

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

Оптимизированный протокол бипараметрической магнитно-резонансной томографии для диагностики рака предстательной железы

Л.Р. Абуладзе¹, Д.С. Семенов¹, О.Ю. Панина^{1,2,3}, Ю.А. Васильев¹¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Российская Федерация² Городская клиническая онкологическая больница №1, Москва, Российская Федерация³ Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Рак предстательной железы занимает одну из лидирующих позиций в структуре онкологической заболеваемости среди мужчин. Актуальные на сегодняшний момент рекомендации PI-RADS формируют требования к протоколу магнитно-резонансной томографии, которые невозможно полностью реализовать на значительной части функционирующих томографов. В результате подход к выполнению исследования варьирует в разных медицинских организациях, что нередко негативно влияет на качество интерпретации изображения и диагностику целевой патологии.

Цель — разработать оптимизированный для существующего парка магнитно-резонансных томографов протокол бипараметрической магнитно-резонансной томографии, потенциально эффективный для скрининга рака предстательной железы и раннего выявления новообразований. При этом протокол должен быть максимально приближен к актуальным рекомендациям PI-RADS v2.1 и соответствовать требованиям к эффективности работы отделений лучевой диагностики.

Материалы и методы. Предварительный анализ полученных магнитно-резонансных изображений предстательной железы в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы показал отсутствие единого подхода к выполнению данного исследования. Методом итерационной корректировки параметров сканирования нами был настроен протокол, обеспечивающий приемлемое качество визуализации при максимально возможном соответствии требованиям PI-RADS. Для количественной оценки качества получаемых изображений применялся фантом для контроля магнитно-резонансной томографии, рекомендованный Американским обществом рентгенологов.

Результаты. Разработан оптимизированный бипараметрический протокол для томографа Excelart Vantage 1,5 T, включающий T2-взвешенные изображения в трёх плоскостях и диффузионно-взвешенные изображения общей длительностью менее 11 мин. При этом обеспечен высокий уровень детализации предстательной железы, а параметры качества изображения (неоднородность яркости, нелинейность, разрешающая способность и толщина выделяемого среза) соответствовали допустимым производителем диапазонам.

Заключение. Предложенный протокол позволяет эффективно оценивать состояние предстательной железы. Его внедрение в практику медицинских организаций может оказать значимое влияние на выявляемость рака предстательной железы у населения. Следует отметить, что длительность протокола обеспечивает возможность его дополнения практически любым набором импульсных последовательностей в зависимости от целей исследования.

Ключевые слова: рак предстательной железы; бипараметрическая магнитно-резонансная томография; стандартизация.

Как цитировать

Абуладзе Л.Р., Семенов Д.С., Панина О.Ю., Васильев Ю.А. Оптимизированный протокол бипараметрической магнитно-резонансной томографии для диагностики рака предстательной железы // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 3. С. 166–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

Optimized biparametric magnetic resonance imaging protocol for prostate cancer detection

Liya R. Abuladze¹, Dmitriy S. Semenov¹, Olga Yu. Panina^{1,2,3}, Yuriy A. Vasilev¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Oncological Hospital No. 1, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: Prostate cancer is one of the most commonly diagnosed cancers in men worldwide. PI-RADS v2.1 contains the requirements for the magnetic resonance imaging protocol, which cannot be fully implemented on a significant component of functioning scanners. Consequently, magnetic resonance imaging approaches vary in different medical organizations and often do not allow for a qualitative interpretation of images and diagnosis of the target pathology.

AIM: To develop a biparametric magnetic resonance imaging protocol optimized for the existing magnetic resonance imaging scanners for the diagnosis of prostate cancer and to allow the screening and detection of neoplasms as early as possible. Simultaneously, the protocol should fulfill the current PI-RADS v2.1 recommendations to the maximum possible extent and meet the requirements of effective workflow in the radiology department.

MATERIALS AND METHODS: Preliminary analysis of prostate magnetic resonance imaging scanning in medical organizations of the Moscow Health Care Department showed the absence of a unified approach. Using the iterative adjustment of scanning parameters, we adjusted the protocol to ensure acceptable quality with maximum available compliance with PI-RADS v2.1.

To quantify the quality of the images, we used the magnetic resonance imaging phantom recommended by the American College of Radiology.

RESULTS: The biparametric protocol was developed for Excelart Vantage 1.5 T, including T2-weighted images in three planes and diffusion-weighted images, which took less than 11 min. Moreover, the image quality parameters (intensity inhomogeneity, nonlinearity, resolution, and slice thickness) were within the acceptable ranges recommended by the magnetic resonance imaging manufacturer.

CONCLUSION: The prostate may be effectively evaluated using the proposed magnetic resonance imaging protocol. Introducing it into practice could have a significant impact on the detection of prostate cancer in men. The entire duration of the protocol provides a possibility to supplement it with any sequences, depending on the final purpose of investigation.

Keywords: prostate cancer; biparametric magnetic resonance imaging; standardization.

To cite this article

Abuladze LR, Semenov DS, Panina OYu, Vasilev YuA. Optimized biparametric magnetic resonance imaging protocol for prostate cancer detection. *Digital Diagnostics*. 2022;3(3):166–177. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

Received: 16.06.2022

Accepted: 25.07.2022

Published: 23.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

用于诊断前列腺癌的优化双参数磁共振成像协议

Liya R. Abuladze¹, Dmitriy S. Semenov¹, Olga Yu. Panina^{1,2,3}, Yuriy A. Vasilev¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russian Federation

² City Clinical Oncological Hospital No. 1, Moscow, Russian Federation

³ Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A.I. Evdokimov, Moscow, Russian Federation

简评

论证。前列腺癌在男性癌症发病率结构中占据主导地位之一。目前现实的PI-RADS建议构成了对磁共振成像协议的要求，无法在功能性断层扫描仪的大部分上完全实施。因此，各医疗机构进行检查的方法各不相同，这往往对图像解读和目标病理诊断的质量产生负面影响。

目标是为现有的核磁共振成像开发一种用于诊断前列腺癌的双参数磁共振成像的优化方案，允许潜在的有效筛查和早期发现肿瘤。同时，该协议应尽可能接近当前的PI-RADS v2.1建议，并满足放射科效率的要求。

材料与方法。莫斯科市卫生管理局医疗机构对获得的前列腺磁共振图像进行的初步分析表明，该研究的实施缺乏统一的方法。通过反复调整扫描参数，我们建立了一个协议，可提供可接受的可视化质量，同时尽可能满足PI-RADS要求。为了量化所获得图像的质量，使用了美国放射科医师协会推荐的磁共振成像控制体模。

结果。我们已为Excelart Vantage 1.5 T断层扫描仪开发了一个优化的双参数协议，其中包括三个平面的T2加权像和弥散加权成像，总时间不到11分钟。同时，确保了高水平的前列腺细节，图像质量参数（亮度不均匀性、非线性、分辨率和所选部分的厚度）对应于制造商的可接受范围。

结论。拟议的协议可以对前列腺进行有效的评估。将其引入医疗机构的实践会对人群中前列腺癌的可探测性产生重大影响。应该指出的是，该协议的持续时间使得可以根据研究的目标，补充几乎任何一套脉冲序列。

关键词：前列腺癌；双参数磁共振成像；标准化。

To cite this article

Abuladze LR, Semenov DS, Panina OYu, Vasilev YuA. 用于诊断前列腺癌的优化双参数磁共振成像协议. *Digital Diagnostics*. 2022;3(3):166-177.

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD108484>

收到: 16.06.2022

接受: 25.07.2022

发布日期: 23.08.2022

论证

前列腺癌 (PC) 在男性恶性肿瘤发病率中排名第二[1]。磁共振成像 (MRI) 是诊断前列腺癌的主要方法之一。用于评估多参数MRI (mpMRI) 结果的前列腺影像报告和数据系统 (PI-RADS) 指南于2012年首次发布[2]，并于2015年更新[3]。然而，PI-RADS v. 2评估系统还不够完善[4]，因此在2019年出现了一个新版本——PI-RADS v2.1，这使简化评估，减少放射科医生对前列腺mpMRI的解释变异[5]。近年来，对双参数MRI (bpMRI) 的兴趣是由较短的扫描时间，因此研究成本更低，并且能够避免经常不合理地注射造影剂。动态对比度增强并不总是起决定性作用，因为它用于根据T2作加权像 (T2-WI) 和地图来检测低信号形成的表观扩散系数 (ADC值)。此外，使用造影剂有许多副作用，包括增加扫描时间和研究成本[6]。

实践表明，无论研究的最终目标如何，PI-RADS的建议都不能总是得到遵守，原因是多方面的：由于磁共振成像扫描仪的技术特性、其设置的特殊性、个别医疗机构的放射科医生和临床医生的个人意愿以及特定放射科的既定扫描协议。

该研究的**目标**是开发一种双参数MRI的加速 (优化) 协议，用于莫斯科市卫生局医疗机构的前列腺癌诊断，尽可能接近PI-RADS v2.1的建议。这样的协议有可能缩短检查的时间，以优化各部门的工作。如果可能提供与多参数MRI相当的诊断准确性的进一步证据，则标准化前列腺扫描协议。展望未来，正在考虑引入人工智能，以便利用开发的算法来提高男性盆腔MRI结果的成像和评估质量。

材料与方法

第一步是评估目前莫斯科市卫生局医疗机构的前列腺扫描协议。结果的搜索和分析是在莫斯科自动化统一医疗信息系统的统一放射信息服务中进行的，以确定扫描技术和既定技术参数的差异。元数据是通过从统一放射信息服务处下载获

得和分析的。在相关医疗机构进行检索的时间间隔包括2019–2021年。搜索查询包括以下关键词：“盆腔器官磁共振成像”、“盆腔器官对比剂磁共振成像”、“前列腺多参数磁共振成像”、“前列腺双参数磁共振成像”。临床病例由作者随机选择。

接下来，同样随机选择三个医疗机构 (MO 1、MO 2、MO 3) 的最常见的MRI模型 (Excelart Vantage 1.5 T, 东芝, 日本)，并使用模拟前列腺的体[7]模配置优化协议。成像质量由一位有10年以上经验的放射科医生与扫描期间直接在机器上工作的同事一起评估。从过程组织的角度来看，研究是以传统方式进行的：患者被置于仰卧位，并使用标准的身體线圈。所有患者在研究前都进行了必要的准备，以减少伪影和干扰。

一旦形成了一个尽可能接近PI-RADS v2.1[8]的要求并满足放射科医师的协议，对成像质量进行了定量评估。为此，美国放射学会 (ACR) 推荐的体模使用优化的协议进行扫描，正如在公认的技术控制程序中所做的那样[9] (图 1)。根据获得的体模轴向图像，计算质量参数：不均匀性、非线性、分辨率、所选部分的厚度。

结果

对正在进行的的研究的评价

解决任务时，我们发现，扫描方法在莫斯科卫生部的各个医疗机构中有所不同。例如，在三个医疗结构，除了必要的脉冲序列外，脉冲序列集变化很大，这会影响诊断信息的完整性和总扫描时间 (表1)。

扫描的技术参数也是如此。表2和表3以T2作加权像和轴位的扩散加权成像为例，总结了清楚反映上述差异的元数据。

结果，预计在不同结构中获得的图像会有所不同，如图2-4所示。

因此，在所有的医疗机构中，PI-RADS v2.1推荐的关于在轴向和至少一个额外的 (矢状和/

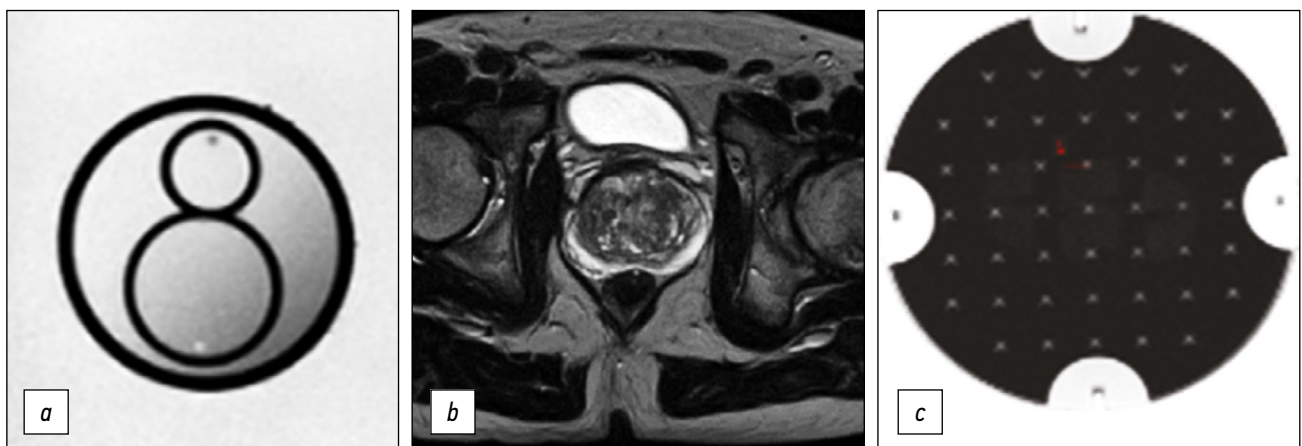


图1. 可视化质量评估: a — 前列腺体模; b — 患者; c — 美国放射学会 (ACR) 的模型。

表1使用的脉冲序列

脉冲序列	MO 1	MO 2	MO 3
T2 ax	+ (3)	+ (4)	+ (4)
T2 cor	+ (3)	+ (3)	-
T2 sag	+ (3)	+ (4)	+ (5)
T1 ax	+ (3)	+ (4)	-
T1 cor	-	-	+ (5)
T1 FS cor	-	-	+ (6)
T2 FS ax	+ (3)	-	+ (4)
T2 FS cor	+ (3)	-	+ (3)
DWI	+ (5)	+ (4)	+ (3)
ADC	+ (5)	+ (4)	+ (3)
总扫描时间, 分	22	30	40

注：“+” — 有，括号内的层厚度为毫米（mm）；“-” — 无。MO — 医疗机构。

表2以T2作加权像为例，轴位技术参数

技术参数	MO 1	MO 2	MO 3
TR, ms	5851	6006	5082
TE, ms	120	75	75
FOV, cm	35×30	30×35	40×30
Matrix	256×256	256×256	512×256
NAQ	1	1	1
Spacing between slices, mm	3.5	4.3	4.4
ETL, ms	23	9	9

注：此处和表3, 4中：TR (repetition time) — 重复时间；TE (echo time) — 回声时间；FOV (field of view) — 视场；Matrix — 矩阵；NAQ (number of acquisition) — 数据采集的次数；Spacing between slices — 切片之间的距离；ETL (echo train length) — 回波链长度。MO — 医疗机构。

表3以扩散加权成像为例，轴位技术参数

技术参数	MO 1	MO 2	MO 3
TR, ms	6772	9377	8841
TE, ms	80	80	100
FOV, cm	40×32	37×30	30×30
Matrix	128×128	128×192	128×128
NAQ	2	2	2
Spacing between slices, mm	1.75	4.5	6
ETL, ms	56	72	60

或冠状）投影中存在T2作加权像的要求都得到了满足。还应注意，轴位中T2作加权像的推荐层厚度不应超过3毫米：在第二医疗机构和第三医疗机构为4毫米（见图3和图4）。第一医疗机构也是如此：扩散加权图像的切片厚度为5毫米，建议≤4毫米（见图2）。一个重要因素是视野：根据PI-RADS v2.1，T2作加权像的FOV值应为12-20厘米，而在第一医疗机构和第三医疗机构，视野要大得多，分别为30×35和40×30厘米（见图2和图4）。根据PI-RADS v2.1，推荐的扩散加权图像视野为16-22厘米，而所有三个医疗机构都没有遵循这些建议。FOV值和截面厚度的可变

性这一事实不可避免地会影响分辨率，从而影响到检测肿块的能力。

优化协议的设置

从技术角度来看，设置协议参数的程序与涂药器的正常操作（例如，在调试设备时）没有区别。然而，在这种情况下，我们以PI-RADS v2.1推荐的参数为指导。为了尽量减少MRI因素对患者的影响，初步参数调整是在体模上进行的。由于技术原因，参数值的选择尽可能接近建议值，因为无法完全复制它们，并被迭代修正以达到满意的结果（从放射科医生的角度来看）。生成的协议如表4所示。

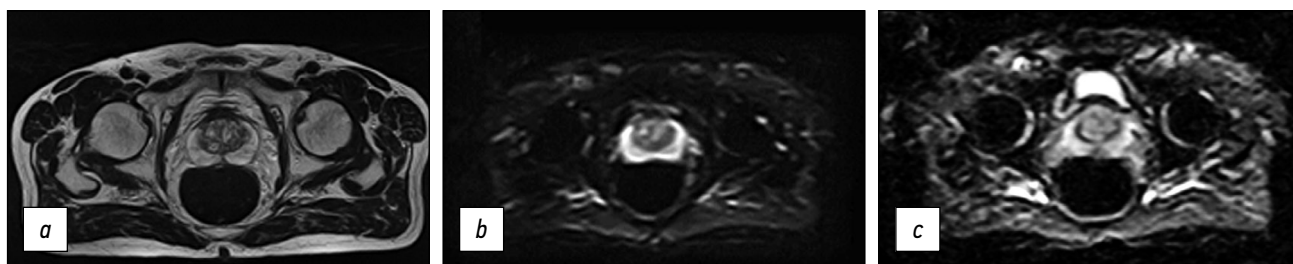


图2。第一医疗机构(MO 1): *a* — T2-WI, 轴位 (TR 5851, TE 120, FOV 35×30 cm, Matrix 256×256); *b*, *c* — DWI和ADC (TR 6772, TE 80, FOV 40×32 cm, Matrix 128×128)。

注: 此处和图3-5上: T2-WI — T2作加权像; DWI — 扩散加权成像; ADC — 表观扩散系数。TR (repetition time) — 重复时间; TE (echo time) — 回声时间; FOV (field of view) — 视场; Matrix — 矩阵。

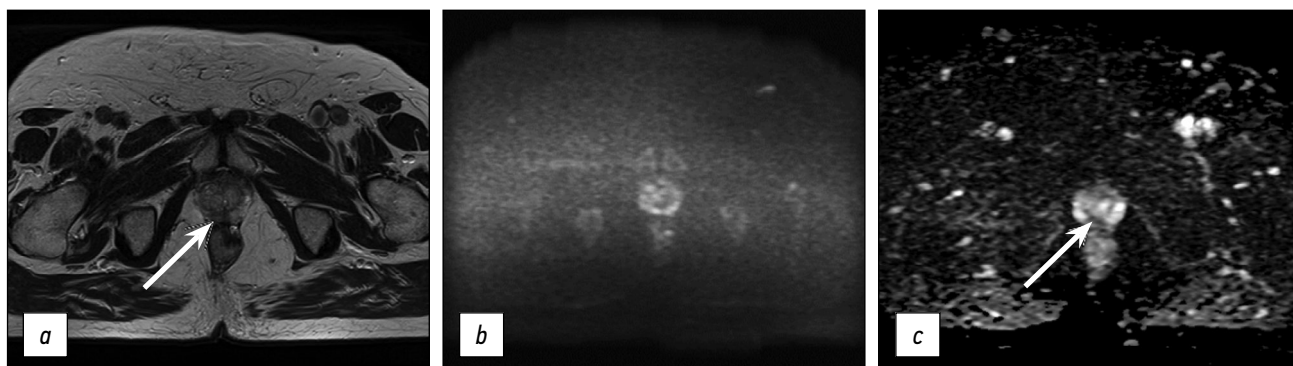


图3。第二医疗机构 (MO 2)。在右侧外周区, T2-WI和ADC图上有一个与被膜(箭头)相邻的低信号区域: *a* — T2-WI, 轴位 (TR 6006, TE 75, FOV 30×25 cm, Matrix 256×256); *b*, *c* — DWI和ADC (TR 9377, TE 80, FOV 37×30 cm, Matrix 128×192)。

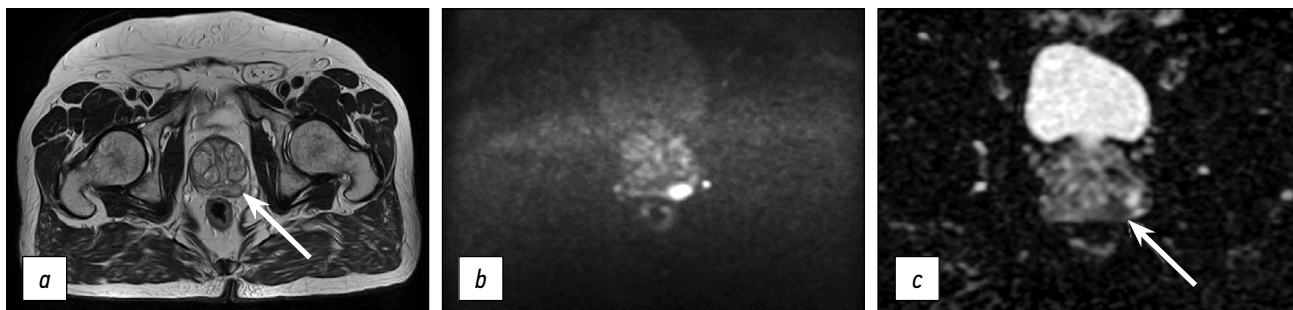


图4。第三医疗机构 (MO 3)。在左侧外周区, T2-WI和ADC图上有一个低信号形成物: *a* — T2-WI, 轴位 (TR 5082, TE 75, FOV 40×30 cm, Matrix 512×256); *b*, *c* — DWI和ADC (TR 8841, TE 100, FOV 30×30 cm, Matrix 128×128)。

应该注意的是, 根据PI-RADS, T1作加权像不是双参数MRI的强制性序列。将其纳入协议是基于提供评估研究区域淋巴结和骨骼结构的继发性损伤以及腺体和精囊组织中是否存在出血性变化的可能性。建议配置中的T1-作加权像持续时间为15秒, 这不会显著影响研究的总时间。

质量控制

评估MRI技术状况的传统方法是扫描体模并计算图像质量的定量特征。在这项工作中, 我们为开发的协议使用了标准控制程序[9]。根据获得的图像, 计算亮度不均匀性、分辨率、非线性和测量的切片厚度(表5)。

从制造商的文件中获取的CT扫描仪规格已被作为允许值。请注意, 由于开发的协议缺乏参考值, 因此未确定本研究中常用的信噪比参数。

临床影像

由此产生的协议提供了足够高水平的可视化质量。图5显示了使用优化协议获得的图像。总扫描时间不到11分钟。

讨论

前列腺癌是男性死亡的主要原因之一。例如, 在美国, 前列腺癌在癌症死亡率结构中排名第

表4优化的扫描参数

脉冲序列, 层厚, mm	设置技术参数		持续时间, 分
	参数	值	
T2 AX (3)	TR, ms	6400	2:25
	TE, ms	126	
	FOV, cm	20×20	
	Matrix	512×512	
	NAQ	1	
	Spacing, mm	3.3	
	ETL, ms	13	
T2 SAG (3)	TR, ms	5000	2:25
	TE, ms	100	
	FOV, cm	20×20	
	Matrix	512×512	
	NAQ	1	
	Spacing, mm	3.3	
	ETL, ms	9	
T2 COR (3)	TR, ms	5000	2:25
	TE, ms	100	
	FOV, cm	20×20	
	Matrix	512×512	
	NAQ	1	
	Spacing, mm	3.3	
	ETL, ms	9	
DWI (b=1000)	TR, ms	6858	3:25
	TE, ms	100	
	FOV, cm	30×30	
	Matrix	256×256	
	NAQ	5	
	Spacing, mm	3	
	ETL, ms	60	
T1 AX (5)	TR, ms	5.5	0:15
	TE, ms	2.5	
	FOV, cm	25×27	
	Matrix	640×476	
	NAQ	1	
	Spacing, mm	2.5	
总扫描时间 (分钟)			10:55

表5图像质量控制结果

参数	定值			允许值
	MO 1	MO 2	MO 3	
不均匀性, %	9.44	5.9	4.8	<10
分辨能力, mm	1.0	1.25	1.0	≤1.5
非线性, %	0.1	0.4	0.2	<1
切片厚度, mm	3.0	3.1	3.0	3±1

注: MO — 医疗机构。

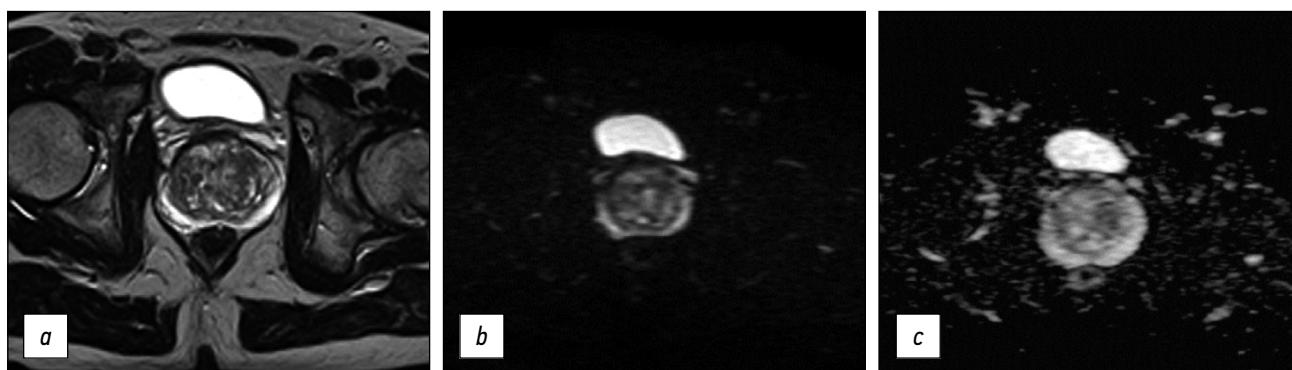


图5. 使用加速双参数磁共振成像协议获得的图像。前列腺变化符合PI-RADS 2的患者： a— T2-WI，轴位； b, c— DWI和ADC。

二[10]，在欧洲国家排名第三[11]。尽管诊断前列腺癌和监测前列腺特异性抗原的方法有所改进，但俄罗斯的发病率仍然很高[12]。目前，已确定的风险因素包括年龄、种族（黑人）和家族史：如果近亲在幼年时诊断出前列腺癌或多个已确定诊断的亲属在场，则患该疾病的风险更高[13]。

双参数MRI是一种扫描方案，仅包括T2加权像和带ADC卡的扩散加权图像。所有PI-RADS \geq 3的患者，如果怀疑有恶性肿瘤，将进行活检[14]。并且由于此类病变需要进一步关注（T2加权像和扩散加权图像是主要的脉冲序列），动态对比度增强的效果可能不是决定性的。因此，双参数MRI可以被广泛引入临床实践。使用这种协议作为一种快速无创测试来进一步筛选出需要检查的男性和临床上有显著性前列腺癌的低风险者似乎是可行的。

T. Tamada和合著者的研究[6]表明，对于根据PI-RADS v2.1检测具有临床意义的前列腺癌，双参数MRI与多参数MRI相当。然而，值得注意的是，多参数MRI的诊断敏感性显著高于双参数MRI，而双参数MRI的特异性显著高于多参数MRI。这就是为什么使用PI-RADS v2.1协议的双参数MRI将有助于避免不必要的活检。R. L. Sherrer和合著者的研究[14]表明，在双参数MRI诊断有临床意义的前列腺癌结果为阴性的患者中，多参数MRI方法未检测到肿瘤病理。公平地说，应该注意的是，尽管在J. P. Zawadeh等人的研究[15]中双参数MRI与多参数MRI相当，多参数测试显示，与双参数MRI（17%）相比，被归类为PI-RADS 3的病变（8.3%）更少，假阳性更少（11.4% vs 18.9%），这提供了多参数MRI的更高特异性（74 vs 67%）。

放射科医生需要一些因素来充分评估MR图像：患者的适当准备，根据检查的最终目的选择扫描模式，以及选择最佳的扫描参数。此外，值得注意的是，诊断可能很困难（由于肠蠕动或髋关节植入物等严重伪影），因此，根据定义，该研究不能进行PI-RADS评价。了解患者的病史很重要。临床和实验室数据，再加上对MR图像的分析，可以提供关于患者状况的更详细的信息。

谈到优化科室工作，国外文献中也提出了前列腺扫描方案“加速”的问题。M. van der Leest和合著者[16]建议使用仅包含T2加权像，扩散加权图像和表观扩散系数的方案来诊断具有临床意义的前列腺癌，以缩短研究时间并降低研究成本。该论文展示了以下数据：在使用加速双参数MRI协议时，47%的患者避免了不必要的活检，而传统的双参数MRI和多参数MRI协议要求49%的病例进行活检。作者报告说，加速双参数MRI可以在8分钟内完成，与多参数MRI相比，直接成本降低了一半以上（54%），与普通双参数MRI相比，降低了37%。该研究计划的专家间的一致性快速双参数MRI为90%，普通双参数MRI为93%[16]。同时，根据A. Stanzione等人的工作结果[17]，与双参数MRI和多参数MRI协议（分别为86%和87%）相比，加速双参数MRI协议的诊断准确性最低（83%）。作者的结论是，这样的协议不适用于此目的，此外还证明，研究的解释直接取决于放射科医生的经验。

R. Engels和合著者[8]进行了大规模分析，结果以表格形式汇总了多参数MRI的最低推荐技术参数，其中使用1.5 T断层扫描仪的双参数协议的总扫描时间超过13分钟。在我们的研究中，实现了缩短扫描协议时间的目标：例如，当使用推荐的PI-RADS v2.1脉冲序列进行双参数MRI时，我们的协议持续时间为10分40秒。我们还建议在轴向投影中额外使用T1加权像，持续时间为15秒，而总扫描时间为10分55秒。

我们开发的协议是使用MRI作为前列腺癌筛查方法可行性的第一阶段工作。需要更多证据来证实这一假设，为未来的研究人员提供了空间。共提供莫斯科市卫生部三个不同医疗机构的三个临床病例，证明了前列腺扫描协议的异质性。然而，值得注意的是，该协议是为一个MRI模型（Excelart Vantage 1.5 Tesla）制定的，并为其计算了质量参数。当然，该协议需要对其他型号的断层扫描仪进行调整和测试，然后对结果进行评估。

该协议要求进一步研究检测PCa的诊断准确性，例如，通过使用纹理分析，这是前列腺癌诊断中一个越来越受关注的课题[18]，以便与组织

病理学发现的结果进行比较。因此，下一步将是对使用不同医疗机构的标准前列腺扫描协议和优化协议获得的研究进行统计比较。

应从整体时间和成本效益的角度进一步评估该协议。

结论

脉冲序列集直接取决于研究的最终目标、放射科医师和各个医疗机构的临床医师的个人意愿。由于缺乏标准化的、统一的协议，某个放射科存在既定的、»习惯性«的扫描协议是有问题的。由于在莫斯科市医疗机构的条件下，完全符合PI-RADS v2.1建议的扫描并不总是可能用于诊断前列腺癌，因此在每个特定的医疗机构中，该程序是根据不同的协议，使用一套不同的脉冲序列和技术特征进行的，这也影响到研究的时间。我们建议优化的双参数MRI协议。所提出协议的技术特点尽可能接近PI-RADS标准，而扫描时间小于11分钟，这对繁忙环境中的放射科工作无疑能起到优化作用。

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA Cancer J Clin.* 2021. Vol. 71. P. 209–249. doi: 10.3322/caac.21660
2. Barentsz J.O., Richenberg J., Clements R., et al. ESUR prostate MR guidelines 2012 // *Eur Radiol.* 2012. Vol. 22, N 4. P. 746–757. doi: 10.1007/s00330-011-2377-y
3. Weinreb J.C., Barentsz J.O., Choyke P.L., et al. PI-RADS prostate imaging — reporting and data system: 2015, version 2 // *Eur Urol.* 2016. Vol. 69, N 1. P. 16–40. doi: 10.1016/j.eururo.2015.08.052
4. Park S.Y., Jung D.C., Oh Y.T., et al. Prostate cancer: PI-RADS version 2 helps preoperatively predict clinically significant cancers // *Radiology.* 2016. Vol. 280, N 1. P. 108–116. doi: 10.1148/radiol.16151133
5. Israël B., van der Leest M., Sedelaar M., et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the detection of clinically significant prostate cancer: what urologists need to know. Part 2: interpretation // *Eur Urol.* 2020. Vol. 77, N 4. P. 469–480. doi: 10.1016/j.eururo.2019.10.024
6. Tamada T., Kido A., Yamamoto A., et al. Comparison of biparametric and multiparametric mri for clinically significant prostate cancer detection with pi-rads version 2.1 // *J Magn Reson Imaging.* 2021. Vol. 53, N 1. P. 283–291. doi: 10.1002/jmri.27283
7. Патент на изобретение РФ RU 208239 U1. Семенов Д.С., Петрайкин А.В., Васильев Ю.А., и др. Устройство фантома для настройки протоколов магнитно-резонансной томографии предстательной железы у пациентов с металлоконструкциями тазобедренного сустава. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47429681>. Дата обращения: 15.03.2022.
8. 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 Urol.* 2020. Vol. 77, N 4. P. 457–468. doi: 10.1016/j.eururo.2019.09.021
9. Методика контроля параметров и характеристик магнитно-резонансных томографов в условиях эксплуатации. Методические рекомендации № 17 (утв. 10.09.2011). Режим доступа: [https:// docs.cntd.ru/document/456079947](https://docs.cntd.ru/document/456079947). Дата обращения: 15.03.2022.
10. Siegel R.L., Miller K.D., Fuchs H.E., et al. Cancer Statistics, 2021 // *CA Cancer J Clin.* 2021. Vol. 71, N 1. P. 7–33. doi: 10.3322/caac.21654
11. Ferlay J., Colombet M., Soerjomataram I., et al. Cancer incidence and mortality patterns in Europe: Estimates for 40 countries and 25 major cancers in 2018 // *Eur J Cancer.* 2018. Vol. 103. P. 356–387. doi: 10.1016/j.ejca.2018.07.005
12. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. Москва, 2021. 252 с.
13. Patel A.R., Klein E.A. Risk factors for prostate cancer // *Nat Clin Pract Urol.* 2009. Vol. 6, N 2. P. 87–95. doi: 10.1038/ncpuro1290
14. Sherrer R.L., Glaser Z.A., Gordetsky J.B., et al. Comparison of biparametric MRI to full multiparametric MRI for detection of clinically significant prostate cancer // *Prostate Cancer Prostatic Dis.* 2019. Vol. 22, N 2. P. 331–336. doi: 10.1038/s41391-018-0107-0
15. Zawaideh J.P., Sala E., Shaida N., et al. Diagnostic accuracy of biparametric versus multiparametric prostate MRI: assessment of contrast benefit in clinical practice // *Eur Radiol.* 2020. Vol. 30, N 7. P. 4039–4049. doi: 10.1007/s00330-020-06782-0

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was prepared as part of research (№ ЕГИСУ: АААА-А21-121012290079-2) under the Program of the Moscow Healthcare Department “Scientific Support of the Capital's Healthcare” for 2020–2022.

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. Vasilev — study design, MRI protocol optimization, manuscript revising, advisory support, L.R. Abuladze — study design, data analysis, manuscript drafting; D.S. Semenov — study design, data analysis, manuscript drafting, technical audit; O.Yu. Panina — manuscript revising, advisory support.

16. Van der Leest M., Israël B., Cornel E.B., et al. High diagnostic performance of short magnetic resonance imaging protocols for prostate cancer detection in biopsy-naïve men: the next step in magnetic resonance imaging accessibility // *Eur Urol*. 2019. Vol. 76, N 5. P. 574–581. doi: 10.1016/j.eururo.2019.05.029
17. Stanzione A., Ponsiglione A., Cuocolo R., et al. Abbreviated protocols versus multiparametric mri for assessment of

- extraprostatic extension in prostatic carcinoma: a multireader study // *Anticancer Res*. 2019. Vol. 39, N 8. P. 4449–4454. doi: 10.21873/anticancer.13617
18. Гележе П.Б., Блохин И.А., Семенов С.С., и др. Радиомика магнитно-резонансной томографии при раке предстательной железы: что известно в настоящее время? // *Digital Diagnostics*. 2021. Т. 2, № 4. С. 441–452. doi: 10.17816/DD70170

REFERENCES

1. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin*. 2021;71:209–49. doi: 10.3322/caac.21660
2. Barentsz JO, Richenberg J, Clements R, et al. ESUR prostate MR guidelines 2012. *Eur Radiol*. 2012;22(4):746–757. doi: 10.1007/s00330-011-2377-y
3. Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, et al. PI-RADS prostate imaging — reporting and data system: 2015, version 2. *Eur Urol*. 2016;69(1):16–40. doi: 10.1016/j.eururo.2015.08.052
4. Park SY, Jung DC, Oh YT, et al. Prostate cancer: PI-RADS version 2 helps preoperatively predict clinically significant cancers. *Radiology*. 2016;280(1):108–116. doi: 10.1148/radiol.16151133.
5. Israël B, van der Leest M, Sedelaar M, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the detection of clinically significant prostate cancer: what urologists need to know. part 2: interpretation. *Eur Urol*. 2020;77(4):469–480. doi: 10.1016/j.eururo.2019.10.024
6. Tamada T, Kido A, Yamamoto A, et al. Comparison of biparametric and multiparametric mri for clinically significant prostate cancer detection with pi-rads version 2.1. *J Magn Reson Imaging*. 2021;53(1):283–291. doi: 10.1002/jmri.27283
7. Patent RUS 208239 U1. Semenov DS, Petryaykin AV, Vasiliev YuA, et al. Phantom device for configuring protocols of magnetic resonance imaging of the prostate gland in patients with metal structures of the hip joint. (In Russ). Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47429681>. Accessed: 15.03.2022.
8. 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
9. Methodology for monitoring the parameters and characteristics of magnetic resonance tomographs under operating conditions Methodological recommendations No. 17 (approved 10.09.2011). (In Russ). Available from: <https://docs.cntd.ru/document/456079947>. Accessed: 15.03.2022.
10. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, et al. Cancer Statistics, 2021. *CA Cancer J Clin*. 2021;71(1):7–33. doi: 10.3322/caac.21654
11. Ferlay J, Colombet M, Soerjomataram I, et al. Cancer incidence and mortality patterns in Europe: Estimates for 40 countries and 25 major cancers in 2018. *Eur J Cancer*. 2018;103:356–387. doi: 10.1016/j.ejca.2018.07.005
12. Malignant neoplasms in Russia in 2020 (morbidity and mortality). Ed. by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzadova. Moscow; 2021. 252 p. (In Russ).
13. Patel AR, Klein EA. Risk factors for prostate cancer. *Nat Clin Pract Urol*. 2009;6(2):87–95. doi: 10.1038/ncpuro1290
14. Sherrer RL, Glaser ZA, Gordetsky JB, et al. Comparison of biparametric MRI to full multiparametric MRI for detection of clinically significant prostate cancer. *Prostate Cancer Prostatic Dis*. 2019;22(2):331–336. doi: 10.1038/s41391-018-0107-0
15. Zawaideh JP, Sala E, Shaida N, et al. Diagnostic accuracy of biparametric versus multiparametric prostate MRI: assessment of contrast benefit in clinical practice. *Eur Radiol*. 2020;30(7):4039–4049. doi: 10.1007/s00330-020-06782-0
16. Van der Leest M, Israël B, Cornel EB, et al. High diagnostic performance of short magnetic resonance imaging protocols for prostate cancer detection in biopsy-naïve men: the next step in magnetic resonance imaging accessibility. *Eur Urol*. 2019;76(5):574–581. doi: 10.1016/j.eururo.2019.05.029
17. Stanzione A, Ponsiglione A, Cuocolo R, et al. Abbreviated protocols versus multiparametric mri for assessment of extraprostatic extension in prostatic carcinoma: A multireader study. *Anticancer Res*. 2019;39(8):4449–4454. doi: 10.21873/anticancer.13617
18. Gelezhe PB, Blokhin IA, Semenov SS, et al. Radiomics of magnetic resonance imaging in prostate cancer: what is currently known? *Digital Diagnostics*. 2021;2(4):441–452. (In Russ).

AUTHORS' INFO

* Liya R. Abuladze, MD;
address: Petrovka st. 24/1, Moscow, 127051, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6745-1672>;
eLibrary SPIN: 5640-9989; e-mail: l.abuladze@npcmr.ru

ОБ АВТОРАХ

* Абуладзе Лия Руслановна;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6745-1672>;
eLibrary SPIN: 5640-9989; e-mail: l.abuladze@npcmr.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

Dmitriy S. Semenov;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;
eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Olga Yu. Panina, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8684-775X>;
eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: o.panina@npcmr.ru

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand Sci (Med.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0208-5218>;
eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: y.vasilev@npcmr.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4293-2514>;
eLibrary SPIN: 2278-7290; e-mail: d.semenov@npcmr.ru

Панина Ольга Юрьевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8684-775X>;
eLibrary SPIN: 5504-8136; e-mail: o.panina@npcmr.ru

Васильев Юрий Александрович, К.М.Н;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0208-5218>;
eLibrary SPIN: 4458-5608; e-mail: y.vasilev@npcmr.ru