

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>



Optimization of magnetic resonance imaging of the hand

Yuriy A. Vasilev, Dmitry S. Semenov, Alexey V. Petraikin, Andrey A. Uchevatkin, Liya R. Abuladze, Alexander V. Bazhin, Dariya E. Sharova

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

ABSTRACT

BACKGROUND: Magnetic resonance imaging is one of the leading imaging modalities of the musculoskeletal system. However, when imaging the hand, major problems in magnetic resonance imaging include the lack of specialized coils and reliable fixation devices for the hand, uncomfortable patient posture, motion artifacts, and small anatomical structures in the wrist. These factors inevitably lead to incorrect interpretation.

AIM: To improve the quality of magnetic resonance imaging of the hand by developing an approach to coil selection, scanning protocol, and hand positioning and fixation.

MATERIALS AND METHODS: A positioning device was developed to prevent hand movements. Two types of coils were evaluated. Magnetic resonance images were evaluated comparatively, as well as by a musculoskeletal radiologist.

RESULTS: A head coil is more appropriate when scanning the entire hand, for example, in rheumatic diseases. A knee coil is more appropriate when studying smaller anatomical structures (including the wrist) owing to a smaller field of view and higher resolution. Based on the obtained data, guidelines for the selection of scanning parameters, sequences, and coils for magnetic resonance imaging of the hand were formulated. To prevent motion artifacts, a special fixation device of the patient's hand was introduced.

CONCLUSION: Certain factors directly affect the qualitative magnetic resonance imaging study of the hand, such as safety protocols, scanning parameters, and hand fixation. The guidelines presented in this study and the use of the developed specialized fixation device may improve the quality of magnetic resonance imaging of the hand.

Keywords: magnetic resonance imaging; hand; wrist; optimization.

To cite this article:

Vasilev YuA, Semenov DS, Petraikin AV, Uchevatkin AA, Abuladze LR, Bazhin AV, Sharova DE. Optimization of magnetic resonance imaging of the hand. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

Submitted: 31.10.2023

Accepted: 16.11.2023

Published online: 19.06.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

Магнитно-резонансная томография кисти: оптимизация сканирования

Ю.А. Васильев, Д.С. Семенов, А.В. Петрайкин, А.А. Учеваткин,
Л.Р. Абуладзе, А.В. Бажин, Д.Е. Шарова

Научно-практический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Магнитно-резонансная томография — один из ведущих методов лучевой диагностики патологических изменений опорно-двигательного аппарата, в том числе лучезапястного сустава и кисти. Основными проблемами, с которыми встречаются рентгенолаборанты и врачи-рентгенологи при выполнении магнитно-резонансной томографии кисти, являются отсутствие специализированной катушки и надёжного фиксирующего устройства для кисти, а также неудобная поза пациента, что в итоге приводит к чрезмерной двигательной активности пациента во время исследования и снижению качества получаемых изображений. В дополнение к этому, лучезапястный сустав и кисть состоят из множества небольших анатомических структур, детальная визуализация которых требует удлинения времени сканирования, что в свою очередь является дополнительным фактором риска получения некачественных изображений из-за двигательной активности пациента, повышая вероятность некорректной интерпретации исследования врачом-рентгенологом.

Цель — улучшить качество изображений, полученных в ходе магнитно-резонансной томографии кисти, путём разработки стандартизованного подхода к выполнению исследования: выбор катушки, укладка пациента, осуществление фиксации кисти, а также выбор протокола сканирования и параметров импульсных последовательностей.

Материалы и методы. Разработана лонгета для предупреждения движений кисти и выполнены исследования с применением двух видов радиочастотных катушек. Проведена сравнительная оценка изображений по техническим параметрам, а также оценка врачом-рентгенологом, специализирующимся на скелетно-мышечной визуализации, на предмет качества изображений в зависимости от цели исследования.

Результаты. Применение катушки для исследования головы (головной катушки) более целесообразно при необходимости сканирования всей кисти (например, при ревматологических заболеваниях), применение коленной катушки — при необходимости более детальной оценки анатомических структур (в том числе запястья), ввиду меньшего поля обзора и более высокого разрешения. На основании полученных данных были сформулированы рекомендации по проведению магнитно-резонансной томографии кисти: выбор радиочастотной катушки, протокола сканирования, параметров импульсных последовательностей. Кроме того, нами предложена лонгета для фиксации кисти пациента с целью нивелирования избыточных движений и предотвращения возникновения артефактов.

Заключение. Для качественного выполнения магнитно-резонансной томографии кисти требуется учитывать ряд факторов: правила безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии, настройка параметров сканирования, грамотная фиксация кисти в катушке. Соблюдение рекомендаций, которые предлагаются в данной работе, а также применение разработанной лонгеты позволяют улучшить качество полученных изображений при магнитно-резонансной томографии кисти.

Ключевые слова: магнитно-резонансная томография; кисть; лучезапястный сустав; оптимизация.

Как цитировать:

Васильев Ю.А., Семенов Д.С., Петрайкин А.В., Учеваткин А.А., Абуладзе Л.Р., Бажин А.В., Шарова Д.Е. Магнитно-резонансная томография кисти: оптимизация сканирования // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 2. С. 269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

手部磁共振成像：扫描优化

Yuriy A. Vasilev, Dmitry S. Semenov, Alexey V. Petraikin, Andrey A. Uchevatkin,
Liya R. Abuladze, Alexander V. Bazhin, Dariya E. Sharova

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

摘要

论证。磁共振成像是包括腕关节和手部在内的肌肉骨骼系统病变进行放射诊断的主要方法之一。放射技师和放射科医生在进行手部磁共振成像时遇到的主要问题是缺乏专用线圈和可靠的手部固定装置，以及病人的姿势不舒适。这最终会导致患者在检查过程中过度移动，并降低所获图像的质量。此外，腕关节和手部由许多细小的解剖结构组成，对这些结构的详细观察需要更长的扫描时间。反过来，由于患者的运动活动，这也是造成图像质量差的一个额外风险因素。这就增加了放射科医生对检查做出错误解释的可能性。

目的是通过制定标准化的检查方法，提高手部磁共振成像的图像质量：线圈选择、患者定位、手部固定以及扫描方案和脉冲序列参数的选择。

材料和方法。开发了一种防止手部运动的绷带，并使用两种射频线圈进行了检查。一名专门从事肌肉骨骼成像的放射科医生对图像的技术参数进行了比较评估，并根据研究目的对图像质量进行了评估。

结果。当需要扫描整个手部（如风湿病）时，头部线圈更为合适。膝部线圈的视野较小，分辨率较高，可用于对解剖结构（包括腕部）进行更详细的评估。根据获得的数据，我们制定了手部磁共振成像的建议：选择射频线圈、扫描方案和脉冲序列参数。此外，我们还提出了固定患者手部的绷带，以平缓过度运动和防止伪影。

结论。要保证手部磁共振成像的质量，需要考虑以下几个因素：磁共振成像过程中的安全规则、扫描参数的调整以及手部在线圈中的正确固定。遵守本文提出的建议以及使用开发的绷带可以提高手部磁共振成像的质量。

关键词：磁共振成像；手部；腕关节；优化。

引用本文：

Vasilev YuA, Semenov DS, Petraikin AV, Uchevatkin AA, Abuladze LR, Bazhin AV, Sharova DE. 手部磁共振成像：扫描优化. *Digital Diagnostics*. 2024;5(2):269–282. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD568545>

收到：31.10.2023

接受：16.11.2023

发布日期：19.06.2024

论证

磁共振成像 (MRI) 是诊断人体肌肉骨骼系统结构病变的主要方法之一。无电离辐射和高软组织对比度使该方法占据领先地位。磁共振成像在评估软骨、韧带、肿块和骨髓病变方面表现出很高的诊断准确性[1]。然而,为了详细评估手部的众多微小结构并获得高质量的磁共振成像图像,必要满足许多条件:放射科医生在进行磁共振成像时必须遵守一般安全规则[2],使用正确的脉冲序列,使用特定的射频线圈和附加元件,以便将手部固定在正确的位置。磁共振成像的缺点之一是可用性较低[3],成本较高[4]。

对于放射科医生来说,手部磁共振成像的解读难度在于手部结构较小,其病理变化的可视化和解释不仅直接取决于医生的资格,还取决于所进行研究的质量[5]。例如,研究表明,擅长诊断肌肉骨骼系统病变的放射科医生比经验较少的同行能提供更详细的描述[1]。谈到患者,值得注意的是,获得高质量图像的主要因素之一是患者手的正确放置和固定,以及在整个研究过程中最大限度地减少运动活动。众所周知,运动是磁共振成像图像产生伪影的最常见原因之一。伪影表现为结构轮廓的模糊,因此会降低研究的信息量[6]。造成伪影的运动有两种:一种是由生理过程(血管中的血流)引起的内部运动,另一种是与患者在研究过程中的主动或被动运动直接相关的外部运动。由于血管口径较小,血流伪影似乎不太明显,并且可以通过叠加在扫描区域远端和近端的特殊饱和脉冲以及相位编码梯度的方向来消除滑。通过为手部选择一个舒适的位置并确保其安全固定,可以最大限度地减少患者的活动[6]。

目的

这项工作的目的是通过制定包括线圈选择、患者定位、手部固定、扫描方案和脉冲序列参数在内的标准化方法,提高手部核磁共振成像的质量。

材料和方法

目前,包括莫斯科市卫生局的医疗机构在内,在进行手部磁共振成像扫描时存在许多问题:缺乏专用线圈、患者姿势不舒适、运动伪影、解剖



图 1. 用于患者手部安置的装置(绷带)。

结构小,其详细成像需要延长扫描时间。此外,一个重要的问题是线圈中缺乏可靠的手部固定装置。因此,我们开发了一种运动抑制绷带,并使用不同的射频线圈(头部和膝部)进行了研究,以比较质量,并根据研究目的根据获得的数据制定磁共振成像执行建议。

研究使用Excelart Vantage 1.5T磁共振断层成像仪(日本东芝公司)对一名健康志愿者进行,该设备是研究时莫斯科市卫生局医疗机构最常用的机型之一。

研究开发了一种手部固定绷带,在松紧带上有四个固定纺织扣(图 1)。使用的材料是聚甲基丙烯酸甲酯(有机玻璃)。绷带的尺寸为 30×12 厘米,厚度为 0.5 厘米。此外,还额外提供了前臂远端垫(图 2, b)和一次性臂带(手套、信封)。

纵向绷带的位置应使手部与身体紧密贴合,腕部靠在特制的垫子上,以提供舒适的位置。然后用弹力带上的四个纺织扣固定绷带(图 2)。患者体位:平躺,手臂前伸(超人姿势),绷带固定在手上(图 3)。

信噪比(SNR)是磁共振成像成像质量的主要指标之一:信噪比越高,解剖结构的成像就越好。因此,首先根据扫描区域对信噪比成像进行评估。头部和膝部线圈的信噪比计算有两种方法。

第一种方法:肌肉信号、拇指高程(thenar)和背景标准偏差(SD)之比,公式(1):

$$SNR = \frac{\text{thenar signal}}{SD \text{ background}} \quad (1)$$

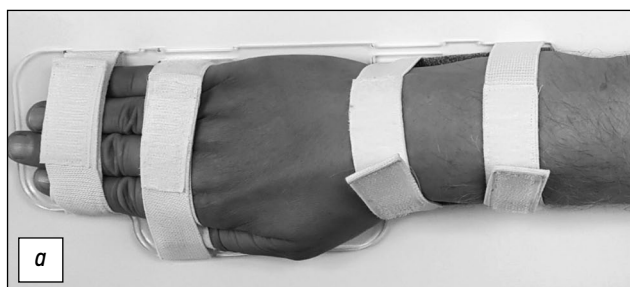


图 2. 固定患者手部的绷带固定示例: a - 俯视图; b - 侧视图。

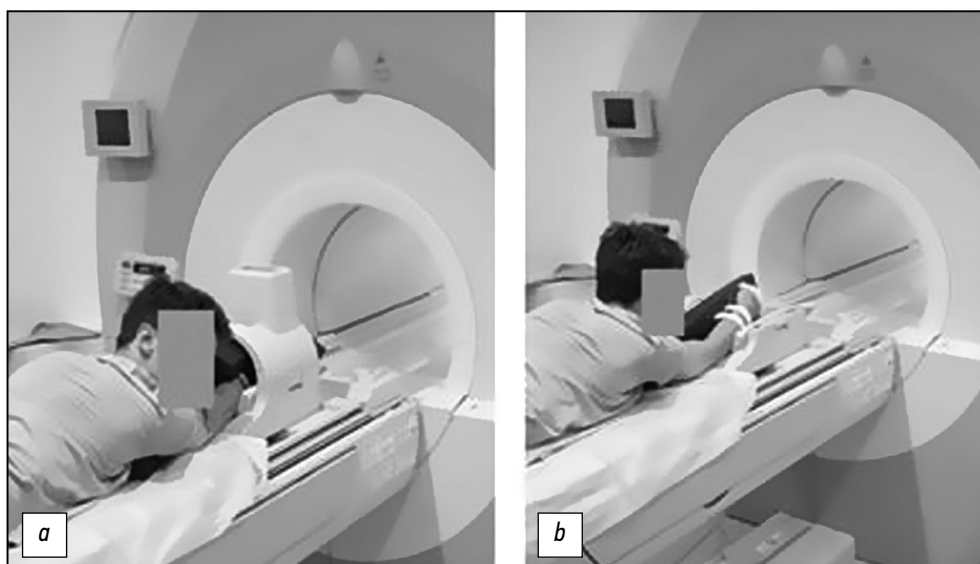


图 3. 患者仰卧位，手臂前伸（超人姿势），手放在绷带上固定：a - 设备在射频线圈组件中的位置；b - 设备在顶部开口的容积式射频线圈中的位置。

第二种方法：主音信号与背景信号之比，公式(2)：

$$SNR = \frac{\text{thenar signal}}{\text{background signal}} \quad (2)$$

由于来自肌肉的信号不会被 STIR（短头反转恢复）和 FS（脂肪抑制）技术所抑制，因此可以对不同扫描模式下获得的数据进行平均。因此，计算了三种主要脉冲序列的信噪比指数：T1 加权图像（WI）、STIR、PD-WI FS（带脂肪抑制的质子密度加权图像）。此外，还评估了血管伪影的存在、垂直和水平放置的可能性、设置扫描程序的必要性以及患者的便利性。图像由一位有 10 年经验的放射科医生进行评估。

结果

表1显示了头部线圈和膝部线圈的信噪比比较。从表中可以看出，在两种确定该指标的方法中，膝部线圈的信噪比都更高，这更清楚地体现在平均信噪比值上，使用公式(1)测量时是1.39倍，使用公式(2)时是5.3倍（见上文公式）。

表2显示了头部和膝部线圈的比较情况。图4和图5显示了使用头部和膝部射频线圈获得的图像。图4和图5显示了使用头部和膝部射频线圈获得的图像。头部线圈的信噪比较低（见图 4），但信号强度分布更均匀，可对整个手部进行评估。另一方面，在使用膝关节线圈时（见图 5），信噪比局部较高，这使得评估较小的结构成为可能，这对于有针对性地研究手腕结构很重要。这是因为膝关节射频线圈是正交线圈而不是多通道线圈，也因为其工作视野较小。调查结果显示，头部线圈对病人来说更舒适。

因此，如果需要检查整个手部（例如风湿病）时，使用头部线圈更为合适。如果需要对腕部小

结构（如透明软骨损伤、应力性和病理性骨折、三角纤维软骨复合体（TFCC）损伤或隧道综合征）进行更详细的评估时，则适合使用膝关节线圈。

根据所获得的数据，我们为从业人员和放射技师提出了以下建议：

1. 排除可能造成伪影和创伤的金属物体的存在。
 2. 根据临床任务选择射频线圈：如果需要详细分析局部解剖结构（手腕、TFCC 等），建议使用膝部容积射频线圈。如果需要对整个手部进行全面研究，则需要使用头部射频线圈。
 3. 固定病人的手，使其与绷带主体紧密贴合，将腕部放在一个特殊的垫子上，以便舒适地放置手部，用四个纺织紧固件固定在松紧带上（图 2, a, b）。
 4. 如图3所示，让患者仰卧，手臂向前伸展（超人姿势）。并不总是可能将患者的手沿着CT隧道的中心轴放置，并且手明显处于等中心，因此手部通常会旋转和/或移至通道边缘。此外，还应注意线圈的选择：一些制造商的解决方案是刚性固定在病人的手术台上，而另一些则允许足够的移动自由度，以确保手处于等中心位置。
 5. 按照以下扫描方案进行研究[7-10]：
 - a) 如果需要检查整个手部，如风湿病（表 3）：
 - 扫描前设置和定位切片；
 - 矢状面上的 PD-WI FS（PD FS, sag）；
 - 冠状面的 PD-WI FS（PD FS, cor）；
 - 轴向平面的 PD-WI FS（PD FS, ax）；
 - 冠状面上的 STIR（STIR, cor）；
 - 冠状面上的 T1-WI（T1-WI, cor）。
- 进行脉冲序列定位：定位器——在不到25秒的时间内获得的三个投影的低分辨率图像：
- 轴向平面-获得的切片应覆盖整个手腕区域，在腕掌关节上方三个切片和远端肘关节下方三个切片。

表 1. 头部和膝部线圈的信噪比比较

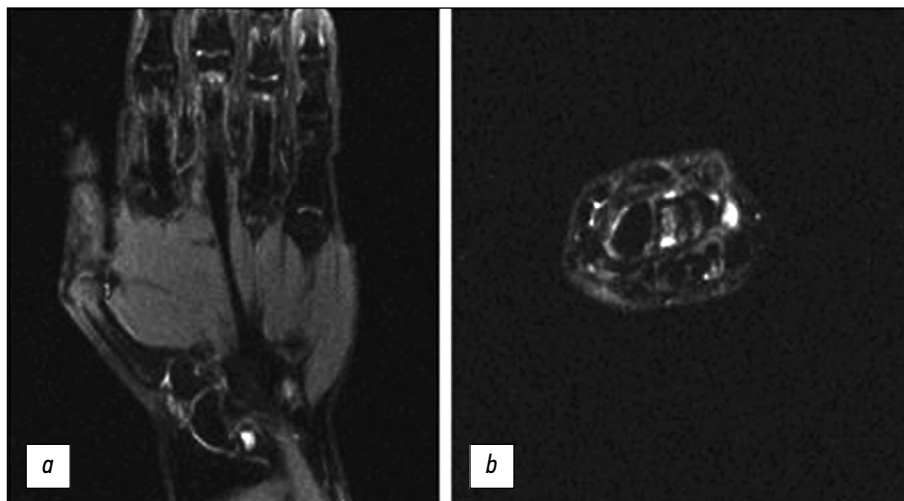
	按公式 (1) 计算 信噪比			按公式 (2) 计算 信噪比		
	T 1-WI	STIR	PD FS	T 1-WI	STIR	PD FS
头部线圈	6.62	11.51	30.81	1.67	1.65	4.08
膝部线圈	10.13	15.54	39.97	11.29	7.16	20.39
信噪比 比率	1.53	1.35	1.30	6.76	4.34	5.00
平均值		1.39			5.3	

注 WI, 加权图像; PD FS, 质子密度与脂肪抑制; 信噪比, 信噪比; STIR, 反转恢复。信噪比 比率用公式确定: “膝关节线圈的 信噪比” / “头部线圈的 信噪比”。

表 2. 手部在头部和膝部线圈中的磁共振成像参数比较

参数	头部线圈	膝关节线圈
类型	多通道	正交
信噪比 (信噪比)	膝部线圈的功率高于头部线圈	
扫描区域	分布均匀 易于扫描整个手部 (风湿病学)	局部 (高达150毫米) 高 通过分成两个区域 (手腕和手腕/掌 骨和手指指骨 (创伤学)) 进行扫描 很方便
血管伪影	不明显	在许多计划中都需要强烈的抑制作用
垂直和水平定位选项	是	是
扫描程序	需要调整	需要调整
患者舒适度	舒适	相对舒适

- 冠状面一切口应覆盖从背部到手掌表面的整个手腕区域。
 - 矢状面一切片应覆盖从桡腕关节区域内侧到外侧的整个手腕区域。
 - b) 需要对腕部进行检查, 如外伤时 (表 4):
 - 为切片设置和定位而进行的预扫描;
 - 冠状面上的 T1-WI (T1-WI, cor);
 - 冠状面上的 T2-WI (T2-WI, cor);
 - 轴向平面的 PD FS (PD FS, ax);
 - 冠状面上的 PD FS (PD FS, cor);
 - 矢状面上的 STIR (STIR, sag);
 - 冠状面 3D WET (可选)。
- 进行脉冲序列定位: 定位器 - 在 25 秒内获得三个投影的低分辨率图像:
- 在轴向平面, 切片应覆盖从手指远端指骨到桡骨远端关节水平的整个手部区域。
 - 在冠状面上, 切片应覆盖从手背到掌面的整个手部区域。
 - 在矢状面上, 切片应覆盖从 I 指到 V 指的整个手部区域。

**图 4.** 使用绷带固定手部, 使用头戴式射频线圈进行手部磁共振成像。PD 加权脂肪抑制图像: a - 冠状面; b - 轴向。

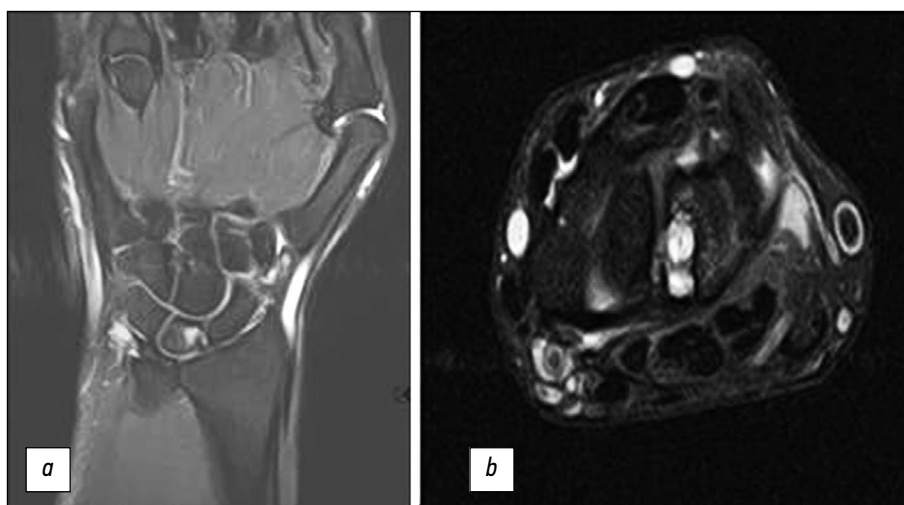


图 5. 使用膝关节射频线圈进行手部磁共振成像。PD 加权脂肪抑制图像：a - 冠状面；b - 轴向。

表3. 手腕检查的推荐参数(东芝断层扫描、头射频线圈)

研究中的飞机	TR	TE	切割厚度, mm	FOV, cm	ETL	矩阵
PD-WI FS, sag	2050	36	3	15×20	7	320 × 224
PD-WI FS, cor	2700	36	3	15×15	7	320 × 224
PD-WI FS, ax	2700	36	3	15×15	7	320 × 224
STIR, cor	3632	36	3	15×15	7	320×224
T1-WI, cor	646	15	3	15×15	1	320 × 224

注: ax/cor/sag — 轴位、冠状位和矢状位; WI — 加权图像; ETL (echo train length) — 回波径迹长度; FOV (field of view) — 视野; PD FS—质子密度与脂肪抑制; STIR-反转恢复; TE (echo time) — 回波时间; TR (repetition time, 重复时间)。切片间距 (间隙) 为切片厚度的 10%。STIR 的反转时间为 130 ms。

表4. 手腕检查的推荐参数 (东芝断层扫描, 膝盖射频线圈)

	TR	TE	切割厚度, mm	FOV, cm	ETL	矩阵
T1-WI, cor	273	10	3	20×16	1	368×240
T2-WI, cor	3660	45	3	12×12	7	320×256
PD FS, ax	3630	36	3	12×12	7	256×224
PD FS, cor	2116	45	3	18×16	7	256×256
STIR, sag	2464	12	3	15×15	7	320×224

注: ax/cor/sag — 轴位、冠状位和矢状位; WI — 加权图像; ETL (echo train length) — 回波径迹长度; FOV (field of view) — 视野; PD FS — 质子密度与脂肪抑制; STIR — 反转恢复; TE (echo time) — 回波时间; TR (repetition time, 重复时间)。切片间距 (间隙) 为切片厚度的 10%。STIR 的反转时间为 130 ms。

在回顾性研究中, 例如在类风湿过程的诊断中, STIR的使用是合理的, 因为这种脉冲序列可以对炎症变化的体积进行全面评估, PD-WI FS的选择性更强, 提供更高的空间分辨率, 这对于诊断较小的结构很重要。这种固定方法的局限性在于, 如果患者存在挛缩或体积较大的肿块, 导致轮廓严重变形 (图 6), 可能无法使用上述绷带, 但在这种情况下, 值得遵循其他研究建议。

讨论

手是上肢的远端部分, 包括腕骨、掌骨和手指的指骨以及韧带、血管和神经。腕部由两排骨骼组成: 近端包括舟骨 (os scaphoideum)、半月形骨 (os lunatum)、三棱骨 (os triquetrum) 和豌豆形骨 (os pisiforme), 远端包括梯形骨 (os trapezium)、梯形骨 (os trapezideum)、头状骨 (os capitatum) 和钩形骨 (os hamatum) [11] (图 7)。

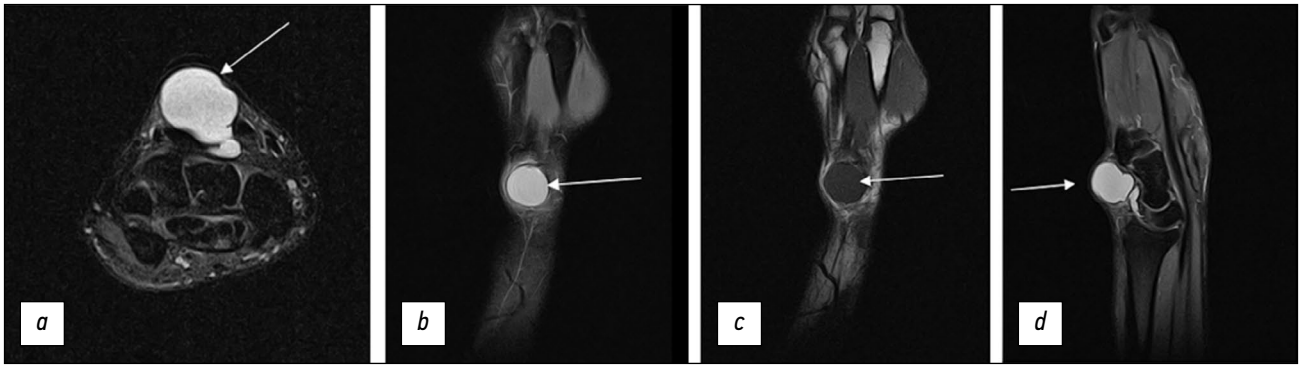


图 6. 右手背侧大面积包膜瘤，与腕关节腔呈颈状连接：a - 轴向上的 PD 加权脂肪抑制图像；b - 冠状面的 PD 加权脂肪抑制图像；c - 冠状面的 T1 加权图像；d - 矢状面的 PD 加权脂肪抑制图像。

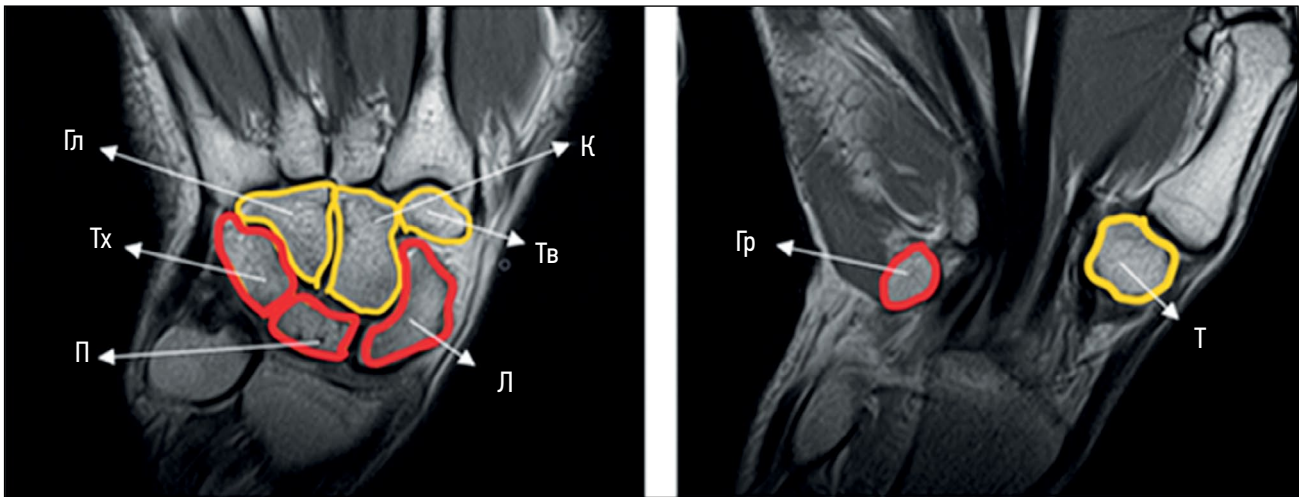


图 7. 左手腕骨磁共振成像 (T1 加权图像, 冠状面)。近侧骨骼用红色标注, 远侧骨骼用黄色标注。Л - 舟形骨, П - 半月形骨, Тх - 三角形骨, Т - 梯形骨, Тв - 梯形骨, К - 钩形骨, Гл - 头骨, Гп - 豌豆骨。

磁共振成像是评估手部结构的主要径向诊断方法之一，但X射线更常用于初步检查[12]。例如，磁共振成像可用于评估 TFCC，TFCC 的主要功能是缓冲，因为在中立位时，TFCC 承担了腕部约 18-20% 的轴向负荷[4]。例如，慢性腕痛的磁共振成像被证明是检测 TFHK 中央撕裂以及桡骨附着部位病变的有效工具，但尺侧的撕裂通常无法观察到[13]。在另一项研究中，A. M. F. El-Deek 等人在另一篇论文中比较了 磁共振成像和超声波在 手部病理学研究中的敏感性、特异性和准确性。结果显示，超声在评估肌腱病理学方面几乎不逊色于磁共振成像，在诊断腕管综合征和异物存在方面甚至略优于核磁共振成像。另一方面，磁共振成像在评估 TFCC 以及肿胀和肿块特征方面优于超声[14]。此外，文献显示，与使用 3 特斯拉 CT 扫描仪的磁共振成像相比，使用 7 特斯拉 CT 扫描仪的磁共振成像能更好地观察手部解剖结构[15]。

2018 年，ACR (American College of Radiology) 发布了关于放疗用于慢性腕痛的建议 (表 5)。然而，值得注意的是，作者指出有关手部磁共振成像技术方面和技巧的建议很少：需要专用的鸟笼型射频线圈以获得更好的可视化，

磁场为 3 特斯拉的MR断层扫描应优于 1.5 特斯拉或更低的磁场[12]。

用于手部磁共振成像的射频线圈的变体

早在 2002 年，作者发表了一篇论文，介绍了一种针对手部进行优化的鸟笼式射频线圈。有趣的是，使用这种线圈可将信噪比提高 50%-90%[16]—这也反映在当前的 ACR 建议中[12]。

目前，为手部成像设计的专用射频线圈有多种型号。例如，德国西门子公司提供的 16 通道射频线圈 “Hand/Wrist 16”。这种射频线圈的主要特点是：

- 特殊的内部设计可快速方便地放置病人的手；
- 稳定垫确保手部位置舒适；
- 支架可移动中心；
- 射频线圈易于安装在磁共振断层显像仪上 [17]。

ScanMed 公司 (美国) 提供的 Hand and Wrist 磁共振成像Coil 线圈的主要特点是与西门子、通用电气 (美国) 和飞利浦 (荷兰) 等多家制造商生产的磁共振断层成像仪兼容。据制造商介绍，与其他常用线圈 (膝盖射频线圈、四肢正交射频

表 5. American College of Radiology关于在慢性腕痛中使用放射治疗的建议摘录

目的/原因	研究
初步诊断	放射摄影
X 光检查结果不明确，患者症状持续存在	手部 磁共振成像（无需静脉注射造影剂）
诊断关节炎以确定治疗或预后	手部 磁共振成像，有/无静脉注射造影剂
怀疑患有 Kienböck 病	X 射线阴性病变情况下的 X 射线造影 - 手部 磁共振成像，无静脉注射造影剂
手部可触及肿块或疑似肿块	手部 磁共振成像/超声波检查，无需静脉注射造影剂
怀疑手骨潜伏性骨折或应力性骨折	手部 磁共振成像/CT，无需静脉注射造影剂
曾发生过舟骨骨折和慢性腕痛，以评估骨折并发症	手部 磁共振成像/CT 检查，无需静脉注射造影剂
诊断隧道综合征	临床评估结合电生理研究（刺激电神经肌电图法）。通常不需要进一步的影像学检查，但在个别病例中，可能需要进行腕部超声波检查或不使用对比剂的磁共振成像检查。

注磁共振成像- 磁共振成像；CT - 计算机断层扫描

线圈和手腕4通道射频线圈等）的性能相，这种用于腕关节、手部或手指趾骨成像的线圈在扫描面积达 8 cm 的情况下显著提高了图像质量。这种射频线圈可以将患者的手臂放在患者的一侧（当患者仰卧时），或以“超人”姿势放在患者的头顶上方（当患者俯卧时）。此外，它还有两个版本，带有两个可拆卸的底座，可在颅尾和尾颅两个方向进行扫描[18]。

拟议绷带的现有类似物

在 C.G. Peterfy 等人的研究中[19]，描述了由 Spire Sciences Inc. [19]描述了由 Spire Sciences 公司提出的绷带模拟方案。根据该出版物，刷子被放置在一个特殊的丙烯酸M形框架上，使拇指和其他四根手指并拢并处于同一平面上。手和手腕用自粘弹力绷带固定在框架上[19]。

病人造型选择

病人的姿势有多种变化。在“超人姿势”中，患者仰卧，手臂伸过头顶，使手腕尽可能靠近磁场的等中心，从而获得最高的信噪比和最均匀的信号。

由于这种姿势对许多患者来说并不舒服，因此还有一种不同的姿势：患者可以采取仰卧姿势，手臂沿着身体放置。这种姿势会拉开手臂与磁体等中心的距离，导致信号减弱，从而导致来自脂肪组织的信号抑制不良且不均匀[20]。

此外，国外文献还描述了另一种姿势--“祈祷姿势”：患者侧卧，肘部弯曲，这样手腕就会紧贴脸部，分别靠近磁体的等中心[20]。在“磁共振成像标准”教学手册中，A.V. Bazhin 等人[10]提供了类似的两种变体。[10]提供了两种类似的布局：患者仰卧位，头部朝向磁道

孔，手臂伸直并向上举起（“超人”姿势）；患者仰卧位，接受检查的手臂沿着躯干，处于中立位置。

扫描协议的不同建议变体

在“磁共振成像标准”教学手册中，A.V. Bazhin 和合著者[10]提出了以下手部检查扫描方案：

1. 冠状面上的 T1-WI。
2. 冠状面上的 T2-WI。
3. 冠状面上的 STIR。
4. 矢状面上的 T1-WI。
5. 矢状面上的 STIR
6. 轴向平面的 STIR
7. 轴平面的 GRE。

European Society of Skeletal Radiology Sports Subcommittee [7]建议采用以下方案，主要用于手指检查：

1. 轴向的 PD-WI FS。
2. 轴向的 T1-WI。
3. 冠状面的 PD-WI FS。
4. 矢状面的 PD-WI FS。
5. 冠状面上的 STIR。

European Society of Skeletal Radiology Arthritis Subcommittee [8]建议风湿病患者采用以下方案： 1:

1. 冠状面 STIR/T2-WI FS。
2. 冠状面 T1-WI。
3. 轴向平面的 PD-WI FS/STIR/T2-WI FS。
4. 轴向的 T1-WI。
5. 矢状面上的 PD-WI FS。
6. 轴向 T1-WI 造影剂增强（可选）。

有伪影的图像

对手部核磁共振成像研究的审计表明，这些研究通常信息不全，分辨率低、对比度低（低信

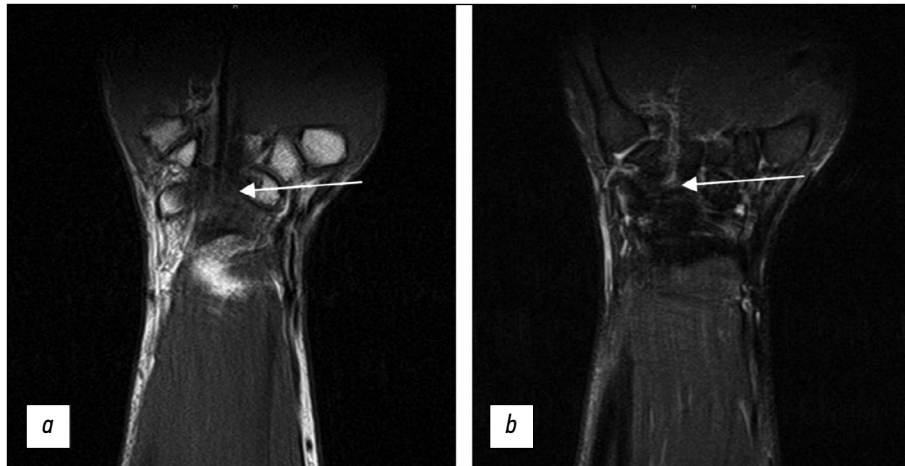


图 8. 在不使用绷带的情况下，运动伪影背景下的成像质量下降（箭头）：a - 冠状面的 T1 加权图像；b - 冠状面的反转恢复方案。



图 9. 在运动伪影（箭头）和非典型造型（无绷带）的背景下，一名三角纤维软骨复合体病变患者的成像质量下降：a - 冠状面的 T2 加权图像；b - 矢状面的 PD 加权脂肪抑制图像。

图 10. 环技术伪影背景下的成像质量下降：冠状面的 T1 加权图像。

噪比），并且由于患者移动或扫描区域内存在金属物体而产生伪影（图 8-10）。

因此，手部磁共振成像扫描的方法问题仍然具有现实意义，遵守该技术将确保患者的最大舒适度和高质量的图像。

结论

手部解剖结构复杂。核磁共振成像是研究肌肉骨骼系统最常用的径向诊断方法之一，因为缺乏电离辐射、软组织对比度高以及能够检测骨组织的X射线阴性变化。要获得高质量的磁共振图像，必须考虑一系列因素：在进行磁共振成像时遵守一般安全规则、调整扫描参数、将患者的手正确固定在线圈中。使用建议的绷带将使研究标准化，并因其固定舒适和易于使用而减少运动伪影。因此，遵守本文提出的建议可能是获得更好的磁共振图像、缩短整体扫描时间和减少磁共振成像手部磁共振成像判读错误的关键。

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was prepared by a team of authors as part of the research work “Scientific support for standardization, safety and quality of magnetic resonance imaging” (No. in the Unified State Information System of Accounting: 123031500007-6) in accordance with Order dated December 21, 2022 No. 1196 “On approval of state assignments, the financial support of which is carried out from the budget of the city of Moscow to state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Department of Health”.

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

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Yu.A. Vasiliev — concept and design of the work, setting up the proposed scanning protocol, editing and approval of the final version of the manuscript, advisory support; D.S. Semenov — concept and design of the work, data analysis, writing the text of

the article, setting up the proposed scanning protocol, developing the proposed splint, conducting a technical audit; A.V. Petryaykin — concept and design of the work, data analysis, writing the text of the article, setting up the proposed scanning protocol, conducting a technical audit, developing the proposed splint, approving the final version of the manuscript; A.A. Uchevatkin — concept and design of

the work, data analysis, writing the text of the article, setting up the proposed scanning protocol, conducting a technical audit, editing and approving the final version of the manuscript; L.R. Abuladze — data analysis, writing the text of the article; A.V. Bazhin, D.E. Sharova — editing and approval of the final version of the manuscript, advisory support.

REFERENCES

1. Ratasvuori MS, Lindfors NC, Sormaala MJ. The clinical significance of magnetic resonance imaging of the hand: an analysis of 318 hand and wrist images referred by hand surgeons. *J Plast Surg Hand Surg.* 2022;56(2):69–73. doi: 10.1080/2000656X.2021.1933993
2. Sergunova KA, Akhmad ES, Petryaikin AV, et al. *Safety Fundamentals of Magnetic Resonance Imaging.* Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2019. (In Russ). EDN: GTOVGS
3. Semenov DS, Panina OY, Khoruzhaya AN, et al. All-Russian rating of radiology departments: 2020 competition results. *Digital Diagnostics.* 2022;3(1):43–54. EDN: SWQWGE doi: 10.17816/DD95661
4. Andersson JK, Hansson-Olofsson E, Karlsson J, et al. Cost description of clinical examination and MRI in wrist ligament injuries. *J Plast Surg Hand Surg.* 2018;52(1):30–36. doi: 10.1080/2000656X.2017.1319845
5. Hansford BG. Multimodality Pitfalls of Wrist Imaging With a Focus on Magnetic Resonance Imaging. *Top Magn Reson Imaging.* 2020;29(5):263–272. doi: 10.1097/RMR.0000000000000254
6. Burns JE, Tanaka T, Ueno T, et al. Pitfalls That May Mimic Injuries of the Triangular Fibrocartilage and Proximal Intrinsic Wrist Ligaments at MR Imaging. *RadioGraphics.* 2011;31(1):63–78. doi: 10.1148/rg.311105114
7. Guidelines for MR Imaging of Sports Injuries [Internet]. European Society of Musculoskeletal Radiology. Available from: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ESSR-MRI-Protocols-Fingers.pdf>
8. Sudot-Szopińska I, Jurik A, Eshed I, et al. Recommendations of the ESSR Arthritis Subcommittee for the Use of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Rheumatic Diseases. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2015;19(04):396–411. doi: 10.1055/s-0035-1564696
9. Magnetic resonance imaging of the wrist joint [Internet]. Moscow Standard of Radiologic Diagnostics. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://standard.teledai.ru/issledovanie/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-luchezapyastnogo-sustava> (In Russ)
10. Bazhin AV, Blinov NN, Vasilev YuA, et al. *Standards for the performance of magnetic resonance imaging.* Moscow: Moscow State Medical and Dental University named after A.I. Evdokimov; 2019. (In Russ).
11. Eschweiler J, Li J, Quack V, et al. Anatomy, Biomechanics, and Loads of the Wrist Joint. *Life.* 2022;12(2):188. doi: 10.3390/life12020188
12. Rubin DA, Roberts CC, Bencardino JT, et al. ACR Appropriateness Criteria® Chronic Wrist Pain. *J Am Coll Radiol.* 2018;15(5):S39–S55. doi: 10.1016/j.jacr.2018.03.021
13. Dreckmann SC, von Schroeder HP, Novak CB, et al. Utility of Specialized Imaging for Diagnosis of Chronic Wrist Pain. *J Wrist Surg.* 2019;08(06):497–502. doi: 10.1055/s-0039-1697022
14. El-Deek AMF, Dawood EMAE-HH, Mohammed AAM. Role of ultrasound versus magnetic resonance imaging in evaluation of non-osseous disorders causing wrist pain. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2019;50(1):8. doi: 10.1186/s43055-019-0008-9
15. Götestrand S, Björkman A, Björkman-Burtscher IM, et al. Visualization of wrist anatomy — a comparison between 7T and 3T MRI. *Eur Radiol.* 2022;32(2):1362–1370. doi: 10.1007/s00330-021-08165-5
16. Kocharian A, Adkins MC, Amrami KK, et al. Wrist: Improved MR Imaging with Optimized Transmit-Receive Coil Design. *Radiology.* 2002;223(3):870–876. doi: 10.1148/radiol.2233010824
17. Hand/Wrist 16 [Internet]. Siemens Healthineers. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/options-and-upgrades/coils/hand-wrist-16>
18. Hand and Wrist MRI Coil [Internet]. ScanMed: A DirectMed Company. [cited 10 Oct 2023] Available from: <https://www.scanmed.com/wrist-mri-coil>
19. Peterfy CG, Olech E, DiCarlo JC, et al. Monitoring cartilage loss in the hands and wrists in rheumatoid arthritis with magnetic resonance imaging in a multi-center clinical trial: IMPRESS (NCT00425932). *Arthritis Res Ther.* 2013;15(2):R44. doi: 10.1186/ar4202
20. Vassa R, Garg A, Omar IM. Magnetic resonance imaging of the wrist and hand. *Polish J Radiol.* 2020;85(1):461–488. doi: 10.5114/pjr.2020.99034

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ratasvuori M.S., Lindfors N.C., Sormaala M.J. The clinical significance of magnetic resonance imaging of the hand: an analysis of 318 hand and wrist images referred by hand surgeons // *J Plast Surg Hand Surg.* 2022. Vol. 56, N 2. P. 69–73. doi: 10.1080/2000656X.2021.1933993
2. Основы безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии / сост. К.А. Сергунова, Е.С. Ахмад, А.В. Петрайкин, и др. Москва : Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, 2019. EDN: GTOVGS
3. Семенов Д.С., Панина О.Ю., Хоружая А.Н., и др. Всероссийский рейтинг отделений лучевой диагностики: результаты конкурса 2020 года // *Digital Diagnostics.* 2022. Т. 3, № 1. С. 43–54. EDN: SWQWGE doi: 10.17816/DD95661
4. Andersson J.K., Hansson-Olofsson E., Karlsson J., et al. Cost description of clinical examination and MRI in wrist ligament

- injuries // *J Plast Surg Hand Surg*. 2018. Vol. 52, N 1. P. 30–36. doi: 10.1080/2000656X.2017.1319845
5. Hansford B.G. Multimodality Pitfalls of Wrist Imaging With a Focus on Magnetic Resonance Imaging // *Top Magn Reson Imaging*. 2020. Vol. 29, N 5. P. 263–272. doi: 10.1097/RMR.0000000000000254
6. Burns J.E., Tanaka T., Ueno T., et al. Pitfalls That May Mimic Injuries of the Triangular Fibrocartilage and Proximal Intrinsic Wrist Ligaments at MR Imaging // *RadioGraphics*. 2011. Vol. 31, N 1. P. 63–78. doi: 10.1148/rg.311105114
7. Guidelines for MR Imaging of Sports Injuries [Internet]. European Society of Musculoskeletal Radiology. Доступ по ссылке: <https://essr.org/content-essr/uploads/2016/10/ESSR-MRI-Protocols-Fingers.pdf>
8. Sudot-Szopińska I., Jurik A., Eshed I., et al. Recommendations of the ESSR Arthritis Subcommittee for the Use of Magnetic Resonance Imaging in Musculoskeletal Rheumatic Diseases // *Semin Musculoskelet Radiol*. 2015. Vol. 19, N 04. P. 396–411. doi: 10.1055/s-0035-1564696
9. Магнитно-резонансная томография лучезапястного сустава [Internet]. Московский стандарт лучевой диагностики. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://standard.telemedai.ru/issledovanie/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-luchezapyastnogo-sustava>
10. Бажин А.В., Блинов Н.Н., Васильев Ю.А., и др. Стандарты выполнения магнитно-резонансной томографии. Москва : Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова, 2019.
11. Eschweiler J., Li J., Quack V., et al. Anatomy, Biomechanics, and Loads of the Wrist Joint // *Life*. 2022. Vol. 12, N 2. P. 188. doi: 10.3390/life12020188
12. Rubin D.A., Roberts C.C., Bencardino J.T., et al. ACR Appropriateness Criteria® Chronic Wrist Pain // *J Am Coll Radiol*. 2018. Vol. 15, N 5. P. S39–S55. doi: 10.1016/j.jacr.2018.03.021
13. Dreckmann S.C., von Schroeder H.P., Novak C.B., et al. Utility of Specialized Imaging for Diagnosis of Chronic Wrist Pain // *J Wrist Surg*. 2019. Vol. 08, N 06. P. 497–502. doi: 10.1055/s-0039-1697022
14. El-Deek A.M.F., Dawood E.M.A.E.-H.H., Mohammed A.A.M. Role of ultrasound versus magnetic resonance imaging in evaluation of non-osseous disorders causing wrist pain // *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2019. Vol. 50, N 1. P. 8. doi: 10.1186/s43055-019-0008-9
15. Götestrand S., Björkman A., Björkman-Burtscher I.M., et al. Visualization of wrist anatomy—a comparison between 7T and 3T MRI // *Eur Radiol*. 2022. Vol. 32, N 2. P. 1362–1370. doi: 10.1007/s00330-021-08165-5
16. Kocharian A., Adkins M.C., Amrami K.K., et al. Wrist: Improved MR Imaging with Optimized Transmit-Receive Coil Design. *Radiology*. 2002. Vol. 223, N 3. P. 870–876. doi: 10.1148/radiol.2233010824
17. Hand/Wrist 16 [Internet]. Siemens Healthineers. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imaging/options-and-upgrades/coils/hand-wrist-16>
18. Hand and Wrist MRI Coil [Internet]. ScanMed: A DirectMed Company. [дата обращения 10.10.2023] Доступ по ссылке: <https://www.scanmed.com/wrist-mri-coil>
19. Peterfy C.G., Olech E., DiCarlo J.C., et al. Monitoring cartilage loss in the hands and wrists in rheumatoid arthritis with magnetic resonance imaging in a multi-center clinical trial: IMPRESS (NCT00425932) // *Arthritis Res Ther*. 2013. Vol. 15, N 2. P. R44. doi: 10.1186/ar4202
20. Vassa R., Garg A., Omar I.M. Magnetic resonance imaging of the wrist and hand // *Polish J Radiol*. 2020. Vol. 85, N 1. P. 461–488. doi: 10.5114/pjr.2020.99034

AUTHORS' INFO

* **Liya R. Abuladze**, MD;
address: 24-1 Petrovka Str., Moscow, 127051, Russia;
ORCID: 0000-0001-6745-1672;
eLibrary SPIN: 8640-9989;
e-mail: drliaabuladze@gmail.com

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-0208-5218;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Dmitry S. Semenov, Cand. Sci. (Engineering);
ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru

Alexey V. Petraikin, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetryajkinAV@zdrav.mos.ru

Andrey A. Uchevatkin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0001-7284-4737;
eLibrary SPIN: 5575-4511;
e-mail: UchevatkinAA@zdrav.mos.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Абуладзе Лия Руслановна**;
адрес: Россия, г. Москва, 127051, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: 0000-0001-6745-1672;
eLibrary SPIN: 8640-9989;
e-mail: drliaabuladze@gmail.com

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0208-5218;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук;
ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru

Петрайкин Алексей Владимирович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0003-1694-4682;
eLibrary SPIN: 6193-1656;
e-mail: PetryajkinAV@zdrav.mos.ru

Учеваткин Андрей Алексеевич, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0001-7284-4737;
eLibrary SPIN: 5575-4511;
e-mail: UchevatkinAA@zdrav.mos.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Alexander V. Bazhin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0003-3198-1334;
eLibrary SPIN: 6122-5786;
e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru

Dariya E. Sharova, MD;
ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru

Бажин Александр Владимирович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0003-3198-1334;
eLibrary SPIN: 6122-5786;
e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru

Шарова Дарья Евгеньевна;
ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru