):659–670. doi: 10.1148/rg.253045114
7. Bravo-Acosta M, Rosendo-Namías J, Martínez-Méndez D. Hamartomatosis biliar múltiple: “imagen en cielo estrellado”. *Rev Gastroenterol MEX*. 2020;86(2). doi: 10.1016/j.rgmx.2020.08.002
8. Choi BI, Yeon KM, Kim SH, et al. Caroli disease: central dot sign in CT. *Radiology*. 1990;174(1):161–163. doi: 10.1148/radiology.174.1.2294544
9. Kin HK, Jin SY. Cholangiocarcinoma arising in von Meyenburg complexes. *Korean J Hepatol*. 2011;17(2):161–164. doi: 10.3350/kjhep.2011.17.2.161
10. Song JS, Lee YJ, Kim KW, et al. Cholangiocarcinoma arising in von Meyenburg complexes: report of four cases. *Pathol Int*. 2008;58(8):503–512. doi: 10.1111/j.1440-1827.2008.02264.x
11. Xu AM, Xian ZH, Zhang SH, Chen XF. Intrahepatic cholangiocarcinoma arising in multiple bile duct hamartomas: report of two cases and review of the literature. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2009;21(5):580–584. doi: 10.1097/MEG.0b013e3282fc73b1
12. Venkatanarasimha N, Thomas R, Armstrong EM, et al. Imaging features of ductal plate malformations in adults. *Clin Radiol*. 2011;66(11):1086–1093. doi: 10.1016/j.crad.2011.05.008
13. Desmet VJ. Pathogenesis of ductal plate malformation. *J Gastroenterol Hepatol*. 2004;19(S7):S356–S360. doi: 10.1111/j.1440-1746.2004.03702.x
14. Soreide K, Korner H, Havnen J, et al. Bile duct cysts in adults. *Br J Surg*. 2004;91(12):1538–1548. doi: 10.1002/bjs.4815

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zheng R.Q., Zhang B., Kudo M., Onda H., Inoue T. Imaging findings of biliary hamartomas // *World J Gastroenterol*. 2005. Vol. 11, N 40. P. 6354–6359. doi: 10.3748/wjg.v11.i40.6354
2. Gil-Bello D., Ballesteros E., Sanfeliu E., Andreu F.J. Calcification in biliary hamartomatosis // *Br J Radiol*. 2012. Vol. 85, N 1012. P. e099–e101. doi: 10.1259/bjr/95019559
3. Thommesen N. Biliary hamartomas (von Meyenburg complexes) in liver needle biopsies // *Acta Pathol Microbiol Scand A*. 1978. Vol. 86, N 2. P. 93–99. doi: 10.1111/j.1699-0463.1978.tb02019.x
4. Aguado I.C., Álvarez M.H., Hernández J.S., La Orden Izquierdo E. Hamartomatosis biliar en una lactante con colitis alérgica: revisión a propósito de un caso // *Rev*

- Pediatr Aten Primaria. 2013. Vol. 15, N 59. P. e111–e114. doi: 10.4321/S1139-76322013000400014
5. Horton K.M., Bluemke D.A., Hruban R.H., Soyer P., Fishman E.K. CT and MR imaging of benign hepatic and biliary tumors // *Radiographics*. 1999. Vol. 19, N 2. P. 431–451. doi: 10.1148/radiographics.19.2.g99mr0443
6. Brancatelli G., Federle M.P., Vilgrain V., et al. Fibropolycystic liver disease: CT and MR imaging findings // *RadioGraphics*. 2005. Vol. 25, N 3. P. 659–670. doi: 10.1148/rg.253045114
7. Bravo-Acosta M., Rosendo-Namías J., Martínez-Méndez D. Hamartomatosis biliar múltiple: “imagen en cielo estrellado” // *Rev Gastroenterol MEX*. 2020. Vol. 86, N 2. doi: 10.1016/j.rgmx.2020.08.002
8. Choi B.I., Yeon K.M., Kim S.H., et al. Caroli disease: central dot sign in CT // *Radiology*. 1990. Vol. 174, N 1. P. 161–163. doi: 10.1148/radiology.174.1.2294544
9. Kin H.K., Jin S.Y. Cholangiocarcinoma arising in von Meyenburg complexes // *Korean J Hepatol*. 2011. Vol. 17, N 2. P. 161–164. doi: 10.3350/kjhep.2011.17.2.161

AUTHORS' INFO

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Marina Balbino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marinabalbino93@gmail.com

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Giacomo Fascia, MD;
ORCID: 0000-0001-5244-5093;
e-mail: giacomo.fascia@unifg.it

Ruggiero Tupputi, MD;
e-mail: rutudott@gmail.com

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Gianmichele Muscatella, MD;
ORCID: 0009-0004-3535-5802;
e-mail: muscatella94@gmail.com

Domenico Mannatrizio, MD;
ORCID: 0000-0003-3365-7132;
e-mail: dr.mannatrizio@gmail.com

10. Song J.S., Lee Y.J., Kim K.W., et al. Cholangiocarcinoma arising in von Meyenburg complexes: report of four cases // *Pathol Int*. 2008. Vol. 58, N 8. P. 503–512. doi: 10.1111/j.1440-1827.2008.02264.x

11. Xu A.M., Xian Z.H., Zhang S.H., Chen X.F. Intrahepatic cholangiocarcinoma arising in multiple bile duct hamartomas: report of two cases and review of the literature // *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2009. Vol. 21, N 5. P. 580–584. doi: 10.1097/MEG.0b013e3282fc73b1

12. Venkatanarasimha N., Thomas R., Armstrong E.M., et al. Imaging features of ductal plate malformations in adults // *Clin Radiol*. 2011. Vol. 66, N 11. P. 1086–1093. doi: 10.1016/j.crad.2011.05.008

13. Desmet V.J. Pathogenesis of ductal plate malformation // *J Gastroenterol Hepatol*. 2004. Vol. 19, N S7. P. S356–S360. doi: 10.1111/j.1440-1746.2004.03702.x

14. Soreide K., Korner H., Havnen J., et al. Bile duct cysts in adults // *Br J Surg*. 2004. Vol. 91, N 12. P. 1538–1548. doi: 10.1002/bjs.4815

05 ABTOPAX

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Marina Balbino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marinabalbino93@gmail.com

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Giacomo Fascia, MD;
ORCID: 0000-0001-5244-5093;
e-mail: giacomo.fascia@unifg.it

Ruggiero Tupputi, MD;
e-mail: rutudott@gmail.com

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Gianmichele Muscatella, MD;
ORCID: 0009-0004-3535-5802;
e-mail: muscatella94@gmail.com

Domenico Mannatrizio, MD;
ORCID: 0000-0003-3365-7132;
e-mail: dr.mannatrizio@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

Prospective evaluation of the extensibility of the ascending aorta wall and its vascular prosthesis in a patient with an aneurysm with technically flawless surgical correction and postoperative decrease in functional parameters: A case report

Alexander V. Friedman¹, Tatiana A. Bergen¹, Dmitry A. Sirota¹, Boris N. Kozlov², Irina Yu. Zhuravleva¹, Alexandra R. Tarkova¹, Wladimir Yu. Ussov¹, Alexander M. Chernyavskiy¹

¹ E. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia;

² Cardiology Research Institute of the Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russia

ABSTRACT

In this clinical case, a patient who had an instrumentally detected aneurysm with the lumen expanding up to 60 mm underwent a surgically flawless prosthetic replacement of the ascending aorta. This treatment led to decreased exercise tolerance, decreased contractile function of the left ventricular myocardium at rest, and enlarged pulmonary artery. The leading factor was a decrease in the volume of systolic expansion of the aorta down to 5 mL (at the initial 13 mL), despite a noticeable increase in the extensibility and a decrease in mechanical stiffness compared with initial indexes of the affected aortic wall. In the literature review, considering mechanical extensibility and elasticity, problems in creating aortic prostheses equivalent to those for healthy biological tissues were discussed.

Keywords: aneurysm of the ascending aorta; prosthetics of the ascending aorta; extensibility; Young's modulus; systolic stretching of the aorta; coronary blood supply to the myocardium; case report.

To cite this article:

Friedman AV, Bergen TA, Sirota DA, Kozlov BN, Zhuravleva IYu, Tarkova AR, Ussov WYu, Chernyavskiy AM. Prospective evaluation of the extensibility of the ascending aorta wall and its vascular prosthesis in a patient with an aneurysm with technically flawless surgical correction and postoperative decrease in functional parameters: A case report. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):342–353. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

Перспективная оценка показателей растяжимости стенки восходящей аорты и её сосудистого протеза у пациентки с аневризмой при технически безупречной хирургической коррекции и послеоперационном снижении функциональных показателей: клинический случай

А.В. Фридман¹, Т.А. Берген¹, Д.А. Сирота¹, Б.Н. Козлов², И.Ю. Журавлева¹, А.Р. Таркова¹, В.Ю. Усов¹, А.М. Чернявский¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Россия;

² Научно-исследовательский институт кардиологии Томского национального исследовательского медицинского центра Российской академии наук, Томск, Россия

АННОТАЦИЯ

Представлен и обсуждён клинический случай, когда у пациентки после выполнения хирургически безупречного протезирования восходящей аорты отмечалось выраженное снижение толерантности к физической нагрузке, снижение сократительной функции миокарда левого желудочка в покое и расширение лёгочной артерии вследствие усиления лёгочной артериальной гипертензии. Протезирование было выполнено в связи с инструментально выявленной при расширенном магнитно-резонансном томографическом исследовании аневризмой восходящей аорты с увеличением просвета в поперечном сечении аорты до 60 мм. Показано, что единственным и ведущим фактором к развитию негативных последствий протезирования явилось снижение объёма систолического расширения аорты до 5 мл, при исходных 13 мл, несмотря на заметное увеличение показателей растяжимости и снижения механической жёсткости по сравнению с показателями поражённой стенки аорты. Представлен обзор литературы и обсуждены в этой связи настоятельная необходимость и проблемы создания протезов аорты, эквивалентных по показателям механической растяжимости и упругости таковым для здоровых биологических тканей.

Ключевые слова: аневризма восходящей аорты; протезирование восходящей аорты; растяжимость; модуль Юнга; коронарное кровоснабжение миокарда; клинический случай.

Как цитировать:

Фридман А.В., Берген Т.А., Сирота Д.А., Козлов Б.Н., Журавлева И.Ю., Таркова А.Р., Усов В.Ю., Чернявский А.М. Перспективная оценка показателей растяжимости стенки восходящей аорты и её сосудистого протеза у пациентки с аневризмой при технически безупречной хирургической коррекции и послеоперационном снижении функциональных показателей: клинический случай // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 342–353. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

对一名动脉瘤患者升主动脉壁及其血管假体的伸展性参数进行前瞻性评估，手术矫正技术完美，但术后功能下降

Alexander V. Friedman¹, Tatiana A. Bergen¹, Dmitry A. Sirota¹, Boris N. Kozlov²,
Irina Yu. Zhuravleva¹, Alexandra R. Tarkova¹, Wladimir Yu. Ussov¹, Alexander M. Chernyavskiy¹

¹ E. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia;

² Cardiology Research Institute of the Tomsk National Research Medical Center, Tomsk, Russia

摘要

本文介绍并讨论了一例临床病例，患者在对升主动脉进行无瘤假体修复手术后，运动耐力明显下降，左心室静息时心肌收缩功能减弱，肺动脉高压加重导致肺动脉扩张。通过增强磁共振成像器械检测到升主动脉瘤，主动脉横截面的管腔扩大到 60 毫米，在这种情况下进行了假体植入术。结果表明了，尽管与病变主动脉壁的指数相比，主动脉的伸展性指数明显增加，机械硬度指数下降，但假体造成不良后果的唯一和主要因素是主动脉收缩期的扩张量从最初的 13 毫升减少到 5 毫升。本文对文献进行了综述，并就此讨论了制作在机械延伸性和弹性方面与健康生物组织相当的主动脉假体的迫切性和问题。

关键词：升主动脉瘤；升主动脉假体；伸展性；Young 模块；冠状动脉心肌血流；临床病例。

引用本文：

Friedman AV, Bergen TA, Sirota DA, Kozlov BN, Zhuravleva IYu, Tarkova AR, Ussov WYu, Chernyavskiy AM. 对一名动脉瘤患者升主动脉壁及其血管假体的伸展性参数进行前瞻性评估，手术矫正技术完美，但术后功能下降. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):342–353.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568070>

收到: 06.08.2023

接受: 06.12.2023

发布日期: 29.01.2024

论证

对于升主动脉膝部横截面延伸超过5厘米[1]的主动脉瘤病变，手术治疗历来是将此类患者从几乎不可避免的动脉瘤破裂风险中拯救出来的首选方法，急性动脉瘤破裂几乎会导致 100% 的死亡率[2-4]。

目前已开发出多种心脏手术干预方法，包括使用全弓或部分弓假体置换升主动脉[5]。

在评估此类假体的结果时，通常基于这些患者死亡风险的显著降低[2]，而对升主动脉生理和生物力学指标的定量评估、假体植入后患者的生活质量、心绞痛的存在和严重程度以及其他冠状动脉缺血指数则被置于次要地位[3]。这通常是合理的，因为挽救病人的生命始终是第一位的。

然而，为了在升主动脉瘤的手术治疗中实现降低死亡率的可持续效果，就必然需要进一步改进病理生理学标准，这些标准决定了患者的功能状态、康复和重返工作岗位的可能性、心肌状态以及影响冠状动脉供血的因素。

升主动脉是向心肌供血的血管系统中最重要解剖和功能部分，因为流向心肌的血流几乎完全发生在舒张期，并且发生在升主动脉收缩期拉伸的体积内[6]。长期以来，生理学家和运动医生[6]以及瓣膜和血管假体开发专家[7]一直在研究升主动脉的弹性特性，以了解收缩期拉伸的主动脉在舒张期下降时如何为心肌提供足够的血流供应。然而，在单中心和中心间研究中，主动脉弹性的生物物理和生物力学评估的临床应用都很少[4]。此前，我们已经证明，升主动脉弹性和扩张性的降低以及僵硬度的增加是导致急性心肌梗死发生的最重要病理因素[8, 9]。显然，对患有动脉瘤病理的心脏手术患者升主动脉弹性的研究具有同样的临床意义。假体弹性不足可能是一个限制因素，有时甚至是病理因素。

在这方面，我们在此报告了一例患者的随访病例，尽管升主动脉假体修复手术并不复杂，但术后 pO_2 水平和其他必要的高功能表现指标（如运动耐力）却未能达到足够的水平。这些指标不仅没有增加，反而出现了恶化，患者本人在术后几个月内一直依赖于使用氧气浓缩器进行呼吸。

病例描述

介绍了一例在手术治疗期间对主动脉瘤生物力学指标动态进行前瞻性观察的病例，患者B-k，65岁，曾患动脉高血压10年（血压完全药物控制）。该患者还被诊断患有2型糖尿病，在口服降糖药物后，血糖和糖化血红蛋白水平已恢复到正常值范围。在过去的15年中，没有发现其他疾病。

最初，患者因头晕和虚弱发作频率增加，伴有呼吸急促和短暂的言语丧失发作而求助于神经科

医生。由于怀疑颈内动脉或其分支严重狭窄，她被转诊接受颈内动脉超声波和磁共振（MR）血管造影检查。

术前还进行了冠状动脉造影和主动脉造影检查，充分确认了主动脉病变的性质和范围，排除了冠状动脉狭窄病变。最大的狭窄是右冠状动脉近端三分之一处的狭窄，达动脉管腔的35%。在左冠状动脉池中，其主要分支的狭窄程度均未超过25%。

主动脉假体手术前，心电图监测的自行车运动试验的运动耐量阈值为25W，呼吸困难和肌肉无力是停止测试的原因。测试期间没有冠状动脉功能不全的心电图迹象。

如上所述，患者接受了心脏和主动脉壁的心电图同步磁共振成像研究[8]，包括覆盖胸主动脉直至膈肌水平。特别是，心脏短轴和长轴的磁共振成像切片是通过以下方式获得的：

- T1 加权图像（WI）：重复时间（TR）= 500 毫秒，回波时间（TE）= 12毫秒；
- T2-WI：TR=4000毫秒，TE=25毫秒；
- SSFP加权模式。

切片厚度为5-8毫米，矩阵为 256×392 或 256×256。作为心脏和胸部心电图同步磁共振成像的一部分，胸部器官的研究是在轴向切片中进行的，T1-WI，呼吸和心电图同步，TR=1850-1900 毫秒，TE=32毫秒（图 1）。在这种模式下，胸腔大血管的结构，尤其是血管壁，都能得到稳定的成像。由于肾小球滤过率的临界值（小于 30 毫升/（分钟×1.73平方米）），该研究在没有额外顺磁对比增强的情况下进行。

心脏磁共振成像后，在在轴向平面上以电影模式对升主动脉与肺动脉分叉交界处进行心电图同步磁共振成像，每个心动周期记录24帧，测定心动周期中主动脉壁厚度的变化（图 2, b）、研究水平主动脉腔的直径和横截面积（图 2, a 中用箭头标出）。对心脏磁共振成像结果进行标准处理，计算左心室舒张末期（LVEDV，毫升）和收缩末期（LVESV，毫升）容积以及射血分数（EF）。此外，还根据获得的无对比度cine-MRI数据计算了主动脉扩张性的生物力学指标。

根据这些测量结果和线性生物物理模型[10, 11]，计算出主动脉横向拉伸量[12]：

$$Distensibility_{adj} = S_{syst} - S_{diast} / S_{diast} \quad (1)$$

此外，还计算了根据脉搏血压标准化的拉伸强度：

$$Distensibility_{adj} = \frac{S_{syst} - S_{diast} / S_{diast}}{BP_{pulse}} \quad (2),$$

其中 S_{syst} 和 S_{diast} — 收缩期和舒张期主动脉横截面积分别为， BP_{pulse} — 动脉脉压，如图 3 所示。

升主动脉壁的横向 Young 模量是根据心电图同步磁共振主动脉造影数据，并且按照生物力学实验[10, 11]中详细研究的技术计算得出的：

$$E = \frac{d_{diast}^2 \times (1 - 0,25) \times BP_{pulse}}{2 \times h \times \Delta d_{pulse}} \times 133,3 \quad (3),$$

其中 E — Young模量 (帕),

d_{diast} — 舒张期主动脉横径、

Δd_{pulse} — 收缩期主动脉直径增大

0,25 — 是主动脉壁 Poisson 系数的平方, 已知该系数等于 0.5 [11]、

h — 舒张期主动脉壁厚 (见图 2, b)

BP_{pulse} — 脉搏血压,

133.3 — 毫米汞柱与帕的换算系数。

在收缩期和舒张期, 从瓣膜上水平到主动脉弓中部 (肱动脉干和左颈总动脉口之间) 的长度计算升主动脉的体积。膝上主动脉被表示为一个变形的、即均匀不可压缩弯曲的、长度为 1 的截

顶锥体 (如图 1 a 所示, “主动脉瓣-主动脉弓中部” 部分的长度), 其基底半径由胶片模式下的横截面确定: 下部基底半径 — R , 上部基底半径 — r 。这样就可以高精度地计算出截断变形锥体—升主动脉膝部—的体积[13]:

$$V = \frac{1}{3}\pi l (R^2 + Rr + r^2) \quad (4)$$

根据升主动脉收缩期和舒张期容积的差异, 确定收缩期主动脉容积膨胀值 ΔV_{sys} , ml, 该值决定了心动周期舒张期心肌主要供血时冠状动脉供血可用的血容量[6, 14]。

患者在体外循环下接受了升主动脉和半弓的人工置换术, 置换的是直径为35毫米的合成GORE-TEX假体 (W.L. Gore & Associates, USA), 没有置换主动脉

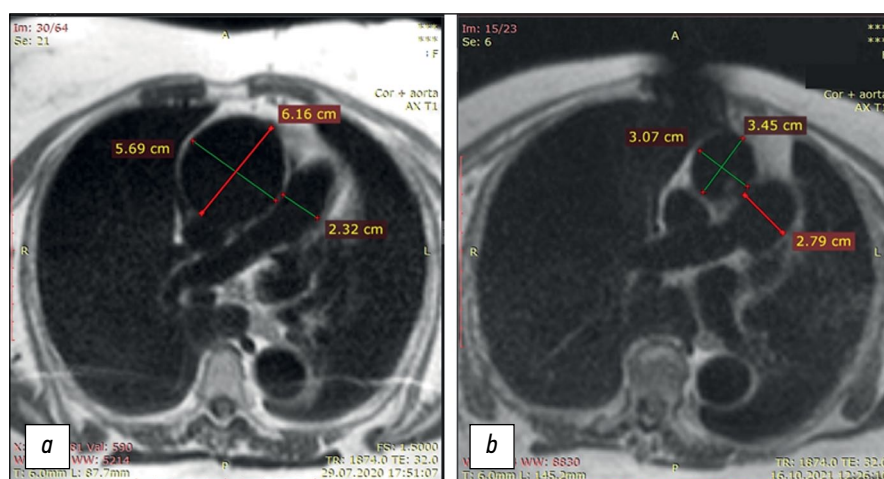


图 1. 患者B-k在肺动脉分叉处的胸部器官, 特别是胸主动脉的T1加权图像横向切片: **a** — 动脉瘤扩张的胸主动脉人工修复前, 可见动脉瘤升主动脉临界扩张至大于6厘米; **b** — 动脉瘤扩张的胸主动脉人工修复后, 升主动脉横截面恢复正常。在植入假体前后, 降主动脉都在正常范围内。值得注意的是, 植入假体后肺动脉扩张到27毫米, 而入院时的初始横截面为23毫米。术后CT扫描还显示了钢丝金属固定器在胸骨区域的伪影。

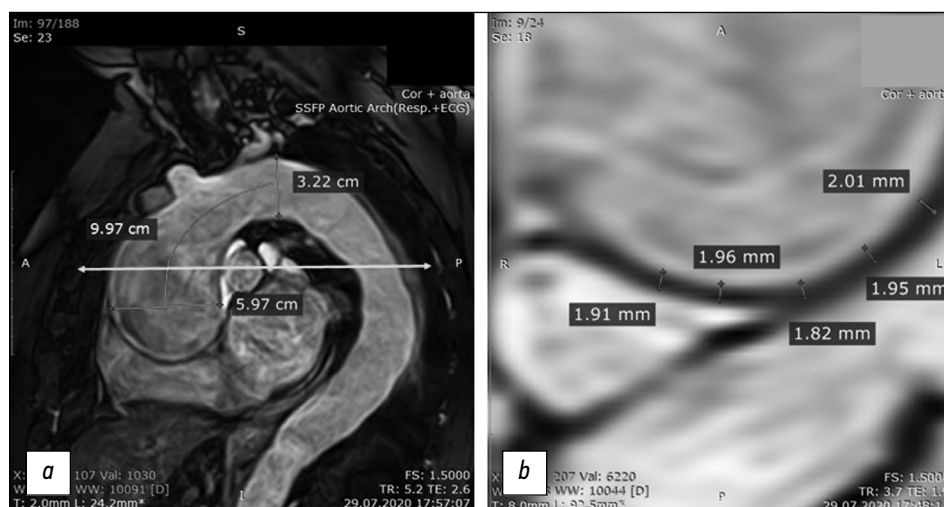


图 2. 患者B-k的心电图同步磁共振成像: **a** — 胸部主动脉的磁共振血管造影研究。图中显示了瓣膜水平和主动脉弓水平的横截面尺寸, 以及用于计算升主动脉收缩和舒张体积指标和收缩舒张体积的间距。两端带箭头的水平绿松石线标志着断层切片的水平; **b**, 升主动脉壁区的横向断层切片, 厚度测量用于随后计算Young模量值。测量值用绿色细线表示, 细线旁边有相应的数值。

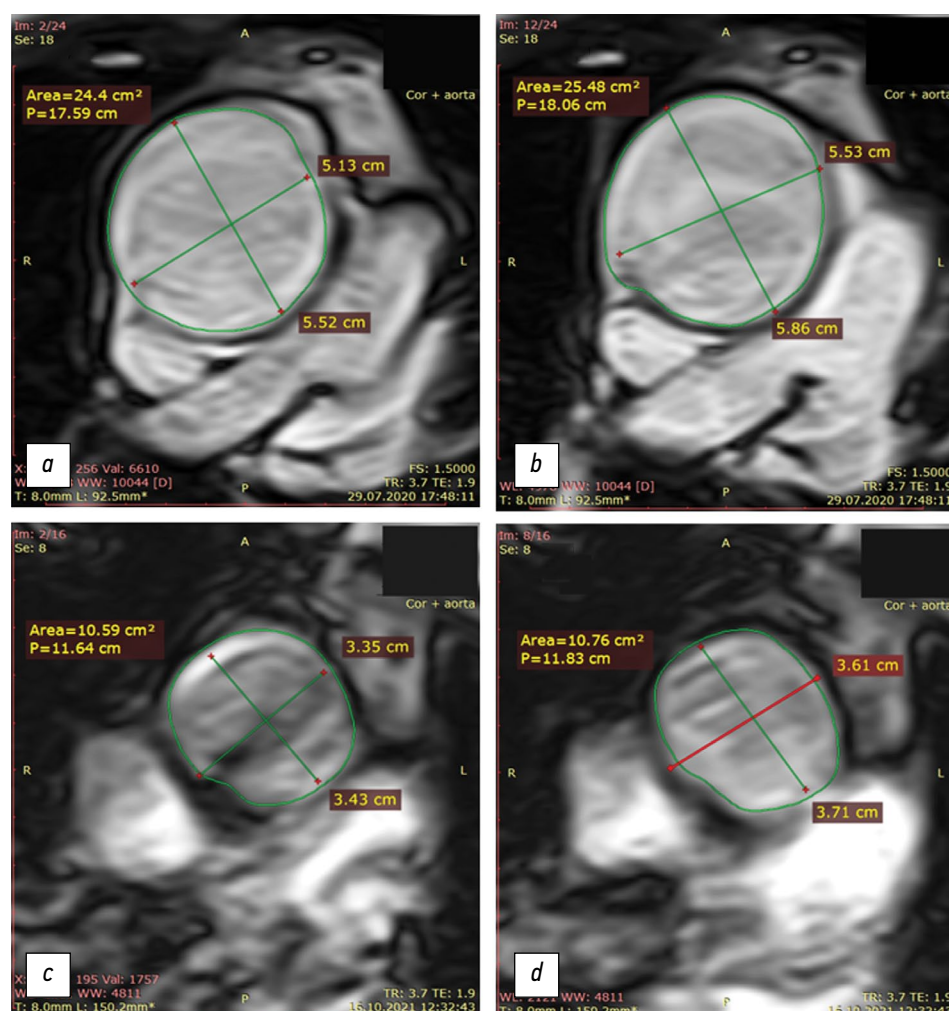


图 3. 舒张期和收缩期升主动脉横向尺寸和面积的测量结果：上排——入院初期（动脉瘤主动脉假体手术前）；下排——使用合成假体进行主动脉假体手术后；a、c——舒张期；b、d——收缩期。值得注意的是，手术后主动脉横截面明显缩小，而升主动脉管腔横截面的扩张性相对较小。

瓣，因为没有观察到明显的主动脉瓣功能不全，主动脉瓣在收缩期的有效血流动力学管腔面积超过2.0平方厘米。肱脑干的开口被植入相应的人工瓣膜，术后未发现右侧颈总动脉和锁骨下动脉盆腔的供血障碍。

术后期间没有手术并发症，包括炎症，也没有任何重要器官血液供应中断的迹象。静息时出现窦性心动过速（每分钟 82~92 次），低负荷时明显加重。术前肾小球滤过率为 57~65 毫升/（分钟×1.73 平方米），安装假体后仍保持在上述范围内。患者长期处于必须使用富氧混合物呼吸的状态，因为只有在这种情况下，她的情况才会被主观评估为接近正常。同时，根据仪器检查和临床生化检查，没有发现术后心肌梗塞的迹象。在没有使用膜氧浓缩器对呼吸混合物进行浓缩的情况下，pO₂ 指标为 81%~83%，而在使用膜氧浓缩器时，pO₂ 指标升至 93%~95%，（偶尔在休息时）甚至更高。在使用 ^{99m}Tc 标记的微球进行灌注单光子计算机断层扫描检查时，没有发现肺动脉及其分支有血栓或栓塞的迹象。

术后，患者的运动耐量与术前相比大幅下降，在术后住院期间和出院后运动耐量都很低。患者

只能使用电梯到她居住的一楼，而去门诊做核磁共振成像则需要使用制氧机。

术后 4 个月，再次进行了心脏磁共振成像和主动脉壁磁共振弹性成像检查，表 1 和表 2 列出了这两项检查的指标与基线的对比情况。

不过，假体植入后主动脉弹性指标明显改善，但仍比正常值高出许多倍[8]，但由于主动脉直径缩小了2厘米，升主动脉收缩容积膨胀指数 ΔV_{sys} 急剧下降。

术后主动脉壁（更确切地说，是升主动脉假体）的 Young 模量值降低，弹性增加。然而，总体而言，主动脉收缩期舒张量仍然减少了一半以上，降至约 5 毫升（见表 2），这肯定不足以保证足够的冠状动脉供血[8]。与此同时，假体的几何尺寸与文件中提供的护照尺寸一致。因此，即使在没有明显冠状动脉狭窄且升主动脉假体手术技术无可挑剔的情况下，但主动脉壁伸展性不足仍是限制假体植入后运动耐量的关键因素，也是导致左心室衰竭恶化的原因之一，尽管没有发生急性心肌梗死。

表 1. 主动脉假体植入前后患者 B-k的心脏磁共振成像指标

	左心室心肌质量, 克	LVEDV, 毫升	LVEF, %	LVM, 克	左心房体积, 毫升	肺动脉直径, 毫米
基线（入院时）	165	79. 4	83	165	55. 7	23
升主动脉人工修复术后	161	94. 2	73	161	69. 4	28

注。LVEDV - 左心室舒张末期容积；LVEF - 左心室射血分数；LVESV - 左心室收缩末期容积。表示心衰进展的指标——LVEDV 增加、LVEF 减少、左心房容积增加和肺动脉扩张 4 毫米——以粗体标出。

表 2. 主动脉假体植入前后患者 B-k 升主动脉壁的磁共振弹性测量指标

	升主动脉壁的Young 模量, Pa	升主动脉的收缩率		ΔV_{sys} , 毫升
		绝对	正常值 = 绝对值/ (BP 脉搏)	
基线（入院时）	0.58×10^6	0.0043	$0.0043/25 = 1.72 \times 10^{-4}$	13.28
升主动脉人工修复术后	0.260×10^6	0.0161	$0.0161/20 = 8.05 \times 10^{-4}$	4.95

讨论

为了研究主动脉僵硬度，通常使用向主动脉外部传输高频机械波的方法，这种方法最初在动物实验中进行过测试 [15、16、17]，使用的是与核磁共振成像兼容的特殊振动波发生器，然后通过核磁共振成像对波沿主动脉壁的传播进行登记 [15、18、19]。这种方法借鉴了对实质器官弹性的研究，并得到广泛应用 [18、19、20]。

使用高频技术来评估主动脉的机械弹性可以在研究区域的整个解剖长度上计算该指标—沿着主动脉 [19]；但是，没有考虑计算一个或另一个层面的主动脉容积，主要是升主动脉层面的主动脉容积 [2]。最近，主动脉病变中考虑不同主动脉切面容积指数的必要性引起了详细关注 [15]。

从这个意义上说，在动脉（主动脉内）压力变化的影响下，使用心动周期期间主动脉直径本身的拉伸图更符合生理学 [12]，最重要的是，在升主动脉的情况下，可以直接估算出可用于舒张期“泵入”冠状动脉床的血容量 [12]。在我们的病例中，这种计算能力使我们能够明确地确定患者术后状况的原因，起初患者的状况是由于未发现的手术技术缺陷造成的，但最终并没有得到证实。

这个例子说明，主动脉连接对于确保通过冠状动脉通道向心肌提供充足的血液供应至关重要 [6, 12]，而在升主动脉假体置换的情况下，假体的弹性对这一供应起着至关重要的作用 [7]。主动脉壁的炎症损伤 [24] 和其僵硬度 [25] 与脑循环障碍的频率和严重程度之间的相关性已经得到证实，因此这一点显得尤为重要。根据单中心研究 [12] 和多中心研究 [8, 26]，主动脉壁硬度增加已被证明是梗死患者冠状动脉疾病发生率增加的预测因素。在不需要进行心脏手术的心脏病患者中，药物治疗可以显著改善主动脉舒张性和弹性指标 [27]。

前面已经指出，升主动脉假体材料的进一步发展显然无可争议地指向使用具有保留弹性的合成和多组分材料，能够为心肌提供足够的舒张期血液供应和运动耐受性 [7]。制造商已经意识到了这一问题 [28, 29]，这在我们的病例中也很明显：植入假体后主动脉壁的机械刚度比术前动脉瘤主动脉降低了两倍多，截面积延展性提高了三倍多（见表 2）。然而，在假体直径相对于初始动脉瘤缩小的条件下，现代合成材料的特性不足以维持升主动脉的容积收缩扩张性——指数 ΔV_{sys} 。

从这个角度来看，生物主动脉移植 [29, 30] 在机械拉伸和弹性参数方面具有无可争议的优势，它是使用特殊技术由牛的大主干血管制成的，具有保留的胶原蛋白和弹性纤维结构；到目前为止，只有生物主动脉移植能够保持主动脉这种复杂血流动力学结构的管壁伸展性 [30]。核磁共振弹性测量法可根据需要对主动脉假体植入后的弹性特性进行监测，监测频率和观察时间可根据需要延长 [8]，并可作为评估膝关节升主动脉假体植入患者主动脉壁状态和机械伸缩性指标的一种方法，也可用于实验。

结论

从磁共振成像弹性测量的发展角度来看，使用这种方法获得升主动脉生物力学状态的定量评估结果是非常重要的临床信息。在对患有动脉粥样硬化和任何其他原因的主动脉疾病患者的研究中，以及在对动脉瘤不可逆性改变的升主动脉进行假体植入时，都应考虑到这一点。

心电图同步核磁共振弹性测量法可用于获取伸长指数和计算病变主动脉壁的 Young 模量，但这种方法目前尚无替代方案，因为基于 X 射线计算机断层扫描数据的弹性测量法在方法上与之相似，但却会对患者造成辐射。

我们有理由相信核磁共振弹性测量法的临床

应用范围将会扩大，因为主动脉收缩期扩张体积指标的计算可能会在主动脉生物力学和冠状动脉病理学的其他不同起源的疾病中具有临床参考价值。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.V. Friedman — development of a research plan, data processing, clinical evaluation of MRI results, writing text, editing text, preparing illustrations for the article; T.A. Bergen — development of the work plan, clinical evaluation of MRI results,

text editing, final approval of the publication version of the article; D.A. Sirota — development of the work plan, clinical evaluation of MRI results and evaluation of cardiac surgery results, final approval of the publication version of the article; B.N. Kozlov — performing cardiac surgery and evaluating its results, editing the text; I.Y. Zhuravleva — participation in the development of the work concept, text editing, final approval of the publication version of the article; A.R. Tarkova — clinical evaluation of MRI results, writing the text, preparing illustrations for the article; W.Yu. Ussov — development of the work concept, data processing, clinical evaluation of MRI results, writing the text, preparation of illustrations for the article, final approval of the publication version of the article; A.M. Chernyavsky — development of the work concept, clinical evaluation of MRI results, text editing, final approval of the publication version of the article.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

REFERENCES

1. Bokeriya LA, Malashenkov AI, Rusanov NI, et al. Surgical treatment of ascending aortic aneurysm with concomitant coronary artery disease. *Annaly khirurgii*. 2004(2):35–42. (In Russ).
2. Konstantinov BA, Belov YuV, Kuznechevskii FV. *Aneurysm of the ascending aorta and aortic arch*. Moscow: Astrel'; 2006. (In Russ).
3. Belov IuV, Isaev PM. Modern strategies of surgical treatment of aortic arch aneurysms. *Pirogov Russian Journal of Surgery (Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova)*. 2014(10):122–126.
4. Sirota DA, Zhulkov MO, Khvan DS. Predictors of Lethality, Remodeling, and Aorta-Related Events in Different Types of Proximal Aortic Dissection Surgery. *Modern Technologies in Medicine*. 2023;15(1):38–52. doi: 10.17691/stm2023.15.1.05
5. Belov IuV, Isaev RM. Risk stratification in cardiovascular surgery. *Pirogov Russian Journal of Surgery (Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova)*. 2014(7):78–81.
6. Karpman VL, Orel VR. Arterial system impedance and cardiac function. *Human Physiology*. 1985;(4):628–633. (In Russ).
7. Zhuravleva IYu, Lyashenko MM, Shadanov AA, Sirota DA, Chernyavskiy AM. Quo vadimus? Fundamental problems of developing hybrid prostheses of thoracic aorta. *Angiology and vascular surgery*. 2021;27(4):103–112. doi: 10.33529/ANGIO2021412
8. Ussov WYu, Ignatenko GA, Bergen TA, et al. Computational evaluation of mechano-elastic properties and of paramagnetic contrast enhancement of thoracic aortic wall in acute myocardial infarction and in non-coronarogenic myocardial damage, from the data of dynamic ECG-gated MRI (MR-elastometry). *Translational Medicine*. 2021;8(6):43–58. doi: 10.18705/2311-4495-2021-6-43-58
9. Ussov WYu, Igantenko GA, Maksimova AS, et al. The relationship of structural changes in the wall of the ascending aorta and myocardium according to chest contrast-enhanced MRI in myocardial infarction patients. *Regional blood circulation and microcirculation*. 2023;22(1):41–51. doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-1-41-51
10. Purinya BA, Kas'yanov VA. *Biomechanics of human large blood vessels*. Riga: Zinatne; 1980. (In Russ).
11. Karo K, Pedli T, Shroter R, Sid U. *Circulatory mechanics*. Moscow: Mir; 1981. (In Russ).
12. Skripnik AYU, Fokin VA, Mironchuk RR, et al. Assessment of the elastic properties of the ascending aorta using electrocardiographic synchronized computed tomography angiography with advanced data processing. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;24(12):48–54. doi: 10.15829/1560-4071-2019-12-48-54
13. Zel'dovich YaB. *Advanced Math for Beginners*. Moscow: Nauka; 1963. (In Russ).
14. Dudko VA, Karpov RS. *Atherosclerosis of heart and brain vessels*. Tomsk: STT; 2002. (In Russ).
15. Kolipaka A, Woodrum D, Araoz PA, Ehman RL. MR elastography of the in vivo abdominal aorta: a feasibility study for comparing aortic stiffness between hypertensives and normotensives. *J Magn Reson Imaging*. 2012;35(3):582–586. doi: 10.1002/jmri.22866
16. Damughatla AR, Raterman B, Sharkey-Toppen T, et al. Quantification of aortic stiffness using MR elastography and its comparison to MRI-based pulse wave velocity. *J Magn Reson Imaging*. 2015;41(1):44–51. doi: 10.1002/jmri.24506
17. Kolipaka A, Araoz PA, McGee KP, Manduca A, Ehman RL. Magnetic resonance elastography as a method for the assessment of effective myocardial stiffness throughout the cardiac cycle. *Magn Reson Med*. 2010;64(3):862–870. doi: 10.1002/mrm.22467
18. Dresner MA, Rose GH, Rossman PJ, et al. Magnetic resonance elastography of skeletal muscle. *J Magn Reson Imaging*. 2001;13(2):269–276. doi: 10.1002/1522-2586(200102)13:2<269::aid-jmri1039>3.0.co;2-1
19. Hrabak-Paar M, Kircher A, Al Sayari S, et al. Variability of MRI Aortic Stiffness Measurements in a Multicenter Clinical Trial Setting: Intraobserver, Interobserver, and Intracenter Variability of Pulse Wave Velocity and Aortic Strain Measurement. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2020;2(2):e190090. doi: 10.1148/ryct.2020190090
20. Woodrum DA, Romano AJ, Lerman A, et al. Vascular wall elasticity measurement by magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med*. 2006;56(3):593–600. doi: 10.1002/mrm.20991

21. Kobelev E, Shadanov AA, Sirota DA, et al. Volumetric analysis on computed tomography Angiography in the management of thoracic aortic dissection in case of seven years follow-up period. *Medical Visualization*. 2022;26(3):46–56. doi: 10.24835/1607-0763-1060
22. Kobelev E, Bergen TA, Tarkova AR, et al. A New Look at Structural Changes in the Aortic Root in Aortic Valve Stenosis. *Modern Technologies in Medicine*. 2022;14(2):51–58. doi: 10.17691/stm2022.14.2.05
23. Nepomnyashchikh LM. *Morphogenesis of the most important common pathologic processes in the heart*. Novosibirsk: Nauka; 1991. (In Russ).
24. Ussov WYu, Belichenko OI, Maksimova AS, et al. Magnetic resonance imaging of the aortic wall with paramagnetic contrast enhancement in assessing the severity of its atherosclerotic lesion and predicting occlusive thrombotic arterial complications. *Terapevt*. 2017;128(9):55–62. (In Russ).
25. Badji A, Sabra D, Bherer L, et al. Arterial stiffness and brain integrity: A review of MRI findings. *Ageing Res Rev*. 2019;53. doi: 10.1016/j.arr.2019.05.001
26. Lechner I, Reindl M, Tiller C, et al. Determinants and prognostic relevance of aortic stiffness in patients with recent ST-elevation myocardial infarction. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2022;38(1):237–247. doi: 10.1007/s10554-021-02383-0
27. Pribylov SA, Yakovleva MV, Pribylov VS, et al. Arterial stiffness in patients with acute coronary syndrome without persistent ST segment elevation combined with chronic kidney disease and arterial hypertension and its correction with antihypertensive therapy. *Humans and their health*. 2022;25(1):19–27. doi: 10.21626/vestnik/2022-1/03
28. Soynov IA, Zhuravleva IY, Kulyabin YY, et al. Tissue Engineering in Cardiovascular Surgery: Evolution and Contemporary Condition of the Problem. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2019;12(1):71–80. doi: 10.18499/2070-478X-2019-12-1-71-80
29. Zhuravleva IYu, Timchenko TP, Vladimirov SV, et al. Ab ovo: Factors Affecting the Radial Stiffness of Thoracic Aorta Stent-Grafts. *Modern Technologies in Medicine*. 2021;13(1):17–26. doi: 10.17691/stm2021.13.1.02
30. Vasilyeva MB, Kuznetsova EV, Rusakova YaL, et al. Mechanical properties of native and decellularized aortic wall after long-term storage in biocide solutions. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2021;23(4):86–94. doi: 10.15825/1995-1191-2021-4-86-94

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокерия Л.А., Малашенков А.И., Русанов Н.И., и др. Хирургическое лечение аневризмы восходящей аорты с сопутствующим поражением коронарных артерий // *Анналы хирургии*. 2004. № 2. С. 35–42.
2. Константинов Б.А., Белов Ю.В., Кузнецовский Ф.В. Аневризма восходящего отдела и дуги аорты. Москва : Астрель, 2006.
3. Белов Ю.В., Исаев Р.М. Современные стратегии оперативного лечения аневризм дуги аорты // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2014. № 10. С. 122–126.
4. Сирота Д.А., Жульков М.О., Хван Д.С., и др. Предикторы летальности, ремоделирования и возникновения аортосвязанных событий при различных вариантах хирургии проксимального расслоения аорты // *Современные технологии в медицине*. 2023. Т. 15, № 1. С. 38–52. doi: 10.17691/stm2023.15.1.05
5. Белов Ю.В., Исаев Р.М. Стратификация риска в сердечно-сосудистой хирургии // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2014. № 7. С. 78–81.
6. Карпман В.Л., Орёл В.Р. Импеданс артериальной системы и сердечная деятельность // *Физиология человека*. 1985. № 4. С. 628–633.
7. Журавлева И.Ю., Ляшенко М.М., Шаданов А.А., Сирота Д.А., Чернявский А.М. Quo vadimus? Фундаментальные проблемы разработки гибридных протезов грудной аорты // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2021. Т. 27, № 4. С. 103–112. doi: 10.33529/ANGIO2021412
8. Усов В.Ю., Игнатенко Г.А., Берген Т.А., и др. Вычислительная оценка механоэластических свойств и парамагнитного контрастного усиления стенки восходящей аорты при остром инфаркте и некоронарных повреждениях миокарда, по данным динамической ЭКГ-синхронизированной МР-томографии (МР-эластометрии) // *Трансляционная медицина*. 2021. Т. 8, № 6. С. 43–58. doi: 10.18705/2311-4495-2021-6-43-58
9. Усов В.Ю., Игнатенко Г.А., Максимова А.С., и др. Взаимосвязи структурных изменений стенки восходящей аорты и миокарда, по данным МР-томографии с контрастным усилением у пациентов после инфаркта миокарда // *Регионарное кровообращение и микроциркуляция*. 2023. Т. 22, № 1. С. 41–51. doi: 10.24884/1682-6655-2023-22-1-41-51
10. Пурина Б.А., Касьянов В.А. Биомеханика крупных кровеносных сосудов человека. Рига : Зинатне, 1980.
11. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. Механика кровообращения. Москва : Мир, 1981.
12. Скрипник А.Ю., Фокин В.А., Мирончук Р.Р., и др. Оценка эластических характеристик стенки восходящего отдела аорты при помощи компьютерно-томографической ангиографии в режиме электрокардиографической синхронизации с расширенной постпроцессорной обработкой данных // *Российский кардиологический журнал*. 2019. Т. 24, № 12. С. 48–54. doi: 10.15829/1560-4071-2019-12-48-54
13. Зельдович Я.Б. Высшая математика для начинающих. Москва : Наука, 1963.
14. Дудко В.А., Карпов П.С. Атеросклероз сосудов сердца и головного мозга. Томск : STT, 2002.
15. Kolipaka A., Woodrum D., Araoz P.A., Ehman R.L. MR elastography of the in vivo abdominal aorta: a feasibility study for comparing aortic stiffness between hypertensives and normotensives // *J Magn Reson Imaging*. 2012. Vol. 35, N 3. P. 582–586. doi: 10.1002/jmri.22866
16. Damughatla A.R., Raterman B., Sharkey-Toppen T., et al. Quantification of aortic stiffness using MR elastography and its comparison to MRI-based pulse wave velocity // *J Magn Reson Imaging*. 2015. Vol. 41, N 1. P. 44–51. doi: 10.1002/jmri.24506
17. Kolipaka A., Araoz P.A., McGee K.P., Manduca A., Ehman R.L. Magnetic resonance elastography as a method for the assessment of effective myocardial stiffness throughout the cardiac cycle // *Magn Reson Med*. 2010. Vol. 64, N 3. P. 862–870. doi: 10.1002/mrm.22467
18. Dresner M.A., Rose G.H., Rossman P.J., et al. Magnetic resonance elastography of skeletal muscle // *J Magn*

Reson Imaging. 2001. Vol. 13, N 2. P. 269–276. doi: 10.1002/1522-2586(200102)13:2<269::aid-jmri1039>3.0.co;2-1

19. Hrabak-Paar M., Kircher A., Al Sayari S., et al. Variability of MRI Aortic Stiffness Measurements in a Multicenter Clinical Trial Setting: Intraobserver, Interobserver, and Intracenter Variability of Pulse Wave Velocity and Aortic Strain Measurement // Radiol Cardiothorac Imaging. 2020. Vol. 2, N 2. P. e190090. doi: 10.1148/ryct.2020190090

20. Woodrum D.A., Romano A.J., Lerman A., et al. Vascular wall elasticity measurement by magnetic resonance imaging // Magn Reson Med. 2006. Vol. 56, N 3. P. 593–600. doi: 10.1002/mrm.20991

21. Кобелев Е., Шаданов А.А., Сирота Д.А., и др. Объёмный анализ компьютерно-томографической ангиографии при лечении расслоения грудной аорты на примере с семилетним периодом наблюдения // Медицинская визуализация. 2022. Т. 26, № 3. С. 46–56. doi: 10.24835/1607-0763-1060

22. Кобелев Е., Берген Т.А., Таркова А.Р., и др. Новый взгляд на структурные изменения корня аорты при стенозе аортального клапана // Современные технологии в медицине. 2022. Т. 14, № 2. С. 51–58. doi: 10.17691/stm2022.14.2.05

23. Непомнящих Л.М. Морфогенез важнейших общепатологических процессов в сердце. Новосибирск : Наука, 1991.

24. Усов В.Ю., Беличенко О.И., Максимова А.С., и др. Магнитно-резонансная томография аортальной стенки с парамагнитным контрастным усилением в оценке тяжести её атеросклеротического поражения и прогнозировании окклюзионно-тромботических артериальных осложнений // Терапевт. 2017. Т. 128, № 9. С. 55–62.

AUTHORS' INFO

Wladimir Yu. Ussov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
address: 15 Rechkunovskaya Str., Novosibirsk, 630090, Russia;
ORCID: 0000-0001-7978-5514;
eLibrary SPIN: 1299-2074;
e-mail: ussov1962@yandex.ru

Alexander V. Friedman, MD;
ORCID: 0000-0002-2300-2418;
eLibrary SPIN: 9508-8975;
e-mail: fridman_a@meshalkin.ru

Tatiana A. Bergen, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-1530-1327;
eLibrary SPIN: 5467-7347;
e-mail: tbergen@yandex.ru

Dmitry A. Sirota, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-9940-3541;
eLibrary SPIN: 4706-7549;
e-mail: d_sirota@meshalkin.ru

Boris N. Kozlov, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-0217-7737;
eLibrary SPIN: 9265-9432;
e-mail: kbn@cardio-tomsk.ru

Irina Yu. Zhuravleva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-1935-4170;
eLibrary SPIN: 7322-1480;
e-mail: zhuravleva_i@meshalkin.ru

25. Badji A., Sabra D., Bherer L., et al. Arterial stiffness and brain integrity: A review of MRI findings // Ageing Res Rev. 2019. Vol. 53. doi: 10.1016/j.arr.2019.05.001

26. Lechner I., Reindl M., Tiller C., et al. Determinants and prognostic relevance of aortic stiffness in patients with recent ST-elevation myocardial infarction // Int J Cardiovasc Imaging. 2022. Vol. 38, N 1. P. 237–247. doi: 10.1007/s10554-021-02383-0

27. Прибылов С.А., Яковлева М.В., Прибылов В.С., и др. Артериальная ригидность у пациентов с острым коронарным синдромом без стойкого подъёма сегмента ST в сочетании с хронической болезнью почек и артериальной гипертензией и её коррекция на фоне антигипертензивной терапии // Человек и его здоровье. 2022. Т. 25, № 1. С. 19–27. doi: 10.21626/vestnik/2022-1/03

28. Сойнов И.А., Журавлева И.Ю., Кулябин Ю.Ю., и др. Тканевая инженерия в сердечно-сосудистой хирургии: эволюция и современное состояние проблемы // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2019. Т. 12, № 1. С. 71–80. doi: 10.18499/2070-478X-2019-12-1-71-80

29. Журавлева И.Ю., Тимченко Т.П., Владимиров С.В., и др. Ab ovo: факторы, влияющие на радиальную жёсткость стент-графтов грудного отдела аорты // Современные технологии в медицине. 2021. Т. 13, № 1. С. 17–26. doi: 10.17691/stm2021.13.1.02

30. Васильева М.Б., Кузнецова Е.В., Русакова Я.Л., и др. Механические свойства нативной и децеллюляризованной стенки аорты после длительного хранения в биоцидных растворах // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2021. Т. 23, № 4. С. 86–94. doi: 10.15825/1995-1191-2021-4-86-94

ОБ АВТОРАХ

Усов Владимир Юрьевич, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, Новосибирск, 630090, ул. Речкуновская, 15;
ORCID: 0000-0001-7978-5514;
eLibrary SPIN: 1299-2074;
e-mail: ussov1962@yandex.ru

Фридман Александр Владимирович;
ORCID: 0000-0002-2300-2418;
eLibrary SPIN: 9508-8975;
e-mail: fridman_a@meshalkin.ru

Берген Татьяна Андреевна, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1530-1327;
eLibrary SPIN: 5467-7347;
e-mail: tbergen@yandex.ru

Сирота Дмитрий Андреевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-9940-3541;
eLibrary SPIN: 4706-7549;
e-mail: d_sirota@meshalkin.ru

Козлов Борис Николаевич, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0217-7737;
eLibrary SPIN: 9265-9432;
e-mail: kbn@cardio-tomsk.ru

Журавлева Ирина Юрьевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-1935-4170;
eLibrary SPIN: 7322-1480;
e-mail: zhuravleva_i@meshalkin.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Alexandra R. Tarkova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-4291-6047;
eLibrary SPIN: 8547-4380;
e-mail: a_tarkova@meshalkin.ru

Alexander M. Chernyavskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0001-9818-8678;
eLibrary SPIN: 5286-6950;
e-mail: a_cherniavsky@meshalkin.ru

Таркова Александра Романовна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-4291-6047;
eLibrary SPIN: 8547-4380;
e-mail: a_tarkova@meshalkin.ru

Чернявский Александр Михайлович, д-р мед. наук, профес-
сор, член-корреспондент РАН;
ORCID: 0000-0001-9818-8678;
eLibrary SPIN: 5286-6950;
e-mail: a_cherniavsky@meshalkin.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

Idiopathic enterocolic intussusception: imaging findings in an abdominal emergency

Rosario Francesco Balzano¹, Francesco Lattanzio¹, Giacomo Fascia², Manuela Montatore², Marina Balbino², Federica Masino², Domenico Mannatrizio², Giuseppe Guglielmi^{1,2,3}

¹ Monsignor Raffaele Dimiccoli, Barletta, Italy;

² Foggia University, Foggia, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

ABSTRACT

Adult intussusceptions are a rare cause of abdominal obstruction and are usually associated with a neoplastic disease; idiopathic forms are extremely rare. We report a case of enterocolic intussusception in a young woman who experienced symptoms of abdominal obstruction. Imaging findings were reported. On histological examination, no underlying diseases were found. The patient presented at the hospital for computed tomography because of persistent abdominal pain. Computed tomography revealed an enterocolic invagination involving the ileocecal valve and cecum and widespread edematous thickening of the colonic parietal walls.

Idiopathic enterocolic intussusception is an uncommon abdominal urgency in adults. Symptoms can be vague and persistent, delaying an accurate diagnosis. Imaging is crucial in these circumstances to make a diagnosis. Some computed tomography findings, such as a target-like bulk, may be suggestive.

Keywords: intussusception; laparoscopy; colectomy; computed tomography; abdomen.

To cite this article:

Balzano RF, Lattanzio F, Fascia G, Montatore M, Balbino M, Masino F, Mannatrizio D, Guglielmi G. Idiopathic enterocolic intussusception: imaging findings in an abdominal emergency. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):354–360. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

Идиопатическая инвагинация кишечника: результаты визуализации неотложной абдоминальной патологии

R.F. Balzano¹, F. Lattanzio¹, G. Fascia², M. Montatore², M. Balbino², F. Masino², D. Mannatrizio², G. Guglielmi^{1,2,3}

¹ Monsignor Raffaele Dimiccoli Hospital, Барлетта, Италия;

² Университет Фоджи, Фоджа, Италия;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

Инвагинация кишечника у взрослых — редкая причина кишечной непроходимости и обычно связана с неопластическими заболеваниями. Идиопатические формы встречаются крайне редко. В статье описывается случай инвагинации кишечника у молодой женщины, которая испытывала симптомы кишечной непроходимости. Представлены результаты визуализации.

Первичных заболеваний при гистологическом исследовании выявлено не было. Пациентка поступила в больницу для проведения компьютерной томографии из-за постоянных болей в животе. Компьютерная томография выявила инвагинацию кишечника с вовлечением илеоцекального клапана и купола слепой кишки, а также отёчность и утолщение стенок париетальной брюшины. Идиопатическая инвагинация кишечника — редкое неотложное состояние органов брюшной полости у взрослых. Симптомы могут быть персистирующими, стёртыми и неясными, что затрудняет постановку точного диагноза. В таких случаях решающее значение имеет диагностическая визуализация. Некоторые результаты компьютерной томографии, такие как мишеневидное содержимое кишечника, могут указывать на данное заболевание.

Ключевые слова: инвагинация, лапароскопия; колэктомия; компьютерная томография; брюшная полость.

Как цитировать:

Balzano R.F., Lattanzio F., Fascia G., Montatore M., Balbino M., Masino F., Mannatrizio D., Guglielmi G. Идиопатическая инвагинация кишечника: результаты визуализации неотложной абдоминальной патологии // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 354–360. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

特发性肠套叠：急诊腹部病理成像结果

Rosario Francesco Balzano¹, Francesco Lattanzio¹, Giacomo Fascia²,
Manuela Montatore², Marina Balbino², Federica Masino², Domenico Mannatrizio²,
Giuseppe Guglielmi^{1,2,3}

¹ Monsignor Raffaele Dimiccoli, Barletta, Italy;

² Foggia University, Foggia, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

摘要

成人肠套叠是一种罕见的肠梗阻病因，通常与肿瘤疾病有关。特发性肠套叠极为罕见。本文描述了一例年轻女性肠套叠病例，她曾出现过肠梗阻症状。本文还介绍了影像学检查结果。组织学检查未发现原发性疾病。患者因持续腹痛入院进行计算机断层扫描。计算机断层扫描显示了，肠套叠累及回盲瓣和盲肠穹隆，壁层腹膜壁肿胀增厚。特发性肠套叠是一种罕见的成人急腹症。症状可能是持续性的、磨灭的和模糊的，因此很难做出明确诊断。在这种情况下，影像学诊断至关重要。某些计算机断层扫描结果（如靶形肠内容物）可能预示着这种疾病。

关键词：肠套叠；腹腔镜检查；结肠切除术；计算机断层扫描；腹部。

引用本文：

Balzano RF, Lattanzio F, Fascia G, Montatore M, Balbino M, Masino F, Mannatrizio D, Guglielmi G. 特发性肠套叠：急诊腹部病理成像结果. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):354–360. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623376>

收到: 15.11. 2023

接受: 19.12.2023

发布日期: 10.07.2024

现实性

成人肠套叠是一种罕见的腹部器官急症[1]。肠套叠是由于肠道蠕动异常，而将近端肠段（肠套叠）及其肠系膜引入远端段（肠套叠阴道）的管腔内[1, 2]。肠套叠可以影响肠道的任何部位，但通常发生在移动的肠环与固定的腹膜后段接触时[1, 3]。肠套叠在成人中很少见，通常与儿童特有的器质性损伤有关。症状通常是非特异性的，这使诊断变得复杂[4, 5]。

案例描述

病史

一名37岁的女性因腹痛4天而被送入急诊室，在最后几个小时内恶化。没有发烧，但排便有变化（交替腹泻和便秘）。

诊断评估和鉴别诊断

为了排除肠梗阻的可能原因，在静脉注射含碘造影剂前后进行了计算机断层扫描(CT)。计算机断层扫描显示显示肠套叠，涉及回盲瓣和盲肠圆顶，并伴有顶叶腹膜壁的弥漫性水肿性增厚。此外，在相邻的腹膜后脂肪组织中有严重肿胀，淋巴结病的迹象和右侧髂窝中有少量积液(图1)。

在多平面重建期间，肠道的目标区域部分被可视化(图2)。

干预措施

由于临床症状进展迅速，提出了手术治疗，随后在右侧进行腹腔镜结肠切除术。在第二天开始摄入液体，第三天开始摄入固体食物。

观察和结果

患者在手术后第6天出院。未观察到并发症。组织学检查发现肠壁有炎性改变，伴有反应性卫星结节。没有发现与肠套叠相关的其他疾病。

讨论

成人肠套叠是肠梗阻的非典型原因。与儿童不同的是，儿童的肠套叠是原发性和良性的，成人肠套叠，特别是结肠肠套叠，有很高的可能性发展为肿瘤，因此往往需要手术治疗。

对于一些患者，建议通过减少进行保守治疗，前提是肠道是可行的。在其他情况下，如果有炎症或肠壁缺血迹象，则不建议减少。在我们的案例中，在右侧进行了腹腔镜结肠切除术。

根据定位的不同，通常区分为三种类型的肠套叠：小肠肠套叠（小肠插入小肠），大肠肠套叠



图1。腹腔计算机断层扫描，门相。多面矢状重建：a-涉及脂肪系膜组织和血管结构的肠套叠；b-厚的水肿壁，脂肪纤维严重致密；c-卫星结节（11mm）。



图2。 正交方向的斜矢状多平面重建：由于肠系膜水肿壁和脂肪组织交替引起的“目标症状”。

（大肠插入大肠）和小肠肠套叠，可以是回盲肠和回结肠[1, 2]。静脉血流受阻可导致受累肠袢水肿和缺血，最终可发生坏死[6]。

在儿童中，肠套叠在大多数情况下本质上是特发性的[6]。在大多数情况下，它表现为典型的三联征：痉挛性腹痛，醋栗果冻样大便和腹部可触及的香肠状结构[6, 7]。

相比之下，成人肠套叠非常罕见，约占所有诊断病例的5%[5, 8]。在这种情况下，它可以表现为长期非特异性腹部症状（恶心、呕吐、排便改变、腹胀、胃肠道出血），这使诊断变得复杂化[4, 6]。

在成人中，肠套叠可能与良性和恶性形成有关。然而，特发性形式不太常见，通常涉及小肠，就像我们的病例一样。对于诊断，尤其是在最有问题的情况下，影像学发挥着重要作用[9]。腹腔计算机断层扫描被认为是这种病理学的首选方法，因为它可以评估肠套叠的位置、范围和所

涉及的肠段[10]。此外，借助计算机断层扫描，可以确定肠的一段插入另一段的位置，从而可以排除可能的并发症，包括肠壁缺血和穿孔。当在垂直于受累节段主轴的平面上观察时，由于肠壁和肠系膜脂肪组织的交替，肠套叠侵入阴道在计算机断层扫描上可视化为“目标”[1]。

与儿童的肠套叠不同，儿童肠套叠是原发性良性的，成人肠套叠（特别是结肠）与肿瘤性疾病有关[6]。因此，成年人往往需要手术。

对于一些患者，建议通过减少进行保守治疗，前提是肠道是可行的。在其他情况下，如果有炎症或肠壁缺血的迹象，应放弃减少。

结论

特发性肠套叠是一种罕见的成人腹部器官急症。症状可能是非特异性的且持续存在，这可能会延迟正确的诊断。在这种情况下，影像学方法在诊断中发挥着重要作用。一些影像学表现，例如靶样病变，可能表明这种疾病。

右侧腹腔镜结肠切除术与开放手术相当。腹腔镜手术的明显优势包括术野感染率较低，鼻胃管使用时间较短，术后疼痛强度较低以及更好的美学效果。在肠梗阻的紧急情况下，如果由经验丰富的外科医生进行，腹腔镜右侧结肠切除术可以是安全有效的。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

REFERENCES

1. Valentini V, Buquicchio GL, Galluzzo M, et al. Intussusception in Adults: The Role of MDCT in the Identification of the Site and Cause of Obstruction. *Gastroenterol Res Pract*. 2016;2016:5623718. doi: 10.1155/2016/5623718
2. Kim YH, Blake MA, Harisinghani MG, et al. Adult intestinal intussusception: CT appearances and identification of a causative lead point. *Radiographics*. 2006;26(3):733–744. doi: 10.1148/rg.263055100
3. Gollub MJ. Colonic intussusception: clinical and radiographic features. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196(5):W580–W585. doi: 10.2214/AJR.10.5112
4. Marinis A, Yiallourou A, Samanides L, et al. Intussusception of the bowel in adults: a review. *World J Gastroenterol*. 2009;15(4):407–411. doi: 10.3748/wjg.15.407
5. Azar T, Berger DL. Adult intussusception. *Ann Surg*. 1997;226(2):134–138. doi: 10.1097/0000658-199708000-00003

6. Aydin N, Roth A, Misra S. Surgical versus conservative management of adult intussusception: Case series and review. *Int J Surg Case Rep.* 2016;20:142–146. doi: 10.1016/j.ijscr.2016.01.019
7. Waseem M, Rosenberg HK. Intussusception. *Pediatr Emerg Care.* 2008;24(11):793–800. doi: 10.1097/PEC.0b013e31818c2a3e
8. Martín-Lorenzo JG, Torralba-Martínez A, Lirón-Ruiz R, et al. Intestinal invagination in adults: preoperative diagnosis

- and management. *Int J Colorectal Dis.* 2004;19(1):68–72. doi: 10.1007/s00384-003-0514-z
9. Amoroso M, D'Abbicco D, Praino S, et al. Idiopathic adult colo-colonic intussusception: Case report and review of the literature. *Int J Surg Case Rep.* 2013;4(4):416–418. doi: 10.1016/j.ijscr.2013.01.010
10. Dawes LC, Hunt R, Wong JK, et al. Multiplanar reconstruction in adult intussusception: case report and literature review. *Australasian Radiology.* 2004;48(1):74–76. doi: 10.1111/j.1440-1673.2004.01249.x

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Valentini V., Buquicchio G.L., Galluzzo M., et al. Intussusception in Adults: The Role of MDCT in the Identification of the Site and Cause of Obstruction // *Gastroenterol Res Pract.* 2016. Vol. 2016. P. 5623718. doi: 10.1155/2016/5623718
2. Kim Y.H., Blake M.A., Harisinghani M.G., et al. Adult intestinal intussusception: CT appearances and identification of a causative lead point // *Radiographics.* 2006. Vol. 26, N 3. P. 733–744. doi: 10.1148/rg.263055100
3. Gollub M.J. Colonic intussusception: clinical and radiographic features // *AJR Am J Roentgenol.* 2011. Vol. 196, N 5. P. W580–W585. doi: 10.2214/AJR.10.5112
4. Marinis A., Yiallourou A., Samanides L., et al. Intussusception of the bowel in adults: a review // *World J Gastroenterol.* 2009. Vol. 15, N 4. P. 407–411. doi: 10.3748/wjg.15.407
5. Azar T., Berger D.L. Adult intussusception // *Ann Surg.* 1997. Vol. 226, N 2. P. 134–138. doi: 10.1097/0000658-199708000-00003

6. Aydin N., Roth A., Misra S. Surgical versus conservative management of adult intussusception: Case series and review // *Int J Surg Case Rep.* 2016. Vol. 20. P. 142–146. doi: 10.1016/j.ijscr.2016.01.019
7. Waseem M., Rosenberg H.K. Intussusception // *Pediatr Emerg Care.* 2008. Vol. 24, N 11. P. 793–800. doi: 10.1097/PEC.0b013e31818c2a3e
8. Martín-Lorenzo J.G., Torralba-Martínez A., Lirón-Ruiz R., et al. Intestinal invagination in adults: preoperative diagnosis and management // *Int J Colorectal Dis.* 2004. Vol. 19, N 1. P. 68–72. doi: 10.1007/s00384-003-0514-z
9. Amoroso M., D'Abbicco D., Praino S., et al. Idiopathic adult colo-colonic intussusception: Case report and review of the literature // *Int J Surg Case Rep.* 2013. Vol. 4, N 4. P. 416–418. doi: 10.1016/j.ijscr.2013.01.010
10. Dawes L.C., Hunt R., Wong J.K., et al. Multiplanar reconstruction in adult intussusception: case report and literature review // *Australasian Radiology.* 2004. Vol. 48, N 1. P. 74–76. doi: 10.1111/j.1440-1673.2004.01249.x

AUTHORS' INFO

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121, Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Rosario Francesco Balzano, MD;
ORCID: 0000-0001-5630-6760;
e-mail: ro.balzano@gmail.com

Francesco Lattanzio, MD;
e-mail: fralattanzio@hotmail.com

Giacomo Fascia, MD;
ORCID: 0000-0001-5244-5093;
e-mail: giacomo.fascia@unifg.it

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Marina Balbino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marina.balbino@unifg.it

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federica.masino@unifg.it

Domenico Mannatrzio, MD;
ORCID: 0000-0003-3365-7132;
e-mail: dr.mannatrzio@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121, Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Rosario Francesco Balzano, MD;
ORCID: 0000-0001-5630-6760;
e-mail: ro.balzano@gmail.com

Francesco Lattanzio, MD;
e-mail: fralattanzio@hotmail.com

Giacomo Fascia, MD;
ORCID: 0000-0001-5244-5093;
e-mail: giacomo.fascia@unifg.it

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Marina Balbino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marina.balbino@unifg.it

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federica.masino@unifg.it

Domenico Mannatrzio, MD;
ORCID: 0000-0003-3365-7132;
e-mail: dr.mannatrzio@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

Unilateral pulmonary vein atresia: Difficulties of radiological diagnosis

Veronika V. Zharikova¹, Valentin A. Nechaev¹, Evgenia A. Kulikova¹, Andrey L. Yudin²

¹ Moscow City Oncological Hospital No. 1, Moscow, Russia;

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

ABSTRACT

Pulmonary vein atresia is a rare congenital abnormality that could manifest in isolation or in association with other congenital abnormalities in the cardiovascular system such as pulmonary vein hypoplasia. Pulmonary vein atresia leads to changes in cardiovascular functioning. This abnormality is often diagnosed in children with recurrent pneumonia and hemoptysis. In adulthood, pulmonary vein atresia is much less common, with clinical symptoms such as dyspnea during physical exercises and hemoptysis. However, some patients are asymptomatic. Owing to the nonspecific imaging findings, lung parenchymal changes are often misdiagnosed as another lung disease, including inflammatory genesis disease. In this article, a case of a young man with asymptomatic unilateral pulmonary vein atresia combined with pulmonary artery hypoplasia and interstitial lung changes in a lung with hypoplasia was presented. These pathologies were first identified in a 21-year-old patient by contrast-enhanced computed tomography.

Keywords: pulmonary vein; atresia; pulmonary artery; hypoplasia; inferior vena cava; case report; computed tomography.

To cite this article:

Zharikova VV, Nechaev VA, Kulikova EA, Yudin AL. Unilateral pulmonary vein atresia: Difficulties of radiological diagnosis. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):361–369. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

Submitted: 25.10.2023

Accepted: 06.02.2024

Published online: 25.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

Односторонняя атрезия лёгочных вен: сложности лучевой диагностики

В.В. Жарикова¹, В.А. Нечаев¹, Е.А. Куликова¹, А.Л. Юдин²¹ Городская клиническая онкологическая больница №1, Москва, Россия;² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Атрезия лёгочных вен — редкий порок развития, который может возникать как изолированно, так и в сочетании с другими врождёнными пороками развития сердечно-сосудистой системы, например, с таким как гипоплазия лёгочной артерии. Атрезия лёгочных вен приводит к изменениям в работе сердечно-сосудистой системы. Данный порок развития чаще диагностируется в младенческом и раннем детском возрасте ввиду рецидивирующих эпизодов пневмонии и кровохарканья. Во взрослом возрасте атрезия лёгочных вен встречается намного реже, клинически характеризуется такими проявлениями, как одышка при физической нагрузке и кровохарканье. Однако в редких случаях клинические симптомы отсутствуют, при этом изменения в паренхиме лёгких носят неспецифический характер, ввиду чего могут быть ошибочно расценены как проявления различных лёгочных заболеваний в том числе воспалительного генеза. В представленной статье описано клиническое наблюдение сочетания односторонней атрезии лёгочных вен с гипоплазией лёгочной артерии и интерстициальными изменениями в гипоплазированном лёгком у молодого мужчины без жалоб со стороны органов дыхания. Патологии впервые выявлены в 21 год по данным компьютерной томографии с контрастным усилением.

Ключевые слова: атрезия; лёгочные вены; гипоплазия; лёгочные артерии; нижняя полая вена; клинический случай; компьютерная томография.

Как цитировать:

Жарикова В.В., Нечаев В.А., Куликова Е.А., Юдин А.Л. Односторонняя атрезия лёгочных вен: сложности лучевой диагностики // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 361–369. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

单侧肺静脉闭锁：放射诊断中的难题

Veronika V. Zharikova¹, Valentin A. Nechaev¹, Evgenia A. Kulikova¹, Andrey L. Yudin²

¹ Moscow City Oncological Hospital No. 1, Moscow, Russia;

² The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

摘要

肺静脉闭锁是一种罕见的畸形，既可单独发生，也可与其他先天性心血管系统畸形（如肺动脉发育不全）同时发生。肺静脉闭锁会导致心血管系统发生变化。这种畸形通常在婴儿期和幼儿期因反复发作肺炎和咯血而被诊断出来。在成年人中，肺静脉闭锁的发病率要低得多。在临床上，这种疾病主要表现为呼吸困难和咯血。然而，在极少数病例中没有临床症状。在这种情况下，肺实质的变化是非特异性的，可能会被误认为是各种肺部疾病的表现，包括炎症性成因。本文描述的是一名无呼吸道症状的单侧肺静脉闭锁合并肺动脉发育不全和发育不全肺间质改变的年轻男子临床观察结果。造影剂增强计算机断层扫描首次发现异常是在 21 岁。

关键词： 闭锁；肺静脉；发育不全；肺动脉；下腔静脉；临床病例；计算机断层扫描。

引用本文：

Zharikova VV, Nechaev VA, Kulikova EA, Yudin AL. 单侧肺静脉闭锁：放射诊断中的难题. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):361–369.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD619643>

收到: 25.10.2023

接受: 06.02.2024

发布日期: 25.06.2024

论证

肺静脉闭锁是一种先天性畸形,通常在婴儿或儿童时期表现为反复发作的咯血和肺炎[1]。在成人中极为罕见。在英文文献中,首次在成年期发现的无症状单侧肺静脉闭锁病例不到40例[2]。俄语文献中没有发现类似病例。本文介绍了一例右侧肺静脉闭锁合并右肺动脉发育不全和右肺间质改变的临床观察病例,该病例首次在一位 21 岁的成年男性身上通过计算机断层扫描(CT)发现。

患者V., 21岁,被送往City Clinical Oncology Hospital No. 1 of the Moscow City Health Department机构进行左肾癌史(pT3N0M0)的常规检查,2003年左肾切除术后的肾母细胞瘤状况。

病史

2020年,发现了单个右肾的形成,但根据在另一家医疗机构进行的免疫组织化学研究的结果,没有获得肿瘤过程的数据。内分泌学家对患者进行了Denys-Drash综合征(核型46, XY; 性腺发育不良-进行了性腺切除术)、高促性腺激素性性腺功能减退、男性乳房发育症和身材矮小的观察。根据这句话,他在童年时接受了心脏手术。在2020年之前,没有关于所进行的检查以及所进行的诊断和治疗干预的其他数据。

物理检查、实验室检查和仪器检查的结果

2020 年,在作为体检一部分的荧光造影检查中,患者发现右肺体积缩小,右肺野下部轮廓不清晰的阴影区域(图 1)。检查时患者没有任何不适。

为了弄清所发现病变的性质,对胸部器官进行了无对比增强 CT 扫描,结果显示右肺间质病变,主要表现为叶内和叶间间隔增厚,主要在右肺的中部和下部,支气管壁增厚。此外,在右侧气管支气管和分叉淋巴结区域的纵隔内发现了形状不规则、轮廓不规则的软组织团块,结构均匀,密度+40 HU。这些变化被认为是胸内淋巴结病的表现,这是一种右肺间质性疾病,伴有大疱性肺气肿的体征(图 2)。

根据肺部 CT 扫描的结果,又咨询了肺科医生,并检查了外部呼吸功能。肺呼吸功能以混合限制性和阻塞性变化的形式下降(第一秒用力呼气量为 53%)。由于没有临床表现,建议进行动态随访,并就发现的右肾肿块和纵隔淋巴结病咨询肿瘤专家。

2023 年,在转诊至肿瘤专家后,患者接受了实验室检查(结果符合参考标准)。为了动态监测,对胸部、腹部和盆腔器官进行了静脉造影CT检查,其中右肺体积持续缩小,间质变化明显,肺实质出现“磨砂玻璃”型压区,患肺出现囊肿。与 2020 年的研究相比,CT 图像没有变化。

在分析沿右主支气管轮廓的动静脉期对比断层图像时,在胸内淋巴结区域发现了多条扩张迂曲的动静脉血管(支气管和肋间血管),这些血管以前在没有对比增强的情况下进行检查,被解释为胸内淋巴结病的表现(图 3)。右肺动脉直径减小到 7 毫米(对侧

最大为 14 毫米),右肺静脉未见造影剂增强,这在心脏三维重建图中显示得很清楚(图 4)。

讨论

肺静脉闭锁是一种罕见的先天性畸形,发病率为每 10 万名 2 岁以下儿童中有 1.7 例[3]。它可能发生在子宫内发育过程中,由于单个肺静脉与左心房的融合受损[4-6]。大多数病例是在婴儿期或幼儿期因反复肺炎和/或咯血而被诊断出来的 [1、7、11]。这种发育异常可以发生在任何一侧,不分左侧或右侧,通常伴有心血管系统功能障碍,就像我们的患者一样,他在童年时曾接受过手术治疗。此外,在我们的病例中,有三尖瓣功能不全的间接征象,表现为下腔静脉和肝静脉肝段腔内的血流反流。

成人的主要症状是运动时呼吸困难和咯血,通常与肺动脉高压有关 [5]。然而,在极少数病例中,该病没有症状 [3, 8]。

肺静脉闭锁在 50%的病例中是单独发生的,而在其余病例中,则与其他畸形合并,例如肺动脉发育不全,导致灌注不足现象发生,受影响肺部的大小减小[9, 12]。由于小循环圈血管异常,会出现多条血管袢,多以扩张的肋间和支气管动脉和静脉为代表。它们与新形成的血管汇合,导致小叶间隔增厚、出现裂周病灶和肺实质“毛玻璃”型致密区域,这是淋巴滞留和静脉淤血的表现[2, 9]。当单个毛细血管、小动脉和静脉的血流停止,同时血管网急剧扩张,正常的血液外流受到破坏导致血液溢入这些血管时,受影响的肺实质就会供血不足。因此,肺泡毛细血管膜和

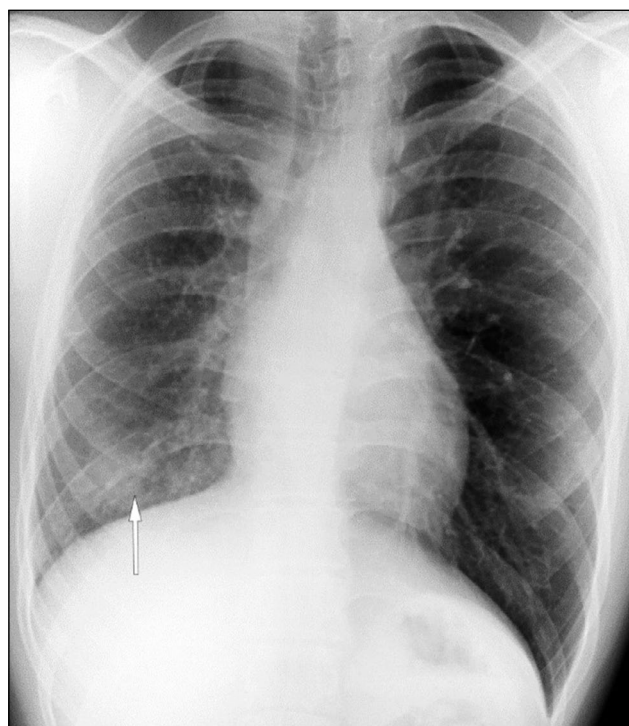


图 1. 肺部荧光图。右肺容积减小,右肺野下部出现无清晰轮廓的阴影区域(白色箭头)。

肺泡间隔增厚。结果，肺气体交换明显恶化，出现低氧血症[10]。

在本次观察中，受影响的肺部也发现了囊肿，这可能不是偶然发现的，而是由于供血不足导致肺泡层毛细血管网破坏或发育不良的结果[2, 7]。

在对先天性心血管系统发育异常进行初级诊断的无创方法中，超声心动图方法发挥着重要作用，它可以确定解剖结构的变化、主要肺血管的大小和供血的特殊性。在我们的病例中，这项检查已经安排好，但患者没有赴约。

在进行胸部器官的标准X光检查时，可以检测到受影响肺的体积减小，以及由于网状成分而导致的肺图案增强。可通过 CT 血管造影进行无创

诊断，作为后续检查，必要时还可进行心脏磁共振成像[9]。在我们的病例中，没有进行心脏磁共振成像，因为在 CT 检查中可以看到静脉和动脉的变化，这使得在不诉诸其他方法的情况下就能确定静脉功能不全的诊断。对比增强 CT 可以显示肺静脉缺失、肺动脉发育不良、右肺体积缩小以及因静脉淤血导致的小叶间隔膜增厚，我们的病例就确定了这一点。

单侧肺静脉闭锁是一种罕见的先天性畸形，常被误认为是继发性恶性病变，就像我们的病例一样，被误认为是肺炎或肺结核[3, 9]。如果出现临床症状，建议选择肺切除术或肺移植术进行治疗[9]。

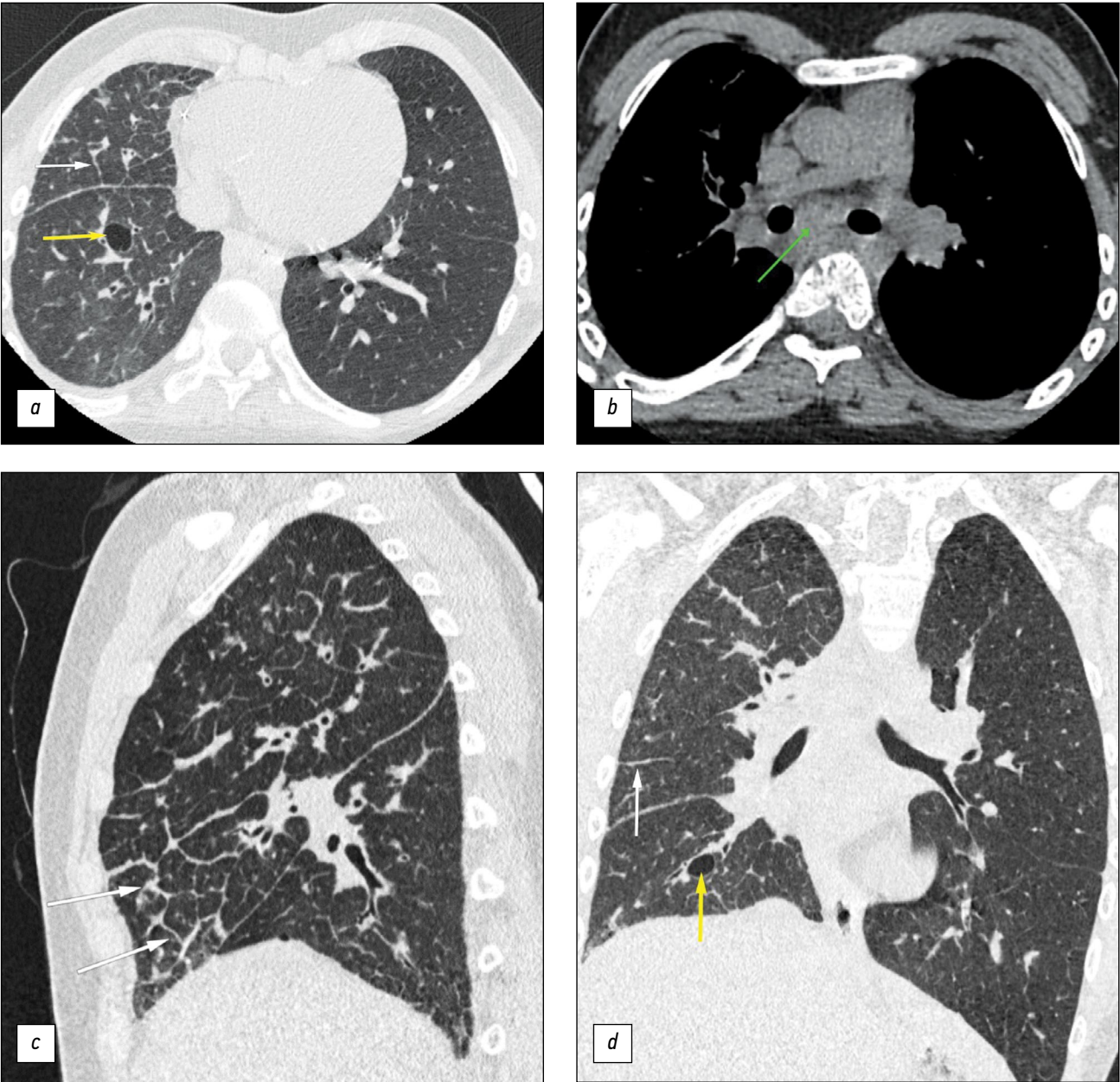


图 2. 肺部的计算机断层扫描图：a、b - 轴向平面；c - 矢状平面；d - 冠状平面。右肺体积缩小。白色箭头表示肺叶间质增厚；黄色箭头表示肺部囊肿；绿色箭头表示纵隔内结构均匀、密度+40 HU的软组织团块。当使用2023年的计算机断层扫描进行动态扫描时，该图像在没有动态的情况下仍然存在。

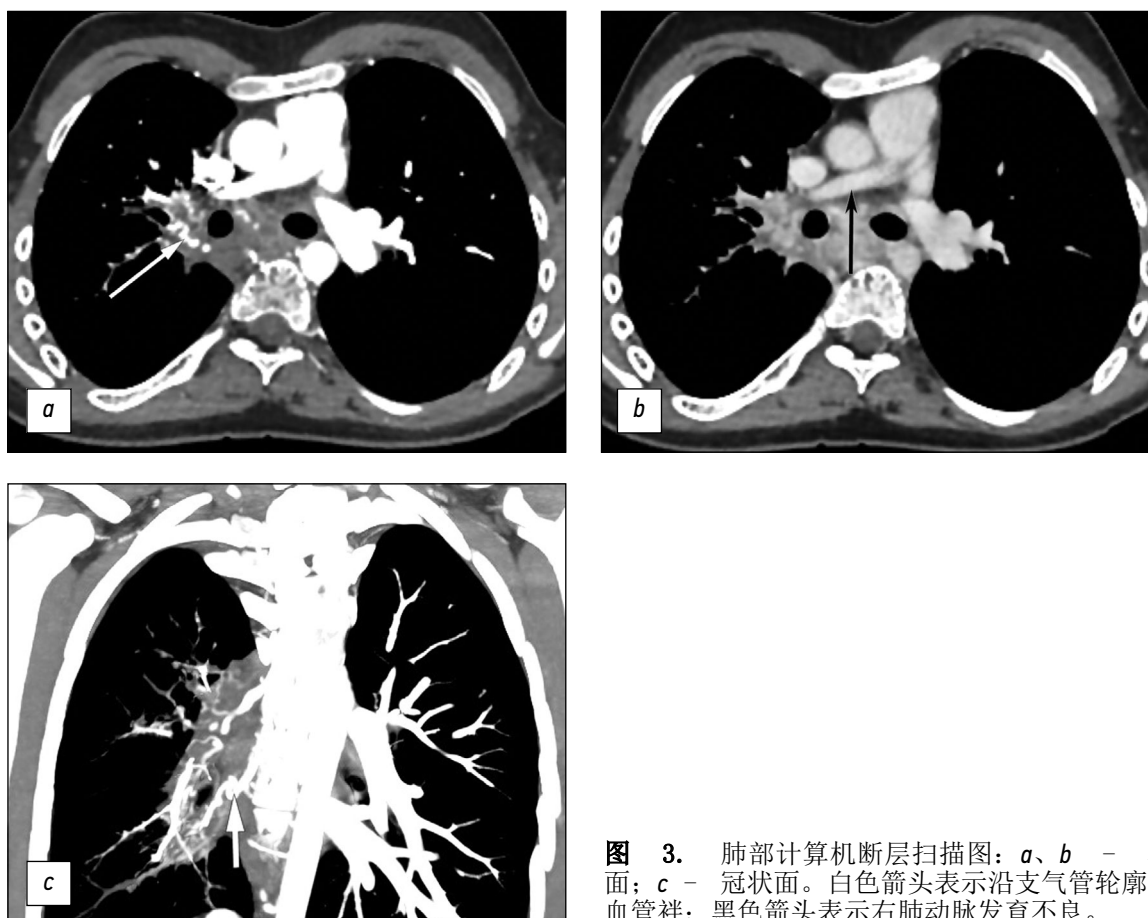


图 3. 肺部计算机断层扫描图: *a*、*b* - 轴向平面; *c* - 冠状面。白色箭头表示沿支气管轮廓的多条血管袢; 黑色箭头表示右肺动脉发育不良。

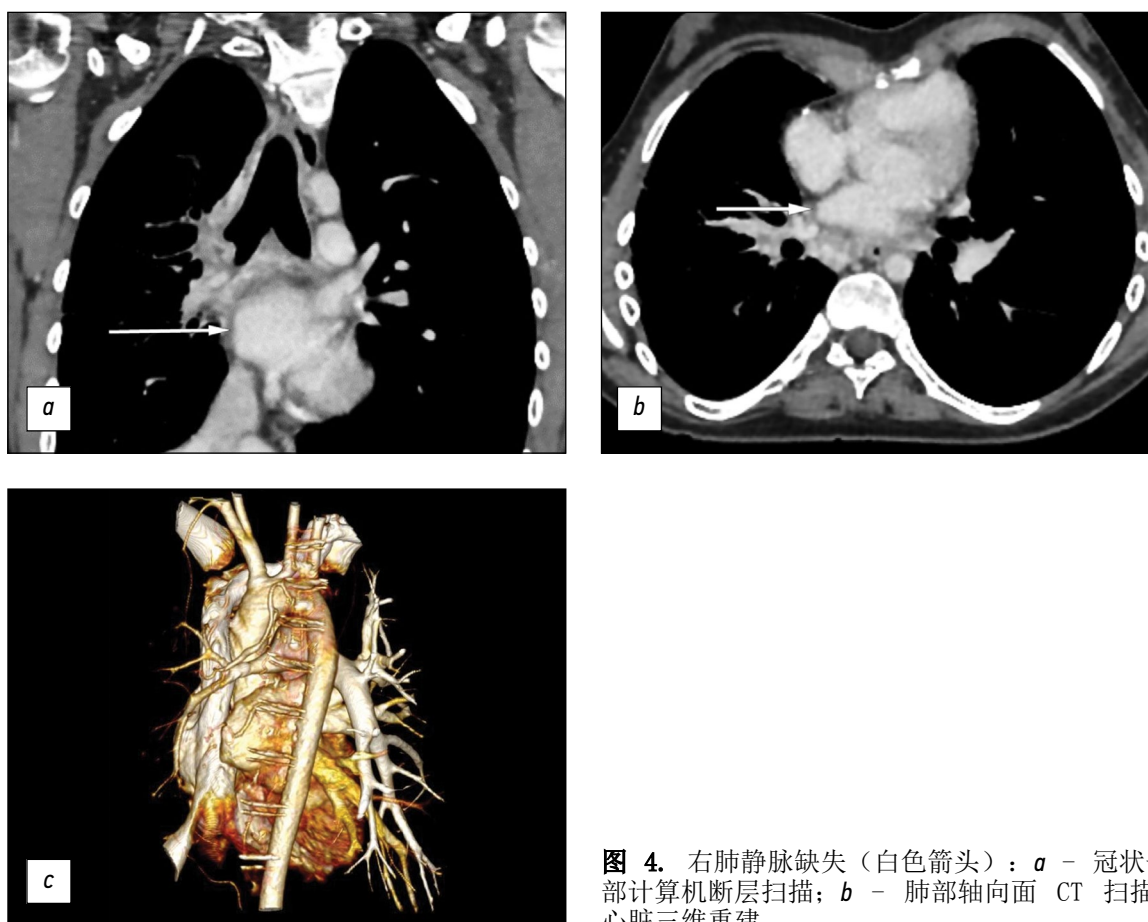


图 4. 右肺静脉缺失 (白色箭头): *a* - 冠状平面肺部计算机断层扫描; *b* - 肺部轴向面 CT 扫描; *c* - 心脏三维重建。

结论

单侧肺静脉闭锁是一种罕见的先天性发育异常，经常与其他心血管异常同时出现。我们报告了一例罕见的先天性小循环血管发育异常与无症状病程的年轻男性病例。在某些病例中，此类患者纵隔和肺部可检测到的变化可能会被误解为肺炎、肺结核或癌症的表现。然而，胸腔造影剂增强 CT 检测到的特定放射学特征的组合可能有助于及时诊断这种发育异常。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

REFERENCES

1. Patil PP. Right pulmonary venous atresia: a rare cause for recurrent unilateral pneumonia. *J. Clin. Diagn. Res.* 2017;11(9):SD01–SD02. doi: 10.7860/JCDR/2017/25670.10596
2. Kim Y, Yoo IR, Ahn MI, Han DH. Asymptomatic adults with isolated, unilateral right pulmonary vein atresia: multidetector CT findings. *Br. J. Radiol.* 2011;84(1002):109–113. doi: 10.1259/bjr/51344661
3. Cohn H-ER, Hicks M, Lacson A, Hicks A. Left hypoplastic lung and hemoptysis — rare familial unilateral pulmonary vein atresia. *Clin. Case Rep.* 2020;8(9):1698–1703. doi: 10.1002/ccr3.2982
4. Reller MD, McDonald RW, Thornburg K, et al. Cardiac embryology: basic review and clinical correlations. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1991;4(5):519–532. doi: 10.1016/s0894-7317(14)80388-x
5. Heyneman LE, Nolan RL, Harrison JK, McAdams HP. Congenital unilateral pulmonary vein atresia: radiologic findings in three adult patients. *Am. J. Roentgenol.* 2001;177(3):681–685. doi: 10.2214/ajr.177.3.1770681
6. Dixit R, Kumar J, Chowdhury K, et al. Case report: isolated pulmonary vein atresia diagnosed on 128-slice multidetector CT. *Indian J. Radiol. Imaging.* 2011;21(4):253–256. doi: 10.4103/0971-3026.90681

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. V.V. Zharikova — clinical evaluation of CT results, data processing, writing text, text editing, preparing illustrations for the article; V.A. Nechaev — clinical evaluation of CT results, text editing, preparing illustrations for the article, advisory support, approval of the final version of the text; E.A. Kulikova — clinical evaluation of CT results, advisory support; A.L. Yudin — text editing, advisory support, advisory support, approval of the final version of the text.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript Digital Diagnostics Journal.

7. Lee SC, Yi JG, Park JH. Cystic lung changes in a thin section CT in an asymptomatic young adult with unilateral pulmonary vein atresia: a case report. *J. Korean Soc. Radiol.* 2012;67(1):45–48. doi: 10.3348/jksr.2012.67.1.45
8. Park S, Cha YK, Kim JS, et al. Isolated Unilateral Pulmonary Artery Hypoplasia with Accompanying Pulmonary Parenchymal Findings on CT: A Case Report. *J. Korean Soc. Radiol.* 2017;76(5):369–373. doi: 10.3348/jksr.2017.76.5.369
9. Cong C-V, Ly T-T, Duc NM. Unilateral pulmonary vein atresia: Literature overview and case report. *Radiol. Case Rep.* 2022;17(4):1313–1317. doi: 10.1016/j.radcr.2022.01.057
10. Pavlenko SM. *Pathological physiology*. Moscow: Medgiz; 1940. (In Russ).
11. Basavarai B, Arun S, Amarinder SM, et al. Unilateral pulmonary vein atresia: diagnostic dilemma unfolded on imaging. *BMJ Case Rep.* 2018. doi: 10.1136/bcr-2017-224154
12. Narayanan R, Shankar B, Paruthikunnan S. Isolated unilateral pulmonary vein atresia. *Lung India.* 2016;33(5):571–572. doi: 10.4103/0970-2113.188990

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Patil P.P. Right pulmonary venous atresia: a rare cause for recurrent unilateral pneumonia // *J. Clin. Diagn. Res.* 2017. Vol. 11, N 9. P. SD01–SD02. doi: 10.7860/JCDR/2017/25670.10596
2. Kim Y., Yoo I.R., Ahn M.I., Han D.H. Asymptomatic adults with isolated, unilateral right pulmonary vein atresia: multidetector CT findings // *Br. J. Radiol.* 2011. Vol. 84, N 1002. P. 109–113. doi: 10.1259/bjr/51344661
3. Cohn H.-E.R., Hicks M., Lacson A., Hicks A. Left hypoplastic lung and hemoptysis — rare familial unilateral pulmonary vein atresia // *Clin. Case Rep.* 2020. Vol. 8, N 9. P. 1698–1703. doi: 10.1002/ccr3.2982
4. Reller M.D., McDonald R.W., Thornburg K., et al. Cardiac embryology: basic review and clinical correlations // *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 1991. Vol. 4, N 5. P. 519–532. doi: 10.1016/s0894-7317(14)80388-x
5. Heyneman L.E., Nolan R.L., Harrison J.K., McAdams H.P. Congenital unilateral pulmonary vein atresia: radiologic findings

- in three adult patients // *Am. J. Roentgenol.* 2001. Vol. 177, N 3. P. 681–685. doi: 10.2214/ajr.177.3.1770681
6. Dixit R., Kumar J., Chowdhury K., et al. Case report: isolated pulmonary vein atresia diagnosed on 128-slice multidetector CT // *Indian J. Radiol. Imaging.* 2011. Vol. 21, N 4. P. 253–256. doi: 10.4103/0971-3026.90681
7. Lee S.C., Yi J.G., Park J.H. Cystic lung changes in a thin section CT in an asymptomatic young adult with unilateral pulmonary vein atresia: a case report // *J. Korean Soc. Radiol.* 2012. Vol. 67, N 1. P. 45–48. doi: 10.3348/jksr.2012.67.1.45
8. Park S., Cha Y.K., Kim J.S., et al. Isolated Unilateral Pulmonary Artery Hypoplasia with Accompanying Pulmonary Parenchymal Findings on CT: A Case Report // *J. Korean Soc. Radiol.* 2017. Vol. 76, N 5. P. 369–373. doi: 10.3348/jksr.2017.76.5.369

9. Cong C.-V., Ly T.-T., Duc N.M. Unilateral pulmonary vein atresia: Literature overview and case report // Radiol. Case Rep. 2022. Vol. 17, N 4. P. 1313–1317. doi: 10.1016/j.radcr.2022.01.057

10. Павленко С.М. Патологическая физиология. Москва : Медгиз, 1940.

11. Basavarai B., Arun S., Amarinder S.M., et al. Unilateral pulmonary vein atresia: diagnostic dilemma unfolded on imaging // BMJ Case Rep. 2018. doi: 10.1136/bcr-2017-224154

12. Narayanan R., Shankar B., Paruthikunnan S. Isolated unilateral pulmonary vein atresia // Lung India. 2016. Vol. 33, N 5. P. 571–572. doi: 10.4103/0970-2113.188990

AUTHORS' INFO

*** Veronika V. Zharikova;**

address: 18A, Zagorodnoe shosse, 117152, Moscow, Russia;
ORCID: 0009-0007-1659-8325;
e-mail: ZharikovaVV@zdrav.mos.ru

Valentin A. Nechaev, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-6716-5593;
eLibrary SPIN: 2527-0130;
e-mail: NechaevVA1@zdrav.mos.ru

Evgenia A. Kulikova;

ORCID: 0000-0002-0319-4934;
eLibrary SPIN: 2884-4803;
e-mail: kulikovaEA14@zdrav.mos.ru

Andrey L. Yudin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-0310-0889;
eLibrary SPIN: 6184-8284;
e-mail: prof_yudin@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Жарикова Вероника Валерьевна;**

адрес: Россия, 117152, г. Москва, ул. Загородное шоссе, 18А;
ORCID: 0009-0007-1659-8325;
e-mail: ZharikovaVV@zdrav.mos.ru

Нечаев Валентин Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-6716-5593;
eLibrary SPIN: 2527-0130;
e-mail: NechaevVA1@zdrav.mos.ru

Куликова Евгения Александровна;

ORCID: 0000-0002-0319-4934;
eLibrary SPIN: 2884-4803;
e-mail: kulikovaEA14@zdrav.mos.ru

Юдин Андрей Леонидович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-0310-0889;
eLibrary SPIN: 6184-8284;
e-mail: prof_yudin@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

An unknown situs viscerum inversus totalis, accidentally discovered after computed tomography

Manuela Montatore¹, Marina Balbino¹, Federica Masino¹, Tupputi Ruggiero²,
Giuseppe Guglielmi^{1, 2, 3}

¹ University of Foggia, Foggia, Italy;

² Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

ABSTRACT

Benign *situs inversus totalis* of the viscerum is often diagnosed accidentally, rarely in adults, and more frequently in children and neonates, affecting both sexes. In this report, a young female patient accidentally discovered a situs inversus totalis after computed tomography for acute abdominal pain. In this uncommon anatomical abnormality, the major visceral organs are reversed in the opposite direction. This report highlights the importance of being aware of and considering situs inversus in clinical practice, particularly when interpreting imaging findings and planning medical procedures. This is critical for differential diagnosis and comorbidities that may affect those patients.

The cause of *situs inversus totalis* is still unknown; however, this condition is frequently asymptomatic, particularly in infants, and is sometimes associated with other syndromes. The patient arrived at the emergency department with left flank pain, nausea, and fever. In the first ultrasonography, a strange anatomy was suspected; thus, a contrasted computed tomography was performed. The patient had never had a computed tomography scan before. The identification of situs inversus totalis was unexpected and coincidental; the computed tomography images were carefully examined. In patients with chest or abdominal pain, clinicians may consider situs inversus totalis based on computed tomography, particularly if without clinical and imaging history. This knowledge can help in the differential diagnosis, avoiding unneeded interventions. Moreover, comorbidities that affect several systems, particularly cardiovascular and pulmonary systems, affect quite a few patients with situs inversus totalis, who require careful examination and lifelong monitoring.

Keywords: computed tomography; diagnostic imaging; situs inversus totalis; viscerum inversus; anatomic variation; dextrocardia; left-sided gallbladder; left-right asymmetry; mirror-image transposition.

To cite this article:

Montatore M, Balbino M, Masino F, Ruggiero T, Guglielmi G. An unknown situs viscerum inversus totalis, accidentally discovered after computed tomography. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):370–378. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

Полная транспозиция внутренних органов неясной этиологии, случайно выявленная при компьютерной томографии

M. Montatore¹, M. Balbino¹, F. Masino¹, T. Ruggiero², G. Guglielmi^{1, 2, 3}¹ University of Foggia, Фоджа, Италия;² Dimiccoli Hospital, Барлетта, Италия;³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

Доброкачественная транспозиция внутренних органов (*situs inversus totalis*) часто диагностируется случайно, редко у взрослых и чаще у детей и новорождённых, как правило, у представителей обоих полов. В данной статье описан случай молодой пациентки, у которой случайно обнаружили *situs inversus totalis* при компьютерной томографии по поводу острой боли в животе. При этой редкой аномалии основные внутренние органы имеют зеркальное расположение. Данный случай подчёркивает важность информированности врачей и учёта *situs inversus* в клинической практике, особенно при интерпретации результатов визуализации и планировании медицинских процедур. Знания о подобных аномалиях очень важны для дифференциальной диагностики и выявления сопутствующих заболеваний у таких пациентов.

Этиология *situs inversus totalis* до сих пор не ясна, однако это состояние часто протекает бессимптомно, особенно у младенцев, и иногда ассоциируется с другими синдромами. Наша пациентка поступила в отделение неотложной помощи с болью в левом боку, тошнотой и лихорадкой. При первом ультразвуковом исследовании было выявлено нетипичное расположение внутренних органов. По этой причине была назначена компьютерная томография с контрастированием, после чего снимки были тщательно изучены. Ранее пациентка никогда не проходила компьютерную томографию, поэтому *situs inversus totalis* оказалась неожиданной и случайной находкой. При болях в груди или животе врачи могут предположить наличие *situs inversus totalis* по результатам компьютерной томографии, особенно если нет других клинических и визуализационных данных в анамнезе. Эти знания могут помочь в дифференциальной диагностике, позволяя избежать ненужных вмешательств. Более того, сопутствующие заболевания, затрагивающие несколько систем органов, в частности сердечно-сосудистую и лёгочную, встречаются у многих пациентов с *situs inversus totalis*, что требует тщательного обследования и наблюдения за ними в течение всей жизни.

Ключевые слова: компьютерная томография; диагностическая визуализация; *situs inversus totalis*; *viscerum inversus*; анатомический вариант; декстрокардия; левосторонний желчный пузырь; лево-правая асимметрия; зеркальная транспозиция.

Как цитировать:

Montatore M., Balbino M., Masino F., Ruggiero T., Guglielmi G. Полная транспозиция внутренних органов неясной этиологии, случайно выявленная при компьютерной томографии // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 370–378. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

计算机断层扫描中偶然发现的病因不明的内脏器官完全移位

Manuela Montatore¹, Marina Balbino¹, Federica Masino¹, Tupputi Ruggiero²,
Giuseppe Guglielmi^{1, 2, 3}

¹ University of Foggia, Foggia, Italy;

² Dimiccoli Hospital, Barletta, Italy;

³ Casa Sollievo della Sofferenza Hospital, Foggia, Italy

摘要

良性内脏器官移位 (situs inversus totalis) 通常是偶然诊断出来的, 很少发生在成人身上, 更常见于儿童和新生儿, 通常男女均可患病。本文描述了一名年轻患者的病例, 她因急性腹痛而在接受计算机断层扫描时意外被诊断出患有 situs inversus totalis。在这种罕见的异常中, 主要内脏器官呈镜像。本病例强调了医生在临床实践中认识和考虑 situs inversus 的重要性, 尤其是在解释成像结果和规划医疗程序时。了解这类异常对于鉴别诊断和发现这些患者的合并症非常重要。

Situs inversus totalis 的病因尚不清楚, 但这种疾病通常没有症状, 尤其是在婴儿身上, 有时还伴有其他综合征。我们的患者因左侧腹痛、恶心和发热被送入急诊科。第一次超声检查发现内脏器官的位置不典型。因此, 医生要求患者接受造影剂计算机断层扫描, 并对图像进行了仔细检查。患者以前从未做过计算机断层扫描, 因此 situs inversus totalis 是一个意外的偶然发现。在胸痛或腹痛的情况下, 按照计算机断层扫描结果, 医生可能会假设有 situs inversus totalis, 尤其是在没有其他临床或影像学病史的情况下。这些知识有助于鉴别诊断, 避免不必要的干预。此外, 涉及多个器官系统 (尤其是心血管和肺部) 的合并症在许多 situs inversus totalis 患者中很常见, 需要进行仔细评估和终身随访。

关键词: 计算机断层扫描; 诊断成像; situs inversus totalis; viscerum inversus; 解剖变异; 右旋心; 左侧胆囊; 左右不对称; 镜像移位。

引用本文:

Montatore M, Balbino M, Masino F, Ruggiero T, Guglielmi G. 计算机断层扫描中偶然发现的病因不明的内脏器官完全移位. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):370–378. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD625432>

收到: 01.01.2024

接受: 05.03.2024

发布日期: 18.07.2024

论证

内脏位置逆转 (Situs viscerum inversus, 内脏位置逆转) 是一种先天性畸形, 其特征是主要内脏器官呈镜面状排列 (完全或不完全), 器官排列与正常情况不同[1-6]。

“Situs”一词定义了内脏格局, 与个别不对称内脏器官的位置有关, 包括胃肠道、肝脏、脾脏和肺脏[7]。内脏位置逆转分为solitus (正常)、inversus (镜像器官) 和situs ambiguous (异位)。因此, situs solitus 意味着正常的解剖结构, situs inversus 意味着器官正确位置的完全改变, 而 situs ambiguous 则意味着器官典型左侧或右侧解剖结构的任何其他异常。

内脏位置逆转还可细分为完全性转位 (situs inversus totalis, SIT) 和不完全性或部分性转位, 在不完全性或部分性转位中, 只有部分器官发生了转位, 而其他器官则保持正常。器官转位的程度各不相同。例如, 具有典型左侧心脏位置和腹部器官转位的患者可以正常工作 [8-10]。此类畸形的起源尚不清楚, 但通常没有症状, 尤其是在婴儿身上。这种临床症状可导致一系列胸腔问题, 尤其是心脏层面的问题, 以及腹部并发症 [11]。完全性转位还会使这些患者的诊断评估和进一步治疗复杂化。

病例描述

病史

患者, 56岁, 因左侧, 尤其是左半边腹部周期性绞痛而入院急诊室。该女性的疼痛间歇性地向上、向后、肩胛骨下和左肩移动[7-12]。

症状中还包括恶心和呕吐, 医生首先猜测的是胆绞痛。医生安排患者进行血液检查和超声波检查。由于生活困难, 患者之前没有接受过影像学检查。根据超声波检查结果, 医生怀疑腹腔器官解剖不典型, 于是为患者进行了造影剂计算机断层扫描 (CT) (图 1)。

患者没有其他明显的心脏或呼吸系统症状, 也没有 CT 病史。最初的胸部 CT 成像显示为右心

室突出, 从而提出了一个新的假设。进一步的胸部和腹部影像学检查证实了病因不明的完全性转位诊断 (图 2、图 3)。

诊断评估

造影剂 CT 证实了完全性转位的诊断: 无症状 内脏位置逆转 (图 4)。

此外, 在上腹部拍摄的照片中, 可以看到左侧胆囊有微钙化, 这可以解释左侧反复腹痛的临床症状 [1-7]。大多数情况下, 这一意外发现对患者的健康完全无害[9]。

鉴别诊断

首要目标是找出左侧急性侧腹疼痛的原因[11-13]。由于患者的器官位置倒置, 疼痛的原因与通常的原因不同: 左侧胆绞痛, 而正常情况下应该是右侧胆绞痛[9]。实验室检查也证实了这一临床症状, 结果显示 C 反应蛋白和白细胞浓度以及转氨酶活性水平略有升高。

干预

在我们介绍的病例中, 没有出现与完全性转位相关的严重症状或急性问题。所有的医疗干预都归结为消除危急症状以及治疗和预防并发症[12-16]。胆绞痛的治疗重点是使用止痛药和解痉药减轻疼痛, 以缓解症状 (图 5)。

对完全性转位患者的进一步治疗和随访通常是多学科, 包括与肺科医生、心脏科医生和肠胃科医生会诊。治疗方案根据每位患者的具体情况量身定制。

随访和结果

为了优化治疗并保持尽可能好的生活质量, 完全性转位患者需要定期随访, 并在现在和将来与医生进行沟通 [15, 16]。

讨论

内脏位置逆转包括心脏和主要内脏器官的倒置 [1-4]。这是一种罕见的先天性畸形, 表现为胸腔和

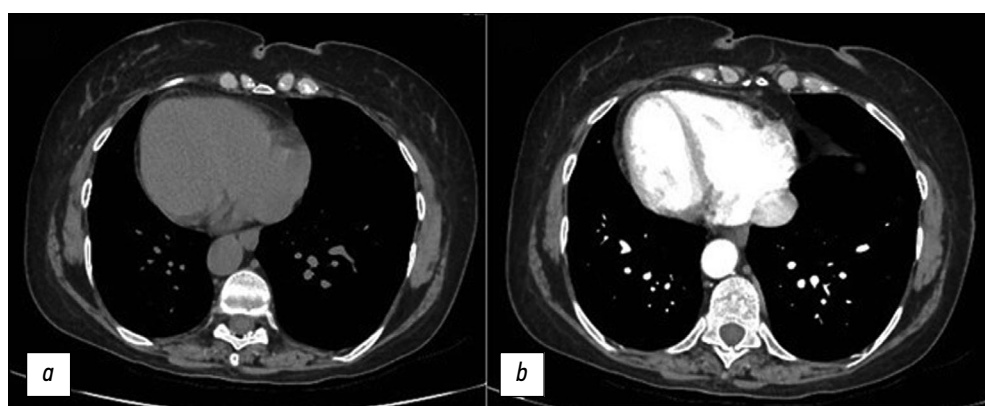


图 1. 胸部轴向投影计算机断层扫描: a - 无造影剂; b - 有造影剂。可见右心室扩张。该病例被诊断为 situs inversus: 左肺有三个肺叶, 右肺有两个肺叶, 心尖位于右侧。

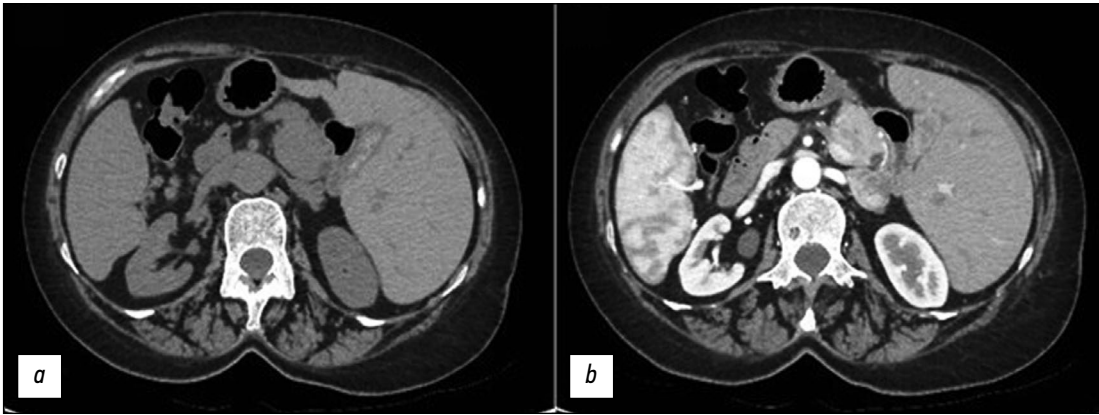


图 2. 腹腔计算机断层扫描轴向投影：*a* - 无造影剂；*b* - 有造影剂。图中可见 完全性转位和胆囊中的几个钙化点。左侧为胃和脾脏，右侧为肝大叶。

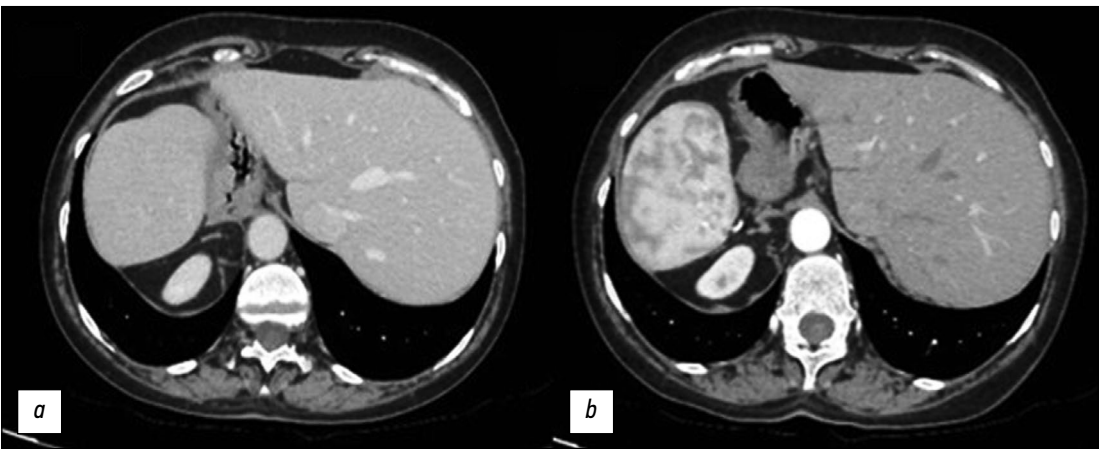


图 3. 轴向投影计算机断层扫描：*a* - 无造影剂；*b* - 有造影剂。胃位于右侧。

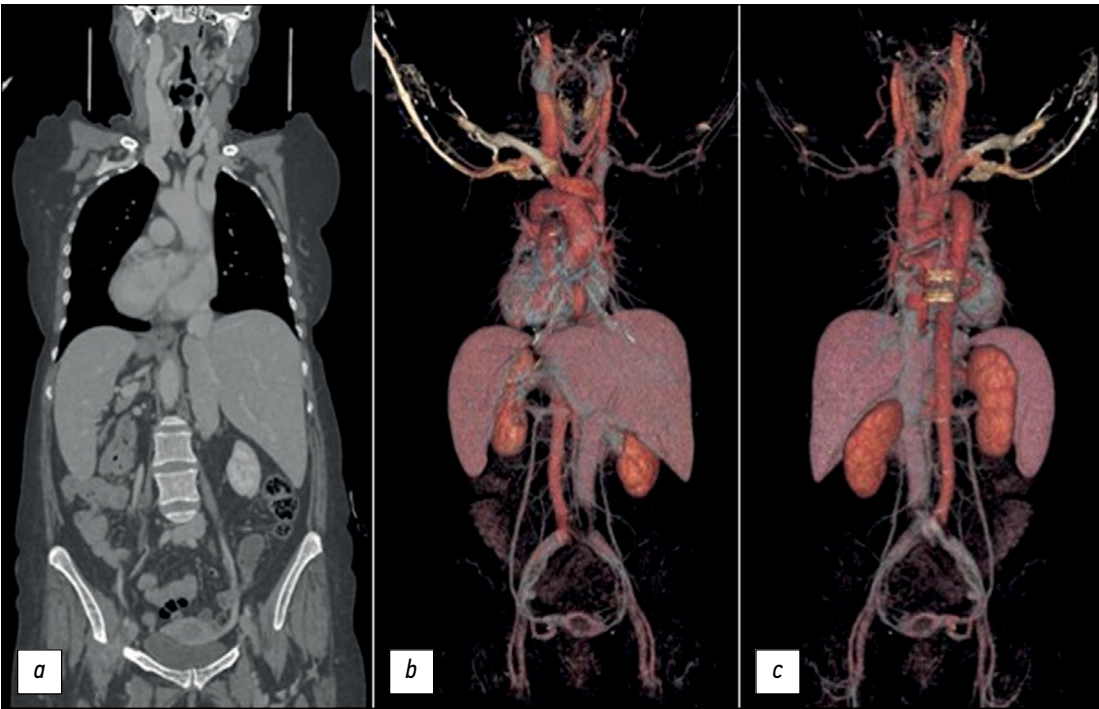


图 4. 冠状投影下的完全性转位：*a* - 计算机断层扫描；*b* - 容积成像（前部）；*c* - 容积成像（后部）。

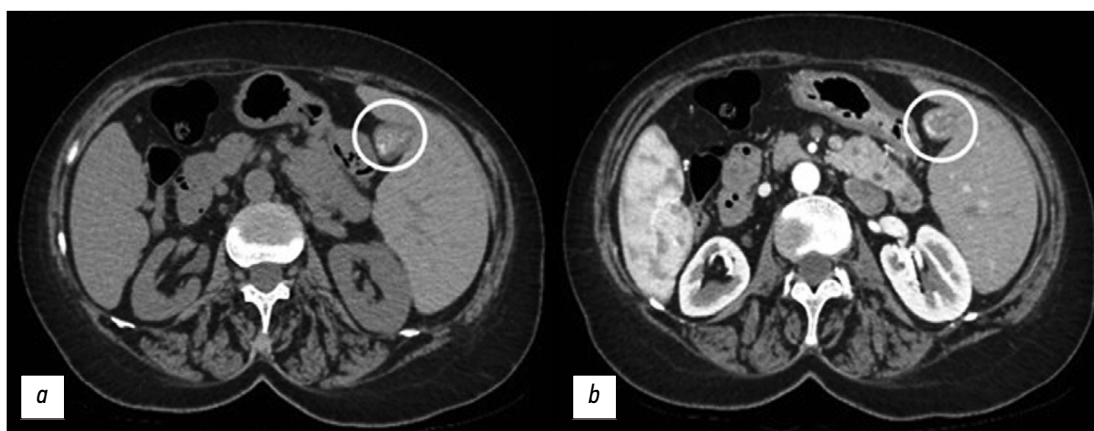


图 5. 计算机断层扫描: *a* - 无造影剂; *b* - 有造影剂。可以看到胆囊有多处钙化, 这是导致左侧腹痛的原因。

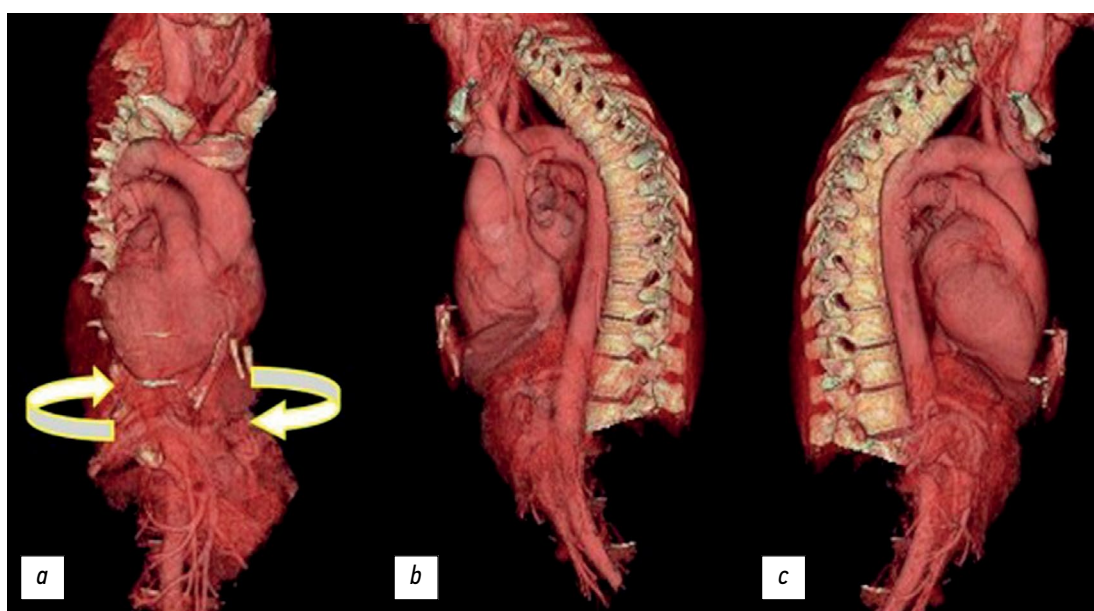


图 6. 从导管旋转的不同角度观察纵隔器官 (右侧为心脏和主动脉) 的一系列容积图像: *a* - 前方; *b* - 后方, 左侧; *c* - 后方, 右侧。

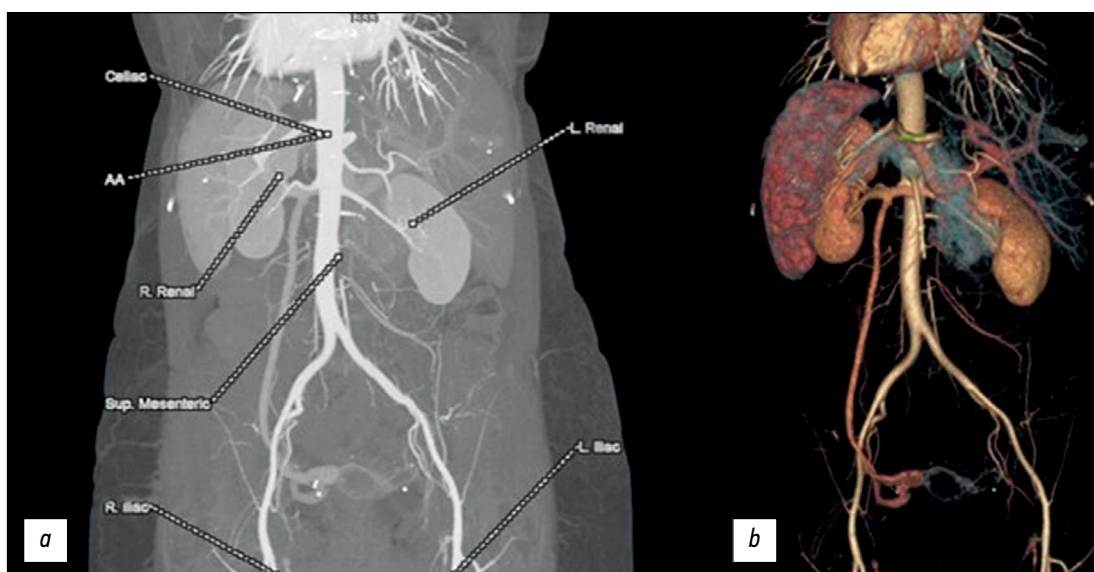


图 7. 全腹坐位综合征腹腔动脉解剖图。左侧--肝脏, 对侧--脾脏: *a*--血管造影; *b*--容积成像。

胸腔器官的反向转位 [5]。右心室脱位 (心脏的真实镜像定位) 通常与内脏位置逆转有关, 主动脉指向对侧上方 (图 6)。

这种位置布局会影响胸部器官的功能, 尤其是心脏和大血管, 因为所有心腔的位置都不对称, 而且心脏本身位于右侧。此外, 动脉和腹部器官也是镜像布局 (图 7)。

目前, 完全性转位仍没有明确的公认病因。考虑到非典型器官位置与其他不寻常的先天性异常之间的常见联系, 一项研究提出了后天病因的假设, 即宫内损伤破坏了正常的细胞分化过程和胚胎母细胞的形成方向 [8]。

这种解剖学特征会使诊断过程和诊断或治疗程序复杂化, 尤其是侵入性程序。由于此类病例的罕见性, 执业医师, 尤其是消化内科医生、放射科医生和外科医生, 通常对此类患者缺乏足够的经验 [14–16]。

结论

许多 内脏位置逆转患者在出现需要治疗的症状之前, 或者在进行胸部听诊或腹部超声波等临床检查之前, 并不知道自己有这种异常。然而, 对这些

患者进行随访是必要的, 因为器官的镜像位置可能会导致将来难以发现异常。因此, 定期检查以及医生与完全性转位患者之间的沟通对于优化治疗、保持最佳生活质量以及预防未来病变至关重要。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

F. Masino, R. Tupputi — data collection; F. Masino, G. Guglielmi — analysis and interpretation of results; M. Montatore, M. Balbino — draft manuscript preparation, editing the manuscript.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

REFERENCES

1. Spoon JM. Situs inversus totalis. *Neonatal Netw.* 2001;20(1):59–63. doi: 10.1891/0730-0832.20.1.63
2. Eitler K, Bibok A, Telkes G. Situs Inversus Totalis: A Clinical Review. *Int J Gen Med.* 2022;15:2437–2449. doi: 10.2147/IJGM.S295444
3. Tsoucalas G, Thomaidis V, Fiska A. Situs inversus Totalis: Always recall the uncommon. *Clin Case Rep.* 2019;7(12):2575–2576. doi: 10.1002/ccr3.2433
4. Hernanz-Schulman M. Situs inversus? *N Engl J Med.* 1994;331(3):205. doi: 10.1056/NEJM199407213310317
5. Chen XQ, Lin SJ, Wang JJ, et al. "Reverse life": A rare case report of situs inversus totalis combined with cardiac abnormalities in a young stroke. *CNS Neurosci Ther.* 2022;28(9):1458–1460. doi: 10.1111/cns.13879
6. Chudnoff J, Shapiro H. Two cases of complete situs inversus. *Anat. Rec.* 2005;74(2):189–194. doi: 10.1002/ar.1090740207
7. Baillie M. An Account of a Remarkable Transposition of the Viscera in the Human Body. *Lond Med J.* 1789;10(Pt 2):178–197.
8. Taussig HB. *Congenital Malformations of the Heart.* New York: Commonwealth Fund; 1948.
9. Choe YH, Kim YM, Han BK, Park KG, Lee HJ. MR imaging in the morphologic diagnosis of congenital heart disease. *Radiographics.* 1997;17(2):403–422. doi: 10.1148/radiographics.17.2.9084081
10. Chen W, Guo Z, Qian L, Wang L. Comorbidities in situs inversus totalis: A hospital-based study. *Birth Defects Res.* 2020;112(5):418–426. doi: 10.1002/bdr2.1652
11. Cholest MR. Discrepancies in pain and symptom distribution; position of the testicles as a diagnostic sign in situs inversus totalis. *Am. J. Surg.* 1947;73(1):104–107. doi: 10.1016/0002-9610(47)90297-3
12. Mayo CW, Rice RG. A statistical review of seventy-six cases of situs inversus totalis with special reference to biliary disease. *Tr. West.* 1948;56:188.
13. Pipal DK, Pipal VR, Yadav S. Acute Appendicitis in Situs Inversus Totalis: A Case Report. *Cureus.* 2022;14(3):e22947. doi: 10.7759/cureus.22947
14. Mayo CW, Rice RG. Situs inversus totalis: a statistical review of data on 76 cases with special reference to disease of the biliary tract. *Arch Surg (1920).* 1949;58(5):724–730.
15. Borude S, Jadhav S, Shaikh T, Nath S. Laparoscopic sleeve gastrectomy in partial situs inversus. *J Surg Case Rep.* 2012;2012(5):8. doi: 10.1093/jscr/2012.5.8
16. Blegen HM. Surgery in situs inversus. *Ann. Surg.* 1949;129(2):244–259. doi: 10.1097/00000658-194902000-00009
17. Block FB, Michael MA. Acute appendicitis in complete transposition of viscera: report of a case with symptoms referable to right side mechanism of pain in visceral diseases. *Ann. Surg.* 1938;107(4):511–516. doi: 10.1097/00000658-193804000-00005

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spoon J.M. Situs inversus totalis // Neonatal Netw. 2001. Vol. 20, N 1. P. 59–63. doi: 10.1891/0730-0832.20.1.63
2. Eitler K., Bibok A., Telkes G. Situs Inversus Totalis: A Clinical Review // Int J Gen Med. 2022. Vol. 15. P. 2437–2449. doi: 10.2147/IJGM.S295444
3. Tsoucalas G., Thomaidis V., Fiska A. Situs inversus Totalis: Always recall the uncommon // Clin Case Rep. 2019. Vol. 7, N 12. P. 2575–2576. doi: 10.1002/ccr3.2433
4. Hernanz-Schulman M. Situs inversus? // N Engl J Med. 1994. Vol. 331, N 3. P. 205. doi: 10.1056/NEJM199407213310317
5. Chen X.Q., Lin S.J., Wang J.J., et al. "Reverse life": A rare case report of situs inversus totalis combined with cardiac abnormalities in a young stroke // CNS Neurosci Ther. 2022. Vol. 28, N 9. P. 1458–1460. doi: 10.1111/cns.13879
6. Chudhoff J., Shapiro H. Two cases of complete situs inversus // Anat. Rec. 2005. Vol. 74, N 2. P. 189–194. doi: 10.1002/ar.1090740207
7. Baillie M. An Account of a Remarkable Transposition of the Viscera in the Human Body // Lond Med J. 1789. Vol. 10(Pt 2). P. 178–197.
8. Taussig H.B. Congenital Malformations of the Heart. New York : Commonwealth Fund, 1948.
9. Choe Y.H., Kim Y.M., Han B.K., Park K.G., Lee H.J. MR imaging in the morphologic diagnosis of congenital heart disease // Radiographics. 1997. Vol. 17, N 2. P. 403–422. doi: 10.1148/radiographics.17.2.9084081
10. Chen W., Guo Z., Qian L., Wang L. Comorbidities in situs inversus totalis: A hospital-based study // Birth Defects Res. 2020. Vol. 112, N 5. P. 418–426. doi: 10.1002/bdr2.1652
11. Cholst M.R. Discrepancies in pain and symptom distribution; position of the testicles as a diagnostic sign in situs inversus totalis // Am. J. Surg. 1947. Vol. 73, N 1. P. 104–107. doi: 10.1016/0002-9610(47)90297-3
12. Mayo C.W., Rice R.G. A statistical review of seventy-six cases of situs inversus totalis with special reference to biliary disease // Tr. West. 1948. Vol. 56. P. 188.
13. Pipal D.K., Pipal V.R., Yadav S. Acute Appendicitis in Situs Inversus Totalis: A Case Report // Cureus. 2022. Vol. 14, N 3. P. e22947. doi: 10.7759/cureus.22947
14. Mayo C.W., Rice R.G. Situs inversus totalis: a statistical review of data on 76 cases with special reference to disease of the biliary tract // Arch Surg (1920). 1949. Vol. 58, N 5. P. 724–730.
15. Borude S., Jadhav S., Shaikh T., Nath S. Laparoscopic sleeve gastrectomy in partial situs inversus // J Surg Case Rep. 2012. Vol. 2012, N 5. P. 8. doi: 10.1093/jscr/2012.5.8
16. Blegen H.M. Surgery in situs inversus // Ann. Surg. 1949. Vol. 129, N 2. P. 244–259. doi: 10.1097/00000658-194902000-00009
17. Block F.B., Michael M.A. Acute appendicitis in complete transposition of viscera: report of a case with symptoms referable to right side mechanism of pain in visceral diseases // Ann. Surg. 1938. Vol. 107, N 4. P. 511–516. doi: 10.1097/00000658-193804000-00005

AUTHORS' INFO

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121, Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Marina Albino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marinabalbino93@gmail.com

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Ruggiero Tupputi, MD;
e-mail: rutudott@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

* **Giuseppe Guglielmi**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121, Foggia, Italy;
ORCID: 0000-0002-4325-8330;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Manuela Montatore, MD;
ORCID: 0009-0002-1526-5047;
e-mail: manuela.montatore@unifg.it

Marina Albino, MD;
ORCID: 0009-0009-2808-5708;
e-mail: marinabalbino93@gmail.com

Federica Masino, MD;
ORCID: 0009-0004-4289-3289;
e-mail: federicamasino@gmail.com

Ruggiero Tupputi, MD;
e-mail: rutudott@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

Difficulties in the radiological diagnosis of mature adrenal teratoma mimicking neuroblastoma in a child

Ekaterina S. Shchelkanova, Galina V. Tereshchenko, Alexey S. Krasnov

Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia

ABSTRACT

The most common adrenal tumor in young children is neuroblastoma, which can be difficult to differentiate from other conditions such as nephroblastoma, adrenal hemorrhage, angiomyolipoma, myelolipoma, and adenoma. This article describes a case of teratoma, one of the rarest adrenal tumors in children. Initially, despite its large size, it demonstrated all the radiological and histological signs of neuroblastoma. Teratomas are germ cell tumors usually found in the gonads. Adrenal teratomas are extremely rare, accounting for approximately 0.13% of all adrenal tumors. Typically, adrenal teratomas are asymptomatic, as the retroperitoneal space is large enough to accommodate the growth of the tumor without causing symptoms. For the first time in domestic literature, we present a clinical case of adrenal teratoma in a 3-month-old child. The article also presents a detailed description of the diagnostic process and challenges that radiologists and clinicians face when encountering a common tumor in a very rare location for children. This report aimed to help physicians increase awareness of this rare condition and include adrenal teratomas in the potential differential diagnosis of adrenal neoplasms.

Keywords: adrenal teratoma; case report; pediatrics; radiology.

To cite this article:

Shchelkanova ES, Tereshchenko GV, Krasnov AS. Difficulties in the radiological diagnosis of mature adrenal teratoma mimicking neuroblastoma in a child. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):379–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

Submitted: 27.12.2023

Accepted: 13.02.2024

Published online: 28.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

Трудности лучевой диагностики зрелой тератомы надпочечника, имитирующей нейробластому, у ребёнка

Е.С. Щелканова, Г.В. Терещенко, А.С. Краснов

Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Наиболее частое образование надпочечников у детей раннего возраста — это нейробластома, в дифференциальный ряд которой включены такие образования, как нефробластома, кровоизлияние в надпочечник, ангиомиолипома, миелиолипома и аденома. В данной статье описан случай одной из самых редких опухолей надпочечников у детей — тератомы, которая на начальных этапах диагностики, несмотря на крупный размер, демонстрировала все рентгенологические и гистологические признаки нейробластомы.

Тератомы — это герминогенно-клеточные опухоли, обычно обнаруживаемые в области гонад. Тератомы надпочечников встречаются крайне редко и составляют около 0,13% всех образований надпочечников. Как правило, тератомы надпочечников протекают бессимптомно за счёт того, что забрюшинное пространство достаточно обширно для свободного роста образования.

Впервые в отечественной литературе нами представлен клинический случай тератомы надпочечника у ребёнка в возрасте 3 месяцев. В статье также подробно описан ход диагностических исследований и те сложности, с которыми рентгенологи и клиницисты столкнулись, встретив распространённую в детском возрасте опухоль в очень редкой для неё локализации.

Данная статья может помочь врачам повысить осведомлённость о таком редком заболевании и включить тератому надпочечников в потенциальный дифференциальный ряд новообразований надпочечников.

Ключевые слова: тератома надпочечника; клинический случай; педиатрия; лучевая диагностика.

Как цитировать:

Щелканова Е.С., Терещенко Г.В., Краснов А.С. Трудности лучевой диагностики зрелой тератомы надпочечника, имитирующей нейробластому, у ребёнка // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 379–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

一名患有模仿神经母细胞瘤的肾上腺成熟性畸胎瘤的儿童放射诊断难题

Ekaterina S. Shchelkanova, Galina V. Tereshchenko, Alexey S. Krasnov

Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia

摘要

神经母细胞瘤是幼儿最常见的肾上腺肿块，其鉴别系列包括肾母细胞瘤、肾上腺出血、血管肌脂肪瘤、骨髓脂肪瘤和腺瘤。本文描述了一例最罕见的儿童肾上腺肿瘤，即畸胎瘤，尽管其体积较大，但在诊断初期却显示出神经母细胞瘤的所有放射学和组织学特征。

畸胎瘤是生殖细胞肿瘤，通常出现在性腺区域。肾上腺畸胎瘤极为罕见，约占所有肾上腺肿块的0.13%。肾上腺畸胎瘤通常没有症状，这是因为腹膜后间隙足够大，肿块可以自由生长。

我们首次在俄罗斯文献中介绍了一个3个月大儿童肾上腺畸胎瘤的临床病例。文章还详细描述了诊断检查的过程，以及放射科医生和临床医生在罕见部位遇到常见儿童肿瘤时所遇到的困难。

文章旨在帮助医生提高对这种罕见疾病的认识，并将肾上腺畸胎瘤纳入肾上腺肿瘤的潜在鉴别系列。

关键词：肾上腺畸胎瘤；临床病例；儿科；放射诊断。

引用本文：

Shchelkanova ES, Tereshchenko GV, Krasnov AS. 一名患有模仿神经母细胞瘤的肾上腺成熟性畸胎瘤的儿童放射诊断难题. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):379–389. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD622768>

收到: 27.12.2023

接受: 13.02.2024

发布日期: 28.06.2024

论证

原发性肾上腺肿瘤是临床肿瘤学诊断和治疗计划中的重要和难点之一。

世界卫生组织2017年发布的第四版内分泌肿瘤分类将所有肾上腺肿瘤分为两大类[1]:

- 1) 肾上腺皮质肿瘤;
- 2) 肾上腺髓质和肾上腺外副神经节肿瘤。

第一组包括起源于或主要影响肾上腺皮质的肿瘤: 腺瘤、腺癌、生殖道间质肿瘤、腺瘤、间质和间质肿瘤(髓脂瘤和分裂瘤)、血淋巴瘤。

第二组包括: 嗜铬细胞瘤、副神经节瘤和肾上腺神经母细胞瘤(神经母细胞瘤、神经节瘤、神经节细胞瘤)。

迄今为止, 神经母细胞瘤是最常见的儿童肾上腺肿瘤, 其鉴别包括肾母细胞瘤、肾上腺出血、血管脂肪瘤、骨髓脂肪瘤和腺瘤[2-4]。

在本文中, 我们希望报告一例儿童左肾上腺原发性成熟畸胎瘤病例, 最初被认为是神经母细胞瘤, 并介绍该病理的鉴别系列。

我们对文献的回顾显示, 全球范围内大约有20例这样的儿科病例[3, 5, 6]。与此同时, 我们在国内文献中未发现一例此类病例。

病例描述

简介

该患者是一名女孩, 自2020年8月以来一直生病, 当时在2个月大的时候, 在腹部器官的常规超声检查(超声)中发现左肾体积形成(体积197立方厘米)。一个没有特殊性的孩子的生活史。

病史如下:

2020年9月21日 - 患儿在居住地的泌尿科住院。2020年9月22日的肿瘤标志物:

- 神经元特异性烯醇化酶(NSE)升高至24.7ng/ml(正常范围为0-16.3ng/ml);
- 甲胎蛋白(AFP)升高到971ng/ml(正常范围为323±278ng/ml)。

2020年9月23日 - 根据腹部器官多光谱计算机断层扫描(MSCT)的结果, 确定左侧腹膜后有大量体积形成, 尺寸为81×71×87mm(体积260cm³), 具有异质结构, 存在钙化物和囊性包裹体。

肿块延伸至肾窦, 但没有明显延伸至肾实质的迹象。肾上腺沿外侧轮廓变平。左侧肾血管沿肿瘤轮廓通过, 肠系膜上动脉向右移位, 肾小球干向上移位(图1)。

2020年9月29日 - 骨髓造影分析结果: 未检测到肿瘤细胞。

10月初, 在剖腹手术和腹膜后间隙形成活检范围内进行了手术干预。低分化神经母细胞瘤在组织学上得到证实。在Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology进行的组织学检查也证实了这一诊断。由于材料匮乏, 没有进行细胞遗传学研究。

经过检查, 临床诊断为“左侧腹膜后神经母细胞瘤, 并向腹腔扩散”, 并根据NB-2004方案开始治疗。

2020年10月16日 - 为评估肿瘤在局部的动态变化, 患者接受了磁共振成像(MRI)检查, 结果显示肿瘤的大小增加到104×77×118毫米(体积491立方厘米), 病情有所发展。可视化形成的囊实性结构, 存在出血区域, 有造影剂活跃积聚的迹象。

肾上腺沿着肿块的外侧轮廓融合。左侧肾血管沿肿瘤轮廓运行, 肠系膜上动脉向右移位, 肾小球干向上移位。该研究不包括造影剂系列和脂肪组织信号抑制的重量(图2)。

住院治疗

由于病情恶化, 患儿被送往Dmitry Rogachev National Medical Research Center for Pediatric Hematology, Oncology and Immunology的临床肿瘤科住院接受进一步检查, 并决定进一步的治疗策略。入院后, 重新进行了NSE分析: 增加到19.64ng/ml(正常范围为0-16.3ng/ml)。为了排除产生激素的肿瘤, 采取了皮质醇的生化分析: 17.3mcg/dl(正常范围为3.7-19.4mcg/dl)。

2020年10月30日 - 使用甲碘苄胍进行闪烁扫描, 结果未获得放射性药物在肿瘤中蓄积的可靠数据(图3)。

2020年11月1日 - 为了澄清肿瘤的性质, 重复了具有对比度增强的磁共振成像研究, 在一系列腹部扫描中, 左侧腹膜后空间保留了体积囊实性形成的迹象, 形状不规则, 具有足够清晰和均匀的轮廓线, 存在肿瘤内出血(扩散加权图像的扩散限制区域)和脂肪内含物(SPIR模式下的信号损失), 总尺寸高达89×112×141mm(体积731立方厘米)。与之前的研究相比, 肿瘤体积增加了49%。在静脉注射造影剂时, 肿瘤碎块积聚了磁共振造影剂的固体成分。肿瘤向左侧肾脏尾部扩展至盆腔区域。左肾上腺未显影。脾脏被推到前面, 与肿瘤的边界清晰可见。脾脏血管沿着肿瘤前部轮廓延伸, 脾干沿着内侧轮廓延伸。胰腺沿肿瘤前轮廓呈扁平状, 与肿瘤紧密相连。肿瘤上缘紧邻左侧膈肌穹隆, 将其推向尾部, 导致左肺容积缩小(图4)。

根据核磁共振成像结果, 由于检测到脂肪包裹体(SPIR模式下信号抑制), 这不是典型的神经母细胞瘤, 因此首先怀疑是生殖细胞瘤——腹膜后畸胎瘤(左肾上腺?)或间充质性质的肿瘤。

第二天进行了腹腔CT扫描, 证实囊实性肿块内有钙化物和脂肪包裹体, 造影剂有微弱积聚(图5)。

考虑到在第一个疗程的多化疗背景下获得的肿瘤增大的数据、肿瘤的特征以及有脂肪包涵体和肿瘤浸润肾窦区域的迹象, 以及缺乏细胞遗传学研究数据, 该患儿接受了外科手术治疗, 在再次剖腹探查术的范围内切除了腹膜后肿块, 以便进行常规的组织学和细胞遗传学研究。

2020年11月4日 - 实施了以下手术: 开腹手术、腹膜后肿块切除术、左侧输尿管支架植入术。

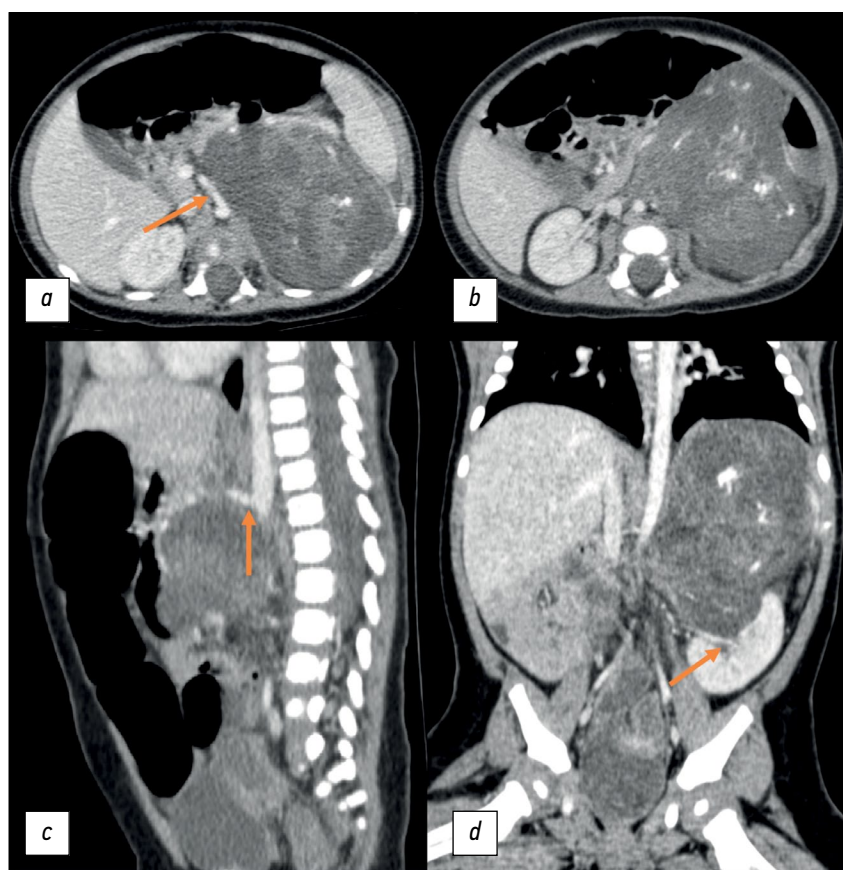


图 1. 2020 年 9 月 23 日静脉注射造影剂的腹腔器官原始计算机断层扫描图，左侧为腹膜后体积肿块：a - 轴向平面，箭头表示肠系膜上动脉向右移位；b - 轴向平面；c - 矢状平面，箭头所指为顶干向上移位；d - 冠状平面，箭头所指为肿瘤扩散至肾窦

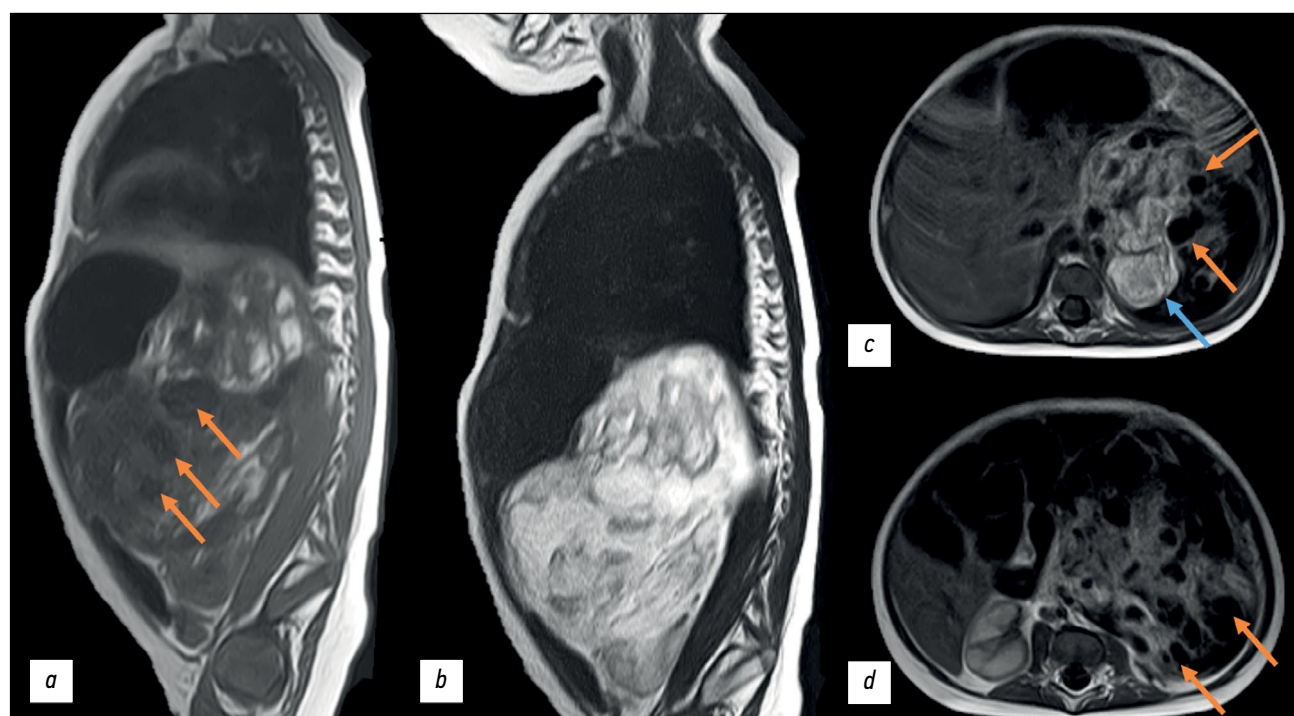


图 2. 2020 年 11 月 16 日的腹腔器官磁共振成像：a - T1 加权矢状投影图像；b - T2 加权矢状投影图像；c、d - T1 加权轴向投影图像，左肾上腺肿块，动态放大。橙色箭头表示肿瘤囊性成分信号降低，蓝色箭头表示肿瘤实性部分信号增强。

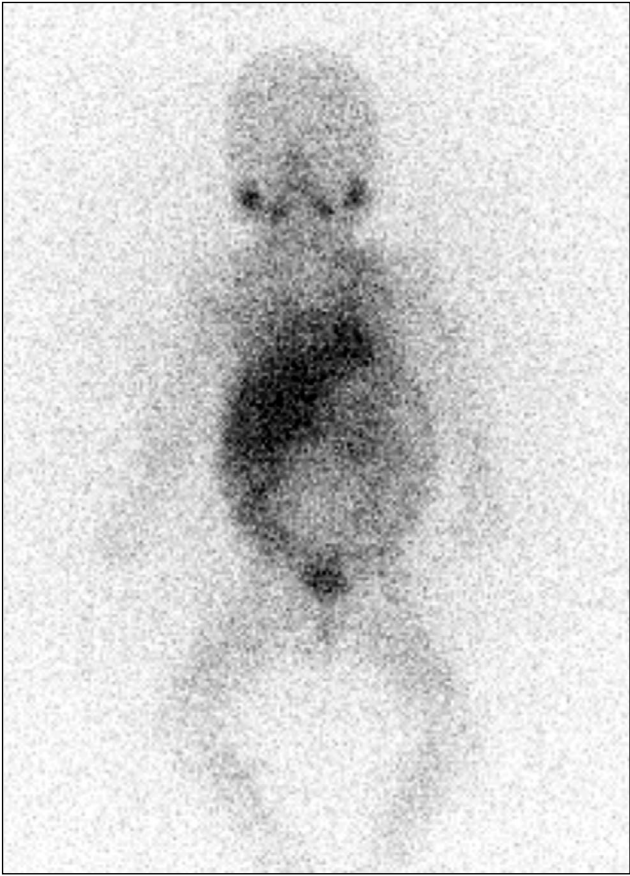


图 3. 2020 年 10 月 30 日使用甲碘苄胍进行的闪烁扫描。未发现肿瘤积聚放射性药物。

2020年11月9日一实验室测试中注意到AFP浓度正常化：51ng/ml。

组织学检查显示，肿瘤形态与左肾上腺成熟畸胎瘤相符。肿瘤主要来自肾上腺髓质。

因此，患者最终被诊断为左肾上腺成熟畸胎瘤。

患儿在 5 个月大时身体状况稳定，在居住地儿科肿瘤学家的动态观察下出院。没有继续进行特殊治疗的指征。

讨论

畸胎瘤是起源于全能细胞的生殖细胞肿瘤[5]。它们包含至少两个生殖细胞层（内胚层、外胚层和/或中胚层）中分化良好或未完全分化的细胞成分。

原发性腹膜后畸胎瘤被认为是原发性生殖细胞从卵黄囊起源到生殖嵴最终目的地之间不同阶段的正常胚胎迁移中断所致[7]。畸胎瘤分为4种组织学类型：成熟畸胎瘤、未成熟畸胎瘤、恶性转化畸胎瘤和单胚层畸胎瘤 [7]。成熟畸胎瘤的生殖细胞层分化良好。未成熟畸胎瘤分化不完全，类似于胎儿或胚胎组织[8]。畸胎瘤可能含有毛发、皮肤、牙齿、神经、脂肪组织、软骨等[3]。性腺外畸胎瘤很少见，肾上腺畸胎瘤更少见。我们发现的最大规模的肾上腺疾病研究是在中国北京协和医学院进行的。该研究在 2009 年 3 月至 2014 年 2 月间收治了 3901 名患者，其中 5 名患者（4 名成人和 1 名 16 岁儿童）被诊断为原发性肾上腺畸胎瘤，仅占 0.13%[9]。

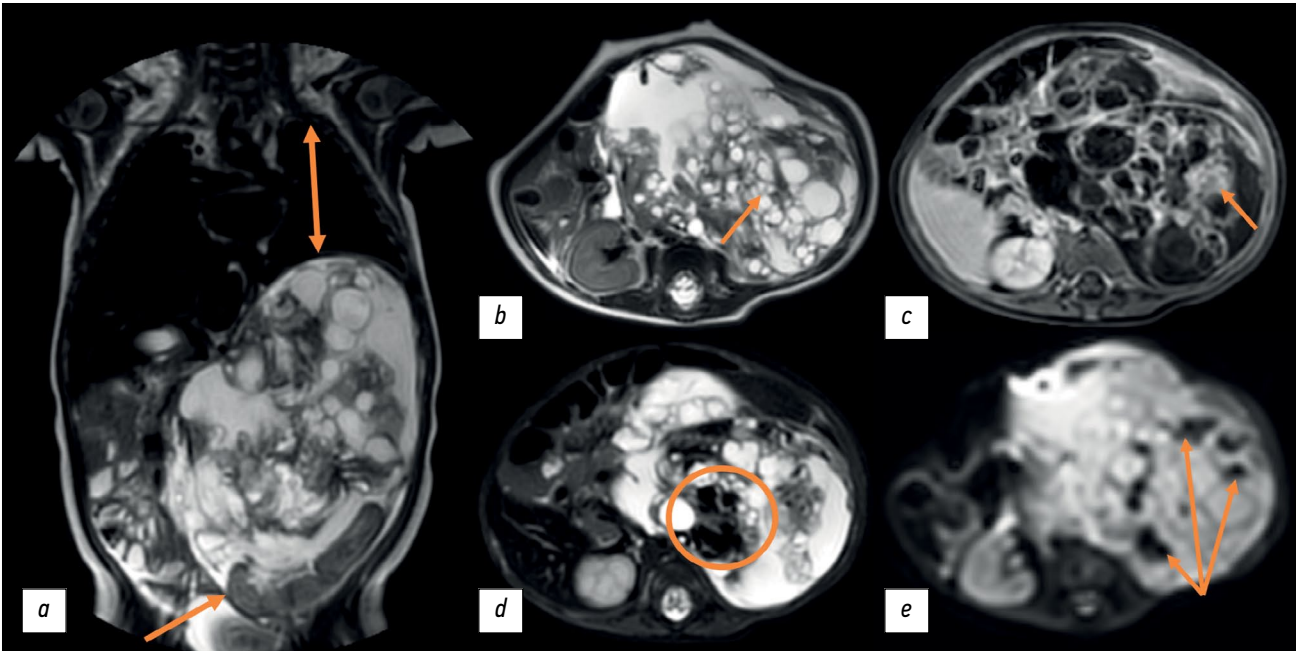


图 4. 2020 年 11 月 1 日对比增强的腹部磁共振成像（冠状面（a）和轴面（b-e））： a - T2 加权图像，由于肿瘤对左侧膈肌圆顶的压力导致左肺体积缩小（双橙色箭头），盆腔内左肾停跳（橙色箭头）； b - T2 加权图像，肿瘤结构中的多个囊肿（橙色箭头）； c - T1 加权 图像+C，造影剂在实性成分中碎裂堆积（橙色箭头）； d - T2 SPIR，脂肪瘤内含物造成的信号丢失（橙色圆圈）； e - 扩散加权图像，瘤内出血造成的扩散受限区域（橙色箭头）。

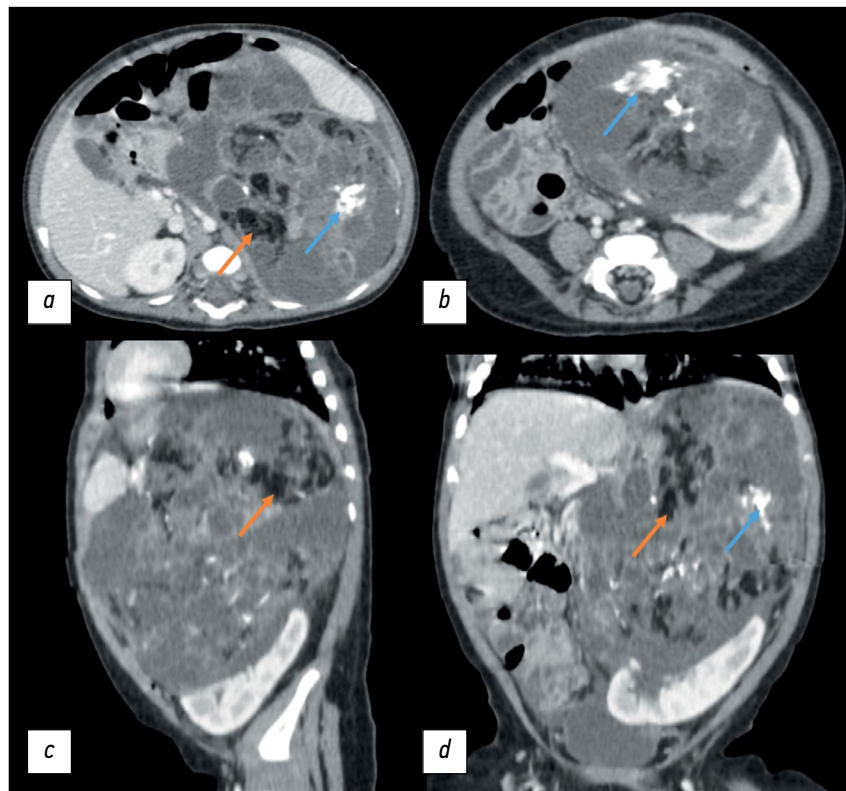


图 5. 2020 年 11 月 1 日腹腔器官对比增强计算机断层扫描图: a、b - 轴位投影; c - 矢状位投影; d - 冠状位投影。橙色箭头表示肿瘤结构中的低密度 (脂肪) 包裹体, 密度-80 HU; 蓝色箭头表示钙化物。

肾上腺畸胎瘤患者通常没有临床表现, 因为腹膜后空间足够大, 可以自由生长。有些患者主诉腰痛、腹部可触及肿块和上腹部疼痛 [3]。

腹腔超声通常是儿科中使用的第一种成像方法。产前胎儿超声检查以及出生后第1个月对腹部器官和腹膜后间隙进行预防性超声检查可增加早期病变的检出率[10]。超声可用于识别囊性、固体和其他复杂肿瘤成分[11]。

MSCT 和磁共振成像有助于确定腹膜后疾病的范围及其与主要血管的关系, 从而更好地制定术前计划, 并增加肿瘤完全切除的可能性, 减少先天性损伤[12]。脂肪包裹体、囊肿形成和钙化被认为是预测 MSCT 中畸胎瘤良性的指标[13]。磁共振成像可显示较高的自然软组织对比度, 在使用脂肪抑制序列时, 对小的脂肪包裹体也有更高的灵敏度。腹膜后畸胎瘤可表达AFP, 其血清浓度是诊断和判断肿瘤复发的良好指标[14]。

这一临床病例清楚地表明, 有必要仔细研究肿瘤结节的结构并评估其各种要素的密度。对患者诊断错误的回顾性分析表明, 在腹腔器官的初诊 MSCT 中, 由于出现了密度为 -70 HU 的低密度小包涵体, 可以推断出畸胎瘤的诊断, 这与肿瘤的脂肪成分相符, 而神经母细胞瘤的脂肪成分并不典型 (图 6)。

此外, 与神经母细胞瘤不同, 肾上腺畸胎瘤的证据还包括肿瘤的轮廓清晰平整, 肿瘤移位血管但不包围血管, 而神经母细胞瘤的轮廓不清晰不规则, 肿瘤通过浸润血管而累及血管。囊实性成

分和钙化是这两种肿瘤的特征。扫描显像中无放射性药物蓄积、NSE 浓度低和 AFP 浓度高也有利于畸胎瘤的诊断。组织学检查错误可能与组织信息较少和材料匮乏的活检有关。

需要注意的是, 除神经母细胞瘤外, 肾上腺肿瘤在儿童中极为罕见。畸胎瘤应与其他含有脂肪成分和钙化部位的肿瘤鉴别。

肾上腺脂肪肿块包括骨髓脂肪瘤、脂肪瘤和骨髓肉瘤, 而腺瘤、嗜铬细胞瘤和肾上腺皮质癌可能有微小的脂肪包裹体。

骨髓脂肪瘤主要在50至70岁之间被诊断出来, 多发于右侧肾上腺区域 [15]。从 MSCT 的放射学角度看, 它有大块脂肪组织病灶, 并伴有 “烟雾状” 或 “斑驳状” 的组织包涵体区域, 密度较高, 为 20 至 30 HU (髓样元素)。在极少数情况下, 它可能含有小钙化物包涵体。

肾上腺脂肪瘤是一种非常罕见的病变, 中位年龄为 54 岁, 最常见于右侧肾上腺。与畸胎瘤不同, 它是一种完全由脂肪成分组成的均匀低密度肿块[16]。

尽管它在儿童时期极其罕见, 脂肪肉瘤也不应被排除在鉴别诊断之外。脂肪肉瘤的特点是轮廓不清晰、不规则、侵犯周围组织和血管。通常可以看到转移灶[17]。

结构中含有钙化物的肾上腺最常见的病变是转移性病变 (我们知道, 在本临床病例中, 患者患有原发性肿瘤, 未发现其他肿瘤) 和结核性病变 (患者的流行病学环境是干净的, 没有结核病的证据) [3]。

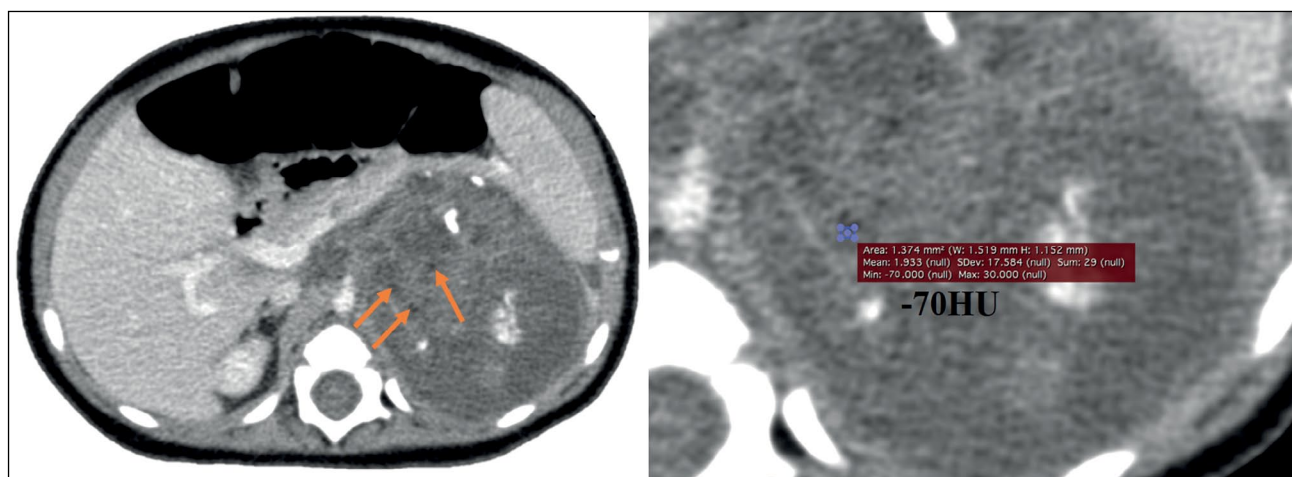


图 6. 2020 年 9 月 23 日腹腔造影剂增强的初始 CT 扫描（轴向投影）。箭头所示为肿瘤结构中的小低密度包涵体，密度-70 HU。

结论

原发性肾上腺畸胎瘤极为罕见，但具有典型的放射学特征，在某些情况下可能与该部位的其他常见儿童肿瘤非常相似。在本病例中，放射科医生能够在诊断搜索的最初阶段就提示这种疾病的存在。对罕见的定位缺乏谨慎、不注意评估肿瘤结节的结构以及对组织学结果的误读导致了诊断错误。从实践中展示罕见病例并处理错误是提高放射诊断质量的重要因素。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was not supported by any external sources of funding.

REFERENCES

1. WHO Classification of Tumours Editorial Board. *WHO classification of tumours of endocrine organs, 4th ed.* Lloyd R.V., Osamura RY, Kloppel G, Rosai J, editors. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2017.
2. Emre Ş, Özcan R, Bakır AC, Kuruoğlu S, et al. Adrenal masses in children: Imaging, surgical treatment and outcome. *Asian J Surg.* 2020;43(4):207–212. doi: 10.1016/j.asjsur.2019.03.012
3. He C, Yang Y, Yang Y, et al. Teratoma of the adrenal gland: clinical experience and literature review. *Gland Surg.* 2020;9(4):1056–1064. doi: 10.21037/gs-20-648
4. Feoktistova EV, Uskova NG, Varfolomeeva SP, et al. Differential diagnosis of congenital cystic neuroblastoma and prenatal adrenal hemorrhage in children of the first months of life. *Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology.* 2017;16(1):62–68. doi: 10.24287/1726-1708-2017-16-1-62-68
5. Wang X, Li X, Cai H, et al. Rare Primary Adrenal Tumor: A Case Report of Teratomas and Literatures Review. *Front Oncol.* 2022;12:830003. doi: 10.3389/fonc.2022.830003
6. AlQattan A, Alsharrit M, Alsaihaty E, et al. The “Monstrous tumor” of Adrenal gland: A case report and review of literature on adrenal teratomas. *Int. J. Surg. Open.* 2023;60:100696. doi: 10.1016/j.ijso.2023.100696
7. Craig WD, Fanburg-Smith JC, Henry LR, et al. Fat-containing lesions of the retroperitoneum: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics.* 2009;29(1):261–290. doi: 10.1148/rq.291085203
8. Wetherell D, Weerakoon M, Williams D, et al. Mature and Immature Teratoma: A Review of Pathological Characteristics and Treatment Options. *Med Surg Urol.* 2014;3(1):124. doi: 10.4172/2168-9857.1000124
9. Li S, Li H, Ji Z, Yan W, Zhang Y. Primary adrenal teratoma: Clinical characteristics and retroperitoneal laparoscopic resection in five adults. *Oncol Lett.* 2015;10(5):2865–2870. doi: 10.3892/ol.2015.3701
10. Sandoval JA, Williams RF. Neonatal Germ Cell Tumors. *Curr Pediatr Rev.* 2015;11(3):205–215. doi: 10.2174/1573396311666150714105531

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. E.S. Shchelkanova — review of publications on the topic of the article, writing the text of the article, preparation of a list of references; G.V. Tereshchenko — approval of the final version of the publication; A.S. Krasnov — editing the text of the manuscript.

Consent for publication. Written consent was obtained from the patient's legal representatives for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript in Digital Diagnostics Journal.

11. Wootton-Gorges SL, Thomas KB, Harned RK, et al. Giant cystic abdominal masses in children. *Pediatr Radiol.* 2005;35(12):1277–1288. doi: 10.1007/s00247-005-1559-7
12. Zhao Z, Deng X, Peng L, Kong X. Case Report Management of retroperitoneal teratoma in infants younger than one-year-old. *Int J Clin Exp Med.* 2018;11(2):1362–1366.
13. Singh AP, Jangid M, Morya DP, Gupta A. Retroperitoneal Teratoma in an Infant. *Journal of Case Reports.* 2014;4(2):317–319. doi: 10.17659/01.2014.0079
14. Rattan KN, Kadian YS, Nair VJ, et al. Primary retroperitoneal teratomas in children: a single institution experience. *Afr J Paediatr Surg.* 2010;7(1):5–8. doi: 10.4103/0189-6725.59350
15. Lam AK. Lipomatous tumours in adrenal gland: WHO updates and clinical implications. *Endocr Relat Cancer.* 2017;24(3):65–79. doi: 10.1530/ERC-16-0564
16. Tejedor DC, Gutierrez VR, Afonso JM, et al. Adrenal lipoma: A case report and literature review. *Urol Case Rep.* 2020;34:101506. doi: 10.1016/j.eucr.2020.101506
17. Liao T, Du W, Li X, et al. Recurrent metastatic retroperitoneal dedifferentiated liposarcoma: a case report and literature review. *BMC Urol.* 2023;23(1):63. doi: 10.1186/s12894-023-01252-3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. WHO Classification of Tumours Editorial Board. WHO classification of tumours of endocrine organs, 4th ed. Lloyd R.V., Osamura R.Y., Kloppel G., Rosai J., editors. Lyon : International Agency for Research on Cancer, 2017.
2. Emre Ş., Özcan R., Bakır A.C., Kuruoğlu S., et al. Adrenal masses in children: Imaging, surgical treatment and outcome // *Asian J Surg.* 2020. Vol. 43, N 4. P. 207–212. doi: 10.1016/j.asjsur.2019.03.012
3. He C., Yang Y., Yang Y., et al. Teratoma of the adrenal gland: clinical experience and literature review // *Gland Surg.* 2020. Vol. 9, N 4. P. 1056–1064. doi: 10.21037/gs-20-648
4. Феоктистова Е.В., Ускова Н.Г., Варфоломеева С.Р., и др. Дифференциальная диагностика кистозной формы нейробластомы и кровоизлияния в надпочечник у детей первых месяцев жизни // *Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии.* 2017. Т. 16, № 1. С. 62–68. doi: 10.24287/1726-1708-2017-16-1-62-68
5. Wang X., Li X., Cai H., et al. Rare Primary Adrenal Tumor: A Case Report of Teratomas and Literatures Review // *Front Oncol.* 2022. Vol. 12. P. 830003. doi: 10.3389/fonc.2022.830003
6. AlQattan A., Alsharhit M., Alsaihaty E., et al. The “Monstrous tumor” of Adrenal gland: A case report and review of literature on adrenal teratomas // *Int. J. Surg. Open.* 2023. Vol. 60. P. 100696. doi: 10.1016/j.ijso.2023.100696
7. Craig W.D., Fanburg-Smith J.C., Henry L.R., et al. Fat-containing lesions of the retroperitoneum: radiologic-pathologic correlation // *Radiographics.* 2009. Vol. 29, N 1. P. 261–290. doi: 10.1148/rg.291085203
8. Wetherell D., Weerakoon M., Williams D., et al. Mature and Immature Teratoma: A Review of Pathological Characteristics and Treatment Options // *Med Surg Urol.* 2014. Vol. 3, N 1. P. 124. doi: 10.4172/2168-9857.1000124
9. Li S., Li H., Ji Z., Yan W., Zhang Y. Primary adrenal teratoma: Clinical characteristics and retroperitoneal laparoscopic resection in five adults // *Oncol Lett.* 2015. Vol. 10, N 5. P. 2865–2870. doi: 10.3892/ol.2015.3701
10. Sandoval J.A., Williams R.F. Neonatal Germ Cell Tumors // *Curr Pediatr Rev.* 2015. Vol. 11, N 3. P. 205–215. doi: 10.2174/1573396311666150714105531
11. Wootton-Gorges S.L., Thomas K.B., Harned R.K., et al. Giant cystic abdominal masses in children // *Pediatr Radiol.* 2005. Vol. 35, N 12. P. 1277–1288. doi: 10.1007/s00247-005-1559-7
12. Zhao Z., Deng X., Peng L., Kong X. Case Report Management of retroperitoneal teratoma in infants younger than one-year-old // *Int J Clin Exp Med.* 2018. Vol. 11, N 2. P. 1362–1366.
13. Singh A.P., Jangid M., Morya D.P., Gupta A. Retroperitoneal Teratoma in an Infant // *Journal of Case Reports.* 2014. Vol. 4, N 2. P. 317–319. doi: 10.17659/01.2014.0079
14. Rattan K.N., Kadian Y.S., Nair V.J., et al. Primary retroperitoneal teratomas in children: a single institution experience // *Afr J Paediatr Surg.* 2010. Vol. 7, N 1. P. 5–8. doi: 10.4103/0189-6725.59350
15. Lam A.K. Lipomatous tumours in adrenal gland: WHO updates and clinical implications // *Endocr Relat Cancer.* 2017. Vol. 24, N 3. P. 65–79. doi: 10.1530/ERC-16-0564
16. Tejedor D.C., Gutierrez V.R., Afonso J.M., et al. Adrenal lipoma: A case report and literature review // *Urol Case Rep.* 2020. Vol. 34. P. 101506. doi: 10.1016/j.eucr.2020.101506
17. Liao T., Du W., Li X., et al. Recurrent metastatic retroperitoneal dedifferentiated liposarcoma: a case report and literature review // *BMC Urol.* 2023. Vol. 23, N 1. P. 63. doi: 10.1186/s12894-023-01252-3

AUTHORS' INFO

* Ekaterina S. Shchelkanova;

address: 1 Samory Mashela street, Moscow, 117997, Russia;
ORCID: 0009-0002-3582-8783;
eLibrary SPIN: 9198-4674;
e-mail: Dr.Shelkanova@yandex.ru

ОБ АВТОРАХ

* Щелканова Екатерина Сергеевна;

адрес: Россия, 117997, Москва, ул. Саморы Машела, д. 1;
ORCID: 0009-0002-3582-8783;
eLibrary SPIN: 9198-4674;
e-mail: Dr.Shelkanova@yandex.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Alexey S. Krasnov;

ORCID: 0000-0003-1099-9332;

eLibrary SPIN: 3238-4124;

e-mail: Alexey.Krasnov@fccho-moscow.ru

Galina V. Tereshchenko, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0001-7317-7104;

eLibrary SPIN: 9413-2500;

e-mail: Galina.Tereshenko@fccho-moscow.ru

Краснов Алексей Сергеевич;

ORCID: 0000-0003-1099-9332;

eLibrary SPIN: 3238-4124;

e-mail: Alexey.Krasnov@fccho-moscow.ru

Терещенко Галина Викторовна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0001-7317-7104;

eLibrary SPIN: 9413-2500;

e-mail: Galina.Tereshenko@fccho-moscow.ru