



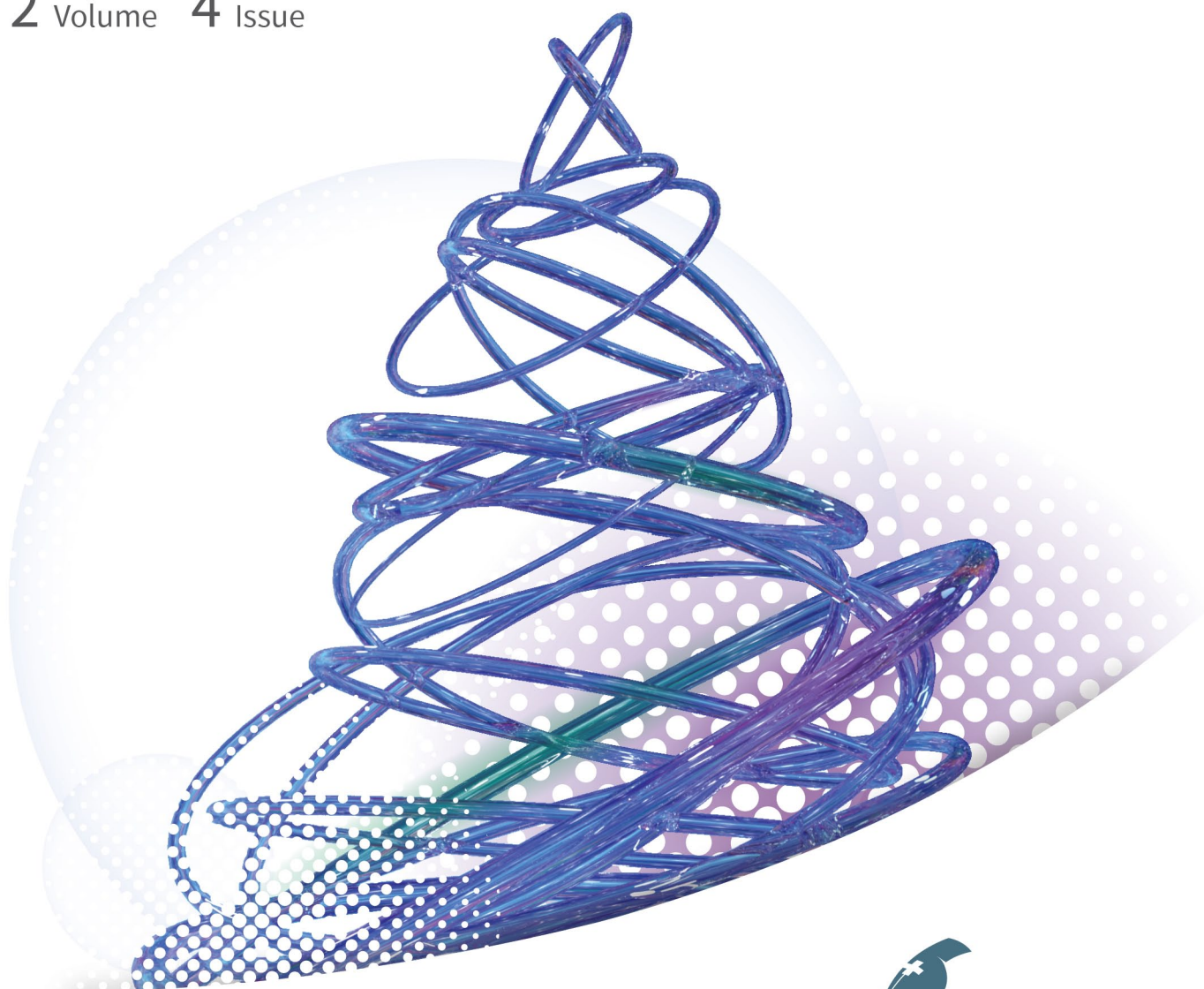
MOSCOW CENTER
FOR DIAGNOSTICS & TELEMEDICINE

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

DIGITAL DIAGNOSTICS

A peer-reviewed scientific medical journal

2 Volume 4 Issue



2021



ECO • VECTOR

<https://journals.eco-vector.com/DD>

УЧРЕДИТЕЛИ

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

ИЗДАТЕЛЬ

ООО «Эко-Вектор»

Адрес: 191186, г. 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.: +7 495 308 83 89

РЕДАКЦИЯ

Зав. редакцией

Елена Андреевна Филиппова

E-mail: ddjournal@eco-vector.com

Тел.: +7 (965) 012 70 72

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

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

Оригинал-макет

подготовлен в издательстве «Эко-Вектор».

Литературный редактор: *М.Н. Шошина*

Корректор: *М.Н. Шошина*

Верстка: *Ф.А. Игнащенко*

Обложка: *Е.Д. Бугаенко*

ISSN 2712-8490 (Print)

ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Том 2 | Выпуск 4 | 2021

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ЖУРНАЛ

Главный редактор

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

ORCID: 0000-0002-5649-2193

Заместитель главного редактора

Морозов Сергей Павлович, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6545-6170

Научный редактор

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

ORCID: 0000-0002-3549-4499

Редакционная коллегия

Андрейченко А.Е., к.ф.-м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-6359-0763

Berlin L., профессор (Иллинойс, США)

ORCID: 0000-0002-0717-0307

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

ORCID: 0000-0001-9906-6453

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

ORCID: 0000-0001-9930-5549

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

ORCID: 0000-0003-1816-1315

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

Li H., MD, профессор (Пекин, КНР)

Кульберг Н.С., к.ф.-м.н., (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0001-7046-7157

Mannelli L., MD (Нью-Йорк, США)

ORCID: 0000-0002-9102-4176

Мокиенко О.А., к.м.н. (Москва, Россия)

ORCID: 0000-0002-7826-5135

Neri E., д.м.н. (Пиза, Италия)

ORCID: 0000-0001-7950-4559

Van Ooijen P., к.м.н. (Гронинген, Нидерланды)

ORCID: 0000-0002-8995-1210

Oudkerk M., профессор (Гронинген, Нидерланды)

ORCID: 0000-0003-2800-4110

Ros P.R., MD, MPH, 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

Редакционный совет

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».



FOUNDERS

- Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine
- Eco-Vector

PUBLISHER

Eco-Vector

Address: 3 liter A, 1H, Aptekarsky pereulok, 191186, Saint Petersburg Russian Federation
E-mail: info@eco-vector.com
WEB: <https://eco-vector.com>

ADVERTISE

Adv. department

Phone: +7 (495) 308 83 89

EDITORIAL

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

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

TYPESET

complete in Eco-Vector

Copyeditor: *M.N. Shoshina*

Proofreader: *M.N. Shoshina*

Layout editor: *Ph. Ignashchenko*

Cover: *E. Bugaenko*

ISSN 2712-8490 (Print)

ISSN 2712-8962 (Online)

Digital Diagnostics

Volume 2 | Issue 4 | 2021

QUARTERLY PEER-REVIEW MEDICAL JOURNAL

EDITOR-IN-CHIEF

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-5649-2193

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Sergey P. Morozov, MD, Dr.Sci. (Med), Professor (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-6545-6170

SCIENTIFIC EDITOR

Tatiana P. Berezovskaya MD, Dr. Sci. (Med.), Professor (Obninsk, Russia)

ORCID: 0000-0002-3549-4499

EDITORIAL BOARD

A.E. Andreychenko, PhD (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-6359-0763

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, MBBS, MD, PhD (London, United Kingdom)

ORCID: 0000-0001-9930-5549

V.A. Gombolevskiy, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0003-1816-1315

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)

N.S. Kul'berg, Cand.Sci. (Phys-Math) (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0001-7046-7157

L. Mannelli, MD (New-York, United States)

ORCID: 0000-0002-9102-4176

O.A. Mokienko, MD, Cand.Sci. (Med) (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-7826-5135

E. Neri, MD, Associate Professor (Pisa, Italy)

ORCID: 0000-0001-7950-4559

P. van Ooijen, PhD, Assoc. Professor (Groningen, Netherlands)

ORCID: 0000-0002-8995-1210

M. Oudkerk, Professor (Groningen, Netherlands)

ORCID: 0000-0003-2800-4110

P.R. Ros, MD, MPH, 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. Romyantsev, MD, Dr.Sci. (Med) (Moscow, Russia)

ORCID: 0000-0002-7721-634X

EDITORIAL COUNCIL

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. Protchenko, 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

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://journals.eco-vector.com/DD/>. Full or partial reproduction of materials published in the journal is allowed only with the written permission of the publisher — the Eco-Vector publishing house.



CONTENTS

HISTORICAL ARTICLES

Lyudmila A. Nizovtsova

The 25 years development of the Moscow Center for Diagnostics: through an eyewitness 421

ORIGINAL STUDY ARTICLES

Tatyana A. Bergen, Ilya A. Soynov, Mariya G. Pustovetova

Use of magnetic resonance imaging features as radiomic markers in pre-operative evaluation
of extra-axial tumor grade 431

REVIEWS

Pavel B. Gelezhe, Ivan A. Blokhin, Serafim S. Semenov, Damiano Caruso

Magnetic resonance imaging radiomics in prostate cancer radiology: what is currently known? 441

Aleksey V. Smirnov, Dmitriy S. Semenov, Ekaterina S. Akhmad, Anna N. Khoruzhaya

The Russian regulatory documents on the organization and functioning of offices
and departments of magnetic resonance imaging 453

CASE REPORTS

Umberto Tupputi, Francesca Anna Carpagnano, Rossella Carpentiere, Giuseppe Guglielmi

Perforated Meckel's diverticulum in a young male patient: a case report 465

Svetlana I. Kitavina, Victor S. Petrovichev, Alexander N. Ermakov, Nikolay A. Ermakov, Igor G. Nikitin

Encapsulated necrotic pancreatitis 471

Maria Teresa Paparella, Ilaria Gangai, Chiara Porro, Laura Eusebi, Ferdinando Silveri,

Aldo Cammarota, Giuseppe Guglielmi

Osteopoikilosis in the ribs, pelvic region and spine: a case report 481

EDITORIALS

Pavel O. Rumyantsev

The increasing role of functional visualization modalities for navigation
of external beam radiation therapy and brachytherapy in prostate cancer 488

СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

Л.А. Низовцова

Путь протяжённостью 25 лет глазами очевидца 421

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Т.А. Берген, И.А. Сойнов, М.Г. Пустоветова

Показатели магнитно-резонансной томографии как радиомные маркеры
в дооперационном определении степени злокачественности внеозговых образований 431

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ

П.Б. Гележе, И.А. Блохин, С.С. Семёнов, D. Caruso

Радиомика магнитно-резонансной томографии при раке предстательной железы:
что известно в настоящее время? 441

А.В. Смирнов, Д.С. Семенов, Е.С. Ахмад, А.Н. Хоружая

Обзор российской нормативной документации по организации и функционированию кабинетов
и отделений магнитно-резонансной томографии. 453

КЛИНИЧЕСКИЕ СЛУЧАИ

U. Tupperi, F.A. Caragnano, R. Carpentiere, G. Guglielmi

Перфорация дивертикула Меккеля у молодого пациента: клинический случай. 465

С.И. Китавина, В.С. Петровичев, А.Н. Ермаков, Н.А. Ермаков, И.Г. Никитин

Инкапсулированный некротический панкреатит 471

M.T. Paparella, I. Gangai, Ch. Porro, L. Eusebi, F. Silveri, A. Cammarota, G. Guglielmi

Поражение костей таза, позвоночника и рёбер при остеопойкилии: клинический случай 481

РЕДАКЦИОННЫЕ СТАТЬИ

П.О. Румянцев

Возрастающая роль функциональной визуализации для навигации радиотерапии
и брахитерапии на примере рака предстательной железы 488

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

Путь протяжённостью 25 лет глазами очевидца

Л.А. Низовцова

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Сегодня, в канун 25-летнего юбилея флагмана московской радиологической службы — Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы (до 2019 г. — Научно-практический центр медицинской радиологии), оживает в памяти яркая четвертьвековая история этого учреждения, пройденные шаг за шагом со дня открытия Центра будни, открытия и торжества.

Вниманию читателей представлена краткая история одного из аспектов многогранной деятельности Центра — развитие профессионального образования специалистов лучевой диагностики. Прослеживается период от становления Центра до признания его авторитета: учебный центр НПКЦ ДиТ ДЗМ в настоящее время привлекается Министерством здравоохранения России в качестве эксперта к участию в решении актуальных задач профессиональной подготовки и аккредитации специалистов лучевой диагностики.

Статья посвящена известным учёным и педагогам, ведущим специалистам профессорско-преподавательского состава, активно участвующим в развитии направления, связанного с повышением квалификации врачей-рентгенологов и других специалистов лучевой диагностики на разных этапах существования Центра. Специалисты учебного центра в своей работе стремятся к соответствию проводимого профессионального обучения положениям Болонского соглашения (1999), созданию условий для получения отечественными специалистами европейских дипломов.

Ключевые слова: профессиональное обучение; даты; личности; Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий.

Как цитировать

Низовцова Л.А. Путь протяжённостью 25 лет глазами очевидца // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 421–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

The 25 years development of the Moscow Center for Diagnostics: through an eyewitness

Lyudmila A. Nizovtsova

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Today, on the eve of the 25th anniversary of the leader in the Moscow radiological service, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Healthcare Department (used to be the Research and Practical Center of Medical Radiology until 2019), the bright quarter-century history of this institution comes to life in our memory, day after day has passed by since the opening of the Center, our weekdays, scientific breakthroughs, and celebrations.

We would like to present to our readers a brief history of one of the aspects of the Center's complex activities, the development of professional education of radiologists. We observe a period from its launching to its recognition as the authority in radiology. The Education Department of the Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies is currently appointed by the Ministry of Health of the Russian Federation as an expert to participate in addressing the current challenges of professional training and certification in diagnostic radiology.

The article is devoted to well-known scientists and teachers, professors, and leading specialists in the industry, who are actively involved in the development of continuing education of radiologists and other specialists in diagnostic radiology at different stages of the center's existence. Specialists of the Training Center strive for the compliance of the provided professional training following the Bologna Declaration (1999), thereby creating conditions for Russian professionals to obtain European diplomas.

Keywords: professional education; dates; personalities; Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies.

To cite this article

Nizovtsova LA. The 25 years development of the Moscow Center for Diagnostics: through an eyewitness. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):421–430.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

Received: 16.08.2021

Accepted: 16.08.2021

Published: 09.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

25年来通过的见证之眼路

Lyudmila A. Nizovtsova

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

简评

今天在莫斯科放射服务旗舰——莫斯科卫生部诊断和远程医疗技术科学实用临床中心（至2019年——医学放射科学实用中心）成立25周年前夕——该机构辉煌的四分之一世纪历史，从日常生活、开幕和庆祝中心开幕之日起逐步通过。

向读者简要介绍了该中心多方面活动的一个方面——发展辐射诊断专家的专业教育。从该中心成立到其权威性得到承认的这段时间可以追溯到：SPCC DiT DZM 的培训中心目前由俄罗斯卫生部作为专家参与，以解决放射专家专业培训和认证的紧迫问题。

这篇文章致力于知名科学家和教师、教学人员的主要专家，积极参与制定与中心存在不同阶段的放射科医师和其他放射诊断专家的高级培训相关的方向。培训中心的专家在工作中努力遵守博洛尼亚协议（1999年）的规定，并为国内专家获得欧洲文凭创造条件。

关键词：职业培训；日期；性格；诊断和远程医疗技术科学和实用临床中心。

To cite this article

Nizovtsova LA. 25年来通过的见证之眼路. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):421–430. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD78086>

收到: 16.08.2021

接受: 16.08.2021

发布日期: 09.11.2021

科研实践中心的成立

今天的Diagnostic and Telemedicine Center (诊断和远程医疗中心) 有相当深厚的历史基础, 来自于1976年莫斯科市City X-ray Radiology Department放射科(X射线与放射科)的组织, 后来被改造成Diagnostic Center No. 3 (第三诊断中心)。



Scientific and Practical Center for Medical Radiology 的主任——
Yu. V. Varshavsky.

1996年8月。Yuri Viktorovich Varshavsky 教授 (Diagnostic Center No. 3 的主任) 向员工宣布莫斯科卫生部关于将该机构更名为Scientific and Practical Center for Medical Radiology (医疗放射学科学和实践中心) 的命令以及中心主要任务的相关变化。

Scientific and Practical Center for Medical Radiology 的活动大大扩大了City X-ray Radiology Department的组织和方法的功能。City X-ray Radiology Department长期以来由莫斯科放射服务处的资深人员Georgy Timofeevich Gureev博士创建和

领导。Viktor Yuryevich Bosin教授被任命为Scientific and Practical Center for Medical Radiology副主任。Yu. V. Varshavsky负责科学工作的第二副技术指导是由Mikhail Izrailevich Zelikman技术科学博士。

在很短的时间内, 成立了专门的研究单位, 并发展了个别工作人员的观点。学术委员会的工作由Natalia Iosifovna Afanasyeva副教授组织, 并由Elena Aleksandrovna Pavlova博士持续多年。

SCIENTIFIC AND PRACTICAL CENTER FOR MEDICAL RADIOLOGY 在放射诊断服务专家专业发展中的作用

在Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department (莫斯科卫生部诊断和电信技术科学实用临床中心) 成立一周年之前, 报刊上发表了一些关于莫斯科放射服务历史的出版物。该出版物非常有意义。内容中描述了在过去5年的时间里发生的变化。

应单独指出Scientific and Practical Center for Medical Radiology在组织莫斯科放射学诊断服务专家的专业进修中的作用。在Diagnostic Center No. 3成立之前, 莫斯科卫生部的放射科医生的高级培训是由City X-ray Radiology Department的教育和咨询中心进行的。该中心是于1977年在186号城市医院(Vladimir Dmitrievich Fedotov是该医院的



Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department (莫斯科卫生部诊断和电信技术科学实用临床中心)。



主题认证委员会的会议。

主任医师)的基础上成立的,由Igor Efimovich Kagan领导,。

1996年,医学放射学科学和实践中心成立,以改善莫斯科放射学诊断服务专家的专业发展组织。这些任务由Leonid Davidovich Lindenbraten著名科学家和教育家领导。在莫斯科卫生部中央认证委员会内还成立了一个专门的认证委员会,对放射学专家进行认证。该委员会由Maya Mikhailovna Levkovich放射专家医师领导。

Scientific and Practical Center for Medical Radiology主任Yuri Viktorovich Varshavsky和Diagnostic Center No. 3(已更名)的组织和方法部门负责人Lyudmila Arsentievna Nizovtsova教授曾经是俄罗斯医学科学院研究生教育学院放射诊断系的工作人员。这促进了该系和该中心的联合活动,将各种形式的放射学专业医生的研究生教育引入已建立的Scientific and Practical Center for Medical Radiology的教育活动中。由于Victor Vasilyevich Kitaev专业人员和教育家(他是Scientific and Practical Center for Medical Radiology的负责人),在Nelly Ivanovna Solovyova首席护士长和高级X光技师的参与下,中层医务人员、X光实验室技师得到了高级培训。

知名专家,如Nikolay Nikolaevich Blinov, Eduard Georgievich Chikirdin, Vladimir Vladimirovich Stavitsky, Mikhail Izrailevich Zelikma教授,在Scientific and Practical Center for Medical Radiology的工作,证明了放射诊断服务部门的医疗人员和技术人员在放射控制和辐射安全领域专业水平的提升。在很短时间内就组织了一支非常专业的工作人员队伍,除了基本工作外,他们还积极参与莫斯科卫生局Scientific and Practical Center for Medical Radiology的教育活动。事实上,Scientific and Practical Center for Medical Radiology是俄罗斯第一个在其活动中结合科学和全面系统工作的City X-ray Radiology Department,以提高卫生部下属机构中放射诊断人员的专业水平。

在与市乳腺科医务室的合作下,Larisa Markovna Burdina教授和Evsey Grigorievich Pinkhosevich副教授(俄罗斯乳腺服务的组织者,世界上第一个城市乳腺科药房的创始人(1990年),在他的积极参与下,于2004年转变为妇女健康诊所)开展了提高乳腺科放射医师资质的工作。

Viktor Yuryevich Bosin教授与俄罗斯医学院研究生教育学院儿童放射诊断学系一起积极参与儿童机构放射科医师的专业发展。

放射技师的专业教育活动

在Scientific and Practical Center for Medical Radiology存在期间,放射科医生的专业教育活动可以客观地分为三个阶段,每个阶段都与行政团队的活动计划所设定、创建和实施的任务相对应。

1996—2012年是大力发展职业教育和培训新形式的阶段,这是一种网络教育形式。放射科医生的初级职业教育是在莫斯科的大学和研究机构的部门进行的,其形式是一年的实习或两年的住院医师。而在卫生部门,专业培训是在莫斯科第二医学研究所(Pirogov Russian National Research Medical University,放射诊断部的主任——Andrey Leonidovich Yudin教授)和The N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine for Emergency Medicine(放射学系主任,著名科学家和杰出教师——Era Arsenieva Beresneva教授)进行的。

后来,通过卫生部在Research Institute for children's emergency surgery and Traumatology(课程主管——T.A. Ahadov教授)和Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov(课程主管——A.B. Abduraimov教授)组织了《放射学》方面的培训。Scientific and Practical Center for Medical Radiology被委托监督这些机构的



The N. V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine for Emergency Medicine的放射科（2004—2005年）。

实习生和住院医师小组的培训，具体由卫生部分配。

由于Scientific and Practical Center for Medical Radiology的现状，科学实践中心的工作人员代表俄罗斯医学科学院研究生教育系（Yu. V. Varshavsky,

L. A. Nizovtseva, M. I. Zelikman）和 Russian National Research Medical University放射诊断与治疗系（N. I. Afanasieva）的工作，两个系有现实的机会为住院医师和实习生开展联合专题周期。Era Arsenievna Beresneva教授和她的副手Irina Evgenievna Selina博士参与了



住院医师在E. A. Beresneva的讲座结束后合影。

The N.V. Sklifosovsky Institute of Clinical Medicine的课程。住院医很幸运能与Era Arsenievna进行商务沟通和及非正式交流。她是一位出色的老师，一位致力于传统X光急诊诊断的著名科学家和一位了不起的女性。她的热情、开朗给那些有幸与她接触的人留下了深刻的印象。

该课程的经验已经证明了它们的有效性和受训者对参加这些课程的兴趣。因此，在L.D.Lindenbraten的同意下，2000年9月，L.A.Nizovtsova为医科大学和位于莫斯科的科学研究所的所有放射诊断系的第一年住院医师组织了《专业介绍》课程。我们要感谢Scientific and Practical Center for Medical Radiology的员工Ekaterina Sergeevna Kiseleva的细致工作。除了本职工作外，她还负责所有这些课程的安排工作。

所有部门对在Kalitnikovskaya (Scientific and Practical Center for Medical Radiology的教室)举办的课程的兴趣都很高。这些课程的可信度是由主管和所有参加课程的部门教学人员的共同兴趣所创造的。L.D.Lindenbraten的讲座，特别是他与住院医师的小组研讨会，受到了高度评价。Leonid Davidovich备课的过程，以及他与住院医师不断改进教材和教具的工作，留下了与这位了不起的人交流的美好回忆和愉快印象。Leonid Davidovich是一位教师、一位科学家和一位展望未来的专业人士的榜样。他不断改进自己的出版物，为住院医师创造新的教科书的愿望受到了赞赏。他坚定地说，两年的实习期不足以培养出具有最新职业知识的合格医生。他的梦想是改变，改革放射科的专业教育：《如果我



L.D. Lindenbraten教授与住院医师的讨论会。

是一个部长，我将重组这个专业。专业教育不应该只是放射科》。

这些问题是我们在编制《放射医师》专业标准时反复提出的。

2004年，该课程由莫斯科医学放射学家协会主持，而不是由Scientific and Practical Center for Medical Radiology主持。这一变化的原因之一是Alla Vladimirovna Zabrodina教授于2003年在Scientific and Practical Center for Medical Radiology的基础上成立了《医学放射学教育中心》私立教育机构。

Scientific and Practical Center for Medical Radiology的教育活动不仅包括培训实习生和住院医师，而且包括各种放射科医生的高级培训课程。Scientific and Practical Center



培训与咨询中心在M. Raskova街的开设。

for Medical Radiology的Nugzar Abesalomovich Shengelia积极为医生和技术人员举办了关于X射线检查中辐射安全的定期进修课程。

与V. V. Kitaev一起工作是美好的记忆之一。他提出了一种新的X射线技术人员职业发展方法。2000年，莫斯科卫生局中央证明委员会的专门证明小组委员会的工作进行了调整。Scientific and Practical Center for Medical Radiology批准了两个认证小组委员会——医生（放射科医生、超声科医生和放射科医生；执行秘书——L. A. Nizovtsova）和护理人员（X光实验室技术人员，放射科护士；执行秘书——N. I. Solovyova）。2012年后，两个委员会合并了，Yuriy Yurievich Yurkin被任命为统一的专业认证委员会的秘书。自2016年以来，主体评估委员会的结构已经发生了数次变化。2000年，开发了一种评估专家专业能力的新方法：创建了测试和情境任务，然后加以完善。1998年，V. V. Kitayev创建及出版了第一批X射线实验室技术人员资格考试的情景任务。2001年，不仅在莫斯科，而且在俄罗斯，出现了第一批X射线实验室技术人员资格考试的测试。Viktor Vasilyevich先生是一个友善、热心、博学的人。与他的合作和交流非常愉快。

自2000年以来，在培训和认证过程中对进修课程和控制材料的数字化提出了要求，这也是一个不断创造和改进的过程。我们必须感谢Yu. V. Varshavsky，他不仅组织了部门以及Scientific and Practical Center for Medical Radiology的工作人员，而且还组织了医疗和相关专业的专家，共同参与到这项不受关注的创意活动——创建培训项目和测试任务。关于这个原因，俄罗斯医学研究生教育学院放射诊断系制作的材料长期以来一直是其他教育机构的典范。Scientific and Practical Center for Medical Radiology创建了第一个放射诊断师认证考试的考试任务数据库，不仅按专业区分，而且按申请的认证类别区分。

Scientific and Practical Center for Medical Radiology专业教育活动的下一个发展阶段应归于2012—2015年。时任Scientific and Practical Center for Medical Radiology主任的Alexander Igorevich Gromov教授，必须处理莫斯科市卫生局（Moscow City Health Department）规定的一些关键任务：Scientific and Practical Center for Medical Radiology教育和医疗活动的许可；在科研实践中心内设立一个新的行政单位——培训与咨询中心；为莫斯科卫生局下属机构放射科的医生组织远程医疗咨询；对卫生局医疗机构放射科的人员配置进行监督等。

Inna Vladimirovna Krinina积极从事这些工作。她是一位高级的放射科医生，在医学院有丰富的教学经验。她管理培训与咨询中心（Scientific and Practical Center for Medical Radiology

的一个部门）；她积极开展教育活动许可证办理的基础性组织工作，以及为医生和放射学实验室技术人员准备研究生课程。她组建了一个团队并开始实施远程医疗咨询，在临床实践中对放射科服务单位的工作进行审核。由于从业人员对医学放射学科学与实践中心科学与咨询部举办的高级培训课程非常感兴趣，因此为不隶属于莫斯科卫生局的机构的放射学诊断专家推出了高级培训课程，包括到全国其他地区的巡回高级培训课程。

2015年，Sergey Pavlovich Morozov教授成为医学放射学科学和实践中心的主任。他对培训和咨询部门的活动给予了特别关注。Irina Anatolyevna Trofimenko成为这个部门的负责人，她至今仍成功地履行着她的职责。她是一位高级的放射科医生，是一位精力充沛、积极主动的专家，具有教学经验。目前，有咨询部门的培训中心是莫斯科卫生局临床诊断和远程医疗研究中心（The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies）的主要部门之一（2019年 Scientific and Practical Center for Medical Radiology的新名称）。该培训中心与莫斯科以及俄罗斯的一流医学院放射诊断科的竞争很激烈。

The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies主任S. P. Morozov和培训中心负责人I. A. Trofimenko在组织和实施新形式的放射诊断专家专业培训方面的联合工作显示出辉煌的成果。他们成功地准备和实施了由俄罗斯卫生部继续医学教育发展协调委员会认可的各级放射诊断专家的高级培训计划；为临床医生组织放射学课程；在COVID-19大流行期间迅速解决放射学专家的远程学习问题。

在其运作的五年中，该培训中心已经主办了约900个面对面和远程学习的课程、大师班、网络研讨会和在线峰会。由于密集的工作，超过15万名专家（放射科医生、超声科医生、临床专家、实验室技术人员和高级护士、放射科和超声科的负责人）能够在其专业领域获得新的能力，并在现有的资格框架内提高其专业水平。

培训中心努力确保提供的职业培训符合《博洛尼亚协定》（1999年），并为国内专家获得欧洲



The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies的主任，俄罗斯放射技师和放射科医师协会莫斯科地区分会的主席——
S. P. Morozov教授。



The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies的主任 S. P. Morozov教授在1409教育中心的公开课上。



The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies 的主任——I. A. Trofimenko博士。

参加The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies 和俄罗斯放射学会莫斯科地区分会

文凭创造条件。俄罗斯卫生部目前正在聘请The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies 作为专家，应对当前辐射诊断专家的专业培训和认证挑战。

目前该培训中心与来自俄罗斯、周边国家、美国和西欧的120多名专家合作。该中心的工作人员是拥有数千项研究经验的从业人员，并在多学科团队中工作。

组织 (Moscow Regional Branch of the Russian Society of Radiologists and Radiologists) 的所有教育活动的专业人员数量年年增加。

将培训中心的高水平专业教育活动与The Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies 的多学科科学活动相结合，我们想指出整个机构的逐步发展，并祝愿科学与实践中心的工作人员和管理层进一步发展，取得新的成就和胜利。

附加信息

资金来源。作者声称，没有外部资金用于准备和发表这篇文章。

利益冲突。作者声明，本篇文章的发表方面不存在明显或潜在的利益冲突。

作者的贡献。作者确认其作者身份符合国际ICMJE标准（作者对概念的发展和文章的准备做出了重大贡献，在发表前阅读并批准了最终版本）。

AUTHOR'S INFO

Lyudmila A. Nizovtsova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor; address: 28-1, Srednyaya Kalitnikovskaya street, Moscow, 109029, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>; eLibrary SPIN: 9957-8107; e-mail: lanizo@yandex.ru

ОБ АВТОРЕ

Низовцова Людмила Арсеньевна, д.м.н., профессор; адрес: Россия, 109029, Москва, ул. Средняя Калитниковская, д. 28, стр. 1; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9614-4505>; eLibrary SPIN: 9957-8107; e-mail: lanizo@yandex.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

Показатели магнитно-резонансной томографии как радиомные маркеры в дооперационном определении степени злокачественности внемозговых образований

Т.А. Берген, И.А. Сойнов, М.Г. Пустоветова

Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина, Новосибирск, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Внемозговые образования — одна из наиболее сложных групп для первичной дифференциальной диагностики. Определение радиомных маркеров и их стандартизация являются основными базовыми проблемами современного этапа развития медицины.

Цель — выявить радиомные маркеры для предоперационной оценки степени злокачественности внемозгового образования.

Материалы и методы. Ретроспективный анализ результатов исследований методом магнитно-резонансной томографии (1,5 Т) 156 пациентов с внемозговыми образованиями. Пациенты были разделены на 2 группы: (1) с наличием перифокальных изменений ($n=106$) и (2) внемозговым образованием без перифокальных изменений ($n=50$). В протокол сканирования были включены диффузионные и перфузионные последовательности. За зону интереса принимали (1) основной очаг и (2) зону перифокальных изменений. Выполнены измерения от основного очага и от зоны перифокальных изменений на картах измеряемого коэффициента диффузии, $T2^*$ -контрастной перфузии (DSC), проведен анализ серий динамического контрастирования (DCE).

Результаты. Максимальный размер основного очага (узла) поражения в 1-й группе составил 2,2 см (1,4; 4,3), во 2-й группе — 1,2 см (0,9; 3,5); ограничение диффузии от основного очага поражения выявлено у 42 (39,6%) человек 1-й группы и у 7 (14%) — 2-й. Максимальный размер перифокальных изменений в 1-й группе составил 2,85 см (1,5; 4,7). Ограничение диффузии от периферической зоны выявлено в 52 (49,1%) случаях. У пациентов 1-й группы с верифицированной менингиомой ($n=66$) путём многофакторного линейного регрессионного анализа выявлено, что максимальный размер основной зоны поражения увеличивал коэффициент объёмного кровотока (rCBF) от зоны перифокальных изменений в 3,3 раза (β coef. 3,3, ДИ 1,27; 5,28; $p=0,003$), однако снижал показатель регионарного объёма крови (rCBV) в 4 раза (β coef. 4, ДИ -7,46; -0,71; $p=0,02$).

Заключение. Перфузионные и диффузионные методы в сочетании с анатомическими последовательностями демонстрируют потенциал и могут выступать радиомическими маркерами при диагностике и лечении внемозговых образований. В дальнейшем наиболее перспективным выглядит выявление радиомических функциональных маркеров от зоны перифокальных изменений.

Ключевые слова: радиомика; внемозговое образование; менингиома; перифокальные изменения; степень злокачественности; диффузия; перфузия.

Как цитировать

Берген Т.А., Сойнов И.А., Пустоветова М.Г. Показатели магнитно-резонансной томографии как радиомные маркеры в дооперационном определении степени злокачественности внемозговых образований // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 431–440. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

Use of magnetic resonance imaging features as radiomic markers in pre-operative evaluation of extra-axial tumor grade

Tatyana A. Bergen, Ilya A. Soynov, Mariya G. Pustovetova

E. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Extra-axial tumors are one of the tumor groups with difficult primary differential diagnostics. Detection and standardization of radiomic markers are one of the main problems of our time.

AIM: To detect radiomic markers for preoperative assessment of extra-axial tumor grade.

MATERIALS AND METHODS: This study retrospectively analyzed the magnetic resonance imaging (1.5 T) data of 156 patients with extra-axial tumors. Patients were divided into 2 groups: Group 1 ($n=106$) with perifocal changes and Group 2 ($n=50$) with extra-axial tumors without perifocal changes. Diffusion and perfusion sequences were included in the scanning protocol. The areas of interest include (1) the lesion and (2) the area of perifocal changes. Measurements were made from the lesion and the area of perifocal changes on ACD and DSC maps, DCE was analyzed.

RESULTS: The maximum lesion size in Group 1 was 2.2 cm (1.4; 4.3), whereas in 1.2 cm in Group 2 (0.9; 3.5). In Group 1, the diffusion restriction from the lesion was detected in 42 patients (39.6%), whereas 7 (14%) in Group 2. The maximum size of perifocal changes in Group 1 was 2.85 cm (1.5; 4.7). Diffusion restriction was detected in 52 (49.1%) cases. In Group 1, patients with verified meningioma multivariable linear regression analysis showed 3.3-times increase of rCBF of the maximum size of the lesion from the area of perifocal changes (β coef. 3.3, CI: 1.27; 5.28), $p=0.003$; however, it demonstrated a 4-time decrease of rCBF (β coef. 4 CI: -7.46; -0.71), $p=0.02$.

CONCLUSIONS: Perfusion and diffusion methods combined with anatomical sequences show potential use as radiomic markers for diagnostic assessment and treatment of extra-axial tumors. Further detection of radiomic functional markers from the area of perifocal changes has potential.

Keywords: extra-axial tumors; meningioma; perifocal changes; malignancy grade; diffusion; perfusion.

To cite this article

Bergen TA, Soynov IA, Pustovetova MG. Use of magnetic resonance imaging features as radiomic markers in pre-operative evaluation of extra-axial tumor grade. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):431–440. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

Received: 02.10.2021

Accepted: 15.11.2021

Published: 30.11.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

磁共振成像指标作为术前确定脑外组织恶性程度的放射标记物

Tatyana A. Bergen, Ilya A. Soynov, Mariya G. Pustovetova

E. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russian Federation

简评

论证。脑外结构是最难进行初级鉴别诊断的组之一。放射组标志物的测定及其标准化是现代医学发展阶段的主要基础问题。

目的是确定用于术前评估脑外肿块恶性程度的放射组标记。

材料与方法。回顾性分析使用磁共振成像 (1.5 T) 对 156 名脑外形成患者的研究结果。将患者分为 2 组: (1) 存在病灶周围改变 ($n=106$) 和 (2) 无病灶周围改变的脑外肿块 ($n=50$)。扩散和灌注序列包括在扫描协议中。感兴趣的区域被定义为 (1) 主要焦点和 (2) 焦点周围变化的区域。从主焦点和测量扩散系数图上的焦周变化区域进行测量, T2*动态磁敏感对比 (DSC), 进行动态对比增强 (DCE) 系列分析。

结果。第 1 组主要病灶 (结节) 的最大尺寸为 2.2 厘米 (1.4; 4.3), 第 2 组的为 1.2 厘米 (0.9; 3.5); 第 1 组 42 人 (39.6%) 和第 2 组 7 人 (14%) 检测到主要病灶扩散受限。第 1 组的最大焦周变化为 2.85 厘米 (1.5; 4.7)。在 52 例 (49.1%) 病例中检测到来自外周区的扩散受限。在第 1 组确诊脑膜瘤患者 ($n=66$) 中, 多元线性回归分析显示, 主要病变区的最大尺寸使病灶周围变化区的体积血流系数 (rCBF) 增加了 3.3 倍 (β coef. 3.3, CI 1.27; 5.28; $p=0.003$), 但将局部血容量 (rCBV) 降低了 4 倍 (β coef. 4, CI -7.46; -0.71; $p=0.02$)。

结论。灌注和扩散方法与解剖序列相结合显示出潜力, 可以作为诊断和治疗脑外病变的放射组学标志物。未来, 最有希望的是从焦周变化区域识别放射功能标志物。

关键词: 放射组学; 脑外教育; 脑膜瘤; 焦周变化; 恶性程度; 扩散; 灌注。

To cite this article

Bergen TA, Soynov IA, Pustovetova MG. 磁共振成像指标作为术前确定脑外组织恶性程度的放射标记物. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):431-440. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD81617>

收到: 02.10.2021

接受: 15.11.2021

发布日期: 30.11.2021

论证

医学图像中隐藏着大量的信息，这就是为什么在过去十年中放射组学在医学领域得到积极发展的原因[1]。纹理分析用于鉴别诊断和功能分析的研究，确定疾病的预后看起来很有希望[2]。放射组学方法是目前肿瘤学领域最需要的方法[3]。然而，在使用新的诊断方法的每一项工作的开始，研究人员面临着识别放射组学标记的问题。

神经放射学中研究最少的课题之一是脑外颅内形成。在脑外颅内形成中，脑膜瘤是最常见的脑膜瘤之一[4]。文献中已经详细描述了脑膜瘤的各种变体[5]。同时，在大约15%的病例中，应该讨论恶性程度为G2或以上的非典型脑膜瘤[6]。现代病理形态学方法可以通过一种标准来判断肿瘤的恶性程度，即视野内存在四次核分裂，提示非典型性脑膜瘤的发展[7]。然而，放射性标记物的检测和该领域的进一步工作可能会使术前诊断推断出恶性程度，这不仅会影响手术策略，而且也会因此而改善治疗效果。

如果有局灶性病变，放射科医生必须确定肿块的成因，评估其定位（脑内或脑外），如果成因是肿瘤性的，要尽一切可能推断其恶性程度。在目前的医学水平上，还没有准确的影像学标准来区分脑膜瘤和类似的病变，如血小板瘤[7]或硬脑膜的单发纤维化肿瘤。因此，将脑膜瘤一词用于初级诊断或未经组织学验证的肿块是没有必要的。在这种情况下，在临床实践中，根据国际疾病分类（International Classification of Diseases），在磁共振成像（MRI）检查中可能应使用脑外肿块或脑膜肿瘤的术语。在肿瘤的初步诊断中，最重要的任务也许不是确定其组织学类型，而是推测所发现的肿瘤的恶性程度。

研究目的是确定用于术前评估脑外肿块恶性程度的放射组标记。

材料与方法

研究设计

一个观察性的、单中心的、回顾性的、不受控制的研究。

遵从准则

纳入标准：存在颅内肿块，有皮质及皮层下的改变；有术后病理形态学的发现；扫描方案中的扩散加权成像（DWI）、动态对比度增强方法（DCE）和 T2*动态磁敏感对比（DSC）数据。

排除标准：无病理形态学验证；扫描方案中无DCE和/或DSS。

执行条件

对颅脑MRI数据进行了回顾性分析。2017年至2021年期间进行的磁共振检查。

医疗干预说明

对颅脑MRI方案进行了分析。所有的研究都是 Philips Achieva 1.5 T（荷兰）上进行的，使用的是多通道头部线圈。在脑部MRI扫描方案中分析了以下序列：T2-WI（加权图像）、T1-WI、FLAIR（**液体衰减反转恢复**）、DWI（最大b因子1000s/mm²），然后自动构建表观扩散系数（ADC）。

对比度增强技术。造影剂的剂量被分为两次注射。第一次注射进行了动态对比增强（DCE — dynamic contrast enhanced）。在收集DCE数据后，立即进行第二次注射造影剂，收集T2*动态磁敏感对比（DSC — dynamic susceptibility contrast）数据。在DSC结束时，进行三维加权的T1加权序列，然后在轴向进行T1自旋回波，不需要额外使用造影剂。相对值（与对面半球对称的无变化区域的比率）被用于评估灌注。

图像分割和放射性标志物的识别。首先由一位经验丰富的放射科医生（在放射科和神经放射科有超过15年的经验）以半自动的方式将数据从主病灶和病灶周围区域分割出来，然后从主病灶和病灶周围区域测量ADC图、DSC和DCE分析。

主要研究结果

主要结果：根据MRI显示的脑外肿块。

其他研究结果

次要结果：从DWI数据中对扩散模式进行定性评估；ADC值的量化结果；从病灶周围浸润区评估动态曲线；评估灌注图。

亚组分析

研究参与者被分为两个组：第一组包括有病灶周围变化的患者；第二组（对比组）包括没有病灶周围变化的脑外肿块患者。

结果登记方法

所有患者都接受了手术治疗，并在MRI检查后对肿块进行了病理形态学验证。

伦理审查

该研究分析了该机构的数据库。入院时，所有病人都签署了一份知情同意书，同意为教学、研究和在科学文献中发表的目的处理个人数据，包括医疗记录，但须遵守医疗保密规定。

统计分析

计算样本容量的原则。在计划和进行这项研究时，没有计算达到所需结果统计能力的样本量。因此，研究中获得的参与者样本不能被认为具有充分的代表性，不能将结果及其解释推断到研究之外的类似患者的一般人群中。

统计数据分析方法。Stata 13（StataCorpLP, CollegeStation, TX, 美国）用于数据分析。分

表 1已确定的肿块的病理形态特征

病理形态学特征	患者总数, n
脑脓肿	2
转移性病变（乳腺癌或肺癌）	30
典型脑膜瘤G1	100
非典型脑膜瘤G2-3	16
血管母细胞瘤G1	1
神经瘤G1	7

布的正态性用Shapiro-Wilk检验来评估。性状分布的方差相等条件是用Levene检验计算的。对于方差相等的正态分布性状的描述性统计，采用了均值和标准差的计算。定性变量以数字（%）表示，定量变量以中位数（第25位；第75位百分位数）表示，除非有其他说明（Q1；Q3）。采用简单和多重逻辑回归措施进行回归分析，以确定二元反应变量的预测变量。比例风险回归是用来估计不良事件发生前一个或多个连续或分类变量之间的关系。所有使用的方法的显著性水平被设定为 $p<0.05$ 。

结果

研究对象（参与者）

根据纳入标准，156名患者被纳入研究。平均年龄为 50.63 ± 6.41 岁。

所有患者在MRI检查后都接受了手术治疗；对肿块进行了病理形态学验证。患者被分为2组：有病灶周围变化（ $n=106$ ；第一组），有脑外肿块而无病灶周围变化（ $n=50$ ；第二组）。病理形态学特征见表 1。

主要研究结果

第一组主要病灶（结节）的最大尺寸为2.2厘米（1.4；4.3），第二组为1.2厘米（0.9；3.5）；第一组有42人（39.6%）和第二组有7人（14%）检测到主要病灶扩散受限。

第一组的最大焦周变化为 2.85 厘米（1.5；4.7）。在52例（49.1%）病例中检测到来自外周区的扩散受限。

在第一组中，ADC是由各种病变中确定的病灶和病灶周围的变化面积决定的（表 2）。第二组中来自毗邻的脑组织的ADC值为 $0.71\pm0.07\times10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$ 。

对第一组经核实的脑膜瘤患者（ $n=66$ ）进行的多变量线性回归分析显示，主病变区的最大尺寸使病灶局部脑血流量（rCBF — regional cerebral blood flow）增加3.3倍（ $\beta\text{coef. } 3.3$ ；置信区间1.27；5.28）， $p=0.003$ （图 1），但脑血容量（rCBV — cerebral blood volume）减少了4倍（ $\beta\text{coef. } 4$ ；CI -7.46；-0.71）， $p=0.02$ （图 2）。

第二组的DCE值分析显示，肿瘤大小和来自病灶周围变化区域的DCE之间没有相关性，这与灌注图值形成鲜明对比（图 3）。

其他研究结果

已经提出了一个使用MRI技术的算法，将首次脑外肿块的发现引入临床实践（图 4）。

不良事件

没有

讨论

放射性标志物使得从长期使用的医学图像中获得新的结果成为可能。然而，放射组学是一个近

表 2第一组不同脑部病变的病灶周围的扩散和灌注指数

大脑病理学	ADC ($\times10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$)		相对于对侧半球的DSC		DCE	
	从结节	从病灶周围的变化	从结节	从病灶周围的变化	从结节	从病灶周围的变化
典型脑膜瘤G1	1.52 ± 0.95	1.78 ± 0.73	无变化，可能会有轻微升高	无变化，可能略有升高	不同	不同
非典型脑膜瘤G2-G3	0.72 ± 0.05	1.13 ± 0.86	增加 rCBF，减少 rCBV	增加 rCBF，减少 rCBV	不同	不同
转移瘤	1.03 ± 0.15	1.55 ± 0.23	升高	无变化，可能略有升高	不同	无变化，无早期积累
神经鞘瘤	1.2 ± 0.04	1.56 ± 0.06	无变化，可能略有升高	无变化，可能略有升高	无变化，无早期积累	无变化，无早期积累
脓肿	0.63 ± 0.04	1.26 ± 0.06	降低	无变化，可能略有升高	无早期积累	无变化，无早期积累

注：ADC——表观扩散系数；DSC——T2*灌注；DCE——动态对比。

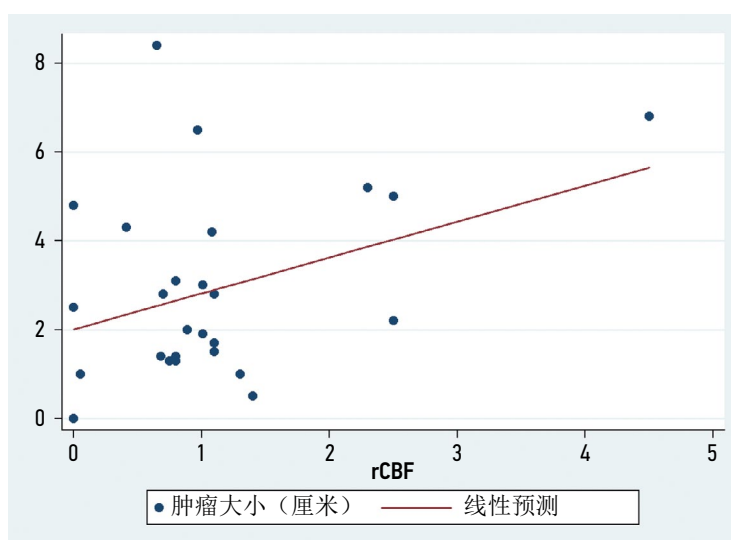


图 1线性回归分析：肿瘤大小与rCBF之间的关系

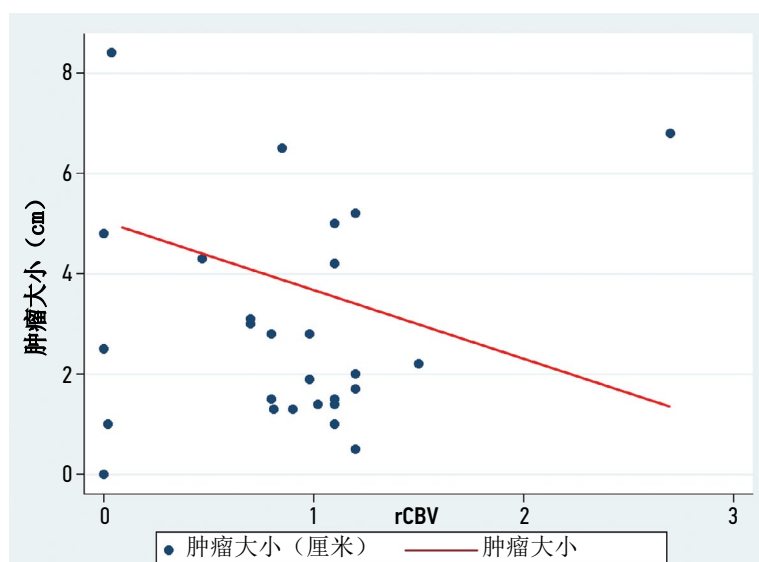


图 2线性回归分析：肿瘤大小与rCBV之间的关系

期迅速发展的领域，到目前为止，所有的工作都集中在主要肿瘤部位的分割上，而研究肿块周围组织特征的工作在全球文献中几乎不存在。

神经放射学中研究最多的领域是胶质瘤。有论文讨论了评估胶质瘤周围变化的结果[8]，在胶质瘤周围形成肿瘤浸润。同时，脑外肿块的病灶周围变化也没有得到充分的研究。我们能够找到非常有限的研究来调查脑外肿块的病灶周围变化[9]。

此外，放射组学中使用的指标没有标准化，使用的核磁共振序列也没有标准化，这使得工作过程和结果都难以复制和扩展。在确定有效的放射标志物方面的工作非常少。

主要研究成果的总结

这项研究审查了那些看起来最有希望用于进一步发展放射组学的指标。这些指标包括DWI、ADC值和灌注值。进行了指标相关性的多变量线性回归分析 (CI -7.46; -0.71)， $p=0.02$ (见图 2)。

在第二组的DCE值分析中，没有观察到肿瘤大小和DCE值之间的相关性。

主要研究成果的讨论

在临床实践中，当MRI检测到脑外肿瘤时，重要的是不仅要评估肿块的结构，还要检测或排除病灶周围的变化，因为在我们工作中，在一组没有病灶周围变化的患者中没有检测到恶性脑膜瘤。因此，我们研究结果表明，没有病灶周围的变化实际上就排除了所检测到的肿块的恶性程度。

在临床实践中，当患者有脑外肿块时，为了排除病灶周围的变化，只需将FLAIR作为浸润性或水肿性变化最明显的序列。需要注意的是，没有局灶周围改变并不保证该肿瘤不具有异型性，而且在有局灶周围改变的情况下，并不总是能获得非典型的形态学图像。然而，由于鉴别诊断的困难和缺乏表明非典型性的直接标准，非常有必要使用所有的标准，包括间接标准。在大多数情况下，间接标准将决定放射科医生的决定。

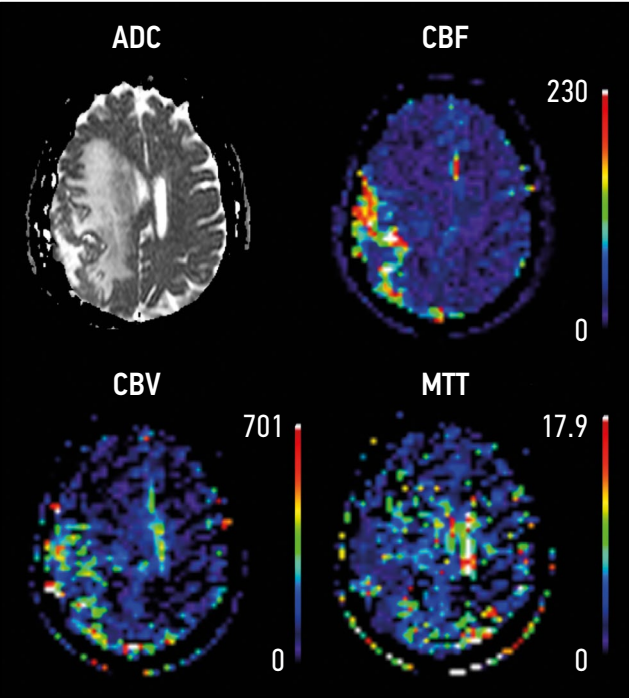


图 3 非典型脑膜瘤：ADC——表观扩散系数；CBF——脑血流量；CBV——脑血容量；MTT——平均排出时间。

如果在MRI上检测到病灶周围的变化，重要的是评估其起源（缺血、血管性或细胞毒性水肿、浸润）。目前每个脑扫描协议都使用DWI。与脑外肿块的病灶周围变化相比，DWI上的大脑缺血变化已被详细研究。在对检测到的变化进行鉴别诊断时，不仅要分析是否存在扩散限制，而且要

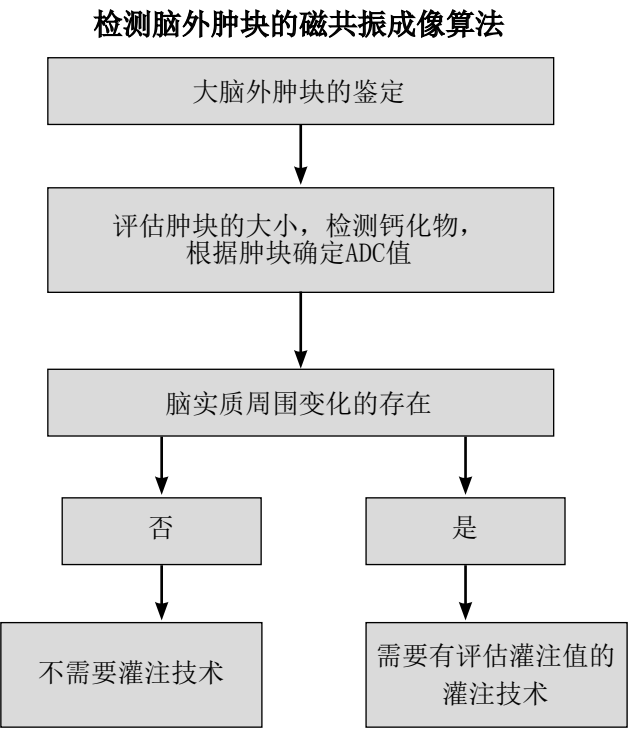


图 4 诊断首次出现的脑外肿块的MRI算法。

分析ADC图。这首先是为了排除T2暴露的影响和避免假阳性，其次是为了确定ADC的价值，这是必要的。

根据我们的研究结果，从结节和病灶周围的变化中获得不同的ADC值。应该指出的是，在存在脑外肿块，但没有病灶周围变化的情况下，来自邻近脑实质的ADC为 $0.71 \pm 0.07 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。脑膜瘤的ADC值与脑实质和病灶周围的变化存在着统计学上的显著差异，从其对术前恶性程度假设的考虑来看，具有预后的意义。

我们认为，影响ADC值的一个重要限制因素是质量本身结构中存在的钙化物，因为它们会扭曲该值或使其完全无法充分计算。然而，脑膜瘤结构中钙化物的存在清楚地表明其中没有生长，因此，其中出现细胞非典型性的可能性更小[10]。

我们在这项研究中使用的另一项技术是磁共振灌注。在本研究中，使用了两种造影剂增强的磁共振灌注，即动态磁敏感对比（DSC — dynamic susceptibility contrast）和动态对比增强（DCE — dynamic contrast enhanced），来研究检测到的变化。文献中已经描述了各种病症的灌注技术[11, 12]。在脑部研究中，DCE可以被纳入扫描方案，以评估血管壁的通透性[13, 14]。

根据文献，在典型和非典型脑膜瘤的鉴别诊断中使用灌注技术似乎是合理的。然而，根据我们和其他一些作者的研究，评估病灶周围的变化是很重要的，以便对假定的恶性肿瘤等级作出适当的决定[15]。

在血管瘤性脑膜瘤[15]和非典型脑膜瘤的病例中，相对于对侧半球的灌注值会有最大的增加，我们的研究也证明了这一点。

随着进一步的动态随访，在没有组织学验证的情况下，我们认为可以应用所开发的算法，但必须对肿块本身的生长和病灶周围变化的出现/增加进行评估。

如果病史有组织学验证，对于典型的脑膜瘤（G=1），没有必要使用灌注技术。在这种情况下，没有灌注方案的造影剂成像足以评估继续生长或复发，但不能忘记需要评估手术区的萎缩性脑实质变化。当脑膜瘤非典型性被确认时（G=2-4），需要灌注技术来评估动态变化。在对非典型脑膜瘤进行动态研究时，必须考虑对患者进行的手术治疗类型（手术切除、放射治疗、肿瘤传入栓塞等）。这种方法与胶质瘤监测方案类似。

随着肿瘤大小和病灶周围变化的增加，显然需要将灌注图评估与ADC值相关联，作为恶性程度的预测指标。

研究的局限性

我们对DCE的工作结果表明，在临床实践中使用DCE评估脑外恶性肿瘤的程度仍然是一个开放的问题，需要进一步研究。

结论

灌注和扩散方法与解剖序列相结合显示出潜力，可以作为诊断和治疗脑外病变的放射组学标志物。未来，最有希望的是从焦周变化区域识别放射功能标志物。

附加信息

资金来源。作者声称，这项研究没有资金支持。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mahmoud M.A., Shihab M., Saad S.S., et al. Imaging differentiation of malignant hepatic tumors: radiomics and metabolic features of 18F-FDG PET/CT // *REJR*. 2021. Vol. 11, N 2. P. 165–170. doi: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-230-237
2. Lambin Ph., Rios-Velazquez E., Leijenaar R., et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis // *Eur J Cancer*. 2012. Vol. 48, N 4. P. 441–446. doi: 10.1016/j.ejca.2011.11.036
3. Singh G., Manjila S., Sakla N., et al. Radiomics and radiogenomics in gliomas: a contemporary update // *Br J Cancer*. 2021. Vol. 125, N 5. P. 641–657. doi: 10.1038/s41416-021-01387-w
4. Xiaoi K., Qing Z., Lei H., Junlin Z. Differentiating microcystic meningioma from atypical meningioma using diffusion-weighted imaging // *Neuroradiology*. 2020. Vol. 62, N 5. P. 601–607. doi: 10.1007/s00234-020-02374-3
5. Backer-Grøndahl T., Moen B.H., Torp S.H. The histopathological spectrum of human meningiomas // *Int J Clin Exp Pathol*. 2012. Vol. 5, N 3. P. 231–242.
6. Aslan K., Gunbey H.P., Tomak L., Incesu L. The diagnostic value of using combined MR diffusion tensor imaging parameters to differentiate between low- and high-grade meningioma // *Br J Radiol*. 2018. Vol. 91, N 1088. P. 20180088. doi: 10.1259/bjr.20180088
7. Louis D., Perry A., Reifenberger G., et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary // *Acta Neuropathol*. 2016. Vol. 131, N 6. P. 803–820. doi: 10.1007/s00401-016-1545-1
8. Upadhyay N., Waldman A. Conventional MRI evaluation of gliomas // *Br J Radiol*. 2011. Vol. 84, N 2. P. S107–S111. doi: 10.1259/bjr/65711810

REFERENCES

1. Mahmoud MA, Shihab M, Saad SS, et al. Imaging differentiation of malignant hepatic tumors: radiomics and metabolic features of 18F-FDG PET/CT. *REJR*. 2021;11(2):165–170. doi: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-230-237
2. Lambin Ph, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer*. 2012;48(4):441–446. doi: 10.1016/j.ejca.2011.11.036
3. Singh G, Manjila S, Sakla N, et al. Radiomics and radiogenomics in gliomas: a contemporary update. *Br J Cancer*. 2021;125(5):641–657. doi: 10.1038/s41416-021-01387-w
4. Xiaoi K, Qing Z, Lei H, Junlin Z. Differentiating microcystic meningioma from atypical meningioma using diffu-

利益冲突。作者声明，没有明显的和潜在的利益冲突相关的发表这篇文章。

作者的贡献。 T.A. Bergen, I.A. Soinov — 负责研究的构思和设计、材料的收集和处理、所获数据的分析、文章的撰写；M.G. Pustovetova — 负责分析获得的数据并撰写文章。所有作者都确认其作者符合国际ICMJE标准（所有作者为文章的概念、研究和准备工作做出了重大贡献，并在发表前阅读并批准了最终版本）。

9. Hale A., Wang L., Strother M., Chambless L. Differentiating meningioma grade by imaging features on magnetic resonance imaging // *J Clin Neuroscience*. 2018. Vol. 48. P. 71–75. doi: 10.1016/j.jocn.2017.11.013
10. Schneider J., Kulason K., White T., et al. Management of tiny meningiomas: to resect or not resect // *Cureus*. 2017. Vol. 9, N 7. P. e1514. doi: 10.7759/cureus.1514
11. Heye A.K., Culling R.D., Hernández M.C., et al. Assessment of blood-brain barrier disruption using dynamic contrast-enhanced MRI. A systematic review // *Neuroimage Clin*. 2014. Vol. 6. P. 262–274. doi: 10.1016/j.nicl.2014.09.002
12. Jelescu I., Leppert I., Narayanan S., et al. Dual-temporal resolution dynamic contrast-enhanced MRI protocol for blood-brain barrier permeability measurement in enhancing multiple sclerosis lesions // *J Magnetic Resonance Imaging*. 2011. Vol. 33, N 6. P. 1291–1300. doi: 10.1002/jmri.22565
13. Essig M., Shiroishi M., Nguyen T., et al. Perfusion MRI: the five most frequently asked technical questions // *Am J Roentgenol*. 2013. Vol. 200, N 1. P. 24–34. doi: 10.2214/ajr.12.9543
14. Sourbron S., Buckley D. Classic models for dynamic contrast-enhanced MRI // *NMR Biomed*. 2013. Vol. 26, N 8. P. 1004–1027. doi: 10.1002/nbm.2940
15. Siempiś T., Tsakiris C., Alexiou G.A., et al. Diagnostic performance of diffusion and perfusion MRI in differentiating high from low-grade meningiomas: A systematic review and meta-analysis // *Clin Neurol Neurosurg*. 2020. Vol. 190. P. 105643. doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105643

- sion-weighted imaging. *Neuroradiology*. 2020;62(5):601–607. doi: 10.1007/s00234-020-02374-3
5. Backer-Grøndahl T, Moen BH, Torp SH. The histopathological spectrum of human meningiomas. *Int J Clin Exp Pathol*. 2012;5(3):231–242.
6. Aslan K, Gunbey HP, Tomak L, Incesu L. The diagnostic value of using combined MR diffusion tensor imaging parameters to differentiate between low- and high-grade meningioma. *Br J Radiol*. 2018;91(1088):20180088. doi: 10.1259/bjr.20180088
7. Louis D, Perry A, Reifenberger G, et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Acta Neuropathol*. 2016;131(6):803–820. doi: 10.1007/s00401-016-1545-1

8. Upadhyay N, Waldman A. Conventional MRI evaluation of gliomas. *Br J Radiol*. 2011;84(2):S107–S111. doi: 10.1259/bjr/65711810
9. Hale A, Wang L, Strother M, Chambless L. Differentiating meningioma grade by imaging features on magnetic resonance imaging. *J Clin Neuroscience*. 2018;48:71–75. doi: 10.1016/j.jocn.2017.11.013
10. Schneider J, Kulason K, White T, et al. Management of tiny meningiomas: to resect or not resect. *Cureus*. 2017;9(7):e1514. doi: 10.7759/cureus.1514
11. Heye AK, Culling RD, Hernández MC, et al. Assessment of blood-brain barrier disruption using dynamic contrast-enhanced MRI. A systematic review. *Neuroimage Clin*. 2014;6:262–274. doi: 10.1016/j.nicl.2014.09.002
12. Jelescu I, Leppert I, Narayanan S, et al. Dual-temporal resolution dynamic contrast-enhanced MRI protocol for blood-brain barrier permeability measurement in enhancing multiple sclerosis lesions. *J Magnetic Resonance Imaging*. 2011;33(6):1291–1300. doi: 10.1002/jmri.22565
13. Essig M, Shiroishi M, Nguyen T, et al. Perfusion MRI: the five most frequently asked technical questions. *Am J Roentgenol*. 2013;200(1):24–34. doi: 10.2214/ajr.12.9543
14. Sourbron S, Buckley D. Classic models for dynamic contrast-enhanced MRI. *NMR Biomed*. 2013;26(8):1004–1027. doi: 10.1002/nbm.2940
15. Siempis T, Tsakiris C, Alexiou GA, et al. Diagnostic performance of diffusion and perfusion MRI in differentiating high from low-grade meningiomas: A systematic review and meta-analysis. *Clin Neurol Neurosurg*. 2020;190:105643. doi: 10.1016/j.clineuro.2019.105643

AUTHORS' INFO

* **Tatyana A. Bergen**, MD, Cand. Sci (Med);
address: 15, Rechkunovskaya str., Novosibirsk, 630055, Russia;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1530-1327>;
eLibrary SPIN: 5467-7347; e-mail: tbergen@yandex.ru

Ilya A. Soynov, MD, Cand. Sci (Med);
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3691-2848>,
eLibrary SPIN: 8973-2982; e-mail: i_soynov@mail.ru

Mariya G. Pustovetova, MD, Dr. Sci. (Med), Professor;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2409-8500>;
eLibrary SPIN: 4694-2576; e-mail: patophysiologist@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Берген Татьяна Андреевна**, к.м.н.;
адрес: Россия, 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, д. 15;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1530-1327>;
eLibrary SPIN: 5467-7347; e-mail: tbergen@yandex.ru

Сойнов Илья Александрович, к.м.н.;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3691-2848>,
eLibrary SPIN: 8973-2982; e-mail: i_soynov@mail.ru

Пустоветова Мария Геннадьевна, д.м.н., профессор;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2409-8500>;
eLibrary SPIN: 4694-2576; e-mail: patophysiologist@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

Радиомика магнитно-резонансной томографии при раке предстательной железы: что известно в настоящее время?

П.Б. Гележе^{1, 2}, И.А. Блохин¹, С.С. Семёнов^{1, 3}, D. Caruso^{4, 5}

¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Российская Федерация

² Европейский медицинский центр, Москва, Российская Федерация

³ Московский клинический научно-практический центр имени А.С. Логинова, Москва, Российская Федерация

⁴ Римский университет Сапиенца, отделение хирургических и медицинских наук и трансляционной медицины, Рим, Италия

⁵ Больница Сант Андреа, отделение радиологии, Рим, Италия

АННОТАЦИЯ

Подходы к диагностике и лечению рака предстательной железы опираются на комбинацию данных магнитно-резонансной томографии и гистологических данных.

Цель данного обзора — введение читателя в основы современного диагностического подхода к раку предстательной железы при помощи магнитно-резонансной томографии с фокусом на текстурный анализ цифровых медицинских изображений.

Текстурный анализ позволяет оценить взаимосвязи между пикселями изображения с помощью математических методов, что даёт дополнительную информацию, в первую очередь о внутриопухолевой гетерогенности. Текстурный анализ признаков первого порядка может иметь бóльшую клиническую воспроизводимость, чем текстурные характеристики более высокого порядка. Текстурные особенности, извлечённые из карт коэффициента диффузии, показали наибольшую клиническую значимость.

Будущие исследования должны быть направлены на интеграцию методов машинного обучения для облегчения использования текстурного анализа в клинической практике. Требуется развитие автоматизированных методов сегментации для уменьшения вероятности включения нормальных тканей в области интереса и ускорения получения результатов анализа. Для проверки диагностического потенциала текстурных признаков требуются крупные проспективные исследования.

Ключевые слова: рак предстательной железы; магнитно-резонансная томография; МРТ; радиомика.

Как цитировать

Гележе П.Б., Блохин И.А., Семёнов С.С., Caruso D. Радиомика магнитно-резонансной томографии при раке предстательной железы: что известно в настоящее время? // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 441–452. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

Magnetic resonance imaging radiomics in prostate cancer radiology: what is currently known?

Pavel B. Gelezhe^{1, 2}, Ivan A. Blokhin¹, Serafim S. Semenov^{1, 3}, Damiano Caruso^{4, 5}

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² European Medical Center, Moscow, Russian Federation

³ Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov, Moscow, Russian Federation

⁴ Sapienza University of Rome, Department of Surgical and Medical Sciences and Translational Medicine, Rome, Italy

⁵ Sant'Andrea University Hospital, Radiology Unit, Rome, Italy

ABSTRACT

Diagnostic and treatment approaches in prostate cancer rely on a combination of magnetic resonance imaging and histological data.

This study aimed to introduce the basics of the current diagnostic approach in prostate cancer with a focus on texture analysis.

Texture analysis evaluates the relationships between image pixels using mathematical methods, which provide additional information. First-order texture analysis of features can have greater clinical reproducibility than higher-order texture features. Textural features that are extracted from diffusion coefficient maps have shown the greatest clinical relevance. Future research should focus on integrating machine learning methods to facilitate the use of texture analysis in clinical practice.

The development of automated segmentation methods is required to reduce the likelihood of including normal tissue in the area of interest. Texture analysis allows the noninvasive separation of patients into groups in terms of possible treatment options. Currently, few clinical studies reported on the differential diagnosis of clinically significant prostate cancer, including the Gleason and International Society of Urological Pathology grading. Large prospective studies are required to verify the diagnostic potential of textural features.

Keywords: prostate cancer; magnetic resonance imaging; MRI; radiomics.

To cite this article

Gelezhe PB, Blokhin IA, Semenov SS, Caruso D. Magnetic resonance imaging radiomics in prostate cancer radiology: what is currently known? *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):441–452. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

Received: 03.05.2021

Accepted: 27.11.2021

Published: 06.12.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

前列腺癌磁共振成像的放射组学： 目前已知的是什么？

Pavel B. Gelezhe^{1, 2}, Ivan A. Blokhin¹, Serafim S. Semenov^{1, 3}, Damiano Caruso^{4, 5}

¹ Moscow Center for Diagnostics and Telemedicine, Moscow, Russian Federation

² European Medical Center, Moscow, Russian Federation

³ Moscow Clinical Scientific Center named after A.S. Loginov, Moscow, Russian Federation

⁴ Sapienza University of Rome, Department of Surgical and Medical Sciences and Translational Medicine, Rome, Italy

⁵ Sant'Andrea University Hospital, Radiology Unit, Rome, Italy

简评

前列腺癌的诊断和治疗方法依赖于磁共振成像和组织学数据的结合。

这篇综述的目的是向读者介绍利用磁共振成像对前列腺癌进行现代诊断的基本方法，重点是数字医学图像的纹理分析。

纹理分析使使用数学方法评估图像像素之间的关系成为可能，这提供了额外的信息，主要是关于肿瘤内异质性的信息。一阶特征的纹理分析可能比高阶纹理特征具有更大的临床再现性。从扩散系数图中提取的纹理特征具有最大的临床意义。

未来的研究应侧重于整合机器学习技术，以促进纹理分析在临床实践中的应用。需要开发自动分割方法，以降低将正常组织纳入感兴趣区域的可能性，并加快分析结果的传递。为了测试纹理特征的诊断潜力，需要进行大规模的前瞻性研究。

关键词：前列腺癌；磁共振成像；磁共振成像；无线电麦克风。

To cite this article

Gelezhe PB, Blokhin IA, Semenov SS, Caruso D. 前列腺癌磁共振成像的放射组学：目前已知的是什么？ *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):441–452.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD70170>

收到: 03.05.2021

接受: 27.11.2021

发布日期: 06.12.2021

绪论

前列腺特异性抗原检测用于早期诊断前列腺癌。如果癌症标志物水平升高，建议进行手指直肠检查和磁共振成像（MRI）扫描。不建议将前列腺特异性抗原检测作为基于人群的筛查检测，因为它被认为没有足够的特异性或敏感性来检测具有临床意义的前列腺癌[1]。经直肠超声引导下的活检是最常见的形态学验证方法，但有一些局限性，包括感染和出血的风险，以及难以进入腺体的前部，特别是当它的体积增大时。如果至少发现一个Gleason评分为3+4的前列腺癌，则被认为具有临床意义；Gleason评分为3+3的低容量前列腺癌被认为具有临床意义不大[2]。

与活检引导下的经直肠超声相比，在活检前进行多参数核磁共振成像可将检测到具有临床意义的前列腺癌的机会从26%提高到38%[2]。

PROMIS研究显示，在1/4的男性中，MRI扫描避免了不必要的活检[3]。PI-RADS前列腺MRI评估系统是在美国放射学会和欧洲泌尿生殖放射学会（ESUR — European Society of Urological Radiology）的国际合作框架内创建的，已经得到广泛应用[4]。

随着临床实践在活检之前转向前列腺MRI作为医疗保健的标准，人们对利用放射组学提高前列腺MRI诊断准确性的可能性越来越感兴趣。

放射组学可以从诊断图像中提取定量指标，并对其进行分析，以获得预后信息[5]。这些定量指标可以为前列腺癌的表型提供重要的见解，并可能有助于作出诊断，提高对治疗反应的评估[6]。

前列腺癌的诊断

病理形态学

在大多数前列腺癌纹理分析的验证研究中，传统的Gleason系统被用作参考。这个系统是基于五种主要的评估前列腺组织的组织结构[7]。2014年，医脉通临床诊疗指南频道国际泌尿病理学会（ISUP — International Society of Urological Pathology）将Gleason量表简化为更准确的预后组（ISUP从1到5）。最重要的变化是将Gleason和7分为两个预后组（3+4和4+3）；在以后的验证研究中，建议根据ISUP数据将纹理分析结果与病理变化进行比较。

多参数磁共振成像

前列腺MRI是最广泛用于澄清前列腺癌诊断的方法。主要方法有T2加权像、扩散加权成像、动态对比度增强方法、MR波谱。

根据T2加权像，可以区分前列腺的带状结构。如果周围区（PZ — peripheral zone）包含一个

肿瘤结节，它将看起来像一个低信号强度的位置[8]。主要问题是良性异常也可出现低信号强度，如前列腺炎、纤维化、活检后出血等[1]。与功能序列相比，T2加权像的优点是易于收集数据和较少暴露在伪影中[9]。

T1加权像使用钆基造影剂（静脉注射）评估肿瘤血管化[1]。一般认为肿瘤内血管壁渗透性较好，可见造影剂在肿瘤内外溢[8]。通过动态对比增强，可以提取定量指标，如转移系数（ K_{trans} — volumetric transfer coefficient）和细胞外体积（ V_e — extracellular volume）。 K_{trans} 描述微血管通透性和血流， V_e 描述外渗量[1]。通常，肿瘤早期表现为造影增强，伴有冲刷效应。在T2加权像的情况下，造影增强可能对应于良性病变，如前列腺炎、良性增生结节。同时，在前列腺切除术后寻找残留或复发的肿瘤时，动态对比度增强方法尤为重要[1]。

扩散加权成像反映了组织中水分子的布朗运动[10]。获得的数据可以估计组织中水的扩散水平。采用表观扩散系数（ADC）进行定量评价[1]。一系列出版物已经表明，在前列腺周围区肿瘤的表观扩散系数和Gleason量表的值之间存在显著的负相关关系[11]。扩散加权成像被认为是最重要的鉴别诊断的肿瘤周围区前列腺[1]。因此，在进行前列腺MRI时，T2加权像和扩散加权成像是最能提供周边区肿瘤病灶的检测和鉴别诊断信息的图像。

PROMIS研究表明，前列腺MRI在检测临床意义重大的肿瘤时比活检更敏感，但特异性较低[3]。前列腺MRI的主要局限性之一是不同中心的成像质量不同。虽然PI-RADSv2（Prostate Imaging Reporting and Data System, version 2）数据评估系统有助于标准化前列腺MRI的解释，但在确保获得的数据的准确性和可重复性方面不太成功[1]。解决这个问题的方法是使用纹理分析。

纹理分析

放射组学是一个正在发展的领域，包括将数字医学图像转换为基于病灶信号强度、形状、体积和纹理特征的可提取定量图像指标，从而可以评估肿瘤内的异质性[12]。纹理分析允许对信号强度模式进行估计，并可用于对可疑区域进行量化。在肿瘤成像中，由于可以从标准医学图像中提取额外的定量数据，从而提高诊断和临床决策的准确性，因此对纹理分析和放射组学的兴趣普遍高涨[13]。纹理分析使用数学方法来估计图像中像素的灰色强度和排列[14]。一阶纹理分析，又称直方图分析，提取感兴趣区域的像素强度值，然后以图形方式绘制出来[5]。简化的纹理分析包括通过对图像应用细、中、粗滤光片对图像进行初始调整，从而提取和量化肉眼不可见的图像特征，包括不均匀性和亮度。中等和粗滤光片增强了图像中的血管结构和其他鉴别特征*。基

* TexRAD. Quantitative textural analysis. Available from: <https://fbkmed.com/textrad-landing-2>.

表一阶纹理特征值

纹理特征	定义
均值	感兴趣区域内像素信号强度的平均值
标准差	与平均值相比，感兴趣区域的像素信号强度的偏差
偏度	感兴趣区域像素信号强度分布的不对称性（直方图上）
峰度	反映直方图中心峰相对于正态分布曲线的高度和锐度
熵	反映感兴趣区域中不同像素信号强度选项的数量
能量	反映图像的均匀度
正像素平均	正像素的平均数量（比平均像素亮）

于直方图，计算感兴趣区域内像素强度值的均匀性、弥散性、对称性和随机性[15]。直方图最常见的特征是均值（mean）、标准差（standard deviation）、偏度（skewness）、峰度（kurtosis）、熵（entropy）和能量（energy）[5]（表）。

对图像特征进行更复杂的放射化学分析，探索感兴趣区域内像素之间的联系。在纹理可变性更小的平滑、均匀区域或纹理可变性更大的非均匀区域，可以获得关于像素信号强度可变性的附加信息。

二阶统计量，也称为Haralik纹理特征，比较两个像素之间的比率，而高阶纹理分析比较两个以上像素之间的关系。二阶函数是基于灰度共生矩阵（GLCM — gray level co-occurrence matrix）。简单地说，它们描述了一个灰色调在图像中出现的频率，与另一个灰色调的空间关系[16]。高阶函数是邻域灰度差矩阵（neighborhood gray-tone difference matrix），或灰度行程矩阵（GLRLM—grey-level run length matrix）[17]。灰度共生矩阵（GLCM — Gray Level Co-occurrence Matrix）表示三维像素（体素）在某一方向上的空间关系，以及图像的均匀性、随机性和线性依赖性。邻域灰度差矩阵（NGTDM — Neighborhood Gray Tone

Difference Matrix）是基于相邻体素之间的差异而建立的[18]。在已发表的文献中，最常见的特征包括能量、均匀性、对比度、GLCM熵和相关性[15]。

分割

图 1说明了一个简化的工作流程，显示了纹理分析被引入临床实践的方式。这需要几个关键步骤[5]，详见下文。

准确的肿瘤分割是整个工作流程中最重要的初始阶段。在E. Scalco和G. Rizzo的研究[15]中，我们发现直方图和矩阵的所有特征都受到分割方法的影响。分割区域包含正常组织会影响纹理分析的结果。

和其他肿瘤一样，前列腺癌通常有很模糊的边界，这使得人工分割很困难。大多数已发表的评估前列腺纹理分析的研究都采用了基于单一轴位图像的人工分割。一种更先进的方法是对整个肿瘤体积进行分割[19]。

一种重要的系统性方法是逐层比较病理形态学数据和放射诊断图像，这对于基于单个轴向图像的分割是困难的。核磁共振研究的质量，即具有相同几何形状的切片的规划，对于正确的纹理

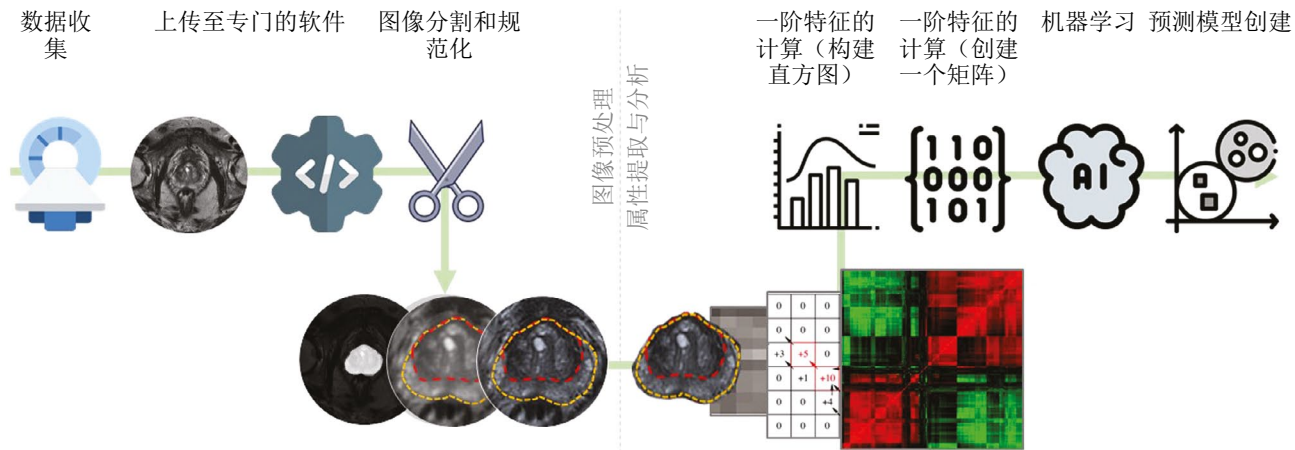


图 1基于T2加权像的前列腺癌放射组学工作流程模型。

分析也很重要。到目前为止,关于自动分割技术对前列腺癌整个肿瘤评估的价值的的数据很少,这需要在未来的前瞻性研究中进行评估。

软件套件

各种开放源码和商业化的软件包用于可视化数据的纹理分析。在R. T. Larue等人最近的一篇综述[18]中,提供了各种软件包的详细概述,包括支持的可视化方法的类型、图像预处理的阶段和特征提取的信息。开源软件包LIFEx因其对医学图像的多模态辐射测量分析而广为人知。

两个主要的商业软件包, TexRAD和RADIOMICS,使用拉普拉斯高斯算子(LoG — Laplacian of Gaussian)作为其图像预处理和功能的一部分,它可以通过检测不同信号强度的区域来大大减少图像噪音[20]。

预处理对于纠正磁场不均匀性和使个别研究和数据集的信号强度正常化都很重要[18]。目前没有足够的证据表明一种软件包比其他软件包更有优势。

纹理分析在诊断假体周围癌中的应用

迄今为止研究的最大的患者队列($n=147$)在两篇独立的论文中评估了纹理分析对于临床上重要的前列腺周围癌症和良性变化的鉴别诊断的潜在价值。D. Fehr等人[21]使用了与A. Wibmer等人[16]相同的病人组,但增加了评估过渡区段的比例和强调的纹理特征的数量。从T2加权像中提取的GLCM熵和相关度在两项研究中都显示了良性和恶性肿瘤之间的显著差异。从扩散加权成像中提取的所有纹理特征都显示出高度的重要性,从而建议使用一阶和二阶统计学来诊断临床上相关的前列腺周围癌[21]。

纹理分析在过渡区癌症的诊断中的应用

众多的研究也报道了使用过渡区(TZ — transient zone)癌症的纹理分析的不一致的结果。例如, A. Wibmer等人的研究[16]表明,周边区和过渡区肿瘤之间的扩散加权成像的纹理特征没有明显的差异。熵估计的一个例子如图2所示。

在T2加权像中,只有相关度和对比度是TZ和PZ纹理分析的重要特征[16]。在H. S. Sidhu等人的

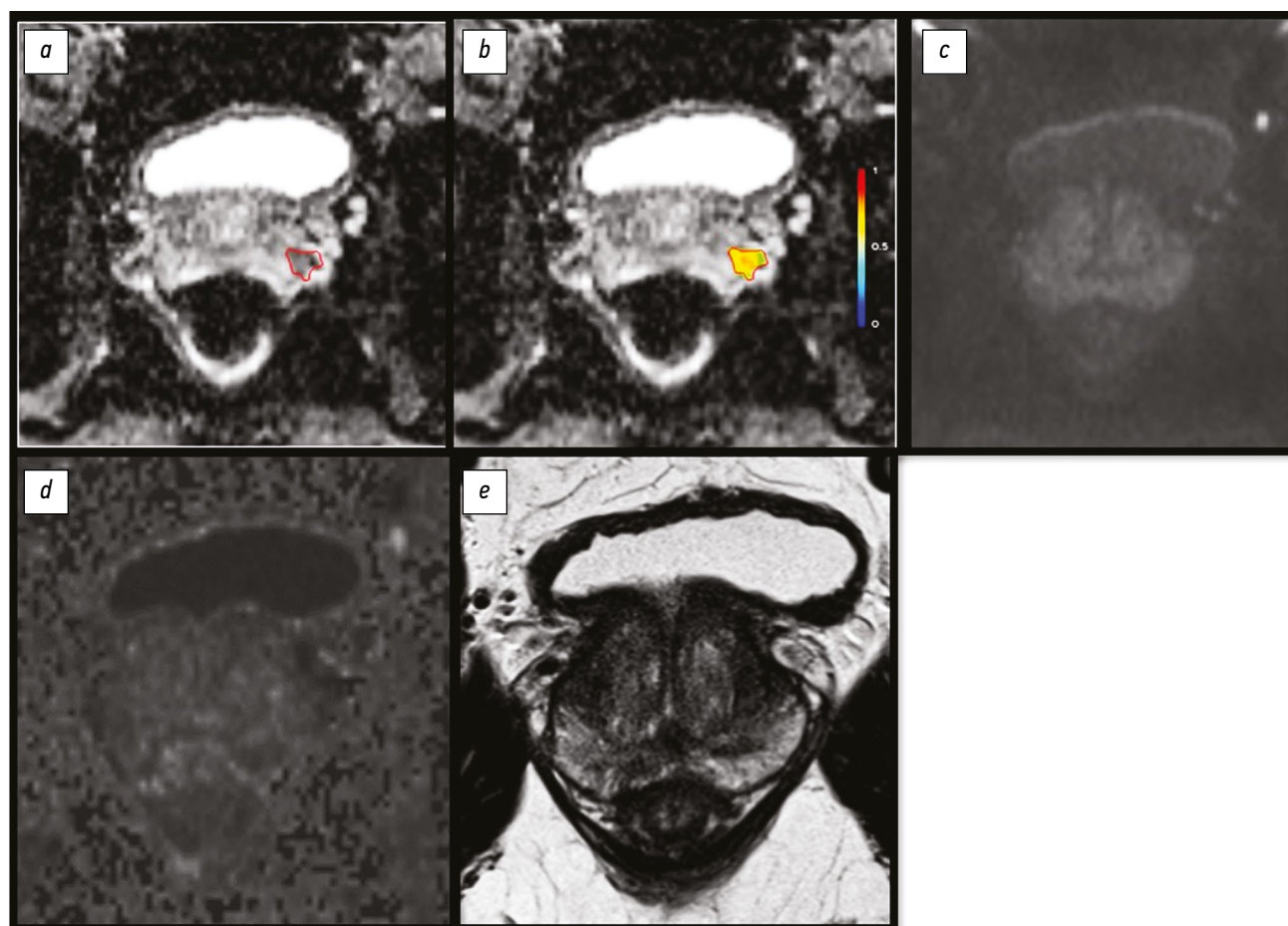


图2前列腺过渡区肿瘤病灶的分割与熵值评估。

注: *a*——65岁的前列腺肿瘤患者(Gleason 3+4)的表观扩散系数(ADC)磁共振成像(MRI)图显示了ADC降低的区域(红色轮廓;左叶中部过渡区的后段)。核磁共振成像后6天进行了前列腺活检; *b*——归一化纹理特征(熵)的热图; *c*——扩散加权成像(DWI), b 因子为900 mm/s²,未发现病理灶; *d*——DWI, 计算出的 b 因子为1400 mm/s²,未发现病理灶; *e*——T2加权像,未发现病理灶。

一项涉及26名患者的研究[22]中,发现从扩散和T1加权像中提取的峰度和熵是肿瘤的重要预测因素。从切片中移除肿瘤结节后,峰度值下降。

纹理分析在具有临床意义的前列腺癌的特征中的应用

很少有研究调查纹理分析在预测前列腺肿瘤的恶性程度方面的潜在价值。少数研究人员报告说,纹理特征与Gleason等级精确相关[23]。A. Wibmer等人[16]指出,从扩散加权成像中提取的特征可以可靠地区分Gleason评分6和Gleason评分7,但不能区分3+4和4+3。这些初步结果表明,纹理分析可以检测到肿瘤,并将其与良性过程区分开来,但评估病变的病理形态可能是一个挑战。

最近, P. S. Sierra等人在一份系统综述[24]中总结了许多研究,调查了在积极监测下的患者中选定的临床病理预测指标的效用。然而,所研究的模型都没有进入常规的临床实践,因为它们的预测准确性低。一个可能的解释是,所使用的预测指标在标准化方面存在固有的困难:一个明显的例子是前列腺特异性抗原的密度,它因用于测量前列腺体积的成像方法不同而有很大的差异[25]。另一方面, MRI显示整个肿瘤体积的能力,加上正在进行的标准化成像参数的尝试[26],为研究定量特征作为疾病进展的准确和可重复的预测因素的能力提供了基础。

在前列腺癌方面,放射组学的大部分研究都集中在提高对有临床意义的疾病[14, 27]的检测,以解决对隐性癌症过程的过度诊断问题[28]。放射化学模型已被开发用于术前预测囊外扩张的可能性[17, 29],这对于准确的局部疾病分期和临床决策是重要的。

文本分析的方法学限制

回顾性研究更容易出现偏差和混杂变量,这可能会影响统计处理,并在解释结果时引入错误,导致错误的结论。研究的异质性使其难以确保可重复性,因此需要大型数据集来解决这个问题。E. Sala等人[6]建议使用信息学和分析学来生成通用数据集并提供大样本量。在实践中,由于数据保护法和基础设施成本,这可能很难实现。迄今为止进行的大多数研究都是单中心试验,样本量小,数据收集和图像纹理分析的方法不同,这使得结果难以比较,也说明了结果的可重复性低。

一些研究中常见的一个更重要的问题是类的不平衡,即提取的性状多于参与者的数量。对许多纹理特征的测试需要进行统计校正,以消除第一类错误发现率(false discovery)。使用复杂的回归模型来寻找显著特征,会增加过度采样的风险[30]。回归模型可能在一项研究中显示出有效的结果,但在其他研究中不太可能被复制。在多元回归模型中,每10个病人只使用一个纹理特征,将减少未来研究中的过度拟合(overfitting)风险。

放射性组学治疗前列腺癌的前景

前列腺放射学是一个快速发展的领域,早期的研究最初集中于肿瘤的定位。对前列腺放射组学领域研究的回顾揭示了纹理分析的发展模式和有希望的方向。让我们考虑一下前列腺放射组学发展方向的三个关键方面,即数据收集的特点、其分析以及与生物标记物的关系。

放射性组学在前列腺癌中的应用已经从宏观层面发展到微观层面。放射组学发展的最高阶段是对特定病人的风险和治疗结果进行个性化预测。最初的步骤之一是研究MR光谱学在评估放疗后生化复发的风险[31]。在K. Gnep等人的研究[32]中,根据前列腺的多参数MRI, Haralick的纹理特征与放射治疗后生化复发的风险之间的关系被揭示。结果显示,从T2加权像和表观扩散系数图计算出的三个纹理分析参数与生化复发的发生率有统计学意义[32]。在S. B. Ginsburg等人的研究[33]中,这一想法被发展成一个使用T2加权像参数的多变量逻辑回归模型:所述模型的AUC达到0.83(源自英语Area under the curve——**曲线下面积**)。

一些设计类似的研究,特别是S. Y. Park等人的回顾性研究[34]显示,表观扩散系数在预测前列腺癌手术治疗后的生化复发方面具有潜力(AUC 0.76)。

目前,放射组学研究主要集中在肺癌和神经放射学方面;前列腺癌研究的数量相对较少。但是,应该理解的是,大多数正在研究的肺癌放射化学分析方法,将来都可以应用于其他肿瘤疾病。

放射组学领域的第二类研究涉及与组织病理学参数的关系识别。在表观扩散系数和肿瘤的侵袭性之间显示出负反馈关系(在Gleason量表上评估的)[35]。纹理分析参数的额外使用使得开发评估肿瘤恶性程度的预后模型成为可能,包括使用T2加权像[16, 23]。

一些研究发现,表观扩散系数与肿瘤细胞性之间存在负的反比关系[14]。然而,大多数关于肿瘤生物学评估的工作仍停留在评估相关性的阶段,而预后模型仅可用于预测肿瘤的侵袭性。放射组学和遗传学的整合被称为辐射基因组学,其目的是将诊断成像的定量措施与特定肿瘤受体的表达联系起来[36]。尽管其出现的时间相对较短,但大量的研究已经被投入到放射基因组学中。应该理解,多参数MRI定量和遗传信息都反映了肿瘤的病理形态状态。

N. Jamshidi等人[37]评估了未改变的前列腺组织和肿瘤病灶的多参数MRI定量参数和遗传变异:他们发现诊断成像的定量标记和遗传组织特征之间有关系。

R. Stoyanov等人的研究[38]显示,某些基因组和定量成像指数之间存在着明显的相关性,可以将患者分为风险组。

这些结果证明了辐射基因组学在评估可用于肿瘤个性化治疗的遗传特征方面的潜力。因此,目

前前列腺放射组学领域的研究主要集中在组织病理学层面，在肿瘤检测和侵袭性分层方面有很大的前景，而肿瘤的其他生物学特征的预后模型还没有开发出来。

结论

目前，前列腺癌的诊断是基于组织学数据和医学成像的结合，主要是多参数MRI。纹理分析提供了在治疗方面对患者进行客观、非侵入性分层的可能性。尽管研究数量有限，但对有临床意义的前列腺癌的鉴别诊断，包括Gleason分级，都有很好的证据。

需要大量的前瞻性研究来将放射学引入未来的常规实践。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Turkbey B., Rosenkrantz A.B., Haider M.A., et al. Prostate imaging reporting and data system version 2.1: 2019 update of prostate imaging reporting and data system version 2 // *European Urology*. 2019. Vol. 76, N 3. P. 340–351. doi: 10.1016/j.eururo.2019.02.033
2. Kasivisvanathan V., Rannikko A.S., Borghi M., et al. MRI-targeted or standard biopsy for prostate-cancer diagnosis // *N Engl J Med*. 2018. Vol. 378, N 19. P. 1767–1777. doi: 10.1056/NEJMoa1801993
3. 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 // *The Lancet*. 2017. Vol. 389, N 10071. P. 815–822. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32401-1
4. Purysko A.S., Rosenkrantz A.B., Barentsz J.O., et al. PI-RADS version 2: a pictorial update // *Radiographics*. 2016. Vol. 36, N 5. P. 1354–1372. doi: 10.1148/rq.2016150234
5. Patel N., Henry A., Scarsbrook A. The value of MR textural analysis in prostate cancer // *Clin Radiol*. 2019. Vol. 74, N 11. P. 876–885. doi: 10.1016/j.crad.2018.11.007
6. Sala E., Mema E., Himoto Y., et al. Unravelling tumour heterogeneity using next-generation imaging: radiomics, radiogenomics, and habitat imaging // *Clin Radiol*. 2017. Vol. 72, N 1. P. 3–10. doi: 10.1016/j.crad.2016.09.013
7. Gleason D.F. Classification of prostatic carcinomas // *Cancer Chemother Rep*. 1966. Vol. 50, N 3. P. 125–128.
8. Young J.C., Jeong K.K., Kim N., et al. Functional MR imaging of prostate cancer // *Radiographics*. 2007. Vol. 27, N 1. P. 63–75. doi: 10.1148/rq.271065078
9. Nketiah G., Elschot M., Kim E., et al. T2-weighted MRI-derived textural features reflect prostate cancer aggressiveness: preliminary results // *Eur Radiol*. 2017. Vol. 27, N 7. P. 3050–3059. doi: 10.1007/s00330-016-4663-1
10. Morone M., Bali M.A., Tunariu N., et al. Whole-body MRI: current applications in oncology // *AJR Am J Roentgenol*. 2017. Vol. 209, N 6. P. W336–W349. doi: 10.2214/AJR.17.17984
11. Nowak J., Malzahn U., Baur A.D., et al. The value of ADC, T2 signal intensity, and a combination of both parameters to assess

附加信息

利益冲突。作者声明，没有明显的和潜在的利益冲突相关的发表这篇文章。

资金来源。作者声称，这项研究没有资金支持。

作者的贡献。P. B. Gelezhe——负责搜索有关文章主题的出版物；I. A. Blokhin——负责编辑手稿；S. S. Semenov——负责编辑手稿文本，创建图像；D. Caruso——负责同行评审，批准最终版本。所有作者都确认其作者符合国际ICMJE标准（所有作者为文章的概念，研究和准备工作做出了重大贡献，并在发表前阅读并批准了最终版本）。

- Gleason score and primary Gleason grades in patients with known prostate cancer // *Acta Radiol*. 2016. Vol. 57, N 1. P. 107–114. doi: 10.1177/0284185114561915
12. Gillies R.J., Kinahan P.E., Hricak H. Radiomics: Images are more than pictures, they are data // *Radiology*. 2016. Vol. 278, N 2. P. 563–577. doi: 10.1148/radiol.2015151169
13. Summers R.M. Texture analysis in radiology: does the emperor have no clothes? // *Abdominal Radiology*. 2017. Vol. 42, N 2. P. 342–345. doi: 10.1007/s00261-016-0950-1
14. Bleker J., Kwee T.C., Dierckx R.A., et al. Multiparametric MRI and auto-fixed volume of interest-based radiomics signature for clinically significant peripheral zone prostate cancer // *Eur radiol*. 2020. Vol. 30, N 3. P. 1313–1324. doi: 10.1007/s00330-019-06488-y
15. Scalco E., Rizzo G. Texture analysis of medical images for radiotherapy applications // *Br J Radiol*. 2017. Vol. 90, N 1070. P. 20160642. doi: 10.1259/bjr.20160642
16. Wibmer A., Hricak H., Gondo T., et al. Haralick texture analysis of prostate MRI: utility for differentiating non-cancerous prostate from prostate cancer and differentiating prostate cancers with different Gleason scores // *Eur Radiol*. 2015. Vol. 25, N 10. P. 2840–2850. doi: 10.1007/s00330-015-3701-8
17. Losnegard A., Reisaeter L., Halvorsen O.J., et al. Magnetic resonance radiomics for prediction of extraprostatic extension in non-favorable intermediate- and high-risk prostate cancer patients // *Acta Radiol*. 2020. Vol. 61, N 11. P. 1570–1579. doi: 10.1177/0284185120905066
18. Larue R.T., Defraene G., Ruyscher D., et al. Quantitative radiomics studies for tissue characterization: a review of technology and methodological procedures // *Br J Radiol*. 2017. Vol. 90, N 1070. P. 20160665. doi: 10.1259/bjr.20160665
19. Court L.E., Fave X., Mackin D., et al. Computational resources for radiomics // *Translational Cancer Research*. 2016. Vol. 5, N 4. P. 340–348. doi: 10.21037/tcr.2016.06.17
20. Laplacian of Gaussian Filter [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://academic.mu.edu/phys/matthysd/web226/Lab02.htm>. Дата обращения: 21.11.2021.

21. Fehr D., Veeraraghavan H., Wibmer A., et al. Automatic classification of prostate cancer Gleason scores from multiparametric magnetic resonance images // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015. Vol. 112, N 46. P. E6265–E6273. doi: 10.1073/pnas.1505935112
22. Sidhu H.S., Benigno S., Ganeshan B., et al. Textural analysis of multiparametric MRI detects transition zone prostate cancer // *Eur Radiol*. 2017. Vol. 27, N 6. P. 2348–2358. doi: 10.1007/s00330-016-4579-9
23. Vignati A., Mazzetti S., Giannini V., et al. Texture features on T2-weighted magnetic resonance imaging: new potential biomarkers for prostate cancer aggressiveness // *Phys Med Biol*. 2015. Vol. 60, N 7. P. 2685–2701. doi: 10.1088/0031-9155/60/7/2685
24. Sierra P.S., Damodaran S., Jarrard D. Clinical and pathologic factors predicting reclassification in active surveillance cohorts // *Int Braz J Urol*. 2018. Vol. 44, N 3. P. 440. doi: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2017.0320
25. Murciano-Goroff Y.R., Wolfsberger L.D., Parekh A., et al. Variability in MRI vs. ultrasound measures of prostate volume and its impact on treatment recommendations for favorable-risk prostate cancer patients: a case series // *Radiat Oncol*. 2014. Vol. 9. P. 200. doi: 10.1186/1748-717X-9-200
26. Engels R.R., Israël B., Padhani A.R., et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the detection of clinically significant prostate cancer: what urologists need to know. Part 1: acquisition // *Eur Urology*. 2020. Vol. 77, N 4. P. 457–468. doi: 10.1016/j.eururo.2019.09.021
27. Min X., Li M., Dong D., et al. Multi-parametric MRI-based radiomics signature for discriminating between clinically significant and insignificant prostate cancer: cross-validation of a machine learning method // *Eur J Radiol*. 2019. Vol. 115. P. 16–21. doi: 10.1016/j.ejrad.2019.03.010
28. Westphalen A.C., McCulloch C.E., Anaokar J.M., et al. Variability of the positive predictive value of PI-RADS for prostate MRI across 26 centers: experience of the Society of Abdominal Radiology Prostate Cancer Disease-focused Panel // *Radiology*. 2020. Vol. 296, N 1. P. 76–84. doi: 10.1148/radiol.2020190646
29. Xu L., Zhang G., Zhao L., et al. Radiomics based on multiparametric magnetic resonance imaging to predict extraprostatic extension of prostate cancer // *Front Oncol*. 2020. Vol. 10. P. 940. doi: 10.3389/fonc.2020.00940
30. Kuess P., Andrzejewski P., Nilsson D., et al. Association between pathology and texture features of multi parametric MRI of the prostate // *Phys Med Biol*. 2017. Vol. 62, N 19. P. 7833–7854. doi: 10.1088/1361-6560/aa884d
31. Riaz N., Afaq A., Akin O., et al. Pretreatment endorectal coil magnetic resonance imaging findings predict biochemical tumor control in prostate cancer patients treated with combination brachytherapy and external-beam radiotherapy // *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2012. Vol. 84, N 3. P. 707–711. doi: 10.1016/j.ijrobp.2012.01.009
32. Gnep K., Fargeas A., Gutiérrez-Carvajal R.E., et al. Haralick textural features on T2-weighted MRI are associated with biochemical recurrence following radiotherapy for peripheral zone prostate cancer // *J Magn Reson Imaging*. 2017. Vol. 45, N 1. P. 103–117. doi: 10.1002/jmri.25335
33. Ginsburg S.B., Rusu M., Kurhanewicz J., et al. Computer extracted texture features on T2w MRI to predict biochemical recurrence following radiation therapy for prostate cancer // *SPIE*. 2014. Vol. 9035. P. 903509. doi: 10.1117/12.2043937
34. Park S.Y., Kim C.K., Park B.K., et al. Prediction of biochemical recurrence following radical prostatectomy in men with prostate cancer by diffusion-weighted magnetic resonance imaging: Initial results // *European Radiology*. 2011. Vol. 21, N 5. P. 1111–1118. doi: 10.1007/s00330-010-1999-9
35. Woo S., Kim S.Y., Cho J.Y., et al. Preoperative evaluation of prostate cancer aggressiveness: Using ADC and ADC ratio in determining gleason score // *AJR Am J Roentgenol*. 2016. Vol. 207, N 1. P. 114–120. doi: 10.2214/AJR.15.15894
36. Incoronato M., Aiello M., Infante T., et al. Radiogenomic analysis of oncological data: a technical survey // *Int J Mol Sci*. 2017. Vol. 18, N 4. P. 805. doi: 10.3390/ijms18040805
37. Jamshidi N., Margolis D.J., Raman S., et al. Multiregional radiogenomic assessment of prostate microenvironments with multiparametric MR imaging and DNA whole-exome sequencing of prostate glands with adenocarcinoma // *Radiology*. 2017. Vol. 284, N 1. P. 109–119. doi: 10.1148/radiol.2017162827
38. Stoyanova R., Pollack A., Takhar M., et al. Association of multiparametric MRI quantitative imaging features with prostate cancer gene expression in MRI-targeted prostate biopsies // *Oncotarget*. 2016. Vol. 7, N 33. P. 53362–53376. doi: 10.18632/oncotarget.10523

REFERENCES

1. Turkbey B, Rosenkrantz AB, Haider MA, et al. Prostate imaging reporting and data system version 2.1: 2019 update of prostate imaging reporting and data system version 2. *Eur Urol*. 2019;76(3):340–351. doi: 10.1016/j.eururo.2019.02.033
2. Kasivisvanathan V, Rannikko AS, Borghi M, et al. MRI-targeted or standard biopsy for prostate-cancer diagnosis. *N Engl J Med*. 2018;378(19):1767–1777. doi: 10.1056/NEJMoa1801993
3. 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. *The Lancet*. 2017;389(10071):815–822. doi: 10.1016/S0140-6736(16)32401-1
4. Puryso AS, Rosenkrantz AB, Barentsz JO, et al. PI-RADS version 2: a pictorial update. *Radiographics*. 2016;36(5):1354–1372. doi: 10.1148/rq.2016150234
5. Patel N, Henry A, Scarsbrook A. The value of MR textural analysis in prostate cancer. *Clin Radiol*. 2019;74(11):876–885. doi: 10.1016/j.crad.2018.11.007
6. Sala E, Mema E, Himoto Y, et al. Unravelling tumour heterogeneity using next-generation imaging: radiomics, radiogenomics, and habitat imaging. *Clin Radiol*. 2017;72(1):3–10. doi: 10.1016/j.crad.2016.09.013
7. Gleason DF. Classification of prostatic carcinomas. *Cancer Chemother Rep*. 1966;50(3):125–128.

8. Young JC, Jeong KK, Kim N, et al. Functional MR imaging of prostate cancer. *Radiographics*. 2007;27(1): 63–75. doi: 10.1148/rg.271065078
9. Nketiah G, Elschof M, Kim E, et al. T2-weighted MRI-derived textural features reflect prostate cancer aggressiveness: preliminary results. *Eur Radiol*. 2017;27(7):3050–3059. doi: 10.1007/s00330-016-4663-1
10. Morone M, Bali MA, Tunariu N, et al. Whole-body MRI: current applications in oncology. *AJR Am J Roentgenol*. 2017;209(6):W336–W349. doi: 10.2214/AJR.17.17984
11. Nowak J, Malzahn U, Baur AD, et al. The value of ADC, T2 signal intensity, and a combination of both parameters to assess Gleason score and primary Gleason grades in patients with known prostate cancer. *Acta Radiol*. 2016;57(1):107–114. doi: 10.1177/0284185114561915
12. Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: Images are more than pictures, they are data. *Radiology*. 2016;278(2):563–577. doi: 10.1148/radiol.2015151169
13. Summers RM. Texture analysis in radiology: Does the emperor have no clothes? *Abdom Radiol*. 2017;42(2):342–345. doi: 10.1007/s00261-016-0950-1
14. Bleker J, Kwee TC, Dierckx RA, et al. Multiparametric MRI and auto-fixed volume of interest-based radiomics signature for clinically significant peripheral zone prostate cancer. *Eur Radiol*. 2020;30(3):1313–1324. doi: 10.1007/s00330-019-06488-y
15. Scalco E, Rizzo G. Texture analysis of medical images for radiotherapy applications. *Br J Radiol*. 2017;90(1070):20160642. doi: 10.1259/bjr.20160642
16. Wibmer A, Hricak H, Gondo T, et al. Haralick texture analysis of prostate MRI: utility for differentiating non-cancerous prostate from prostate cancer and differentiating prostate cancers with different Gleason scores. *Eur Radiol*. 2015;25(10):2840–2850. doi: 10.1007/s00330-015-3701-8
17. Losnegard A, Reisæter L, Halvorsen OJ, et al. Magnetic resonance radiomics for prediction of extraprostatic extension in non-favorable intermediate- and high-risk prostate cancer patients. *Acta Radiol*. 2020;61(11):1570–1579. doi: 10.1177/0284185120905066
18. Larue RT, Defraene G, Ruyscher DD, et al. Quantitative radiomics studies for tissue characterization: A review of technology and methodological procedures. *Br J Radiol*. 2017;90(1070):20160665. doi: 10.1259/bjr.20160665
19. Court LE, Fave X, Mackin D, et al. Computational resources for radiomics. *Translational Cancer Research*. 2016;5(4):340–348. doi: 10.21037/tcr.2016.06.17
20. Laplacian of Gaussian Filter [Electronic resource]. Available from: <https://academic.mu.edu/phys/matthysd/web226/Lab02.htm>. Accessed: 21.11.2021.
21. Fehr D, Veeraraghavan H, Wibmer A, et al. Automatic classification of prostate cancer Gleason scores from multiparametric magnetic resonance. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015;112(46):E6265–E6273. doi: 10.1073/pnas.1505935112
22. Sidhu HS, Benigno S, Ganeshan B, et al. Textural analysis of multiparametric MRI detects transition zone prostate cancer. *Eur Radiol*. 2017;27(6):2348–2358. doi: 10.1007/s00330-016-4579-9
23. Vignati A, Mazzetti S, Giannini V, et al. Texture features on T2-weighted magnetic resonance imaging: new potential biomarkers for prostate cancer aggressiveness. *Phys Med Biol*. 2015;60(7):2685–2701. doi: 10.1088/0031-9155/60/7/2685
24. Sierra PS, Damodaran S, Jarrard D. Clinical and pathologic factors predicting reclassification in active surveillance cohorts. *Int Braz J Urol*. 2018;44(3):440. doi: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2017.0320
25. Murciano-Goroff YR, Wolfsberger LD, Parekh A, et al. Variability in MRI vs. ultrasound measures of prostate volume and its impact on treatment recommendations for favorable-risk prostate cancer patients: a case series. *Radiat Oncol*. 2014;9:200. doi: 10.1186/1748-717X-9-200
26. Engels RR, Israël B, Padhani AR, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the detection of clinically significant prostate cancer: what urologists need to know. Part 1: acquisition. *Eur Urol*. 2020;77(4):457–468. doi: 10.1016/j.eururo.2019.09.021
27. Min X, Li M, Dong D, et al. Multi-parametric MRI-based radiomics signature for discriminating between clinically significant and insignificant prostate cancer: cross-validation of a machine learning method. *Eur J Radiol*. 2019;115:16–21. doi: 10.1016/j.ejrad.2019.03.010
28. Westphalen AC, McCulloch CE, Anaokar JM, et al. Variability of the positive predictive value of PI-RADS for prostate MRI across 26 centers: experience of the Society of Abdominal Radiology Prostate Cancer Disease-focused Panel. *Radiology*. 2020;296(1):76–84. doi: 10.1148/radiol.2020190646
29. Xu L, Zhang G, Zhao L, et al. Radiomics based on multiparametric magnetic resonance imaging to predict extraprostatic extension of prostate cancer. *Front Oncol*. 2020;10:940. doi: 10.3389/fonc.2020.00940
30. Kuess P, Andrzejewski P, Nilsson D, et al. Association between pathology and texture features of multi parametric MRI of the prostate. *Phys Med Biol*. 2017;62(19):7833–7854. doi: 10.1088/1361-6560/aa884d
31. Riaz N, Afaq A, Akin O, et al. Pretreatment endorectal coil magnetic resonance imaging findings predict biochemical tumor control in prostate cancer patients treated with combination brachytherapy and external-beam radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2012;84(3):707–711. doi: 10.1016/j.ijrobp.2012.01.009
32. Gnep K, Fargeas A, Gutiérrez-Carvajal RE, et al. Haralick textural features on T2-weighted MRI are associated with biochemical recurrence following radiotherapy for peripheral zone prostate cancer. *J Magn Reson Imaging*. 2017;45(1):103–117. doi: 10.1002/jmri.25335
33. Ginsburg SB, Rusu M, Kurhanewicz J, et al. Computer extracted texture features on T2w MRI to predict biochemical recurrence following radiation therapy for prostate cancer. *SPIE*. 2014;9035:903509. doi: 10.1117/12.2043937
34. Park SY, Kim CK, Park BK, et al. Prediction of biochemical recurrence following radical prostatectomy in men with prostate cancer by diffusion-weighted magnetic resonance imaging: Initial results. *Eur Radiol*. 2011;21(5):1111–1118. doi: 10.1007/s00330-010-1999-9
35. Woo S, Kim SY, Cho JY, et al. Preoperative evaluation of prostate cancer aggressiveness: Using ADC and ADC ratio in determining gleason score. *AJR Am J Roentgenol*. 2016;207(1):114–120. doi: 10.2214/AJR.15.15894
36. Incoronato M, Aiello M, Infante T, et al. Radiogenomic analysis of oncological data: a technical survey. *Int J Mol Sci*. 2017;18(4):805. doi: 10.3390/ijms18040805
37. Jamshidi N, Margolis DJ, Raman S, et al. Multiregional radiogenomic assessment of prostate microenvironments with multiparametric MR imaging and DNA whole-exome sequencing of prostate glands with adenocarcinoma. *Radiology*. 2017;284(1):109–119. doi: 10.1148/radiol.2017162827
38. Stoyanova R, Pollack A, Takhar M, et al. Association of multiparametric MRI quantitative imaging features with prostate cancer gene expression in MRI-targeted prostate biopsies. *Oncotarget*. 2016;7(33):53362–53376. doi: 10.18632/oncotarget.10523

AUTHORS' INFO

* **Pavel B. Gelezhe**, MD, Cand. Sci. (Med.);

address: 24-1 Petrovka street, 127051 Moscow, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1072-2202>;

eLibrary SPIN: 4841-3234; e-mail: gelezhe.pavel@gmail.com

Ivan A. Blokhin;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;

eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Serafim S. Semenov, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2585-0864>;

eLibrary SPIN: 4790-0416; e-mail: s.semenov@npcmr.ru

Damiano Caruso, MD, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9285-4764>;

e-mail: dcarus085@gmail.com

ОБ АВТОРАХ

* **Гележе Павел Борисович**, к.м.н.;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1072-2202>;

eLibrary SPIN: 4841-3234; e-mail: gelezhe.pavel@gmail.com

Блохин Иван Андреевич;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2681-9378>;

eLibrary SPIN: 3306-1387; e-mail: i.blokhin@npcmr.ru

Семёнов Серафим Сергеевич;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2585-0864>;

eLibrary SPIN: 4790-0416; e-mail: s.semenov@npcmr.ru

Damiano Caruso, MD, PhD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9285-4764>;

e-mail: dcarus085@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

Обзор российской нормативной документации по организации и функционированию кабинетов и отделений магнитно-резонансной томографии

А.В. Смирнов, Д.С. Семенов, Е.С. Ахмад, А.Н. Хоружая

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Диагностические исследования, проводимые с использованием какого-либо медицинского оборудования, нуждаются во всестороннем контроле, который обеспечивается рядом нормативных документов. Особенное внимание уделено рентгеновским методам визуализации, но в области магнитно-резонансной томографии можно заметить как недостаточность этого внимания, так и разнонаправленность усилий по нормированию.

Это объяснимо: в основе данного диагностического метода не используются источники ионизирующего излучения, а магнитные поля хоть и оказывают некоторое воздействие на здоровье человека, особенно на персонал, который работает в кабинетах магнитно-резонансной томографии постоянно, но являются относительно безопасными для пациентов, которые приходят на диагностическую процедуру время от времени и не имеют в своём теле инородных металлических (стальные имплантаты) или электронных (кардиостимуляторы, нейростимуляторы) изделий.

Тем не менее незнание и несоблюдение требований, которые носят как рекомендательный, так и обязательный характер, может значительно повысить риск причинения вреда пациентам или персоналу, а также привести к снижению качества визуализации и диагностики. Отдельная особенность сферы регулирования магнитно-резонансной томографии состоит в том, что за последние десятилетия было вновь издано либо пересмотрено более десятка различных стандартов, санитарных норм, правил, писем и рекомендаций, значительная часть которых дополняет или дублирует друг друга, либо противоречит другим документам. В результате сложно обеспечить соответствие кабинета магнитно-резонансной томографии требованиям нормативных документов.

В данной работе проведён обзор действующей на территории России нормативной документации, относящейся к организации и функционированию кабинета магнитно-резонансной томографии, выделены аспекты, наиболее важные с точки зрения безопасной и качественной эксплуатации, и сформулированы шаги, необходимые для модернизации системы как с точки зрения качества диагностики, так и безопасности диагностических исследований с применением ядерно-магнитного резонанса.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; нормативы; медицинская организация; организация здравоохранения.

Как цитировать

Смирнов А.В., Семенов Д.С., Ахмад Е.С., Хоружая А.Н. Обзор российской нормативной документации по организации и функционированию кабинетов и отделений магнитно-резонансной томографии // *Digital Diagnostics*. 2021. Т.2, № 4. С. 453–464. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

The Russian regulatory documents on the organization and functioning of offices and departments of magnetic resonance imaging

Aleksey V. Smirnov, Dmitriy S. Semenov, Ekaterina S. Akhmad, Anna N. Khoruzhaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Diagnostic studies that are conducted using any medical equipment require comprehensive control, which is provided by several regulatory documents. Particular attention is paid to X-ray imaging methods, but in the field of magnetic resonance imaging, one can notice both the lack of attention and the multidirectional efforts for its normalization.

Understandably, this diagnostic method is not based on the use of ionizing radiation, and magnetic fields have some effect on human health, especially on personnel who work in magnetic resonance imaging rooms at all times. They are safe for patients who come to the diagnostic procedure from time to time and those without foreign metal (steel implants) or electronic (pacemakers and neurostimulators) objects in their bodies.

However, ignorance and non-compliance with both advisory and mandatory requirements can significantly increase the risk of harm to patients or staff, as well as lead to a decreased quality of imaging and diagnostics. A separate feature of the field of magnetic resonance imaging regulation in the past decades includes more than a dozen of different standards, sanitary norms, rules, letters, and recommendations that have been published or revised, of which a significant part complement or duplicate each other, or completely contradict each other. Therefore, the need to ensure the compliance of the magnetic resonance imaging room/department with the requirements of regulatory documents is greatly complicated.

This study provides an overview of the regulatory documentation in force in Russia related to the organization and functioning of a magnetic resonance imaging room/department, highlights the aspects that are most important from the point of view of the safe and high-quality operation, and formulates the steps necessary to modernize the system, both from the point of view of the quality of diagnostics and the safety of magnetic resonance imaging studies.

Keywords: magnetic resonance imaging; magnetic resonance imaging; organization and administration; practice guidelines as a topic.

To cite this article

Smirnov AV, Semenov DS, Akhmad ES, Khoruzhaya AN. The Russian regulatory documents on the organization and functioning of offices and departments of magnetic resonance imaging. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):453–464. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

Received: 23.09.2021

Accepted: 16.12.2021

Published: 14.01.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

审查俄罗斯关于磁共振成像室和部门的组织和运作的监管文件

Aleksey V. Smirnov, Dmitriy S. Semenov, Ekaterina S. Akhmad, Anna N. Khoruzhaya

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

简评

使用任何医疗设备进行的诊断研究都有许多监管文件提供的全面控制。 特别关注X射线成像方法，但在磁共振成像领域，人们可以注意到缺乏这种关注和多方向的努力来规范化。

这是可以理解的：这种诊断方法的基础没有使用电离辐射源，虽然磁场对人体健康有一定的影响，尤其是对一直在磁共振成像室工作的工作人员，但对于不是进行诊断的患者来说是安全的，而在身体没有金属异物（钢植入物）或电子产品（起搏器、神经刺激器）。

但是，无知和不遵守建议性和强制性的要求会显着增加对患者或工作人员造成伤害的风险，并降低成像和诊断的质量。磁共振成像监管领域的另一个特点是，在过去几十年中，重新发布或修订了十多个不同的标准、卫生规范、规则、信函和建议，其中很大一部分相互补充或重复，或与其他文件相矛盾。因此，很难确保MRI室符合监管要求。

本文回顾了俄罗斯现行的与核磁共振室的组织和运行有关的监管文件，从安全和高质量操作的角度强调了最重要的方面，并制定了必要的步骤在诊断质量和使用核磁共振的诊断研究的安全性方面对系统进行现代化改造。

关键词： 磁共振成像； 标准； 医疗机构； 医疗保健组织。

To cite this article

Smirnov AV, Semenov DS, Akhmad ES, Khoruzhaya AN. 审查俄罗斯关于磁共振成像室和部门的组织和运作的监管文件. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):453-464. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD80901>

收到: 23.09.2021

接受: 16.12.2021

发布日期: 14.01.2022

绪论

仪器诊断涉及使用某种医疗设备对病人进行检查，需要仔细的全面监测，这必须由法规来确定。到目前为止，对X射线成像技术的要求是最全面的。同时，在磁共振成像（MRI）领域，缺乏既定的要求，也不一致。

与一般的X射线、CT扫描、乳房X光检查和其他使用电离辐射的方法不同，磁共振成像是通过磁场成像的，对人体没有明显的负面影响。在这方面，我们认为这个方向的监管体系有很大的差距，而目前的监管基础是对X射线方法的要求。此外，有些文件只是建议性的，这在实践中导致它们被完全忽视。不遵守某些先决条件会大大增加对病人或工作人员造成伤害的风险，也会导致成像和诊断质量下降。

早期的工作已经发表在设备生命周期内的某些方面，如质量控制[1]。基于国际最佳实践的指导方针也已经制定出来，用于核磁共振室的设计[2]和操作[3]以及医务人员的安全[4]，但一些重要的步骤却被遗漏了。

鉴于最近一些与核磁共振有关的法规的通过和生效，我们认为提请医疗组织注意有关信息并请他们在其活动中执行这些法规是极为重要的。

本文回顾了俄罗斯现行的与核磁共振室的组织和运行有关的监管文件；从安全和质量运行的角度强调了最重要的方面；并制定了使质量保证体系现代化所需的步骤。

当前的监管框架：设备、房间、建筑的要求守则

机器选择

应用目前的监管框架可以帮助已经在核磁共振机器选择阶段。有三个国家标准（GOST R 56310-2014[5]，GOST R 56320-2014[6]，GOST R 56610-2015[7]），为国家和城市采购核磁共振扫描仪的技术规范的准备和设计制定了一般要求。这些标准适用于全身使用 $B_0 < 0.75$ T（GOST R 56320-2014）直流磁场感应和 $B_0 > 1$ T（GOST R 56310-2014）超导线圈，四肢使用 $0.15 < B_0 < 0.75$ T（GOST R 56610-2015）的核磁共振扫描器。这些文件，像其他标准一样，是建议性质的，没有约束力。

在联邦消费者权益保护和人类福利监督局2007年8月1日第9-05/122-486号信息方法信函（以下简称信函）中也给出了一些型号的磁共振测绘仪（现在大多已经过时）的分类和特点[8]。

规划磁共振成像扫描仪的位置

一旦与潜在供应商确定了职权范围，医疗机构的首要任务之一往往是选择放置设备的场所。根据医疗机构的运作方式，核磁共振室可能是一个独立的单元，也可能是放射科的一部分（这是由

信函允许的）。空间选择的问题同时受到几个法规的制约。

因此，根据莫斯科地区预算条例31-313-98第4.3条[9]和自2021年1月1日起生效的卫生条例2.1.3678-2020第4.1.6条[10]，核磁共振室所在的建筑物不得为住宅或具有非医疗目的。118.13330.2012卫生条例附件《E》第E.2.11(c)条[11]和信函的《对设备放置和工作组织的要求》部分将MRI室的楼层选择限制在一楼、地下或地下室，同时允许放置在附属建筑或专门建造的建筑中。根据信函和卫生条例158.13330.2014第6.3.5a条[12]，在放置重型设备时，最好考虑天花板的承重能力（在某些情况下，核磁共振设备与所有附加模块的重量可以达到几十吨），所以在这些文件中，也有关于核磁共振室放置在地下室/地库或一楼的论点。

相邻房间的用途和设备是同样重要的选择因素。卫生条例2.1.3678-2020第4.19.3段明确禁止将核磁共振室与孕妇、儿童和心脏病患者的房间以及24小时病人的房间相邻。严禁在相邻的房间内设置内置或附属的变压器站（卫生条例158.13330.2014第7.7.1.5.3段）。

为了避免泄漏，根据同一条例（卫生条例158.13330.2014）第6.2.8段，不建议在淋浴间、盥洗室、洗手间和其他潮湿的房间下选择没有额外防水措施的核磁共振室，第6.2.6段警告说，与核磁共振室相邻的功能诊断室的设备可能发生故障。

控制室必须位于受控区域之外（卫生条例2.1.3678-2020第4.19.5段），这将在《物理因素》部分进一步讨论。根据信函的《工作地点和组织》一节和《工作场所健康与安全条例》第71段，它必然是一个有自然光的独立房间[13]。发现卫生条例2.1.3678-2020第4.6.2段规定，只要满足额定的小气候指标，核磁共振室的扫描室和控制室可以没有自然光源，也就是说，这套条例自相矛盾。

后者还禁止在控制室接待病人，而根据地区预算条例31-313-98第5.14段，扫描室不得有自然光。

在布局方面，最不重视的是核磁共振室的技术室，即辅助设备所在的地方。根据信函，这个房间不应该与控制室、医生办公室或病人房间毗邻。然而，就后面要讨论的物理因素而言，对这个房间的要求可以制定得更加严格。

设计（为核磁共振室创建一个流程设计）

技术设计是一份文件，其描述了设备的摆放以及与之相关的技术流程在在建建筑或运行中的建筑结构中的顺序。然而，在MRI的情况下，设计和运行过程中的大多数参与者往往对过程设计的必要性有不同意见。

下面我们来看一下这个问题的现状。

核磁共振室是医疗机构的一部分，所以它的设计必须考虑到相关卫生条例158.13330.2014在建筑空间规划（第6.2.6段）、通风和空调（第7.2.3.3段）、最小建筑面积（表B.7）、医疗室一般照明装置的保护程度（表P.1）等方面的要求。

另一方面，根据2020年6月9日卫生部第560号命令第3段[14]，磁共振检查是放射性的，这意味着必须遵守卫生规则和条例2.6.1.1192-03的要求[15]。这些条例的附件7规定，在房间投入使用时，必须提交一份与地区放射科部门商定的技术设计。此外，第3.10段明确禁止将制造商的设计方案作为技术设计使用，将该文件的使用限制在房舍及其面积的选择上。

信函中还指出，核磁共振室的设计需要得到批准。

核磁共振室的组成和面积

除了仔细放置设备以便以最有效的方式实现核磁共振室的目的外，这种设备的运行还涉及一些额外的技术过程。这包括患者为研究做准备，安装导管和执行其他辅助手术，查看先前研究的结果并描述所做的工作，以及与患者及其陪同人员沟通（询问）。然而，在与供应商就为技术项目准备房间计划进行互动的阶段，往往没有考虑到特定医疗机构的工作细节。

优化空间组织最有效的方法可以称为在医疗和技术任务中对所有将在MRI室进行的手术进行清晰的描述。在这种情况下，除了设备制造商的既定要求外，设备安排的建议以及因此而产生的项目文件将满足医疗机构的需求。

目前的监管文件也对核磁共振室的组成和面积做出了一定的限制，包括强制性的（卫生条例2.1.3678-2020，卫生条例158.13330.2014，地区预算条例31-313-98）和建议性（信函）文件。表1显示了组成和最小空间要求的摘要。

应该注意的是，制造商的医疗和技术规范以及技术文件可能对特定MRI型号的最小空间要求提出额外要求。

核磁共振室的翻修

在用监管文件整理处所方面，核磁共振室没有特殊要求。对于核磁共振室，与适用于所有干燥制度的医疗和诊断室的规定相同，如卫生条例158.13330.2014所规定。第6.4.2款规定，墙壁和天花板应使用丙烯酸或水溶性硅酸盐涂料或其他可进行湿式清洁和消毒的材料进行装饰。设备的连接点（如果放在石膏板墙或轻质隔墙上）必须额外加固。这符合卫生规则和标准2.6.1.1192-03的要求（第3.16段）。

然而，卫生条例158.13330.2014第6.4.7条对放射科和放射性核素诊断和放射治疗室的地板有特别说明：必须由抗静电材料制成，每张覆盖物之间有最少数量的接头，或者可以接受基于失活固化化合物的无接头覆盖物。

莫斯科地区预算条例第31-313-98条：«核磁共振室的内部装饰应采用俄罗斯联邦卫生部国家卫生和流行病监督局的机关和机构批准的材料，并适合其功能目的»（第5.16段）。

物理因素

目前监管文件中的大多数要求都与工作人员和病人的工作条件和身体暴露有关，既有一般规定，也有与核磁共振有关的具体要求。核磁共振室的有害因素可能包括恒定的磁场（躺下病人和处理射频线圈时直接对着机器）、感染传播的风险、高度的压力和沉重的工作、照明不足和光输出的脉冲。根据卫生规则和标准1.2.3685-21[16]，必须对微气候参数是否符合工作场所物理因素的卫生标准进行评估。目前监管文件对这些参数分别提出了要求。

MRI的功能前提是在时间和空间中存在恒定和可变的磁场（GOST R IEC 60601-2-33-2013），

表 1对磁共振成像室的组成和最小面积的监管要求

核磁共振（MRI）室	最小面积，m²			
	SR 2.1.3678-2020	DBO 31-313-98	SR 158.13330.2014	信函
扫描室（诊断室）	制造商的TC	42	25	40-46* （但不少于12个）
控制室（操作室）	8	20	10	14-17
技术室（机房）	-	20*	20	20-24
医生办公室	-	12	-	12
准备室	4	10	12	-
换衣间	-	-	-	有
工作人员和访客的厕所	-	-	-	3×2**
暗室（照片室）	-	10	-	10**
工程师室	-	10	-	-
工作人员室	-	-	-	12

注：*区域可能会有变化； **如果有必要，可能会被移到MRI室外。MRI——磁共振成像； TC——技术规格； SR——卫生条例； DBO——地区预算条例。

而在最常见的变体一带有超导磁体的MRI扫描仪中—除非发生紧急情况，否则永久磁场不会关闭，只有在扫描接收图像时才会使用可变磁场。为了减少对人员的负面影响，卫生条例第1.2.3685-21条规定了永磁场（表 5.8）和工频电磁场（表 5.41）的最大允许水平。同样，信函中也介绍了工作站的永磁场强度（表 2）和工作站的个人电脑的电磁场（表 3）[8]。

GOST R 国际电工委员会（IEC）60601-2-33-2013（201.7.9.3.101）引入了受控访问区域的概念，该区域由对应于0.5 mT的恒定磁场感应线限制，而受控访问区域内的电磁场水平应符合GOST IEC 60601-1-2-2014的规定。控制室应位于控制出入区之外。如果控制出入区域线延伸到邻近区域，则需要对患有心脏起搏器和其他类型的植入式电子心脏起搏器的患者和工作人员进行严格的控制和出入限制（卫生条例2.1.3678-2020第4.19.5、4.19.7段）。根据工作场所健康与安全条例（第70段）以及卫生条例2.1.3678-2020第

4.19.4段的规定，打算在控制出入的区域和核磁共振室都要有警告标志。

构成核磁共振室一部分的扫描室、控制室、准备室和医生办公室都是工作用房，因此要遵守卫生条例2.1.3678-2020关于微气候和通风的要求。因此，根据第4.5.16段，核磁共振室应配备供气 and 排气通风装置。附件3介绍了对清洁度等级、温度和空气交换的要求，同时不允许自然空气交换（这一要求与卫生规则158.13330.2014第7.2.3.3段重复）。

除了这些文件以外，信函中还规定了温度、空气速度和相对湿度、送风和排风的空气交换率、清洁度类别和自然通风的抽风率[8]。

因此，不同文件的要求在某种程度上有所不同。表 2总结了这些情况。

应该注意的是，扫描室和技术室的温度和湿度是设备顺利运作的关键参数。出于这个原因，制造商在安装通风和空调系统的同时还提出了额外的气候要求。

表 2对磁共振成像室的微气候和通风的要求

要求	SR 2.1.3678-2020	SR 158.13330.2014	信函
扫描室（诊断室）			
清洁度等级（类别）	V	G	C（干净）
温度，°C	20 - 23	-	22
空气交换（流入/流出），%	100/100 氧含量≥18%	3/4	2/2
控制室（操作室）			
清洁度等级（类别）	G	G	C（干净）
温度，°C	18	-	20
空气交换率（流入/流出）	3/4	3/4	-/1
技术室（机房）			
清洁度等级	-	-	-
温度，°C	-	-	-
空气交换率（流入/流出）	-	-	-
医生办公室			
清洁度等级	G	-	C（干净）
温度，°C	20	-	20
空气交换率（流入/流出）	每人60立方米	流入	-/1
准备室（更衣室）			
清洁度等级	G	-	-
温度，°C	20	-	-
空气交换率（流入/流出）	从走廊 / 1	3/-	-
卫生间			
清洁度等级	G	D	G
温度，°C	20	20 - 27	20
空气交换率（流入/流出）	流出	流出	流出
工作人员室			
清洁度等级	G	-	C（干净）
温度，°C	20	-	20
空气交换率（流入/流出）	从走廊 / 1	-/1	-/1

表 3磁共振成像室的照明要求

场所	工作平面和离地高度*, m		人工照明			
			普通照明的照度, lx		脉动系数, %	
	卫生规则和条例 1. 2. 3685-21	信函	卫生规则和条例 1. 2. 3685-21	信函	卫生规则和条例 1. 2. 3685-21	信函
扫描室	H-0. 8	H-0. 8	300 (**500)	500***	15 (**10)	10
控制室	H-0. 8	—	300	—	15	—
病人准备室	H-0. 8	—	75	—	—	—
穿衣间	H-0. 0	—	200	—	—	—
医生办公室	H-0. 8	—	300	—	15	—
工作人员室	H-0. 8	—	300	—	15	—
卫生间	H-0. 0	H-0. 0	75	50	—	—

注: *H——横向; **进行静脉操作时; ***在本节中, 要求是针对扫描室和诊断室 (诊断室的含义不清楚)。

为了确保舒适的工作条件 (特别是在需要精确操作的时候), 所有房间都应该有高质量的人工照明, 直接照明和脉动系数都要加以调节。表 3 给出了卫生条例1. 2. 3685-21 (表5. 54) 和信 (表8) 的要求摘要。

核磁共振成像扫描仪会产生相当高的声学噪音。然而, 如上所述, 大多数带有超导磁体的普通MRI总是在运行 (以保持超导性), 并且在扫描过程中开启了额外的模块 (梯度线圈、射频线圈等), 增加了噪音水平。最大的声压级在很大程度上取决于MRI的型号和使用条件, 在某些情况下可以超过100dBA。因此, 为了确保核磁共振室和邻近房间的正常工作条件, 必须提供隔音。

卫生规则与标准1. 2. 3685-21中表5. 35, 信函中表4-7给出了学习室的最大允许噪音水平。这些文件中的要求是相同的, 只是对某一场所的分类不同 (如在行医地点方面)。

此外, 这些法规还规定了对倍频带声压级的要求和对设备产生的噪声的一般限制 (根据201. 9. 6. 2. 1 GOST R IEC 60601-2-33-2013 [17], 相对于20 μ Pa的140dB)。

电力和消防安全

由于核磁共振被列入放射检查清单, 房间内的设备必须遵守卫生规则和标准2. 6. 1. 1192-03, 根据该标准, CT扫描仪必须由独立的馈电装置供电 (第10. 9段), 并由最小截面为 4 $\times$ 25 mm 的独立电路接地 (第10. 5段)。

根据GOST R 50571. 28-2006[18], 核磁共振室可以被归类为第一安全组。这使得有必要使用备用电源和切换到备用电源时的警报。不间断电源是超导磁体MRI系统的一个重要组成部分。

GOST 12. 1. 004-91[19]规定了消防安全要求, 根据这些要求, 必须确定核磁共振室的消防安全水平 (附录2)、火灾和爆炸的概率 (附录3) 和消防安全系统的估计经济效率 (附录4)。在治疗室中很难安装火灾报警和灭火系统, 所以在排

风系统中安装了烟雾和气体探测器。消防设备必须是与MP兼容的[4]。

设备的运作

作为一种医疗设备, 对核磁共振成像扫描仪必须进行强制维护和技术状态监测。根据俄罗斯联邦卫生部2003年10月27日第293-22/233号函[20], 维护工作清单由《医疗设备维护》方法建议确定, 包括安装和调整、技术状况监测、定期和常规维护、医疗设备维修。

GOST R 56606-2015则[21]规定了作为技术条件检查的一部分要进行的测试清单, 即: 验收和定期测试、参数不变性测试。测试方法以及对设备和条件的要求在GOST R 59092-2020[22]中给出。

此外, 还有地方法规: 例如, 在莫斯科, 莫斯科市卫生局2018年8月17日的第564号命令[23]得到了批准。该命令对医疗设备的储存、安装、使用、操作、维护、修理和处置进行管理。

对在核磁共振扫描室工作的人员的安全要求在《工作场所健康与安全条例》第九节[13]中有所规定。首先, 其要求限制了人员暴露在磁场中的时间。同时, 还提出了一些相当模糊的要求: 电磁铁电源线的走向、工作人员有义务检查接地电路的连接情况, 以及禁止在无人看管的情况下打开核磁共振扫描仪的开关。

限制使用监管框架的因素

因此, 在过去的几十年里, 我们得到了一份有关核磁共振的法律法规的清单。遗憾的是, 其中大部分是在电离辐射操作的医疗设备的类似文件基础上制定的, 或引入了点限制, 往往是从国外借来的。因此, 确保核磁共振室符合法规和标准的程序因所提供的信息不一致、不完整, 有时甚至不一致而变得复杂。

使得现有监管框架难以使用的明显因素是缺乏系统的方法和统一的术语, 对相同参数的要求

重复（通常有修改），最重要的是涵盖了设备调试和运行阶段的很大一部分的空白。当然，精通这个问题的读者可以很容易地对比《诊断室》和《扫描室》，或确定核磁共振室的《机房》和《暗室》的用途。但是，行业标准或卫生规范的格式建议采用稍微不同的方法。

一方面，不仅在允许值的范围内存在差异，而且在规范性文件形成的要求清单中也存在差异；另一方面，在制造商的技术文件或相关专业团体的建议中也存在差异。

考虑以测量核磁共振治疗室的空气交换率为例。例如，关于供气和排气、氧气含量以及这些参数的监测频率的文件，完全无视市场上没有与MR兼容的设备可以实现这种监测的事实。在大多数情况下，通风系统的效率主要影响设备的性能，所以如果出现故障，担心病人的舒适度根本没有意义，设备必须关闭。同时，监管文件几乎完全忽略了紧急通风系统，而核磁共振的安全运行直接依赖于该系统。

通常情况下，控制室在受控区域之外的位置（其边界只能在MRI扫描仪调试的最后阶段，在绘制了测量的等高线图之后才能确定）的要求是不符合的。

在扫描室的设计阶段出现了一个更普遍的问题。实践证明，所制定的医疗技术规范 and 在此基础上进行的技术设计是完全不够的。例如，对一些已经投入使用的核磁共振室的文件审查表明，忽视病人流动和设备利用的明显要求，以及医疗技术规范中对技术过程的描述，仅根据制造商对设备布置的建议和整个房间布局本身进行设计，导致部门的效率大大降低，使一些操作完全无法进行。

对于询问病人、人体测量、检查病人的金属以及将卧床病人从标准沙发或椅子上转移到MR沙发或椅子上的房间布局没有要求。这导致这些活动是在一个普通的走廊里进行的，病人在那里等待

轮到自己或描述，而人体测量和检测根本没有进行。

因此，重要的安全要求，如限制访问，就没有得到满足。工作人员可能难以运送久坐的病人，而且在准备检查时可能被迫忽视重要的安全考虑。

说到保证MRI的安全性和质量，有必要说明要求的完全非系统性。虽然正在尝试开发方法建议和教育方案，但在监管文件中只有一些要点。而医疗机构试图直接满足相互矛盾的要求是很难实现的。

结论

确保核磁共振室的有效和安全运行，需要与医疗界、设备制造商、监管机构和计量机构广泛合作，开展细致和持续的工作。在这方面，标准化和协调化、系统化和广泛实施合规程序应该是一个优先事项。

附加信息

资金来源。 本文是在莫斯科市卫生局的支持下编写的，作为研究工作的一部分（USISSS编号：AAAA-A21-121012290079-2），符合2020-2022年《科学支持大都市保健》计划。

利益冲突。 作者声明，没有明显的和潜在的利益冲突相关的发表这篇文章。

作者的贡献。 A. V. Smirnov, D. S. Semenov — 负责构思和确定研究问题、收集和分析文献，并撰写文本；E. S. Ahmad — 负责文献分析、撰写文本；A. N. Khoruzhaya — 负责工作计划的构建、文本的撰写和文章的最终设计。所有作者都确认其作者符合国际ICMJE标准（所有作者为文章的概念，研究和准备工作做出了重大贡献，并在发表前阅读并批准了最终版本）。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеликман М.И., Кручинин С.А., Снопова К.А. Методика и средства контроля эксплуатационных параметров магнитно-резонансных томографов // Медицинская техника. 2010. № 5. С. 27–31.
2. Семенов Д.С., Смирнов А.В., Ахмад Е.С., и др. Рекомендации по проектированию кабинета магнитно-резонансной томографии: методические рекомендации. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 74. Москва, 2021. 46 с.
3. Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Петрайкин А.В., и др. Основы безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 47. Москва, 2019. 68 с.
4. Сергунова К.А., Петрайкин А.В., Гомболевский В.А., и др. Методические рекомендации по разработке инструкций по охране труда для персонала кабинета (отделения) магнитно-резонансной томографии. Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып. 7. Москва, 2017. 32 с.
5. Национальный стандарт Российской Федерации. Изделия медицинские электрические. Томографы магнитно-резонансные со сверхпроводящими магнитами. Технические требования для государственных закупок (ГОСТ Р 56310-2014). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200117515>. Дата обращения: 15.11.2021.
6. Национальный стандарт Российской Федерации. Изделия медицинские электрические. Томографы магнитно-резонансные с постоянными магнитами. Технические требования для государственных закупок (ГОСТ Р 56320-2014). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200117523>. Дата обращения: 15.11.2021.
7. Национальный стандарт Российской Федерации. Изделия медицинские электрические. Томографы магнитно-резонансные для исследования конечностей. Технические требования для государственных закупок (ГОСТ Р 56610-2015). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124990>. Дата обращения: 15.11.2021.

8. Информационно-методическое письмо Управления Роспотребнадзора по г. Москве от 01.08.2007 N 9-05/122-486 «Санитарно-гигиенические требования к магнитно-резонансным томографам и организации работы». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/537992889>. Дата обращения: 15.11.2021.
9. Система нормативных документов в строительстве. Московские городские строительные нормы. Лечебно-профилактические учреждения. ТСН 31-313-98 г. Москва. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200000502>. Дата обращения: 15.11.2021.
10. Санитарные правила СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573275590>. Дата обращения: 15.11.2021.
11. Санитарные правила СП 118.13330.2012 «Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705>. Дата обращения: 15.11.2021.
12. Санитарные правила СП 158.13330.2014 «Свод правил. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200110514>. Дата обращения: 15.11.2021.
13. Приказ от 18 декабря 2020 г. N 928н «Об утверждении Правил по охране труда в медицинских организациях». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573264177>. Дата обращения: 15.11.2021.
14. Приказ от 9 июня 2020 г. N 560н «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований» (с изменениями на 18 февраля 2021 г.). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/565342962>. Дата обращения: 15.11.2021.
15. Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901854044>. Дата обращения: 15.11.2021.
16. Постановление от 28 января 2021 г. N 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические

нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. Дата обращения: 15.11.2021.

17. Национальный стандарт Российской Федерации. Изделия медицинские электрические. Часть 2-33. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к медицинскому диагностическому оборудованию, работающему на основе магнитного резонанса. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200107233>. Дата обращения: 15.11.2021.

18. Национальный стандарт Российской Федерации. Электроустановки зданий. Часть 7-710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений (ГОСТ Р 50571.28-2006). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200050064>. Дата обращения: 15.11.2021.

19. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (ГОСТ 12.1.004-91). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>. Дата обращения: 15.11.2021.

20. Письмо от 27 октября 2003 г. N 293-22/233 «О введении в действие Методических рекомендаций «Техническое обслуживание медицинской техники». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901899842>. Дата обращения: 15.11.2021.

21. Национальный стандарт Российской Федерации. Контроль технического состояния и функционирования медицинских изделий. Основные положения (ГОСТ Р 56606-2015). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124986>. Дата обращения: 15.11.2021.

22. Национальный стандарт Российской Федерации. Оборудование магнитно-резонансное для медицинской визуализации. Контроль качества изображений. Методы испытаний. (ГОСТ Р 56602-2020). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/566277458>. Дата обращения: 15.11.2021.

23. Приказ от 17 августа 2018 г. N 564 «Об утверждении регламента эксплуатации, технического обслуживания и ремонта медицинской техники в медицинских организациях государственной системы здравоохранения города Москвы». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551248489>. Дата обращения: 15.11.2021.

REFERENCES

1. Zelikman MI, Kruchinin SA, Snopova KA. Methods and means of monitoring the operational parameters of magnetic resonance tomographs. *Medicinskaya Tehnika*. 2010;(5):27–31. (In Russ).
2. Semenov DS, Smirnov AV, Ahmad ES, et al. Recommendations for the design of a magnetic resonance imaging room: guidelines. *Seriya "Luchshie praktiki luchevoy i instrumental'noy diagnostiki"*. Issue 74. Moscow; 2021. 46 p. (In Russ).
3. Sergunova KA, Ahmad ES, Petryaykin AV, et al. Safety Fundamentals for Magnetic Resonance Imaging. *Seriya "Luchshie praktiki luchevoy i instrumental'noy diagnostiki"*. Issue 47. Moscow; 2019. 68 p. (In Russ).
4. Sergunova KA, Petryaykin AV, Gomboleviskiy VA, et al. Methodical recommendations for the development of labor protection instructions for the personnel of the office (department) of magnetic resonance imaging. *Seriya "Luchshie praktiki luchevoy i instrumental'noy diagnostiki"*. Issue 7. Moscow; 2017. 32 p. (In Russ).
5. Medical electrical equipment. Magnetic resonance equipment with superconduction magnets. Technical requirements for governmental purchases (GOST R 56310-2014). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200117515>. Accessed: 15.11.2021.
6. National standard of the Russian Federation. Medical electrical equipment. Magnetic resonance tomographs with permanent magnets. Technical requirements for public procurement (GOST R 56320-2014). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200117523>. Accessed: 15.11.2021.
7. National standard of the Russian Federation. Medical electrical equipment. Magnetic resonance tomographs for examining the extremities. Technical requirements for public procurement (GOST R 56610-2015). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200124990>. Accessed: 15.11.2021.
8. Information and methodological letter of the Office of Rospotrebnadzor in Moscow dated 01.08.2007 N 9-05/122-486 "Sanitary and

hygienic requirements for magnetic resonance imaging and organization of work". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/537992889>. Accessed: 15.11.2021.

9. The system of regulatory documents in construction. Moscow city building codes. Treatment-and-prophylactic institutions. TSN 31-313-98 Moscow. (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200000502>. Accessed: 15.11.2021.

10. Sanitary rules SP 2.1.3678-20 "Sanitary and epidemiological requirements for the operation of premises, buildings, structures, equipment and transport, as well as the conditions of activity of economic entities selling goods, performing work or". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573275590>. Accessed: 15.11.2021.

11. SP 118.13330.2012 "Set of rules. Public buildings and structures. Updated edition of SNiP 31-06-2009". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705>. Accessed: 15.11.2021.

12. SP 158.13330.2014 "Code of rules. Buildings and premises of medical organizations. Design rules". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200110514>. Accessed: 15.11.2021.

13. Order of December 18, 2020 N 928n "On approval of the Rules for labor protection in medical organizations". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573264177>. Accessed: 15.11.2021.

14. Order of Yune 9, 2020 N 560n "On approval of the Rules for conducting X-ray examinations (as amended on February 18, 2021)". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/565342962>. Accessed: 15.11.2021.

15. Sanitary rules and standards "Hygienic requirements for the design and operation of X-ray machines and the conduct of X-ray examinations. SanPiN 2.6.1.1192-03". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/901854044>. Accessed: 15.11.2021.

16. Resolution of January 28, 2021 N 2 "On the approval of sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21" Hygienic standards and

requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness to humans of environmental factors". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>. Accessed: 15.11.2021.

17. Medical electrical equipment. Part 2-33. Particular requirements for the basic safety and essential performance of magnetic resonance equipment for medical diagnosis. (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200107233>. Accessed: 15.11.2021.

18. Part 7-710. Requirements for special electrical installations. Medical locations (GOST R 50571.28-2006). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200050064>. Accessed: 15.11.2021.

19. Occupational safety standards system. Fire safety. General requirements (GOST 12.1.004-91). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>. Accessed: 15.11.2021.

20. Letter of October 27, 2003 N 293-22/233 "On the introduction of the Methodological Recommendations" Maintenance of medical equipment". (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/901899842>. Accessed: 15.11.2021.

21. Control technical condition and functioning of medical devices. The main provisions (GOST R 56606-2015). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1200124986>. Accessed: 15.11.2021.

22. Magnetic resonance equipment for medical imaging. Quality control of images. Test methods (GOST R 56602-2020). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/566277458>. Accessed: 15.11.2021.

23. Order of August 17, 2018 N 564 "On approval of the regulations for the operation, maintenance and repair of medical equipment in medical organizations of the state health care system of the city of Moscow." (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/551248489>. Accessed: 15.11.2021.

AUTHORS' INFO

*** Anna N. Khoruzhaya, MD;**

address: 28-1 Srednyaya Kalitnikovskaya str.,
109029 Moscow, Russia;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4857-5404>;

eLibrary SPIN: 7948-6427; e-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru

Dmitriy S. Semenov;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;

eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Ekaterina S. Akhmad;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8235-9361>;

eLibrary SPIN: 5891-4384; e-mail: e.ahmad@npcmr.ru

Aleksey V. Smirnov;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;

eLibrary SPIN: 4801-5777; e-mail: smirnov@npcmr.ru

ОБ АВТОРАХ

*** Хоружая Анна Николаевна;**

адрес: Россия, 109029, Москва,

Средняя Калитниковская ул., д. 28, стр. 1;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4857-5404>;

eLibrary SPIN: 7948-6427; e-mail: a.khoruzhaya@npcmr.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;

eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Ахмад Екатерина Сергеевна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8235-9361>;

eLibrary SPIN: 5891-4384; e-mail: e.ahmad@npcmr.ru

Смирнов Алексей Владимирович;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;

eLibrary SPIN: 4801-5777; e-mail: smirnov@npcmr.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

Перфорация дивертикула Меккеля у молодого пациента: клинический случай

U. Tupputi^{1, 2}, F.A. Carpagnano^{1, 2}, R. Carpentiere², G. Guglielmi^{1, 2, 3}¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Фоджа, Италия² Radiology Unit, Barletta University Campus UNIFG, "Dimiccoli" Hospital, Фоджа, Италия³ Radiology Unit, Hospital "Casa Sollievo Della Sofferenza", San Giovanni Rotondo, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

В данной статье описывается случай перфорации дивертикула Меккеля у 26-летнего пациента. Это редкое осложнение, возникающее при наиболее распространённой врождённой аномалии желудочно-кишечного тракта. Дивертикул Меккеля может долгое время протекать бессимптомно и осложняться дивертикулитом, энтеролитами, новообразованиями и реже, как в нашем случае, перфорацией.

Для постановки правильного диагноза и последующего лечения пациента решающее значение имеет рентгенологическое исследование в предоперационном периоде.

Представленные в статье типичные особенности перфорации дивертикула Меккеля, выявляемые при томографической визуализации, помогут рентгенологам в обнаружении этого осложнения.

Ключевые слова: дивертикул Меккеля; перфорация; врождённый порок развития; компьютерная томография; визуализация органов брюшной полости; клинический случай.

Как цитировать

Tupputi U., Carpagnano F.A., Carpentiere R., Guglielmi G. Перфорация дивертикула Меккеля у молодого пациента: клинический случай // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 465–470. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

Perforated Meckel's diverticulum in a young male patient: a case report

Umberto Tupputi^{1, 2}, Francesca Anna Carpagnano^{1, 2}, Rossella Carpentiere²,
Giuseppe Guglielmi^{1, 2, 3}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy

² Radiology Unit, Barletta University Campus UNIFG, "Dimiccoli" Hospital, Foggia, Italy

³ Radiology Unit, Hospital "Casa Sollievo Della Sofferenza", San Giovanni Rotondo, Foggia, Italy

ABSTRACT

The case of a 26-year-old male patient with perforation of Meckel's diverticulum, a rare complication of the most common congenital anomaly of the gastrointestinal tract, is reported in this article. This congenital condition can remain asymptomatic for a long time, and it can get complicated with diverticulitis, enteroliths, neoplasms, and rarely perforation, as in this case.

A preoperative radiological assessment is of fundamental importance for proper diagnostic and therapeutic management of the patient. In this article, we present the typical tomographic imaging features of this infrequent complication to assist radiologists in detecting it.

Keywords: Meckel's diverticulum; perforation; congenital malformation; computed tomography; abdominal imaging; clinical case.

To cite this article

Tupputi U, Carpagnano FA, Carpentiere R, Guglielmi G. Perforated Meckel's diverticulum in a young male patient: a case report. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):465–470. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

Received: 06.09.2021

Accepted: 15.11.2021

Published: 07.12.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

年轻男性患者梅克尔憩室穿孔：一份病例报告

Umberto Tupputi^{1, 2}, Francesca Anna Carpagnano^{1, 2}, Rossella Carpentiere²,
Giuseppe Guglielmi^{1, 2, 3}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy

² Radiology Unit, Barletta University Campus UNIFG, "Dimiccoli" Hospital, Foggia, Italy

³ Radiology Unit, Hospital "Casa Sollievo Della Sofferenza", San Giovanni Rotondo, Foggia, Italy

简评

本文报告了一例26岁男性梅克尔憩室穿孔患者，这是最常见的胃肠道先天性异常的一种罕见并发症。这种先天性疾病可在很长一段时间无症状，并可并发憩室炎、肠结石、肿瘤和罕见的穿孔，如本例所示。

术前放射评估对于患者的正确诊断和治疗管理至关重要。

在本文中，我们介绍了这种罕见并发症的典型断层成像特征，以帮助放射科医生发现这种疾病。

关键词：梅克尔憩室；穿孔；先天畸形；计算机断层成像；腹部显像；临床病例。

To cite this article

Tupputi U, Carpagnano FA, Carpentiere R, Guglielmi G. 年轻男性患者梅克尔憩室穿孔：一份病例报告. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):465–470.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79632>

收到: 06.09.2021

接受: 15.11.2021

发布日期: 07.12.2021

病例报告

既往症：一例26岁男性患者因重度腹痛、发烧和呕吐被收治于我院急诊科，生命体征在正常范围内。

诊断评价：体格检查示腹胀，伴肌卫和腹壁紧张。

血液分析示中性粒细胞增多，白细胞计数为 $12,000/\mu\text{l}$ （正常值： $4.6-10.2\times 10^3/\text{mL}$ ），中性粒细胞约70%（正常值：40%-75%）。

随后，建议行进一步仪器检查：腹部X射线、胸部X射线（无异常），最后行全身计算机断层成像（CT）。

在CT平扫评估中，发现右腹部象限有一个盲端肠袢，与弥漫性肠系膜水肿和多个相邻淋巴结病有关（图1a, b）。

几小时后行CT增强扫描，结果显示盲袢水平的肠壁有强烈的对比强化。

这些发现与某些邻近气态细胞核的存在和反活排列有关，诊断为穿孔（图2a, b）。

鉴别诊断：这些特征通常与急性阑尾炎相仿，这是梅克尔憩室（MD）炎症鉴别诊断的主要条件。识别出正常阑尾可增强对诊断的信心。

干预措施：未进行其他检查，患者被送往手术室。手术期间，患者被确诊为梅克尔憩室炎，因此，在全麻下接受了梅克尔憩室切除术和回肠造口术。

随访和结局：患者康复，无任何并发症，住院几天后出院。

讨论

梅克尔憩室（MD）是最常见的胃肠道先天性畸形，影响2%的人群，并有4.2%-6.4%的并发症

风险[1]。德国解剖学家约翰·梅克尔（Johann Friedrich Meckel）于1809年首次报告了该疾病[2]。其原因是脐带肠系膜管的关闭和吸收不当[3]，脐带肠系膜管是胚胎期卵黄囊和肠腔之间的原始沟通点，通常在妊娠第九周左右关闭。它通常含有异位粘膜，如胃和胰腺粘膜，可因其分泌物在憩室或邻近回肠内引起消化性溃疡，导致肠出血、憩室颈部瘢痕狭窄、炎症，甚至穿孔。

在对这种病理学的描述中，众所周知的“2s法则”指的是其2%的患病率，距离回盲瓣2英尺（60.96厘米），2英寸长（5.08厘米），含有一种或两种异位胃或胰腺组织，通常在2岁时出现症状[4]。

MD的放射学诊断可能很困难，尤其是如果最初因阑尾炎的典型非特异性症状（如腹痛、呕吐和恶心）而没有怀疑诊断。

在紧急情况下，CT扫描是评估腹部病变的首选方法，也是最准确的方法。

MD通常在CT上表现为封闭的充气或充液结构，也可能含有异物或肠结石，通常距离回盲瓣约60厘米。这种成像技术也能检测出这种畸形的主要并发症，如本病例中的穿孔。

虽然最终可通过手术方法治疗症状性MD（包括憩室切除术、楔形切除术和通过开放或腹腔镜方法进行的节段切除术），但MD的外科治疗仍然存在争议[5]。

结论

MD可表现为广泛的临床表现和影像学特征，从无痛性良性表现到急性危及生命的情况，如本病例的穿孔[6]。这就是为什么有必要了解其显著的解剖学、临床和影像学特征，以便进行早期放射诊断和及时干预的根本原因。

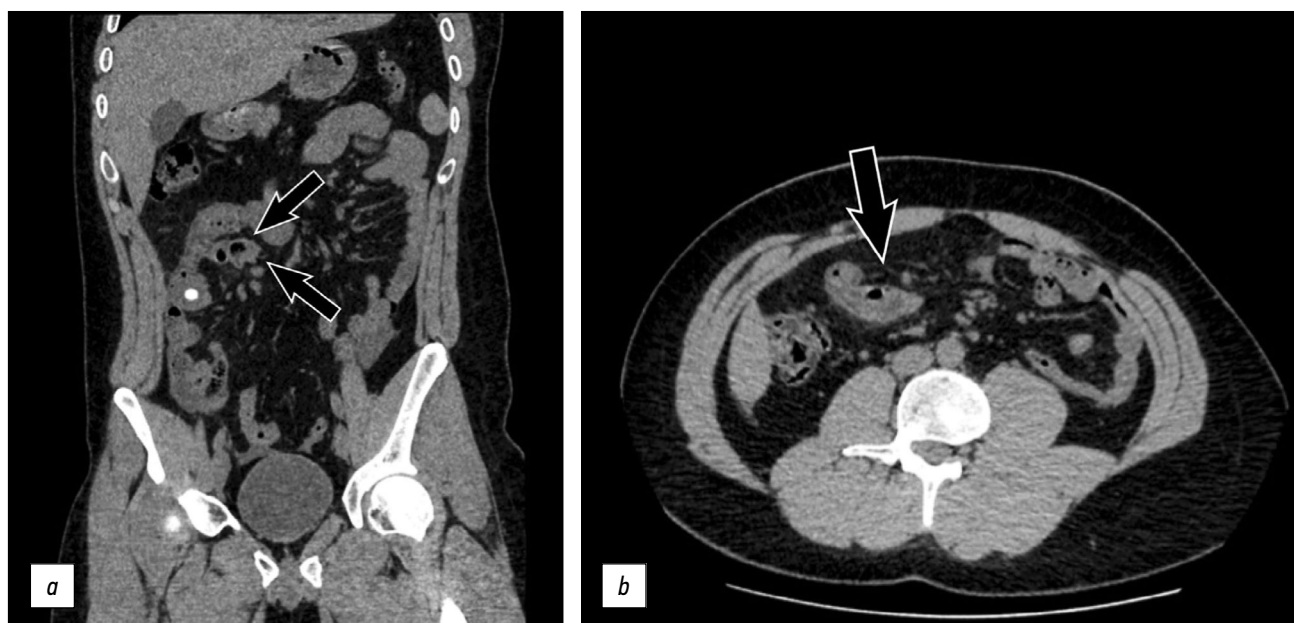


图1该冠状位（a）和轴向（b）计算机断层平扫扫描图像显示，右腹部象限有盲端肠袢（箭头），伴有相关肠系膜水肿和多个相邻淋巴结肿大。

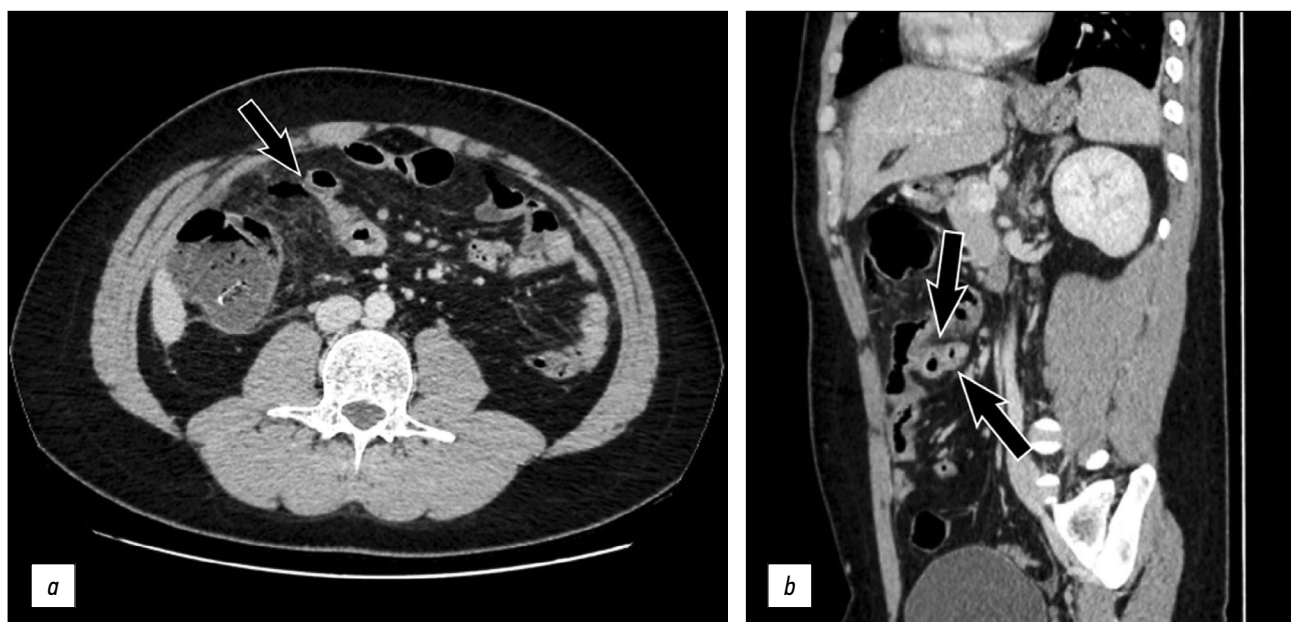


图2轴向 (a) 和矢状 (b) 计算机断层增强扫描图像显示肠壁在同一盲端袢 (箭头) 水平上有强烈的对比强化, 以及一些邻近气态细胞核呈反折排列, 诊断为穿孔。

附加信息

资金来源: 该研究未得到任何外部资金来源支持。

利益冲突: 作者声明, 不存在利益冲突。

作者的贡献: Tupputi Umberto 和 Carpagnano Francesca Anna 完成了与主题和手稿写作相关的工作。Carpentiere Rossella 和 Giuseppe

Guglielmi 对该病例做出了临床决定, 并帮助起草手稿。所有作者均对作品的构思、获取、分析、数据解释、起草和修订作品、最终批准即将出版的版本做出了重大贡献, 并同意对作品的所有方面负责。

出版同意: 在提交之前, 已从讨论对象处获取了书面知情同意书。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kotha V.K., Khandelwal A., Saboo S.S., et al. Radiologist's perspective for the Meckel's diverticulum and its complications // *Br J Radiol.* 2014. Vol. 87, N 1037. P. 20130743. doi: 10.1259/bjr.20130743
2. Meckel J.F. 1809 Über die divertikel am darmkanal // *Arch Physiol.* 1809. Vol. 9. P. 421–453.
3. Levy A.D., Hobbs C.M. From the archives of the AFIP. Meckel diverticulum: radiologic features with pathologic Correlation // *Radiographics.* 2004. Vol. 24, N 2. P. 565–587. doi: 10.1148/rg.242035187
4. Clark J.K., Paz D.A., Ghahremani G.G. Imaging of Meckel's diverticulum in adults: pictorial essay // *Clin Imaging.* 2014. Vol. 38, N 5. P. 557–564. doi: 10.1016/j.clinimag.2014.04.020
5. Blouhos K., Boulas K.A., Tsalis K., et al. Meckel's Diverticulum in Adults: Surgical Concerns // *Front Surg.* 2018. Vol. 5. P. 55. doi: 10.3389/fsurg.2018.00055
6. Shimagaki T., Konishi K., Kawata K., et al. A case of perforation of Meckel's diverticulum with enterolith // *Surg Case Rep.* 2020. Vol. 6, N 1. P. 161. doi: 10.1186/s40792-020-00926-6

REFERENCES

1. Kotha VK, Khandelwal A, Saboo SS, et al. Radiologist's perspective for the Meckel's diverticulum and its complications. *Br J Radiol.* 2014;87(1037):20130743. doi: 10.1259/bjr.20130743
2. Meckel JF. 1809 Über die divertikel am darmkanal. *Arch Physiol.* 1809;9:421–453.
3. Levy AD, Hobbs CM. From the archives of the AFIP. Meckel diverticulum: radiologic features with pathologic Correlation. *Radiographics.* 2004;24(2):565–587. doi: 10.1148/rg.242035187
4. Clark JK, Paz DA, Ghahremani GG. Imaging of Meckel's diverticulum in adults: pictorial essay. *Clin Imaging.* 2014;38(5):557–564. doi: 10.1016/j.clinimag.2014.04.020
5. Blouhos K, Boulas KA, Tsalis K, et al. Meckel's Diverticulum in Adults: Surgical Concerns. *Front Surg.* 2018;5:55. doi: 10.3389/fsurg.2018.00055
6. Shimagaki T, Konishi K, Kawata K., et al. A case of perforation of Meckel's diverticulum with enterolith. *Surg Case Rep.* 2020;6(1):161. doi: 10.1186/s40792-020-00926-6

AUTHORS' INFO

*** Guglielmi Giuseppe**, MD, Professor;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Umberto Tupputi, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0384-5864>;
e-mail: umbertotupputi@yahoo.it

Francesca Anna Carpagnano, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7681-2898>;
e-mail: c.francesca1991@gmail.com

Rossella Carpentiere, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7821-5675>;
e-mail: rossellacarpentiere@gmail.com

05 ABTOPAX

*** Guglielmi Giuseppe**, MD, Professor;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Umberto Tupputi, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0384-5864>;
e-mail: umbertotupputi@yahoo.it

Francesca Anna Carpagnano, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7681-2898>;
e-mail: c.francesca1991@gmail.com

Rossella Carpentiere, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7821-5675>;
e-mail: rossellacarpentiere@gmail.com

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

Инкапсулированный некротический панкреатит

С.И. Китавина¹, В.С. Петровичев¹, А.Н. Ермаков², Н.А. Ермаков¹, И.Г. Никитин¹¹ Лечебно-реабилитационный центр, Москва, Российская Федерация² Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Некротический панкреатит, или панкреонекроз, — наиболее тяжёлая форма острого панкреатита с высокой частотой летальных исходов. Период, наиболее подходящий для диагностики острого панкреатита, составляет 3–5 дней от манифестации симптомов болезни. В этот период отёк и преходящая ишемия поджелудочной железы могут маскироваться под некроз и разрешаться при последующих исследованиях, и наоборот, местные осложнения могут развиваться без клинических корреляций.

В настоящее время при ведении острого панкреатита все большее значение отводится методам лучевой диагностики, в частности компьютерной томографии, за счёт возможности более точной волюметрии поджелудочной железы, оценки состояния и измерения диаметра селезёночной вены, что в перспективе может иметь значение при формировании прогноза течения панкреонекроза.

В статье приведён редкий клинический случай осложнения острого панкреатита — инкапсулированного некротического панкреатита, возникшего на фоне алиментарных нарушений. Приведены аспекты семиотики лучевых методов диагностики при динамическом обследовании данных патологий. Случай примечателен тем, что манифестация заболевания у пациента при поступлении в стационар была сопоставима с классической отёчной формой острого панкреатита. Дальнейшее нарастание отрицательной динамики было отмечено серией компьютерно-томографических изображений в динамике, выполненных между клинко-морфологическими фазами течения острого панкреатита и до формирования панкреонекроза, осложнённого секвестрацией тела поджелудочной железы с парапанкреатическим абсцедированием, что позволило максимально наглядно показать ступенчатое развитие заболевания. Лечебная парадигма была изменена, и место консервативного подхода заняла активная хирургическая тактика с последующими неоднократными манипуляциями и динамическим компьютерно-томографическим и магнитно-резонансным контролем вплоть до улучшения состояния пациента.

На сегодняшний день методы лучевой диагностики в совокупности с адекватным терапевтическим и хирургическим подходами способны улучшить прогноз течения некротического панкреатита.

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография; МСКТ; магнитно-резонансная томография; МРТ; компьютерная томография; КТ; некротический панкреатит; панкреатит; поджелудочная железа; панкреонекроз; клинический случай.

Как цитировать

Китавина С.И., Петровичев В.С., Ермаков А.Н., Ермаков Н.А., Никитин И.Г. Инкапсулированный некротический панкреатит // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 471–480. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

Encapsulated necrotic pancreatitis

Svetlana I. Kitavina¹, Victor S. Petrovichev¹, Alexander N. Ermakov²,
Nikolay A. Ermakov¹, Igor G. Nikitin¹

¹ Therapy and Rehabilitation Center, Moscow, Russian Federation

² Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This study presents a rare clinical case of encapsulated necrotic pancreatitis, which was a complication of acute pancreatitis that arose against the background of alimentary disorders. The aspects of the semiotics of radiation diagnostic methods in the follow-up control of these pathologies were presented.

This case is notable for the manifestation of diseases upon hospital admission, as in the classical edematous form of acute pancreatitis, with a further increase in negative dynamics. This demonstrated the possible stepwise disease development, accompanied by a series of follow-up computed tomography between the clinical and morphological phases of acute pancreatitis and before the formation of pancreatic necrosis, which was complicated by sequestration of the pancreatic body with peripancreatic abscess formation. Afterward, the therapeutic paradigm was changed, and the place of the conservative approach was taken by active surgical tactics, followed by repeated manipulations and follow-up computed tomography and magnetic resonance until the improvement of the patient's condition.

Keywords: multispiral computed tomography; MDCT; magnetic resonance imaging; MRI; computed tomography; CT; necrotic pancreatitis; pancreatitis; pancreas; pancreatic necrosis; case report.

To cite this article

Kitavina SI, Petrovichev VS, Ermakov AN, Ermakov NA, Nikitin IG. Encapsulated necrotic pancreatitis. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):471–480.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

Received: 08.06.2021

Accepted: 14.01.2022

Published: 24.01.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

包裹性坏死性胰腺炎

Svetlana I. Kitavina¹, Victor S. Petrovichev¹, Alexander N. Ermakov²,
Nikolay A. Ermakov¹, Igor G. Nikitin¹

¹ Therapy and Rehabilitation Center, Moscow, Russian Federation

² Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

简评

坏死性胰腺炎或胰腺坏死是急性胰腺炎中最严重的一种，死亡率很高。最适合诊断急性胰腺炎的时期是从疾病症状开始的3—5天。在此期间，胰腺水肿和暂时性缺血可能伪装为坏死，并在后续研究中消失，反之亦然，局部并发症可能在没有临床相关性的情况下发生。

目前，在急性胰腺炎的治疗中，放射诊断方法越来越受到重视，尤其是计算机断层扫描，因为它可以更精确地测量胰腺容积、评估病情和测量脾静脉直径，这在未来可能对胰腺坏死过程的预后形成有重要影响。

这篇文章介绍了一个罕见的急性胰腺炎并发症的临床病例包裹性坏死性胰腺炎，它是在消化系统疾病的背景下出现的。本文介绍了放射诊断方法在这些病理学动态检查中的符号学方面。该病例值得注意的是，患者入院时的疾病表现与典型水肿型急性胰腺炎相当。在急性胰腺炎病程的临床和形态学阶段之间以及在胰腺坏死形成之前进行的一系列动态CT图像显示负动态进一步增加，并伴有胰腺体分离和胰旁脓肿形成，这使得最清楚地显示疾病的逐步发展成为可能。治疗模式发生了改变，保守治疗被积极的手术策略所取代，随后是反复操作、动态计算机断层扫描和磁共振控制，直到患者病情好转。

迄今为止，放射诊断方法结合适当的治疗和手术方法可以改善坏死性胰腺炎的预后。

关键词：多层计算机断层扫描；MSCT；磁共振成像；核磁共振；CT扫描；电脑断层扫描；坏死性胰腺炎；胰腺炎；胰腺；胰腺坏死；临床病例。

引用本文：

Kitavina SI, Petrovichev VS, Ermakov AN, Ermakov NA, Nikitin IG. 包裹性坏死性胰腺炎. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):471–480.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD71156>

收到: 08.06.2021

接受: 14.01.2022

发布日期: 24.01.2022

绪论

坏死性胰腺炎是急性胰腺炎中最严重的一种，其致命性的发生率为30—100%[1—4]。坏死性胰腺炎，或胰脏坏死，发生在15—20%的急性胰腺炎[5]。急性胰腺炎在世界范围内的发病率为每10万人口4.9—73.4例，在俄罗斯为10—13%（在腹腔外科病理患者总数中）[6]。

国内主要科学家[7]和国外多名作者均阐述了放射诊断方法对胰腺坏死患者的疾病检测和治疗策略选择的重要性[8—11]。

目前，放射诊断方法在急性胰腺炎管理中的作用，特别是计算机断层扫描（CT），由于更精确的胰腺容量测量的可能性[12]，评估和测量脾静脉的状况和直径，这可能在未来胰腺坏死预后的形成中起重要作用[13]。在坏死性胰腺炎中[14]，最早研究CT数据显示骨骼肌密度的丧失与预后恶化的关系。

在亚特兰大关于急性胰腺炎的治疗过程和策略的最新建议中（美国，2012）¹，有减少患者辐射负荷的趋势，主要依靠临床检查、超声和炎症生化标志物的数据，消除过多的影像学（CT和MRI），从而减轻经济负担；除非诊断不明确或急性胰腺炎在48—72小时内病情恶化[15, 16]。然而，其他资料显示，超过一半的急性胰腺炎患者在临床上适合治疗，没有客观的影像学方法进行独立治疗[17]。当医生做出临床决定时，使用更新的诊断标准会带来额外的压力负荷[18]。随着时间的推移，亚特兰大急性胰腺炎分类的修订继续被使用，并发现在欧洲积极应用[19]。

病例报告

H. 患者，40岁，2018年1月13日，临床表现为急性胰腺炎和多器官衰竭，病情严重，紧急住院

于重症监护病房。病人入院时主诉为上腹部剧烈疼痛、恶心、呕吐。

疾病回顾：患者在进食大量高脂肪食物（发育高分泌机制）后一天内发病；早上他感到上腹部剧烈疼痛，然后恶心、呕吐、腰部疼痛照射。救护队被送往俄罗斯卫生部（莫斯科）联邦国家自治机构国家医学研究中心治疗和康复中心的急诊科。

物理、实验室和仪器检查结果

在入院时，患者的情况被视为早期IA期。

2018年1月14日的多螺旋计算机断层扫描显示急性胰腺炎的图像；没有发现胰腺实质破坏的迹象（图 1）。

在重症监护室的两天里，患者接受了输液纠正、抗分泌、抗氧化、保肝、抗痉挛治疗；多模式镇痛；预防血栓栓塞并发症和胃肠减压。

2018年1月15日，患者转入医院综合科，患者主观上病情好转。当出现高达38℃的发烧时，开始了抗生素治疗。在肚脐左侧触诊到测量12×10 cm 的致密无痛浸润。临床上认为急性胰腺炎IB期（胰腺周围浸润及吸收热形成期）的表现。

截至2018年1月22日，在患者病情稳定、体温正常化以及实验室和仪器研究数据的背景下，注意到腹膜后间隙局部炎症变化迹象增加。超声显示腹腔积液量增加，腹膜后间隙左半边脂肪组织（胰腺坏死）自吸。

该研究对胸部和腹部器官进行了CT扫描：双侧胸腔积液，左侧较多；左肺下叶实变；双肺基底肺部肺不张；破坏性胰腺炎：胰腺实质呈碎片状，动力学上可见头部增厚，液体积聚增多，腹腔和腹膜后间隙出现重量（图 2）。这些变化使得在IB结束时，即II期疾病（无菌隔离）开始时，评估临床和仪器图像成为可能。

¹ 急性胰腺炎亚特兰大分型。访问模式：<https://medach.pro/post/1830>访问日期：2021年10月15日

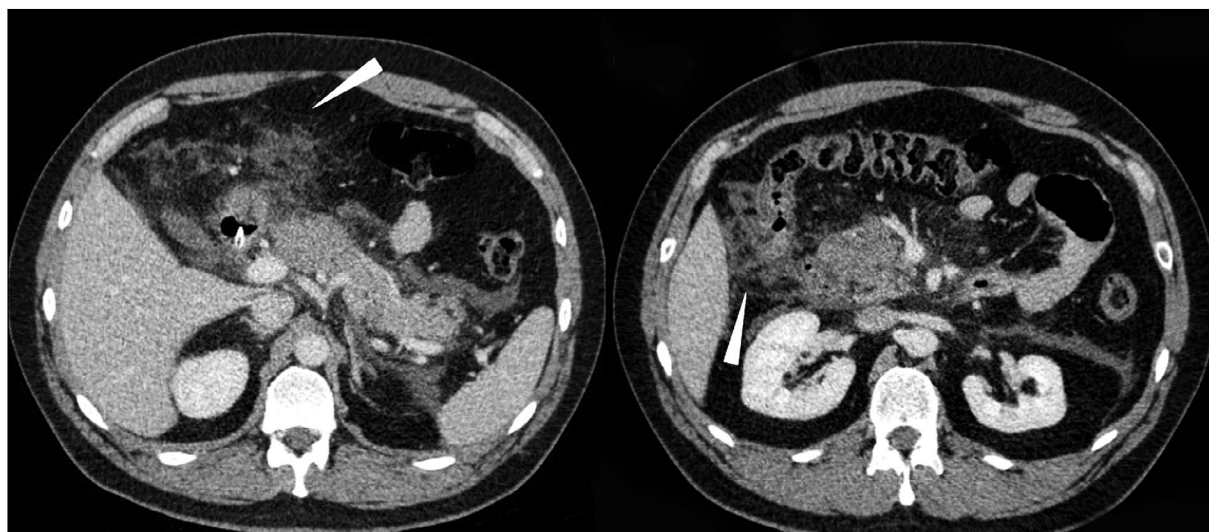


图 1 静脉注射造影剂的腹部计算机断层扫描：胰腺周围脂肪组织的浸润和肝脏下间隙的脂肪组织（箭头）。

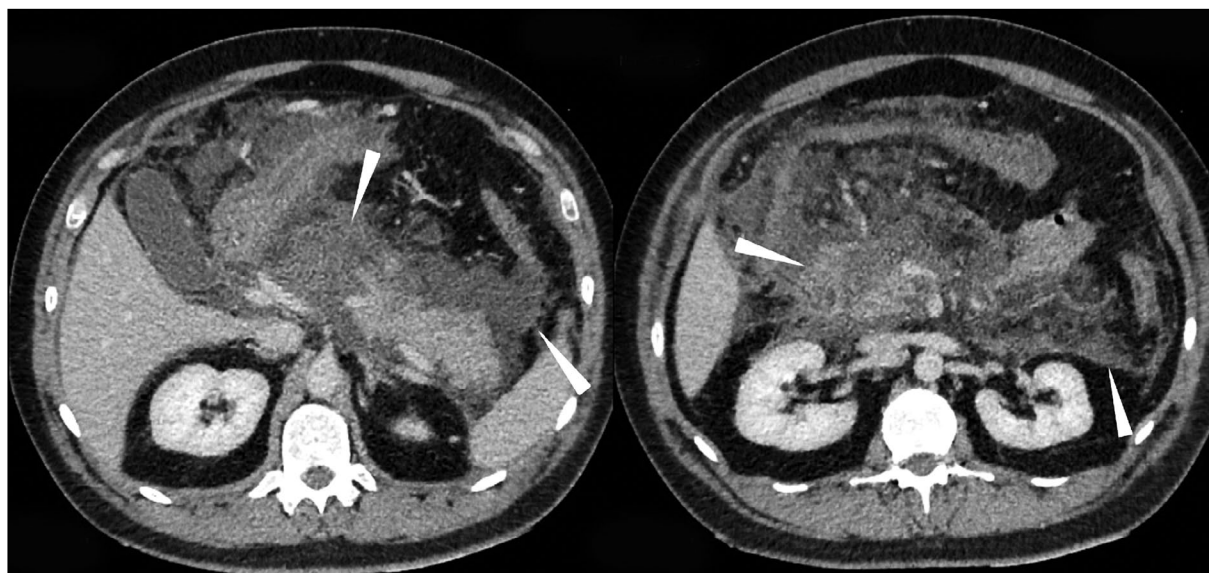


图 2 静脉注射造影剂的腹部计算机断层扫描：胰腺周围脂肪组织、左侧肾周围筋膜、胰头和胰体实质的浸润和液体积聚（箭头）。

考虑到患者胰腺组织无感染迹象，且临床表现良好，决定不进行手术干预。2018年1月24日，常规血液检测白细胞增多（从 21.8 降至 16.9×10^9 g/L）和C反应蛋白（从 206 降至 144 mL/L）浓度下降。但经过一段时间的临床改善后，患者入院第18天（2018年1月31日）病情急剧恶化：出现疼痛综合征，体温高达 38°C 伴寒战，腹膜症状可疑，白细胞增多，一般血检达 31×10^9 g/L。

腹部对照超声显示腺体隔离和积聚大量液体周围；大网膜袋与腹腔的沟通，在所有科室都有不限量的纤维蛋白包体液体（容量至少1L）；腔旁带腹膜后脂肪组织明显渗吸。因此，超声图像符合胰腺坏死引起的胰腺坏死性改变的进展，即胰腺旁脓肿的形成。

2018年1月31日，经过短期的术前准备，紧急进行了诊断性腹腔镜检查，对腹腔进行消毒和引流，然后转为开腹手术，形成网膜造口，以方便进入网膜进行非切除术。

术中诊断：严重急性胰腺炎。胰腺坏死，形成腹膜后液体积聚；败血症封存期。分散性胰源性浆液纤维蛋白性（酶性）腹膜炎。

2018年2月1日，腹部超声检查进一步发现右侧腹膜后间隙有 $7 \times 4.5 \times 15$ cm的积液，与升结肠后壁紧密相邻。由于开放性引流过程中损伤结肠的风险很高，因此进行了超声引导下的引流，以防止结肠壁的坏死和腹膜后空间的感染。

术后出现心血管呼吸功能不全现象，于术后第2天（2018年2月2日）拔管。进行了综合治疗，取得了积极的效果：白细胞减少到一般血液计数的 10×10^9 g/L，C反应蛋白持续升高（ 241 mg/L）。此外，在一周内，患者每天进行伤口敷料，并对网膜囊造口进行监测和消毒。没有额外的伤口肿胀，在网膜囊造口监测期间发现游离隔离物。

腹腔对照CT扫描（从2018年2月1日、2018年2月2日、2018年2月5日）显示CT图像无负动态，网膜囊区域的胰腺和沿腺体轮廓的液体积聚无动态，腹膜后空间无未排泄的液体积聚（图 3）。

术后第10天，当病人的病情稳定后，病人被转到外科。经过多次非切除手术后，在9天内建立了网膜囊腔的流动-抽吸引流。

根据对照CT检查胸部和腹部器官（从2018年2月14日、2018年2月18日），左侧胸水减少，左肺下叶实变区消退；胰腺周围组织积液减少，腹部脂肪浸润改变（图 4）。

在临床上，发现有一个胰腺外瘘。2018年2月28日进行了MR胆道造影：胰头和胰体水平的胰管未被发现，胰尾走向迂回，其轮廓不规则，直径 2 mm，未发现瘘管通道。肝内和肝外胆管没有扩张（图 5）。

术后1个月进行保守治疗及大网膜袋引流。患者病情好转至满意，发热停止，并形成胰外瘘。病人在外科医生的监督下出院。

2018年3月23日的腹腔对照CT扫描显示，胰腺体前和尾部的浸润减少，沿升结肠的浸润减少；腺体大小减少：尾部的矢状面大小为 17 mm，体前为 6 mm，头部水平的腺体没有明显分化（图 6）。

因此，对所示病例及时诊断，可选择最正确的治疗策略，改善了疾病的预后，急性期和亚急性期均较好结束。

讨论

L. Sorrentino等人[20]在治疗严重胰腺坏死的过程中，采用微创方法—内镜下胰腺坏死切除术（ETN—endoscopic pancreatic necrosectomy）。在第一阶段，我们可以看到我们的治疗策略有相似之处：诊断性腹腔镜检查和腹腔引流，但在下

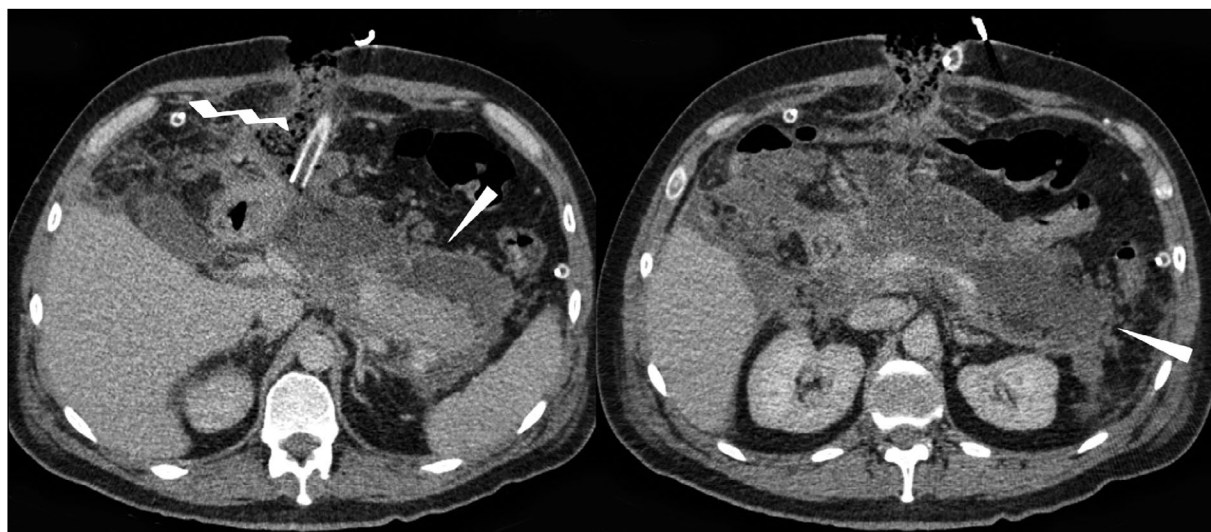


图 3静脉注射造影剂的腹部计算机断层扫描：胰腺周围脂肪组织、左侧肾周围筋膜、胰头和胰体实质（箭头）的浸润和液体积聚；引流管（左侧图像中的人字形箭头）。在反复的分析中，注意到沿着渗透带形成了一层薄薄的对比囊。

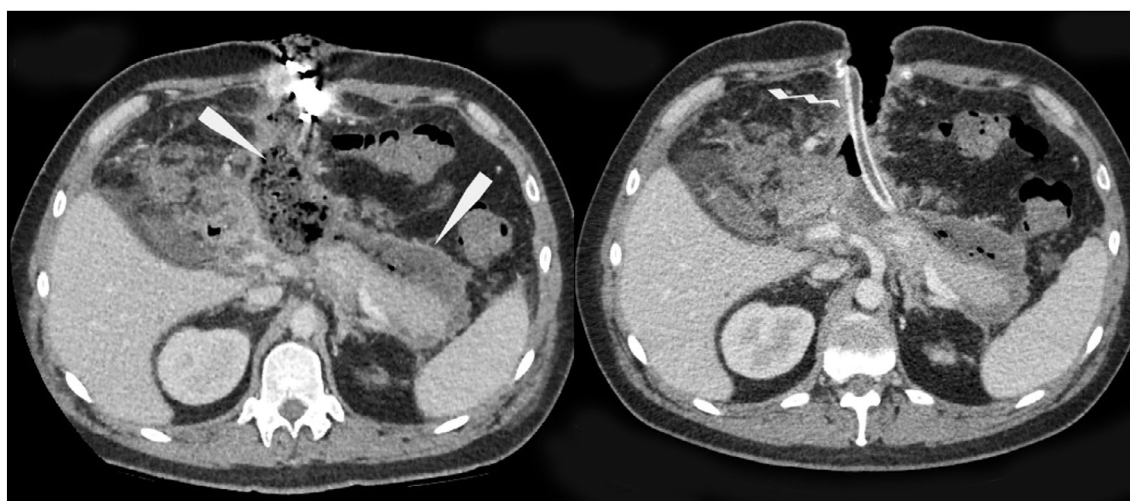


图 4腹腔器官CT与静脉造影：胰腺周围脂肪组织的引流浸润和液体积聚，在复查中减少（左图，箭头），引流内容物的腔内有止血海绵；引流管（右图，人字形箭头）。在重复分析中，注意到沿着浸润区的路线进一步形成了一个薄的、对比强烈的囊状物。

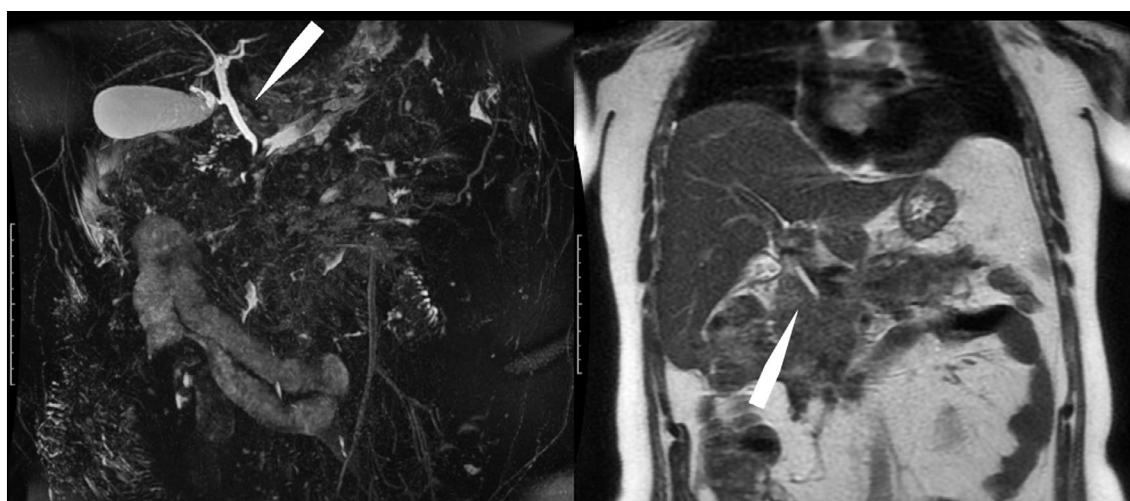


图 5磁共振成像胆道造影（左图）和 T2-WI（冠状面，右图）。胆总管的远端部分在浸润中消失，胆总管的近端部分和肝内胆管没有淤塞（箭头）。

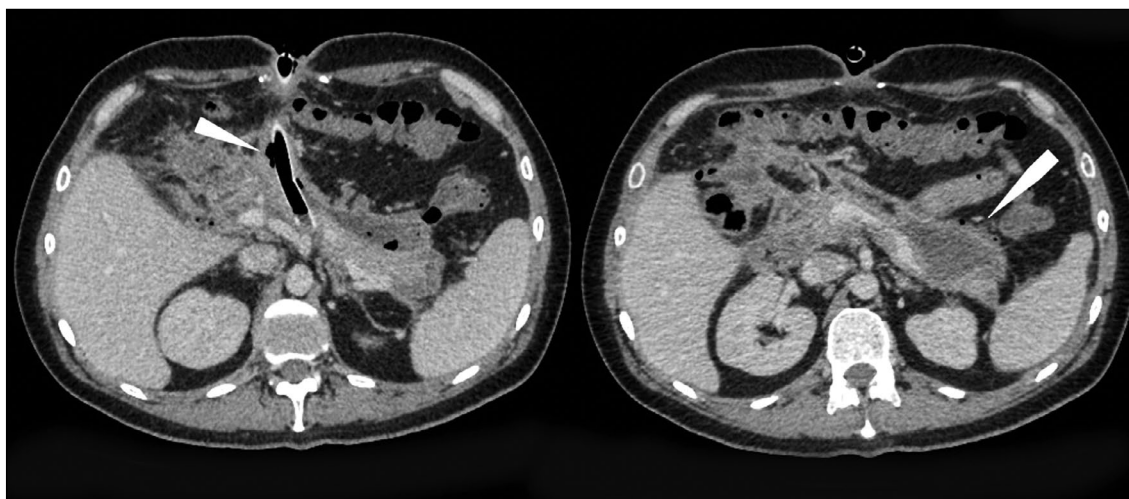


图 6 静脉注射造影剂的腹部计算机断层扫描：引流管（左图，箭头）；引流管浸润和胰腺周围脂肪组织中的液体聚集，随时间推移而减少（右图，箭头）。

一阶段，我们选择扩大手术干预，转为开腹手术，形成网膜胸腔，以方便进入网膜进行坏死性腹膜切除术。

一组来自日本的科学家描述了通过负压持续引流皮肤伤口和内镜下坏死切除联合治疗坏死性胰腺炎患者的良好效果[21]。另一例临床病例[22]显示Barrett食管壶腹部活检后发展为坏死性胰腺炎，随后在CT控制下对坏死性腔反复引流治疗。

在所有报告的临床病例中，包括我们的病例，除了临床和实验室资料外，CT和静脉造影积极用于诊断、评估疾病的病程和治疗策略的选择。

因此，急性胰腺炎最适合诊断的时间是从出现症状的72小时到5天。在此期间，胰腺水肿和一过性缺血可能以坏死的形式出现，并在随后的检查中得到解决，反之，局部并发症的发生可能与临床无关。本病例中的患者在持续严重的临床表现期间，表现出从疾病的IA期向IB期过渡。

根据临床建议，CT最适用于临床图像改变和/或患者病情急剧恶化时，以排除局部并发症的发展。在本例患者中，CT扫描对临床情况的变化很敏感，发现最初过渡到IIA期无菌性隔离，然后过渡到IIB期化脓性隔离，形成了胰腺旁脓肿。

在计划微创手术治疗坏死性胰腺炎时，CT是一项必要的研究，目前微创手术治疗坏死性胰腺炎的首选方法。这一策略被应用于我们研究的病人。

MRI是评估胰腺坏死的胆道和轮胆管的首选方法，这与我们在治疗坏死性胰腺炎期间出现胰腺外瘘的患者有很大关系。

结论

迄今为止，放射诊断方法结合适当的治疗和手术方法可以改善坏死性胰腺炎的预后。

附加信息

资金来源。作者声称这项研究没有资金支持。

利益冲突。作者声明，没有明显的和潜在的利益冲突相关的发表这篇文章。

作者的贡献。所有作者都确认其作者符合国际ICMJE标准（所有作者为文章的概念，研究和准备工作做出了重大贡献，并在发表前阅读并批准了最终版本）。

对文章的最大贡献分布如下：S. I. Kitavina — 负责准备和撰写这篇文章；V. S. Petrovichev — 负责撰写和编辑文章；A. N. Ermakov — 负责收集和分析文学资料，编辑说明性材料；N. A. Ermakov — 负责撰写文章的文字，准备说明性的材料；I. G. Nikitin — 负责文章编辑。

出版同意。作者在发表医疗数据和照片时获得了患者的书面同意。

谢意。作者对 Irina Ilyinichna Slutskaya 编辑文章文体的帮助表示感谢。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков В.Е., Чеснокова Н.Н. Острый некротический панкреатит: Актуальные вопросы классификации, диагностики и лечения локальных и распространенных гнойно-некротических процессов // Вестник ЧГУ. 2014. № 2. С. 211–217.
2. Багненко С.Ф., Гольцов В.Р. Острый панкреатит: современное состояние проблемы и нерешенные вопросы // Альманах Института хирургии им. А.В. Вишневского. 2008. Т. 3, № 3. С. 104–112.

3. Banks P.A., Bollen T.L., Dervenis C., et al. Classification of acute pancreatitis-2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus // *Gut*. 2013. Vol. 62, N 1. P. 102–111. doi: 10.1136/gutjnl-2012-302779
4. Petrov M.S., Shanbhag S., Chakraborty M., et al. Organ failure and infection of pancreatic necrosis as determinants of mortality in patients with acute pancreatitis // *Gastroenterology*. 2010. Vol. 139, N 3. P. 813–820. doi: 10.1053/j.gastro.2010.06.010
5. Острый панкреатит. Клинические рекомендации Минздрава Российской Федерации. Москва, 2015. Режим доступа: http://общество-хирургов.рф/upload/acute_pancreatitis_2016.doc. Дата обращения: 15.10.2021.
6. Подолужный В.И., Аминов И.Х., Радионов И.А. Острый панкреатит. Кемерово: Полиграф; 2017. 136 с.
7. Багненко С.Ф., Савелло В.Е., Гольцов В.Р. Лучевая диагностика заболеваний поджелудочной железы: панкреатит острый // Лучевая диагностика и терапия в гастроэнтерологии: национальное руководство / под ред. Г.Г. Кармазановского. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2014. С. 349–365.
8. Branco J.C., Cardoso M.F., Lourenço L.C., et al. A rare cause of abdominal pain in a patient with acute necrotizing pancreatitis // *GE Port J Gastroenterol*. 2018. Vol. 25, N 5. P. 253–257. doi: 10.1159/000484939
9. Zhang H., Chen G., Xiao L., et al. Ultrasonic/CT image fusion guidance facilitating percutaneous catheter drainage in treatment of acute pancreatitis complicated with infected walled-off necrosis // *Pancreatology*. 2018. Vol. 18, N 6. P. 635–641. doi: 10.1016/j.pan.2018.06.004
10. Sahu B., Abbey P., Anand R., et al. Severity assessment of acute pancreatitis using CT severity index and modified CT severity index: Correlation with clinical outcomes and severity grading as per the Revised Atlanta Classification // *Indian J Radiol Imaging*. 2017. Vol. 27, N 2. P. 152. doi: 10.4103/ijri.IJRI_300_16
11. Shahzad N., Khan M.R., Inam Pal K.M., et al. Role of early contrast enhanced CT scan in severity prediction of acute pancreatitis // *J Pak Med Assoc*. 2017. Vol. 67, N 6. P. 923–925.
12. Avanesov M., Löser A., Smagarynska A., et al. Clinico-radiological comparison and short-term prognosis of single acute pancreatitis and recurrent acute pancreatitis including pancreatic volumetry // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, N 10. P. e0206062. doi: 10.1371/journal.pone.0206062
13. Smeets X.J., Litjens G., da Costa D.W., et al. The association between portal system vein diameters and outcomes in acute pancreatitis // *Pancreatology*. 2018. Vol. 18, N 5. P. 494–499. doi: 10.1016/j.pan.2018.05.007
14. Van Grinsven J., van Vugt J.L., Gharbharan A., et al.; Dutch Pancreatitis Study Group. The association of computed tomography-assessed body composition with mortality in patients with necrotizing pancreatitis // *J Gastrointest Surg*. 2017. Vol. 21, N 6. C. 1000–1008. doi: 10.1007/s11605-016-3352-3
15. Colvin S.D., Smith E.N., Morgan D.E., et al. Acute pancreatitis: an update on the revised Atlanta classification // *Abdom Radiol*. 2020. Vol. 45, N 5. P. 1222–1231. doi: 10.1007/s00261-019-02214-w
16. Baker M.E., Nelson R.C., Rosen M.P., et al. ACR Appropriateness Criteria Acute Pancreatitis // *Ultrasound Quarterly*. 2014. Vol. 30, N 4. P. 267–273. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000099
17. Shinagare A.B., Ip I.K., Raja A.S., et al. Use of CT and MRI in emergency department patients with acute pancreatitis // *Abdom Imaging*. 2015. Vol. 40, N 2. P. 272–277. doi: 10.1007/s00261-014-0210-1
18. Jin D.X., McNabb-Baltar J.Y., Suleiman S.L., et al. Early abdominal imaging remains over-utilized in acute pancreatitis // *Dig Dis Sci*. 2017. Vol. 62, N 10. P. 2894–2899. doi: 10.1007/s10620-017-4720-x
19. Schreyer A.G., Seidensticker M., Mayerle J., et al. Deutschsprachige terminologie der revidierten atlanta-klassifikation bei akuter pankreatitis: glossar basierend auf der aktuellen S3-Leitlinie zur akuten, chronischen und Autoimmunpankreatitis // *Rofo*. 2021. Vol. 193, N 8. P. 909–918. doi: 10.1055/a-1388-8316
20. Sorrentino L., Chiara O., Mutignani M., et al. Combined totally mini-invasive approach in necrotizing pancreatitis: a case report and systematic literature review // *World J Emerg Surg*. 2017. Vol. 12, N 1. P. 16. doi: 10.1186/s13017-017-0126-5
21. Namba Y., Matsugu Y., Furukawa M., et al. Step-up approach combined with negative pressure wound therapy for the treatment of severe necrotizing pancreatitis: a case report // *Clin J Gastroenterol*. 2020. Vol. 13, N 6. P. 1331–1337. doi: 10.1007/s12328-020-01190-9
22. Skelton D., Barnes J., French J. A case of severe necrotising pancreatitis following ampullary biopsy // *Ann R Coll Surg Engl*. 2015. Vol. 97, N 4. P. e61–e63. doi: 10.1308/003588415X14181254789646

REFERENCES

1. Volkov V., Chesnokova N. Acute necrotizing pancreatitis: Actual questions of classification, diagnosis and treatment of local and widespread purulent-necrotic processes. *Bulletin Chuvash University*. 2014;(2):211–217. (In Russ).
2. Bagненко SF, Gol'tsov VR. Acute pancreatitis: current state of the problem and unresolved issues. *Almanac A.V. Vishnevsky Ins Sur*. 2008;3(3):104–112. (In Russ).
3. Banks PA, Bollen TL, Dervenis C, et al. Classification of acute pancreatitis-2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus. *Gut*. 2013;62(1):102–111. doi: 10.1136/gutjnl-2012-302779
4. Petrov MS, Shanbhag S, Chakraborty M, et al. Organ failure and infection of pancreatic necrosis as determinants of mortality in patients with acute pancreatitis. *Gastroenterology*. 2010;139(3):813–820. doi: 10.1053/j.gastro.2010.06.010
5. Acute pancreatitis. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Moscow, 2015. (In Russ). Available from: http://общество-хирургов.рф/upload/acute_pancreatitis_2016.doc. Accessed: 15.10.2021.
6. Podoluzhny VI, Aminov IH, Rodionov IA. Acute pancreatitis. Кемерово: ПОЛИГРАФ; 2017. 136 p. (In Russ).
7. Bagненко SF, Savello VE, Goltsov VR. Radiation diagnosis of pancreatic diseases: acute pancreatitis. In: Radiation diagnostics and therapy in gastroenterology: national guidelines. Ed. by G.G. Karmazanovsky Moscow: GEOTAR-Media; 2014. P. 349–365. (In Russ).
8. Branco JC, Cardoso MF, Lourenço LC, et al. A rare cause of abdominal pain in a patient with acute necrotizing pancreatitis. *GE Port J Gastroenterol*. 2018;25(5):253–257. doi: 10.1159/000484939
9. Zhang H, Chen G, Xiao L, et al. Ultrasonic/CT image fusion guidance facilitating percutaneous catheter drainage in treatment of

acute pancreatitis complicated with infected walled-off necrosis. *Pancreatolgy*. 2018;18(6):635–641. doi: 10.1016/j.pan.2018.06.004

10. Sahu B, Abbey P, Anand R, et al. Severity assessment of acute pancreatitis using CT severity index and modified CT severity index: Correlation with clinical outcomes and severity grading as per the Revised Atlanta Classification. *Indian J Radiol Imaging*. 2017;27(2):152. doi: 10.4103/ijri.IJRI_300_16

11. Shahzad N, Khan MR, Inam Pal KM, et al. Role of early contrast enhanced CT scan in severity prediction of acute pancreatitis. *J Pak Med Assoc*. 2017;67(6):923–925.

12. Avanesov M, Löser A, Smagarynska A, et al. Clinico-radiological comparison and short-term prognosis of single acute pancreatitis and recurrent acute pancreatitis including pancreatic volumetry. *PLoS ONE*. 2018;13(10):e0206062. doi: 10.1371/journal.pone.0206062

13. Smeets XJ, Litjens G, da Costa DW, et al. The association between portal system vein diameters and outcomes in acute pancreatitis. *Pancreatolgy*. 2018;18(5):494–499. doi: 10.1016/j.pan.2018.05.007

14. Van Grinsven J, van Vugt JLA, Gharbharan A, et al.; Dutch Pancreatitis Study Group. The association of computed tomography-assessed body composition with mortality in patients with necrotizing pancreatitis. *J Gastrointest Surg*. 2017;21(6):1000–1008. doi: 10.1007/s11605-016-3352-3

15. Colvin SD, Smith EN, Morgan DE, et al. Acute pancreatitis: an update on the revised Atlanta classification. *Abdom Radiol*. 2020;45(5):1222–1231. doi: 10.1007/s00261-019-02214-w

16. Baker ME, Nelson RC, Rosen MP, et al. Acr appropriateness Criteria acute pancreatitis. *Ultrasound Quarterly*. 2014;30(4):267–273. doi: 10.1097/RUQ.0000000000000099

17. Shinagare AB, Ip IK, Raja AS, et al. Use of CT and MRI in emergency department patients with acute pancreatitis. *Abdom Imaging*. 2015;40(2):272–277. doi: 10.1007/s00261-014-0210-1

18. Jin DX, McNabb-Baltar JY, Suleiman SL, et al. Early abdominal imaging remains over-utilized in acute pancreatitis. *Dig Dis Sci*. 2017;62(10):2894–2899. doi: 10.1007/s10620-017-4720-x

19. Schreyer AG, Seidensticker M, Mayerle J, et al. Deutschsprachige terminologie der revidierten atlanta-klassifikation bei akuter pankreatitis: glossar basierend auf der aktuellen S3-Leitlinie zur akuten, chronischen und Autoimmunpankreatitis. *Rofo*. 2021;193(08):909–918. doi: 10.1055/a-1388-8316

20. Sorrentino L, Chiara O, Mutignani M, et al. Combined totally mini-invasive approach in necrotizing pancreatitis: a case report and systematic literature review. *World J Emerg Surg*. 2017;12:16. doi: 10.1186/s13017-017-0126-5

21. Namba Y, Matsugu Y, Furukawa M, et al. Step-up approach combined with negative pressure wound therapy for the treatment of severe necrotizing pancreatitis: a case report. *Clin J Gastroenterol*. 2020;13(6):1331–1337. doi: 10.1007/s12328-020-01190-9

22. Skelton D, Barnes J, French J. A case of severe necrotising pancreatitis following ampullary biopsy. *Ann R Coll Surg Engl*. 2015;97(4):e61–e63. doi: 10.1308/003588415X14181254789646

AUTHORS' INFO

* **Victor S. Petrovichev**, MD, Cand. Sci. (Med.);
address: 3 Ivan'kovskoe shosse, 125367, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8391-2771>;
eLibrary SPIN: 7730-7420; e-mail: petrovi4ev@gmail.com

Svetlana I. Kitavina, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1280-1089>;
eLibrary SPIN: 9741-1675; e-mail: skitavina@yandex.ru

Alexander N. Ermakov, MD;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0675-8624>;
eLibrary SPIN: 9257-9319; e-mail: alx-ermakovv@yandex.ru

Nikolay A. Ermakov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1271-7960>;
eLibrary SPIN: 5985-9032; e-mail: n-ermakov@yandex.ru

Igor G. Nikitin, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1699-0881>;
eLibrary SPIN: 3595-1990; e-mail: igor.nikitin.64@mail.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Петровичев Виктор Сергеевич**, к.м.н.;
адрес: Россия, 125367, Москва, Ивановское шоссе, д. 3;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8391-2771>;
eLibrary SPIN: 7730-7420; e-mail: petrovi4ev@gmail.com

Китавина Светлана Игоревна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1280-1089>;
eLibrary SPIN: 9741-1675; e-mail: skitavina@yandex.ru

Ермаков Александр Николаевич;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0675-8624>;
eLibrary SPIN: 9257-9319; e-mail: alx-ermakovv@yandex.ru

Ермаков Николай Александрович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1271-7960>;
eLibrary SPIN: 5985-9032; e-mail: n-ermakov@yandex.ru

Никитин Игорь Геннадиевич, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1699-0881>;
eLibrary SPIN: 3595-1990; e-mail: igor.nikitin.64@mail.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

Поражение костей таза, позвоночника и рёбер при остеопойкилии: клинический случай

M.T. Paparella¹, I. Gangai¹, Ch. Porro¹, L. Eusebi², F. Silveri³, A. Cammarota⁴, G. Guglielmi^{1, 5}¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Фоджа, Италия² Radiology Unit, Carlo Urbani, Джези, Италия³ Rheumatology Unit, University of Ancona, Анкона, Италия⁴ IRCCS-CROB, Рионеро-ин-Вальтуре, Италия⁵ Radiology Unit, Barletta University Hospital, Фоджа, Италия

АННОТАЦИЯ

Остеопойкилия — редкая форма наследственной доброкачественной дисплазии костей, случайно обнаруживаемая при рентгенографии. Характеризуется специфической рентгенологической картиной — диффузными склеротическими участками кости круглой или овальной симметричной формы, определяемыми по всему скелету. Правильная постановка диагноза очень важна, поскольку поражения такого типа схожи с костными метастазами.

В данной статье представлен случай остеопойкилии у пациентки, обратившейся в нашу клинику с жалобой на кратковременную потерю сознания без признаков онемения, покалывания, слабости в ногах или других частях тела. Компьютерная томография показала множественные мелкие склеротические очаги, рассеянные по грудному и поясничному отделу позвоночника, рёбрам, тазовым костям, крестцу и проксимальному отделу бедренных костей с обеих сторон. При остеосцинтиграфии всего тела с применением технеция-99м повышения накопления препарата не выявлено. У пациентки были диагностированы характерные рентгенологические признаки остеопойкилии, после чего она находилась под наблюдением.

Ключевые слова: остеопойкилия; дисплазия костей; клинический случай.

Как цитировать

Paparella M.T., Gangai I., Porro Ch., Eusebi L., Silveri F., Cammarota A., Guglielmi G. Поражение костей таза, позвоночника и рёбер при остеопойкилии: клинический случай // *Digital Diagnostics*. 2021. Т.2, № 4. С. 481–487. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

Osteopoikilosis in the ribs, pelvic region and spine: a case report

Maria Teresa Paparella¹, Ilaria Gangai¹, Chiara Porro¹, Laura Eusebi², Ferdinando Silveri³, Aldo Cammarota⁴, Giuseppe Guglielmi^{1, 5}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy

² Radiology Unit, Carlo Urbani, Jesi, Italy

³ Rheumatology Unit, University of Ancona, Ancona, Italy

⁴ IRCCS-CROB, Rionero in Vulture, Italy

⁵ Radiology Unit, Barletta University Hospital, Foggia, Italy

ABSTRACT

Osteopoikilosis is a rare inherited benign bone dysplasia incidentally found on radiological exams. It is characterized by a specific radiological pattern: diffuse, round or oval, symmetrically shaped sclerotic bone areas distributed throughout the skeleton. It is essential to do a correct diagnosis because these lesions could be easily confused with bone metastasis.

We reported a case of an osteopoikilosis patient presenting to our clinic with transient loss of consciousness and without any numbness, tingling and weakness in the legs or other parts of the body. The computed tomography scan showed multiple small sclerotic foci bone islands, scattered throughout the thoracic and lumbar spine, ribs, pelvic bone, sacrum and bilateral proximal femur. No significant increase in the activity was detected in technetium-99m whole-body bone scintigraphy. The patient was diagnosed with characteristic radiological findings of osteopoikilosis and was followed up.

Keywords: osteopoikilosis; bone dysplasia; clinical case.

To cite this article

Paparella MT, Gangai I, Porro Ch, Eusebi L, Silveri F, Cammarota A, Guglielmi G. Osteopoikilosis in the ribs, pelvic region and spine: a case report. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):481–487. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

Received: 03.09.2021

Accepted: 16.11.2021

Published: 07.12.2021

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

肋骨、骨盆区和脊柱脆性骨硬化：一份病例报告

Maria Teresa Paparella¹, Ilaria Gangai¹, Chiara Porro¹, Laura Eusebi², Ferdinando Silveri³, Aldo Cammarota⁴, Giuseppe Guglielmi^{1, 5}

¹ Department of Clinical and Experimental Medicine, Foggia University School of Medicine, Foggia, Italy

² Radiology Unit, Carlo Urbani, Jesi, Italy

³ Rheumatology Unit, University of Ancona, Ancona, Italy

⁴ IRCCS-CROB, Rionero in Vulture, Italy

⁵ Radiology Unit, Barletta University Hospital, Foggia, Italy

简评

脆性骨硬化是一种在放射学检查中偶然发现的罕见遗传性良性骨发育不良。其特征是具有特殊的放射学表现：分布于整个骨骼的弥漫性、圆形或椭圆形、形状对称的骨硬化区。这些病变很容易与骨转移瘤相混淆，因此做出正确诊断至关重要。

本文报告了一例脆性骨硬化患者，其因一过性意识丧失前来我们门诊就诊，双腿或身体其他部位无任何麻木、麻刺感和虚弱。计算机断层成像扫描示多发小面积硬化性骨岛，散布于胸腰椎、肋骨、骨盆、骶骨和双侧股骨近端。锆-99m全身骨显像未检测到活性显著增加。患者被诊断为脆性骨硬化典型放射学表现，并接受随访。

关键词：脆性骨硬化；骨发育不良；临床病例。

To cite this article

Paparella MT, Gangai I, Porro Ch, Eusebi L, Silveri F, Cammarota A, Guglielmi G. 肋骨、骨盆区和脊柱脆性骨硬化：一份病例报告. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):481–487. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD79504>

收到: 03.09.2021

接受: 16.11.2021

发布日期: 07.12.2021

绪论

脆性骨硬化是一种罕见的良性骨发育不良，患病率为五万分之一，通常无年龄或性别差异[1]。

其特征是在整个骨骼中对称分布着大量圆形或卵圆形硬化性骨病变[2]。在对不相关疾病的影像学研究中，经常会偶然发现该病变[3]。

在组织学上，病变表现为板层骨组织小梁增厚，松质骨结构内有哈弗氏系统；它们很可能是在生长和分化过程中没有变成松质骨的骨病灶。脆性骨硬化中的松质骨凝集由骨小梁的周边区域组成，其中骨细胞很少，且无成骨细胞或破骨细胞（两者都存在于不规则骨小梁的中央核心）[4, 5]。

我们报告一例脆性骨硬化患者，其因晕厥于我们门诊就诊。

病例描述

一例43岁的女性患者在出现一过性意识丧失后被救护车送往急诊室。初步评估包括病史、体格检查、12导联心电图和实验室检查，未发现任何异常。因此，行全身计算机断层成像检查（CT）。CT扫描示多发小面积硬化性骨岛灶，散布于胸椎（图1a）和腰椎（图1b）、肋骨、骨盆（图2）、

骶骨（图3）和双侧股骨近端（图4）。所有骨骼均无任何皮质侵蚀或骨膜反应。未见发红或水肿等其他体征。此外，患者未诉腿部或身体其他部位任何麻木、刺痛和虚弱感。

CT表现疑似脆性骨硬化。血常规、红细胞沉降率、血清电解质、肿瘤标志物、碱性和酸性磷酸酶、ANA和抗双链DNA等相关临床和实验室检查未见任何类型的关节炎、感染或成骨性骨转移，此结果已纳入鉴别诊断。锝-99m全身骨显像未检测到活性显著增加。排除其他鉴别诊断，患者被诊断为脆性骨硬化的典型放射学表现，并接受随访。

讨论

脆性骨硬化（也称为“骨斑点症”或播散型凝集性骨病）是一种罕见的骨发育不良，由H. E. Albers-Schönberg于1915年首次描述[6]。据估计，该疾病的发病率约为五万分之一，通常不存在年龄或性别差异。该病通常为常染色体显性遗传，但也有散发型的报告[1]。

目前的文献表明，这可能是由于位于12q的LEM结构域3（LEMD3）基因的功能缺失突变导致。这些突变也可能影响软组织和皮肤，导致肢骨纹状肥大，这是一种良性硬化性骨发育不良，伴有皮质骨质增生、上覆皮肤增厚和纤维化，以及布希

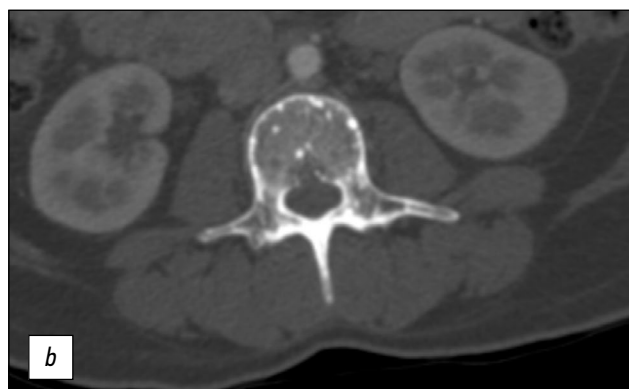
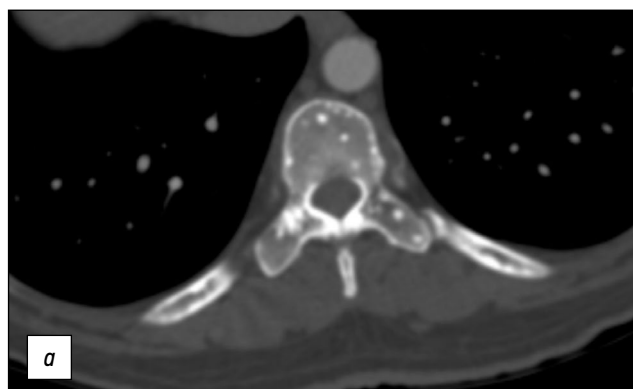


图1穿过胸椎（a）和腰椎（b）脊柱的横截面计算机断层扫描。显示棘突和椎弓根内有大量、清晰、均匀的圆形高密度病灶。

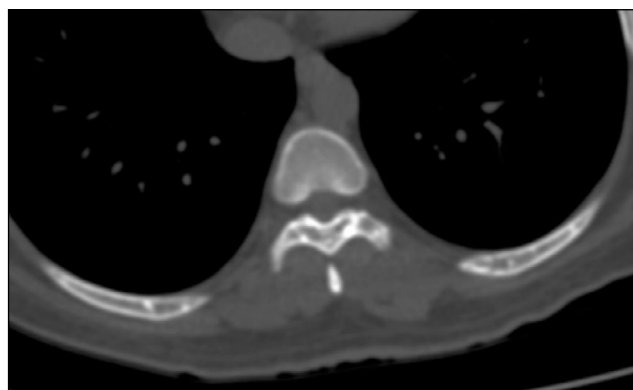


图2穿过第七根肋骨的横截面计算机断层扫描。显示大量高密度病变，边缘清晰。大小以毫米为单位。

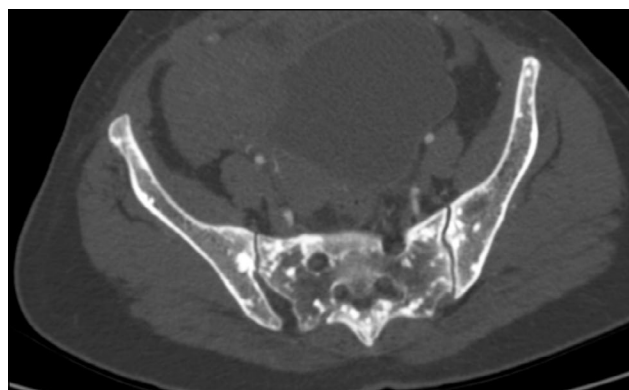


图3穿过骶髂关节的横截面计算机断层扫描。显示沿骶骨、髂骨和骶髂关节对称分布的小而硬化的圆形阴影。

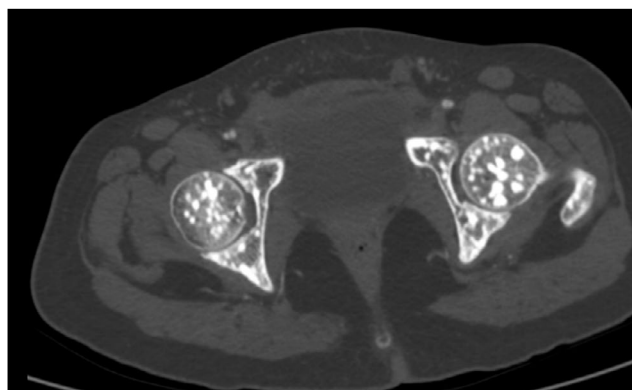


图4穿过股骨头的横截面计算机断层扫描。显示大量高密度病变，符合股骨头脆性骨硬化，病变边缘清晰。大小以毫米为单位。

克—奥伦多夫 (Buschke - Ollendorff) 综合征，该综合征包括与播散性结缔组织和皮肤黄色痣相关的脆性骨硬化[7, 8]。脆性骨硬化病变通常是在对不相关的疾病进行影像学研究时偶然发现的[3]。

脆性骨硬化的放射学病变很典型：其特征是大量对称、均匀、边界清楚、尺寸较小（直径1-10mm）的圆形或椭圆形硬化病变。最常见的受累部位是短管骨的骨骺和长骨的干骺端。此外，据报道，腕骨和跗骨、肩胛骨、骨盆和骶骨常受到影响[9, 10]。肋骨、锁骨、脊柱和颅骨的受累并不常见[11]。

由于它们的相似性，脆性骨硬化的影像学表现可能与成骨性骨转移相混淆，但它们存在显著差异，使我们能够做出鉴别诊断。与骨转移相反，

脆性骨硬化中的硬化病变是对称、大小一致的，不会引起皮质侵蚀。

因此，骨显像在最终诊断中起着重要作用。事实上，正常放射性核素骨扫描通常可排除成骨性骨转移的可能性。然而，文献中报道了几例脆性骨硬化伴异常骨扫描的病例[12, 13]。

结论

虽然脆性骨硬化是一种罕见疾病，但通过典型的放射学表现可以很容易地作出诊断。

临床医生必须了解并识别这种影像模式，以便做出准确诊断，防止进一步检查和积极治疗。

附加信息

资金来源：该研究未得到任何外部资金来源支持。

利益冲突：作者声明不存在利益冲突。

作者的贡献：所有作者均对作品的构思、获取、分析、数据解释、起草和修订作品、即将出版版本的最终批准做出了重大贡献，并同意对作品的所有方面负责。

Paparella M. T. 和 Gangai I. ——对与主题和手稿写作相关的研究工作做出了同等贡献；Porro Ch. Eusebi L. 和 Silveri F. ——文献研究和数据采集；Camarota A. 和 Guglielmi G. ——手稿的批判性修订。

出版同意：已获得患者的书面同意，以公布相关医疗信息和手稿中的所有附带图像。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Negi R.S., Manchanda K.L., Sanga S., et al. Osteopoikilosis — spotted bone disease // *Med J Armed Forces India*. 2013. Vol. 69, N 2. P. 196–198. doi: 10.1016/j.mjafi.2012.05.009
2. Mahboubia J., Mondher G., Amira M., et al. Osteopoikilosis: a rare cause of bone pain // *Caspian J Intern Med*. 2015. Vol. 6, N 3. P. 177–179.
3. Carpintero P., Abad J.A., Serrano P., et al. Clinical features of ten cases of osteopoikilosis // *Clin Rheumatol*. 2004. Vol. 23, N 6. P. 505–508. doi: 10.1007/s10067-004-0935-2
4. Tong E.C., Samii M., Tchang F. Bone imaging as an aid for the diagnosis of osteopoikilosis // *Clin Nucl Med*. 1988. Vol. 13, N 11. P. 816–819. doi: 10.1097/00003072-198811000-00009
5. Drouin C.A., Grenon H. The association of Buschke–Ollendorff syndrome and nail-patella syndrome // *J Am Acad Dermatol*. 2002. Vol. 46, N 4. P. 621–625. doi: 10.1067/mjd.2002.120614
6. Albers-Schönberg H.E. *Fortschr Roentgen*. 1915. Vol. 24, N 23. P. 174.
7. Hellems J., Preobrazhenska O., Willaert A., et al. Loss-of-function mutations in LEMD3 result in osteopoikilosis, Buschke–Ollendorff syndrome and melorheostosis // *Nat Genet*. 2004. Vol. 36, N 11. P. 1213–1218. doi: 10.1038/ng1453
8. Gutierrez D., Cooper K.D., Mitchell A.L., et al. Novel somatic mutation in LEMD3 splice site results in Buschke–Ollendorff syndrome with polyostotic melorheostosis and osteopoikilosis // *Pediatr Dermatol*. 2015. Vol. 32, N 5. P. e219–220. doi: 10.1111/pde.12634
9. Vanhoenacker E.M., De Beuckeleer L.H., Wan Hul W., et al. Sclerosing bone dysplasias: genetic and radioclinical features // *Eur Radiol*. 2000. Vol. 24, N 10. P. 1423–1433. doi: 10.1007/s003300000495
10. Amezcua-Guerra L.M., Mansilla L.J., Fernandez T.S., et al. Osteopoikilosis in an ancient skeleton: more than a medical curiosity // *Clin Rheumatol*. 2005. Vol. 24, N 5. P. 502–506. doi: 10.1007/s10067-004-1072-7
11. Niwayama G. Enostosis, hyperstosis, and periostitis. In: Resnick D., ed. *Diagnosis of Bone and Joint Disorders*. Philadelphia: WB Saunders, 1988. P. 4084–4088.
12. Dahan S., Bonafé J.L., Laroche M., et al. Iconography of Buschke–Ollendorff syndrome: X-ray computed tomography and nuclear magnetic resonance of osteopoikilosis (In French) // *Ann Dermatol Venereol*. 1989. Vol. 116, N 3. P. 225–230.
13. Mungovan J.A., Tung G.A., Lambiase R.E., et al. Tc-99m MDP uptake in osteopoikilosis // *Clin Nucl Med*. 1994. Vol. 19, N 1. P. 6–8. doi: 10.1097/00003072-199401000-00002

REFERENCES

1. Negi RS, Manchanda KL, Sanga S, et al. Osteopoikilosis — spotted bone disease. *Med J Armed Forces India*. 2013;69(2):196–198. doi: 10.1016/j.mjafi.2012.05.009
2. Mahboubia J, Mondher G, Amira M, et al. Osteopoikilosis: a rare cause of bone pain. *Caspian J Intern Med*. 2015;6(3):177–179.
3. Carpintero P, Abad JA, Serrano P, et al. Clinical features of ten cases of osteopoikilosis. *Clin Rheumatol*. 2004;23(6):505–508. doi: 10.1007/s10067-004-0935-2
4. Tong EC, Samii M, Tchang F. Bone imaging as an aid for the diagnosis of osteopoikilosis. *Clin Nucl Med*. 1988;13(11):816–819. doi: 10.1097/00003072-198811000-00009
5. Drouin CA, Grenon H. The association of Buschke–Ollendorff syndrome and nail-patella syndrome. *J Am Acad Dermatol*. 2002;46(4):621–625. doi: 10.1067/mjd.2002.120614
6. Albers-Schönberg HE. *Fortschr Roentgen*. 1915;24(23):174.
7. Hellemans J, Preobrazhenska O, Willaert A, et al. Loss-of-function mutations in LEMD3 result in osteopoikilosis, Buschke–Ollendorff syndrome and melorheostosis. *Nat Genet*. 2004;36(11):1213–1218. doi: 10.1038/ng1453
8. Gutierrez D, Cooper KD, Mitchell AL, et al. Novel somatic mutation in LEMD3 splice site results in Buschke–Ollendorff syndrome with polyostotic melorheostosis and osteopoikilosis. *Pediatr Dermatol*. 2015;32(5):e219–220. doi: 10.1111/pde.12634
9. Vanhoenacker EM, De Beuckeleer LH, Wan Hul W, et al. Sclerosing bone dysplasias: genetic and radio-clinical features. *Eur Radiol*. 2000;10(9):1423–1433. doi: 10.1007/s003300000495
10. Amezcua-Guerra LM, Mansilla LJ, Fernandez TS, et al. Osteopoikilosis in an ancient skeleton: more than a medical curiosity. *Clin Rheumatol*. 2005;24(5):502–506. doi: 10.1007/s10067-004-1072-7
11. Niwayama G. Enostosis, hyperstosis, and periostitis. In: Resnick D., ed. *Diagnosis of Bone and Joint Disorders*. Philadelphia: WB Saunders; 1988. P. 4084–4088.
12. Dahan S, Bonafé JL, Laroche M, et al. Iconography of Buschke–Ollendorff syndrome: X-ray computed tomography and nuclear magnetic resonance of osteopoikilosis. *Ann Dermatol Venereol*. 1989;116(3):225–230.
13. Mungovan JA, Tung GA, Lambiase RE, et al. Tc-99m MDP uptake in osteopoikilosis. *Clin Nucl Med*. 1994;19(1):6–8. doi: 10.1097/00003072-199401000-00002

AUTHORS' INFO

* **Guglielmi Giuseppe**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121 Foggia, Italy;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Paparella Maria Teresa, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2573-9509>;
e-mail: mt.paparella@gmail.com

Gangai Ilaria, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9594-4810>;
e-mail: hilary_ps@libero.it

Porro Chiara, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7526-6968>;
e-mail: chiara.porro@unifg.it

Eusebi Laura, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-5126>;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Silveri Ferdinando, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7847-245X>;
e-mail: fsilveri@libero.it

Cammarota Aldo, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4211-5140>;
e-mail: aldo.cammarota@crob.it

OB ABTOPAX

* **Guglielmi Giuseppe**, MD, Professor;
address: Viale L. Pinto 1, 71121 Foggia, Italy;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4325-8330>;
e-mail: giuseppe.guglielmi@unifg.it

Paparella Maria Teresa, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2573-9509>;
e-mail: mt.paparella@gmail.com

Gangai Ilaria, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9594-4810>;
e-mail: hilary_ps@libero.it

Porro Chiara, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7526-6968>;
e-mail: chiara.porro@unifg.it

Eusebi Laura, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-5126>;
e-mail: lauraeu@virgilio.it

Silveri Ferdinando, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7847-245X>;
e-mail: fsilveri@libero.it

Cammarota Aldo, MD;
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4211-5140>;
e-mail: aldo.cammarota@crob.it

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

Возрастающая роль функциональной визуализации для навигации радиотерапии и брахитерапии на примере рака предстательной железы

П.О. Румянцев

Международный медицинский центр «СОГАЗ-Медицина», Санкт-Петербург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Брахитерапия успешно применяется в лечении злокачественных новообразований у мужчин и женщин, в редких случаях у детей, как самостоятельный метод (например, при локализованном раке предстательной железы) или адъювантный с дистанционной фокальной лучевой терапией (например, при раке шейки матки, анального канала, головы и шеи, молочной железы и пр.).

Расширение диагностических возможностей (появление компьютерной и магнитно-резонансной томографии) благодаря трёхмерной визуализации дало брахитерапии важное технологическое преимущество перед другими методами. Существует множество вариантов сочетания брахитерапии с дистанционной лучевой или системной противоопухолевой терапией в первой линии, а также в монорежиме при локализованном рецидиве опухоли в ранее облучённой зоне.

Введение интрататов (полых трубок) для внутритканевой высокодозной брахитерапии осуществляется во время операции, а инкапсулированных (закрытых) радиоактивных микроисточников для низкодозовой брахитерапии — напрямую (чрезкожно).

Отличительной спецификой брахитерапии является резкое падение дозы за пределами опухолевого очага, что минимизирует риск облучения окружающих органов и тканей.

Основным преимуществом брахитерапии в сравнении с дистанционной лучевой терапией является более высокий градиент дозы облучения на границе опухоли (со всех сторон). Более того, нет необходимости уточнения границ неопределённости при облучении мишени: когда опухоль изменяется в процессе лечения, то фиксированные в опухоли источники синхронно меняют своё положение.

Помимо преимуществ в эффективности и безопасности, совокупные финансовые затраты при брахитерапии существенно ниже других вариантов лучевой терапии.

Ключевые слова: молекулярная визуализация, брахитерапия; радиотерапия, рак предстательной железы.

Как цитировать

Румянцев П.О. Возрастающая роль методов функциональной визуализации для навигации дистанционной радиотерапии и брахитерапии на примере рака предстательной железы // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 488–497. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

The increasing role of functional visualization modalities for navigation of external beam radiation therapy and brachytherapy in prostate cancer

Pavel O. Rumyantsev

SOGAZ International Medical Center, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Brachytherapy is successfully used in the treatment of malignant neoplasms in males and females and rare cases in children, as an independent method (with localized prostate cancer) or adjuvant with remote focal radiation therapy (with cancer of the cervix, anal canal, head and neck, breast, etc.).

The expansion of diagnostic capabilities (the advent of computer and magnetic resonance imaging) due to three-dimensional imaging has given brachytherapy an important technological advantage over other methods. Many options are available for combining brachytherapy with remote radiation or systemic antitumor therapy in the first line, as well as in a single mode for localized tumor recurrence in a previously irradiated area.

Intrastates (hollow tubes) for intra-tissue high-dose brachytherapy are administered during surgery and encapsulated (closed) radioactive micro-sources for low-dose brachytherapy are directly administered (percutaneously).

A distinctive feature of brachytherapy is a sharp drop in the dose outside the tumor focus, which minimizes the risk of irradiation of surrounding organs and tissues.

The main advantage of brachytherapy in comparison with remote radiotherapy is a higher radiation dose gradient at the tumor border (from all sides). Moreover, clarifying the boundaries of uncertainty when irradiating the target is unnecessary. When the tumor changes during treatment, the sources fixed in the tumor synchronously change their position.

In addition to the advantages in efficiency and safety, the total financial costs of brachytherapy are significantly lower than other radiotherapy options.

Keywords: brachytherapy; prostate cancer; malignant neoplasms; radiation therapy.

To cite this article

Rumyantsev PO. The increasing role of functional visualization modalities for navigation of external beam radiation therapy and brachytherapy in prostate cancer. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):488–497. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

Received: 10.01.2022

Accepted: 14.01.2022

Published: 21.01.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

在前列腺癌病例中，功能成像方法在导航远程放射治疗和近距离放射治疗中的作用越来越大

Pavel O. Rumyantsev

SOGAZ International Medical Center, Saint Petersburg, Russian Federation

简评

近距离放射治疗已成功用于治疗男性和女性的恶性肿瘤，很少用于儿童，无论是单独治疗（如局限性前列腺癌）还是辅助外照射治疗（如宫颈癌、肛管癌、头颈癌、乳腺癌等）。

三维成像带来的诊断能力的扩展（计算机断层扫描和磁共振成像的出现）使近距离放射治疗比其他方法具有重要的技术优势。在第一线，近距离放射治疗与外照射或全身抗癌治疗相结合有许多选择，对于先前照射区域的局部肿瘤复发，也有单一疗法。

在手术期间引入用于间质高剂量近距离放射治疗的intrastats（空心管），并直接（经皮）封装（封闭）用于低剂量近距离放射治疗的放射性微源。

近距离放射治疗的一个显著特点是肿瘤病灶外的剂量急剧下降，从而将周围器官和组织的辐射风险降至最低。

与外束放射治疗相比，近距离放射治疗的主要优点是在肿瘤边缘（从四面八方）有更高的辐射剂量梯度。此外，无需澄清靶向照射过程中的不确定性限制：当肿瘤在治疗过程中发生变化时，固定在肿瘤中的放射源同步改变其位置。

除了疗效和安全方面的优势外，近距离治疗的总经济成本也明显低于其他放射治疗方案。

关键词：近距离放射治疗；前列腺癌；恶性肿瘤；放射治疗。

To cite this article

Rumyantsev PO. 在前列腺癌病例中，功能成像方法在导航远程放射治疗和近距离放射治疗中的作用越来越大. *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):488–497. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD96197>

收到: 10.01.2022

接受: 14.01.2022

发布日期: 21.01.2022

绪论

历史上, 前列腺癌近距离放射治疗的剂量规划是基于种植过程中获得的二维正交计算机断层扫描(CT)骨盆切片。虽然放射图像可以正确地显示出施药者, 但它们既不能准确地说明目标病灶的体积, 也不能准确地说明肿瘤附近的健康组织/器官, 对这些组织/器官的照射可能使危及器官(organs at risk)。20世纪90年代, 随着诊断能力的扩大, 即CT和磁共振成像(MRI)的出现, 由于三维成像的技术优势, 近距离治疗取得了进展, 因此出现了在MRI导航下近距离治疗的准确性是否可以进一步提高的问题。除了疗效和安全方面的优势外, 近距离治疗的总经济成本也明显低于其他放射治疗方案[1]。

功能性和解剖性联合成像技术

近距离治疗与远程放射疗法或全身抗肿瘤治疗的联合使用在肿瘤学中越来越受欢迎, 为病人管理策略开辟了新的维度。在器官生理过程的背景下, 器官的功能成像是解剖学成像的补充, 具有关于器官结构的完整信息。

目前, 许多互补的生物过程(如代谢活动、细胞增殖、灌注、缺氧等)已成为可能。肿瘤诊断功能图像有助于评估实体肿瘤中肿瘤细胞的分布和肿瘤内的异质性, 从而建立影响临床过程和治疗反应的表型特征和微环境的性质。大量的研究已被用于确定肿瘤肿块及其克隆性密度、缺氧或增生。

功能和解剖影像的结合提供了肿瘤的结构和代谢信息, 这使得在肿瘤病灶中识别各种亚型和放射耐药区成为可能。

磁共振成像

由于其高分辨率和高软组织对比度, MRI已成为明确原发肿瘤阶段及其范围的解剖学成像参考方法。磁共振成像为检测肿瘤的功能结构机制提供了许多技术可能性——血管生成(MRI灌注), 代谢(MR光谱), 甚至其细胞组成(DWI——扩散加权成像)。MRI动态增强(DCE — dynamic contrast enhancement)模式是一种灵活分析注射标准顺磁造影剂(基于钆)后组织信号强度变化的技术。DCE模式下的MRI可以评估注射钆基造影剂后组织灌注的差异。在DWI模式下, 利用至少两个不同的b值, 可以在后处理过程中计算出表观扩散系数(ADC — apparent diffusion coefficient)。大多数恶性肿瘤以细胞密度增加为特征, 定量分析时表现为DWI信号强度增加或ADC降低。

正电子发射

正电子发射结合CT(PET/CT)或MRI(PET/MRI)显著提高了恶性肿瘤(肺、前列腺、造血等)的诊断和分期。虽然PET的空间分辨率不如现

代CT和MRI扫描, 但它可以检测到其他方法无法检测到的转移灶, 并在初期优化治疗。此外, PET可以提供关于肿瘤的独特功能信息: 缺氧、增殖、抗辐射等区域。目前在核医学领域有多种代谢放射性显影剂(放射性药物); 表。

数字生物标志物: 放射组学

临床特征和解剖成像方法提供了重要的预后信息, 有关肿瘤的临床过程, 但他们不能预测肿瘤对治疗的反应。可靠的预后生物标志物的出现可能会改变最佳治疗策略的选择和治疗方法的个体化。放射组学作为一种利用高性能方法从医学图像中提取和分析大量定量放射数据的方法, 可以用于创建数字生物标记物, 这些生物标记物将被有效地用于选择最有效和安全的治疗策略。数字生物标志物完美地补充了肿瘤过程的定性和定量特征, 如临床表现、形态学图像、代谢组学结果(特别是癌症标志物)和分子遗传学研究。综合考虑所有重要参数使我们能够在实践中创建和改进可靠的预后模型, 以改善患者的治疗结果, 并基于循证临床经验和创造性的国际多学科交流开发医疗决策支持系统。

可靠的预测模型——

医疗决策支持系统

近距离放射治疗可以在照射靶点的体积内提供不均匀的剂量, 但存在局部复发的风险, 特别是与剩余肿瘤病灶的放射抵抗有关。功能性成像提供了肿瘤生物学的情况, 为提供更适应实际肿瘤病灶的剂量分布提供了机会。计划中的焦点辐射总剂量既可以是个性化的, 也可以是按总目标体积确定的剂量水平, 或者是不同的子剂量水平, 包括主要的肿瘤病灶或例如更多的耐放射的缺氧病灶(生物目标体积)。

功能成像在放射肿瘤学中的潜在作用是重要的, 在前列腺癌患者的所有阶段的管理: 在第一阶段, 用于最初的肿瘤分期; 在第二阶段, 用于计划放疗, 以便更好地瞄准肿瘤体积或增加放射剂量; 在第三阶段, 用于动态监测病人, 以监测完全反应的实现情况, 以及检测肿瘤复发情况。

手术治疗、远距离放射治疗和近距离治疗是治疗前列腺癌的首选。近距离治疗的作用最近得到了美国临床肿瘤学会(ASCO — American Society of Clinical Oncology)的证实。对于不适合主动监测的低风险癌, 125I微源近距离放射治疗仍然是提供最佳生化控制比例并最佳保存性功能的治疗方法[2]。近距离治疗应该作为一种额外的治疗方法提供给患者的肿瘤不适宜(中或高)生化复发的风险。因此, 根据三个随机临床试验的结果, 使用远程放射和近距离治疗的复合, 它的结论是, 无生化复发迹象的生存与额外的近距离治疗明显更好[3]。对于生化复发风险极高的前列腺癌(Gleason 9-10), 与单纯放疗

表格肿瘤学和内分泌学分子成像的放射性示踪剂光谱

代谢途径	应用范围	分子成像法	
		SPECT/CT	PET/CT
能量糖酵解	肿瘤学	—	¹⁸ F-FDG
甲状腺激素的合成	内分泌学、肿瘤学 (甲状腺疾病)	^{99m} TcO ₄ (高锝酸盐) ¹²³ I ¹³¹ I	¹²⁴ I
缺氧	肿瘤学	—	¹⁸ F-FAZA (硝基咪唑) ¹⁸ F-FISO ⁶⁴ Cu-ATSM
激增	肿瘤学	—	¹⁸ F-FLT
细胞膜	肿瘤学	—	¹⁸ F/ ¹¹ 氯化胆碱
生长抑素受体 (STR 2.5)	内分泌学, 肿瘤学 (神经内分泌肿瘤)	^{99m} Tc-HYNIC-TOC (tectrotide)	⁶⁸ Ga/ ⁶⁴ Cu-DOTA-TATE/ NOC/TOC
去甲肾上腺素的合成	内分泌学、肿瘤学 (嗜铬细胞瘤、副神经节 瘤、神经母细胞瘤)	¹²³ I/ ¹³¹ I-MIBG	¹²⁴ I-MIBG
胰高血糖素样肽-1受体 (GLP-1)	内分泌学、肿瘤学 (胰岛素瘤)	^{99m} Tc-HYNIC-exendin-4 (tectrotide)	⁶⁸ Ga/ ⁶⁴ Cu-DOTA- exendin-4
雌激素受体	内分泌学、肿瘤学	—	¹⁸ F-FES
雄性激素受体	内分泌学、肿瘤学	—	¹⁸ F-FDHT
HER2/neu受体	肿瘤学	—	⁸⁹ Zr-DF0-trastuzumab
PSMA受体	肿瘤学	^{99m} Tc-HYNIC-PSMA	⁶⁸ Ga/ ¹⁸ F-PSMA
肿瘤相关的成纤维细胞活性	内分泌学、肿瘤学	—	⁶⁸ Ga/ ¹⁸ F-FAPI
骨骼代谢	内分泌学、肿瘤学	^{99m} Tc-MDP (technephor、 pyrfotech等)	¹⁸ F-NaF (Sodium fluoride)

注：FDG——氟脱氧葡萄糖；FAZA — FluoroAZomycin Arabinoside；ATSM — diacetyl-bis-N4-methylthiosemi-carbazone；MIBG——间碘苯甲胍；FES — fluoroestradiol；FDHT — fluorodihydrotestosterone；PSMA——前列腺特异性膜抗原。

或根治性前列腺切除术后的结果相比，加用近距离放射治疗（配对倾向评分分析）不仅能显著提高无生化复发和无转移的生存率，而且能提高七年的总生存率[4]。

多参数MRI（mpMRI）和 PET/CT已经成为对原发性和复发性前列腺癌进行分期的有前途的方式。新的PET/CT示踪剂提高了对小的、初发转移性肿瘤病灶的检测精度。这些隐藏的、可检测的PET/CT病灶的性质和临床意义需要交叉验证。根据患者治疗时的临床情况，可提出以下策略[5]：

- 怀疑局限性前列腺癌：mpMRI；
- 怀疑晚期前列腺癌：⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT，骨显像；
- 治疗后生化复发：⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT，mpMRI 局部控制或MRI评估淋巴结及骨结构。

Gleason评分虽然有很高的预后价值，但往往低估了放射组学在明确活检时实际临床阶段的额外贡献[6]。

在真实的临床实践中，可能会发现以前未知的转移性区域淋巴结受累或远处转移。通过

PET/CT检测到的前列腺特异性膜抗原（PSMA — prostate-specific membrane antigen）受体高表达的病灶表明肿瘤侵袭的可能性很大[7]。特别是，这些数据有助于更好地了解侵略性的预后和肿瘤复发的风险，以及对患者进行近距离治疗和其他治疗方案的最佳选择。

前列腺癌近距离治疗的计划涉及到整个腺体的体积作为照射的目标。该腺体的辐射剂量是不均匀的，有必要将消融辐射剂量带到肿瘤的所有胃内病灶。最近的研究结果表明，mpMRI与⁶⁸Ga-PSMA PET/CT对这些细胞内肿瘤病灶的诊断准确率最高。⁶⁸Ga-PSMA PET/MRI在统计学上超过mpMRI（ROC曲线下面积：0.88比0.73；p<0.001）和 PET/CT（0.88比0.83；p=0.002）。⁶⁸Ga-PSMA PET/CT与mpMRI相比更准确（0.83比0.73；p=0.003）[8]。P. Donato等人[9]也得到了类似的结果：⁶⁸Ga-PSMA PET/CT更常显示肿瘤病灶（78%；ROC 0.817）高于MRI（69%；ROC 0.729）。

最近，无论是低风险（独立版本）还是高风险（除其他病灶治疗方法外）的前列腺癌患者，

对病灶治疗方法的兴趣都在增加。越来越多的证据表明,前列腺癌的主导病灶对初次治疗后的转移和复发的发生具有最大的预后价值。这就需要更好地显示癌灶的大小,以及生物侵袭性的预后。S. Rylander等人[10]发表了mpMRI控制下三种低剂量近距离放射治疗模型的剂量学研究结果:(1)前列腺放射剂量降低至少125 Gy(CTV——临床靶体积)的适应性计划的风险;(2)mpMRI定义的计划,剂量增加到145–250 Gy(GTV——大体肿瘤体积),所有肿瘤病灶的照射限制为5 mm;(3)标准临床剂量145 Gy前列腺照射的参考计划。对于宏观确定的肿瘤病灶,风险适应规划概念和剂量递增模型在技术上是可行的,在尿道和膀胱颈部的剂量显著减少[10]。最近的研究利用mpMRI或PET/CT功能成像导航,研究了局部高剂量近距离治疗对显性前列腺内病灶的影响。这两项研究显示了良好的耐受性和低毒性,良好的结构和生化反应指标。C. C. Hsu等人[11]报道了在已接受低剂量近距离治疗的患者中采用mpMRI控制计划进行低剂量近距离放射治疗的结果。该技术与其它技术(外科手术、远程放疗)在临床应用上是相当可行的,并且具有明显的低毒性[11]。

没有一种成像方法是没有缺点的:例如,在重建PET/CT数据期间的伪影对校正由造影剂、金属植入物和病人运动引起的衰减的影响。PET/CT图像需经过/不经过衰减校正重建,可显示衰减伪影[12]。核医学专家应始终在结论中反映研究中出现的人工制品对结果可能产生的影响。随着PET/CT和MRI分辨率的提高,即使在显微镜下也能看到肿瘤病灶。

图像配准仍然是近距离治疗中一个很大的不确定性来源,会导致目标定位的缺陷。通过在放射治疗期间对患者进行MRI和PET/CT定位,可以提高图像记录的准确性。MRI和PET/CT模拟需要放射治疗师和放射医师之间的高度互动,而在近距离治疗中,这一点更为重要,因为在过程中解剖变形的风险增加。为了减少其后果,提出并研究了几种解决方案,包括弹性复位源的方法[13],在行近距离治疗的手术室使用MRI[14]。创建的各种可视化的自动重叠算法将很快变得更加准确,并将提高记录和验证的速度。

如果在远程放射治疗后进行近距离治疗,以目标剂量递增为目的,则有必要确定哪一种显像(在远程放射治疗之前或之后)提供了关于放射耐病灶更可靠的信息[15]。

功能成像可以在远期放疗开始前作为CT计划的辅助手段,或在近距离治疗前用于调整早期反应。治疗前使用 ^{18}F -FDG PET/CT有助于识别病灶的高侵袭性或辐射抵抗性(低氧的标志),以及残留肿瘤的存在,这对于计划增强病灶和减少危险器官的不必要的辐射暴露可能是重要的。

选择一种功能性成像方法来确定肿瘤的生物侵袭性是非常重要的,在现阶段,PET/CT可用于

各种示踪指标的肿瘤生物学特性(^{18}F -FDG, ^{18}F -FMISO/FAZA, ^{18}F -FLT, $^{68}\text{Ga}/^{18}\text{F}$ -PSMA-受体)。回顾性研究的结果有助于选择一种方法对肿瘤的生物特征进行功能成像,并确定剂量升级方案或剂量规划策略。重要的是,一些研究已经证实了功能可视化与(1)组织学结果/(2)局部残留肿瘤或复发之间的相关性。H. Park等人[16]发现PET/CT ^{11}C 胆碱与前列腺癌的组织学结果有很好的相关性。T. F. Fassbender等人[17]重点研究了 ^{68}Ga -PSMA-11和 ^{68}Ga -RM2在PET/CT上的附加价值,以及它们与组织学图像的强相关性。一些研究发现,治疗前PET/CT扫描上以 ^{18}F -FDG标记为热点的高示踪剂捕获区,后来被证明是局部复发的主要病灶[18, 19]。

根据文献,提出了许多方法在PET/CT上分割 ^{18}F -FDG-阳性病灶。目前还没有关于更准确和可靠的方法的共识。鉴于敏感性阈值较低(40%),PET/CT用于对比度积聚较差的小肿瘤和肿块内存在异质性示踪剂摄取的情况下应非常谨慎[20]。

今天,分子成像技术最常被用作放疗计划的辅助手段,然而,随着同位素放射性药物(示踪剂)清单的扩大,单光子发射计算机断层扫描(SPECT)和PET分辨率的提高,循证经验的增加以及人工智能在放疗领域的发展,放疗导航(放疗和近距离治疗)的功能成像技术的改进是相当合理的。

现在很多医疗中心都有超声波和CT设备,而有些机构也有MRI和PET/CT,所以患者进行PET/MRI检查比较困难[21]。

还需要考虑功能可视化方法的性能质量和结果解释的异质性,以及研究的成本和等待时间。基于世界上不断积累的循证经验,完善适应症至关重要,即谁和什么时候开出某种特定的功能成像方式才有意义。

结论

因此,功能成像方法在个人放射治疗优化方面具有巨大的潜力,特别是在前列腺癌的各个阶段的近距离放射治疗。创新技术的引入和跨学科整合,使得精确地提高每个个案的病灶治疗的有效性和减少毒性成为可能。

附加信息

资金来源。作者声明在进行搜索和分析工作以及撰写文章时,没有外部资金。

利益冲突。作者声明,本篇文章的发表方面不存在明显或潜在的利益冲突。

作者的贡献。作者确认其作者身份符合国际ICMJE标准(作者对概念的发展和文章的准备做出了重大贡献,在发表前阅读并批准了最终版本)。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vu C.C., Jawad M.S., Krauss D.J. The cost-effectiveness and value proposition of brachytherapy // *Semin Radiat Oncol.* 2020. Vol. 30, N 1. P. 87–93. doi: 10.1016/j.semradonc.2019.08.007
2. Chin J., Rumble R.B., Kollmeier M., et al. Brachytherapy for patients with prostate cancer: American Society of Clinical Oncology / Cancer Care Ontario joint guideline update // *Journal of Clinical Oncology.* 2017. Vol. 35, N 15. P. 1737–1745. doi: 10.1200/JCO.2016.72.0466
3. Kee D.L., Gal J., Falk A.T., et al. Brachytherapy versus external beam radiotherapy boost for prostate cancer: systematic review with meta-analysis of randomized trials // *Cancer Treatment Reviews.* 2018. Vol. 70. P. 265–271. doi: 10.1016/j.ctrv.2018.10.004
4. Kishan A.U., Cook R.R., Ciezki J.P., et al. Radical prostatectomy, external beam radiotherapy, or external beam radiotherapy with brachytherapy boost and disease progression and mortality in patients with Gleason score 9–10 prostate cancer // *JAMA.* 2018. Vol. 319, N 9. P. 896–905. doi: 10.1001/jama.2018.0587
5. Abecassis J.P., Ghazdar N., Peyromaure M., Giraud P. Prostate imaging: contribution of PET PSMA and MRI // *Cancer Radiotherapie.* 2020. Vol. 24, N 5. P. 423–428. doi: 10.1016/j.canrad.2020.06.002
6. Delgadillo R., Ford J.C., Abramowitz M.C., et al. The role of radiomics in prostate cancer radiotherapy // *Strahlentherapie und Onkologie.* 2020. Vol. 196, N 10. P. 900–912. doi: 10.1007/s00066-020-01679-9
7. Cysouw M.C., Jansen B.H., van de Brug T., et al. Machine learning-based analysis of [18F]DCFPyL PET radiomics for risk stratification in primary prostate cancer // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.* 2021. Vol. 48, N 2. P. 340–349. doi: 10.1007/s00259-020-04971-z
8. Eiber M., Weirich G., Holzapfel K., et al. Simultaneous 68Ga-PSMA HBED-CC PET/MRI Improves the Localization of Primary Prostate Cancer // *European Urology.* 2016. Vol. 70, N 5. P. 829–836. doi: 10.1016/j.eururo.2015.12.053
9. Donato P., Roberts M.J., Morton A., et al. Improved specificity with 68Ga PSMA PET/CT to detect clinically significant lesions “invisible” on multiparametric MRI of the prostate: a single institution comparative analysis with radical prostatectomy histology // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.* 2019. Vol. 46, N 1. P. 20–30. doi: 10.1007/s00259-018-4160-7
10. Rylander S., Polders D., Steggerda M.J., et al. Re-distribution of brachytherapy dose using a differential dose prescription adapted to risk of local failure in low-risk prostate cancer patients // *Radiotherapy and Oncology.* 2015. Vol. 115, N 3. P. 308–313. doi: 10.1016/j.radonc.2015.05.015
11. Hsu C.C., Hsu H., Pickett B., et al. Feasibility of MR imaging/MR spectroscopy-planned focal partial salvage permanent prostate implant (PPI) for localized recurrence after initial PPI for prostate cancer // *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics.* 2013. Vol. 85, N 2. P. 370–377. doi: 10.1016/j.ijrobp.2012.04.028
12. Thorwarth D., Beyer T., Boellaard R., et al. Integration der FDG-PET/CT-Bildgebung in die Planung der externen Strahlentherapie — Technische Aspekte und Empfehlungen zur methodischen Annäherung // *Nuklear Medizin.* 2012. Vol. 51, N 4. P. 140–153. doi: 10.3413/NUKMED-0455-11-12
13. Tait L.M., Hoffman D., Benedict S., et al. The use of MRI deformable image registration for CT-based brachytherapy in locally advanced cervical cancer // *Brachytherapy.* 2016. Vol. 15, N 3. P. 333–340. doi: 10.1016/j.brachy.2016.01.002
14. Blanchard P., Ménard C., Frank S.J. Clinical use of magnetic resonance imaging across the prostate brachytherapy workflow // *Brachytherapy.* 2017. Vol. 16, N 4. P. 734–742. doi: 10.1016/j.brachy.2016.11.012
15. Schernberg A., Kumar T., Achkar S., et al. Incorporating Magnetic Resonance Imaging (MRI) based radiation therapy response prediction into clinical practice for locally advanced cervical cancer patients // *Seminars in Radiation Oncology.* 2020. Vol. 30, N 4. P. 291–299. doi: 10.1016/j.semradonc.2020.05.007
16. Park H., Meyer C.R., Wood D., et al. Validation of automatic target volume definition as demonstrated for 11C-Choline PET/CT of human prostate cancer using multi-modality fusion techniques // *Academic Radiology.* 2010. Vol. 17, N 5. P. 614–623. doi: 10.1016/j.acra.2010.01.003
17. Fassbender T.F., Schiller F., Zamboglou C., et al. Voxel-based comparison of [68Ga]Ga-RM2-PET/CT and [68Ga]Ga-PSMA-11-PET/CT with histopathology for diagnosis of primary prostate cancer // *EJNMMI Research.* 2020. Vol. 10, N 1. P. 62. doi: 10.1186/s13550-020-00652-y
18. Aerts H.J., Bussink J., Oyen W.J., et al. Identification of residual metabolic-active areas within NSCLC tumours using a pre-radiotherapy FDG-PET-CT scan: a prospective validation // *Lung Cancer.* 2012. Vol. 75, N 1. P. 73–76. doi: 10.1016/j.lungcan.2011.06.003
19. Lucia F., Miranda O., Abgral R., et al. Use of baseline 18F-FDG PET/CT to identify initial sub-volumes associated with local failure after concomitant chemoradiotherapy in locally advanced cervical cancer // *Frontiers in Oncology.* 2020. Vol. 10. P. 678. doi: 10.3389/fonc.2020.00678
20. Gardin I. Methods to delineate tumour for radiotherapy by fluorodeoxyglucose positron emission tomography // *Cancer Radiotherapie.* 2020. Vol. 24, N 5. P. 418–422. doi: 10.1016/j.canrad.2020.04.008
21. Brown A.P., Pugh T.J., Swanson D.A., et al. Improving prostate brachytherapy quality assurance with MRI-CT fusion-based sector analysis in a phase II prospective trial of men with intermediate-risk prostate cancer // *Brachytherapy.* 2013. Vol. 12, N 5. P. 401–407. doi: 10.1016/j.brachy.2012.10.001

REFERENCES

1. Vu CC, Jawad MS, Krauss DJ. The cost-effectiveness and value proposition of brachytherapy. *Semin Radiat Oncol.* 2020;30(1):87–93. doi: 10.1016/j.semradonc.2019.08.007
2. Chin J, Rumble RB, Kollmeier M, et al. et al. Brachytherapy for patients with prostate cancer: American Society of Clinical Oncology / Cancer Care Ontario joint guideline update. *J Clin Oncol.* 2017;35(15):1737–1745. doi: 10.1200/JCO.2016.72.0466
3. Kee DL, Gal J, Falk AT, et al. Brachytherapy versus external beam radiotherapy boost for prostate cancer: systematic review with me-

- ta-analysis of randomized trials. *Canc Treat Rev*. 2018;70:265–271. doi: 10.1016/j.ctrv.2018.10.004
4. Kishan AU, Cook RR, Ciezki JP, et al. Radical prostatectomy, external beam radiotherapy, or external beam radiotherapy with brachytherapy boost and disease progression and mortality in patients with Gleason score 9–10 prostate cancer. *JAMA*. 2018;319(9):896–905. doi: 10.1001/jama.2018.0587
 5. Abecassis JP, Ghazzar N, Peyromaure M, Giraud P. Prostate imaging: contribution of PET PSMA and MRI. *Cancer Radiother*. 2020;24(5):423–428. doi: 10.1016/j.canrad.2020.06.002
 6. Delgadillo R, Ford JC, Abramowitz MC, et al. The role of radiomics in prostate cancer radiotherapy. *Strahlenther Onkol*. 2020;196(10):900–912. doi: 10.1007/s00066-020-01679-9
 7. Cysouw MC, Jansen BH, van de Brug T, et al. Machine learning-based analysis of [18F]DCFPyL PET radiomics for risk stratification in primary prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48(2):340–349. doi: 10.1007/s00259-020-04971-z
 8. Eiber M, Weirich G, Holzapfel K, et al. Simultaneous 68Ga-PSMA HBED-CC PET/MRI Improves the Localization of Primary Prostate Cancer. *Eur Urol*. 2016;70(5):829–836. doi: 10.1016/j.eururo.2015.12.053
 9. Donato P, Roberts MJ, Morton A, et al. Improved specificity with 68Ga PSMA PET/CT to detect clinically significant lesions “invisible” on multiparametric MRI of the prostate: a single institution comparative analysis with radical prostatectomy histology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2019;46(1):20–30. doi: 10.1007/s00259-018-4160-7
 10. Rylander S, Polders D, Steggerda MJ, et al. Re-distribution of brachytherapy dose using a differential dose prescription adapted to risk of local failure in low-risk prostate cancer patients. *Radiother Oncol*. 2015;115(3):308–313. doi: 10.1016/j.radonc.2015.05.015
 11. Hsu CC, Hsu H, Pickett B, et al. Feasibility of MR imaging/MR spectroscopy-planned focal partial salvage permanent prostate implant (PPI) for localized recurrence after initial PPI for prostate cancer. *Int J Rad Oncol Biol Phys*. 2013;85(2):370–377. doi: 10.1016/j.ijrobp.2012.04.028
 12. Thorwarth D, Beyer T, Boellaard R, et al. Integration der FDG-PET/CT-Bildgebung in die Planung der externen Strahlentherapie — Technische Aspekte und Empfehlungen zur methodischen Annäherung. *Nuklear Med*. 2012;51(4):140–153. doi: 10.3413/NUKMED-0455-11-12
 13. Tait LM, Hoffman D, Benedict S, et al. The use of MRI deformable image registration for CT-based brachytherapy in locally advanced cervical cancer. *Brachytherapy*. 2016;15(3):333–340. doi: 10.1016/j.brachy.2016.01.002
 14. Blanchard P, Ménard C, Frank SJ. Clinical use of magnetic resonance imaging across the prostate brachytherapy workflow. *Brachytherapy*. 2017;16(4):734–742. doi: 10.1016/j.brachy.2016.11.012
 15. Schernberg A, Kumar T, Achkar S, et al. Incorporating Magnetic Resonance Imaging (MRI) based radiation therapy response prediction into clinical practice for locally advanced cervical cancer patients. *Sem Radiat Oncol*. 2020;30(4):291–299. doi: 10.1016/j.semradonc.2020.05.007
 16. Park H, Meyer CR, Wood D, et al. Validation of automatic target volume definition as demonstrated for 11C-Choline PET/CT of human prostate cancer using multi-modality fusion techniques. *Acad Radiol*. 2010;17(5):614–623. doi: 10.1016/j.acra.2010.01.003
 17. Fassbender TF, Schiller F, Zamboglou C, et al. Voxel-based comparison of [68Ga]Ga-RM2-PET/CT and [68Ga]Ga-PSMA-11-PET/CT with histopathology for diagnosis of primary prostate cancer. *EJNMMI Res*. 2020;10(1):62. doi: 10.1186/s13550-020-00652-y
 18. Aerts HJ, Bussink J, Oyen WJ, et al. Identification of residual metabolic-active areas within NSCLC tumours using a pre-radiotherapy FDG-PET-CT scan: a prospective validation. *Lung Cancer*. 2012;75(1):73–76. doi: 10.1016/j.lungcan.2011.06.003
 19. Lucia F, Miranda O, Abgral R, et al. Use of baseline 18F-FDG PET/CT to identify initial sub-volumes associated with local failure after concomitant chemoradiotherapy in locally advanced cervical cancer. *Front Oncol*. 2020;10:678. doi: 10.3389/fonc.2020.00678
 20. Gardin I. Methods to delineate tumour for radiotherapy by fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Canc Radiother*. 2020;24(5):418–422. doi: 10.1016/j.canrad.2020.04.008
 21. Brown AP, Pugh TJ, Swanson DA, et al. Improving prostate brachytherapy quality assurance with MRI-CT fusion-based sector analysis in a phase II prospective trial of men with intermediate-risk prostate cancer. *Brachytherapy*. 2013;12(5):401–407. doi: 10.1016/j.brachy.2012.10.001

AUTHOR'S INFO

Pavel O. Rumyantsev, MD, Dr. Sci. (Med.);
address: 8 Malaya Konyushennaya str.,
Saint Petersburg, 191186, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7721-634X>;
eLibrary SPIN: 7085-7976; e-mail: pavelrum@gmail.com

ОБ АВТОРЕ

Румянцев Павел Олегович, д.м.н.;
адрес: Россия, 191186, Санкт-Петербург,
ул. Малая Конюшенная, д. 8;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7721-634X>;
eLibrary SPIN: 7085-7976; e-mail: pavelrum@gmail.com