

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.04.017

MRI 联合血清 PSA 对前列腺癌的诊断效能

邵平，欧阳康乐，张俊

(六安市第四人民医院影像科，安徽六安 237000)

【摘要】目的 探讨磁共振成像 (MRI) 联合血清前列腺特异性抗原 (PSA) 对前列腺癌的诊断效能。方法 回顾性分析 2022 年 11 月至 2024 年 12 月六安市第四人民医院收治的 95 例接受前列腺 MRI 检查和血清 PSA 检测并经病理确诊的患者资料。根据病理结果的不同，将患者分为前列腺癌组 ($n=42$) 和非前列腺癌组 ($n=53$)。采用 PI-RADS v2.1 标准对 MRI 图像进行评估，PI-RADS 评分 ≥ 4 分判定为 MRI 阳性；同时检测患者血清 PSA 水平。比较 MRI 单独检测、血清 PSA 单独检测及两者联合检测的诊断效能和曲线下面积 (AUC)。结果 前列腺癌组血清 PSA 水平明显高于非前列腺癌组 [(45.98 ± 18.76) ng/mL vs (6.83 ± 4.34) ng/mL, $P < 0.05$]。MRI 与血清 PSA 联合检测的特异性、AUC 值均显著高于 MRI、血清 PSA 单独检测 (0.931 vs 0.849 vs 0.830 , 0.932 vs 0.893 vs 0.817 , 均 $P = 0.001$)。结论 MRI 与血清 PSA 联合检测在前列腺癌诊断中表现出优于二者单独检测的效能，能够显著提高诊断特异性，在前列腺癌的早期诊断和鉴别诊断中具有重要的临床价值。

【关键词】前列腺癌；磁共振成像；前列腺特异性抗原；诊断效能；MRI 辅助诊断系统

【中图分类号】R445

【文献标志码】A

文章编号：1674-1242(2025)04-0529-06

Diagnostic Efficacy of MRI Combined with Serum PSA for Prostate Cancer

SHAO Ping, OUYANG Kangle, ZHANG Jun

(Imaging Department, Lu'an Fourth People's Hospital, Lu'an, Anhui 237000, China)

【Abstract】Objective To investigate the diagnostic value and clinical efficacy of magnetic resonance imaging (MRI) combined with serum prostate-specific antigen (PSA) in prostate cancer. **Methods** The records of 95 patients, who were admitted to the Lu'an Fourth People's Hospital, underwent prostate MRI and serum PSA testing and were confirmed diagnosis of prostate cancer by pathology, were retrospectively analysed from November 2022 to December 2024. According to the different pathological results, they were divided into prostate cancer group ($n=42$) and non-prostate cancer group ($n=53$). MRI images were evaluated using the PI-RADS v2.1 criteria, and a PI-RADS score ≥ 4 was determined as positive MRI. The serum PSA levels of the patients were also detected. The diagnostic efficacy and area under the curve (AUC) of MRI alone, PSA alone and the combination of the two were compared. **Results** Serum PSA levels were significantly higher in the prostate cancer group than in the non-cancer group [(45.98 ± 18.76) ng/mL vs (6.83 ± 4.34) ng/mL, $P < 0.05$]. The combination of MRI and PSA approach showed significantly higher specificity and AUC compared to either MRI or PSA alone (0.931 vs 0.849 vs 0.830 , 0.932 vs 0.893 vs 0.817 , both $P = 0.001$). **Conclusion** The combination of MRI and serum PSA enhances diagnostic accuracy for prostate cancer, offering improved specificity and greater clinical value for early detection and differential diagnosis.

收稿日期：2025-02-16。

第一作者兼通信作者：邵平（1979—），男，本科学历，副主任医师，主要从事腹部及血管影像诊断。邮箱（E-mail）：15349863919@163.com。

[Key words] Prostate Cancer; Magnetic Resonance Imaging (MRI); Prostate-Specific Antigen (PSA); Diagnostic Efficacy; MRI-Assisted Diagnosis System

0 引言

前列腺癌是男性常见的恶性肿瘤之一，近年来其发病率在我国呈现持续上升趋势，已成为严重威胁中老年男性健康的重要疾病^[1]。前列腺癌早期症状不典型，容易被忽视，导致确诊时大多已处于中晚期，严重影响患者的生存质量和预后。因此，寻找高效、精准的前列腺癌早期诊断方法具有重要的临床意义。现阶段，血清前列腺特异性抗原（Prostate-Specific Antigen, PSA）检测作为前列腺癌筛查的常规手段，具有操作简便、无创性强的特点，但其在良性前列腺增生、前列腺炎等多种前列腺疾病中也呈现高表达，特异性有限^[2]。随着医学影像技术的发展，磁共振成像（Magnetic Resonance Imaging, MRI）以其优越的软组织分辨率在前列腺病变的检出和定性诊断中展现出独特优势。多参数MRI(mpMRI)作为一项综合性医学工程技术，通过集成T1WI、T2WI、DWI和DCE等多序列成像技术，结合特定的射频脉冲序列设计和磁场梯度优化，可提供前列腺组织微观结构和功能代谢的高分辨率信息。特别地，前列腺影像报告和数据系统（Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS）^[3]通过定量评分算法对不同MRI序列的信号特征进行量化分析和综合评估，将复杂的影像学表现转化为结构化的分级评分，进一步规范前列腺癌MRI的判读标准，提高了诊断的客观性和准确性，显示出现代医学影像工程在临床应用中的重要价值。然而，单一检查手段在前列腺癌诊断中均存在一定的局限性。PSA检测虽然敏感，但特异性不足，容易导致不必要的前列腺穿刺活检；MRI检查虽然可提供详细的前列腺解剖和病变信息，但对微小病灶的检出率仍有待提高，且效果受检查条件和医师经验等因素的影响。因此，如何整合现有诊断手段，构建更加精准的前列腺癌诊断模式，成为当前的研究热点。本研究旨在分析MRI联合血清PSA在前列腺癌诊断中的应用价值，通过比较单独检测与联合检测的诊断效能，探索更加科学有效的前列腺癌

诊断策略，为临床实践提供更可靠的决策依据。本研究假设MRI与血清PSA的联合应用优于任一单独检测方法，能够在保证高敏感性的同时提高诊断特异性，减少不必要的侵入性检查，实现前列腺癌的早期精准诊断。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究回顾性分析了2022年11月至2024年12月就诊于六安市第四人民医院并接受前列腺MRI检查和血清PSA检测的患者资料。纳入标准：①年龄59~88岁；②具有完整的临床资料、影像学资料及病理检查结果；③未进行过前列腺相关治疗。排除标准：①MRI图像质量不佳或无法评估者；②临床资料不完整者；③既往接受过前列腺放疗、化疗或手术治疗者。本研究符合知情同意原则，且已通过六安市第四人民医院伦理委员会审批。

本研究最终纳入研究对象共95例，其中病理确诊为前列腺癌患者42例（44.2%）、非前列腺癌患者53例（55.8%）。前列腺癌组患者平均年龄为（76.14±6.72）岁；依据Gleason评分分级，低级别（Gleason评分≤6分）7例、中级别（Gleason评分=7分）15例、高级别（Gleason评分≥8分）20例；临床分期方面，T1期9例、T2期16例、T3期14例、T4期3例。非前列腺癌组患者平均年龄为（70.70±6.59）岁；在病理类型方面，病理诊断均为前列腺增生。

所有患者均接受了前列腺MRI检查和血清PSA检测，检查时间间隔均不超过2周。所有患者的诊断均经前列腺穿刺或手术病理确诊。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查方法

(1) 所有患者均采用PHILIPS Ingenia1.5T超导磁共振实施MRI检查。检查前患者需适量充盈膀胱，取仰卧位，将线圈环绕于患者腹部。

(2) 参数设置。轴位T1WI: TR 600ms, TE15ms, FOV 220mm×220mm, 层厚4mm, 层间

距 0.4mm。轴位 T2WI: TR3000ms, TE100ms, FOV 220mm×220mm, 层厚 4mm, 层间距 0.4mm。矢状位 T2WI: TR3000ms, TE100ms, FOV 220mm×220mm, 层厚 4mm, 层间距 0.4mm。冠状位 T2WI: TR 3000ms, TE100ms, FOV 220mm×220mm, 层厚 4mm, 层间距 0.4mm。T2WI 压脂: TR3000ms, TE100ms, FOV 200mm×220mm, 层厚 4mm, 层间距 0.4mm。弥散加权成像 (DWI) 采用单次激发序列, *b* 值取 0s/mm²、1000s/mm²、2000s/mm²。

(3) 动态增强扫描 (Dynamic Contrast Enhanced, DCE)。采用 3D 快速场回波序列, TR/TE=4.0/1.7ms, 层厚 3mm, 无间隔, 矩阵 256×256, 时间分辨率为 7s/相, 共采集 35 个时相, 对比剂为钆喷酸葡胺 (规格 15mL:7.5mmol), 剂量为 0.1mmol/kg, 经肘静脉以 3mL/s 的速率注射, 后用 20mL 生理盐水冲洗。

根据 PI-RADS v2.1 标准对前列腺 MRI 进行评分, 主要评估指标包括 T2WI 信号特征、DWI 扩散受限程度及 DCE 血流特征。PI-RADS 评分标准为: 1 分 = 极不可能为临床意义肿瘤; 2 分 = 不太可能为临床意义肿瘤; 3 分 = 不确定是否为临床意义肿瘤; 4 分 = 可能为临床意义肿瘤; 5 分 = 极可能为临床意义肿瘤。本研究定义 PI-RADS 评分 ≥ 4 分为 MRI 阳性。

1.2.2 血清 PSA 检测方法

所有患者均在 MRI 检查前 2 周内采集空腹静脉血 5mL, 使用化学发光免疫分析法测定血清 PSA 水平。检测采用西门子 Atellica IM1600 全自动发光免疫分析仪及其配套试剂, 按照标准操作程序进行检测和质控。

1.3 观察指标

1.3.1 MRI 诊断效能

采用 PI-RADS 评分系统对前列腺 MRI 影像进行评估, PI-RADS 评分 ≥ 4 分判定为 MRI 阳性, <4 分判定为 MRI 阴性。记录 MRI 诊断结果与病理确诊结果的一致性, 计算真阳性、假阳性、真阴性和假阴性例数, 并进行卡方检验分析其相关性。

1.3.2 血清 PSA 水平比较

测定所有研究对象血清 PSA 水平, 比较前列腺癌组与非前列腺癌组 PSA 水平的差异。

1.3.3 诊断效能评价指标

分别计算 MRI 单独检测、血清 PSA 单独检测及两者联合检测的诊断效能指标: 敏感性、特异性、约登指数。

1.3.4 受试者特征曲线分析

对 MRI 单独检测、血清 PSA 单独检测及两者联合检测绘制受试者工作特征 (Receiver Operating Characteristic, ROC) 曲线, 计算曲线下面积 (Area Under the Curve, AUC) 及其 95% 置信区间 (95%Confidence Interval, 95%CI)。对不同检测方法的 AUC 值进行对比分析, 评估联合检测相对于单独检测的诊断价值提升程度。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行统计分析。计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 采用 t 检验比较前列腺癌组与非前列腺癌组 PSA 水平差异; 计数资料以频数表示, 采用 χ^2 检验分析 MRI 诊断结果与病理结果的一致性; ROC 曲线分析用于评估各诊断方法的敏感性、特异性及最佳临界值。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 MRI 诊断结果与病理结果的对比

卡方检验结果显示, MRI 诊断结果与病理结果存在高度统计学相关性 ($\chi^2=38.486$, $P=0.001$), 表明 MRI 诊断结果与病理结果之间的一致性具有真实的诊断意义。具体数据如表 1 所示。

表 1 MRI 诊断结果与病理结果的对比 (n)

Tab.1 Comparison of MRI diagnostic results with pathological findings (n)

MRI 诊断	病理确诊阳性	病理确诊阴性	合计	χ^2 值	P 值
MRI 阳性	33 (真阳性)	8 (假阳性)	41	38.486	0.001
MRI 阴性	9 (假阴性)	45 (真阴性)	54		
合计	42	53	95		

2.2 各组血清 PSA 水平比较

数据分析显示, 前列腺癌组患者的血清 PSA 水平 [(45.98±18.76) ng/mL] 明显高于非前列腺癌组患者的血清 PSA 水平 [(6.83±4.34) ng/mL], 差异具有统计学意义 ($t=2.346$, $P=0.021$)。

2.3 不同指标的诊断效能

表 2 表明, MRI 与血清 PSA 联合检测在前列

腺癌诊断中具有更高的特异性。

表2 单独检测与联合检测的诊断效能比较

Tab.2 Comparison of diagnostic efficacy between individual detection and combined detection

检测方法	敏感性	特异性	约登指数
PSA	0.810	0.830	0.640
MRI	0.786	0.849	0.635
MRI+PSA	0.762	0.932	0.724

2.4 ROC 分析结果

各指标单独检测与联合检测的 AUC 值均具有统计学意义 ($P=0.001$)。MRI 与血清 PSA 联合检测的 AUC 值高于两者单独检测的 AUC 值。具体数据如表 3 和图 1 所示。

表3 ROC 曲线分析结果
Tab.3 Results of ROC curve analysis

检测方法	AUC	95%CI	SE	P 值
PSA	0.817	0.909~0.726	0.047	0.001
MRI	0.893	0.829~0.956	0.032	0.001
MRI+PSA	0.933	0.979~0.887	0.024	0.001

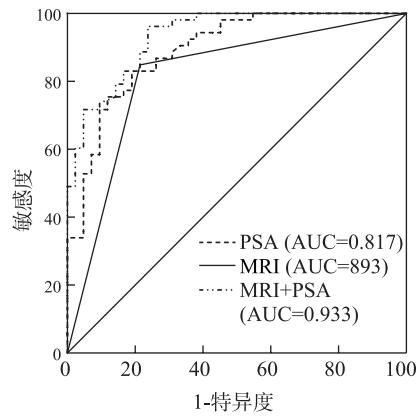


图1 单独检测与联合检测的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of individual detection and combined detection

3 讨论

本研究通过回顾性分析 95 例接受前列腺 MRI 检查和血清 PSA 检测的患者资料, 对 MRI 单独检测、血清 PSA 单独检测及两者联合检测在前列腺癌诊断中的效能进行了评估。研究结果表明, MRI 与血清 PSA 联合检测在前列腺癌诊断中具有明显优于单一检测方法的诊断价值。

3.1 MRI 在前列腺癌诊断中的价值

本研究采用 PI-RADS v2.1 标准对前列腺 MRI 进行评分, 结果显示, MRI 诊断结果与病理结果

存在高度的统计学相关性 ($P=0.001$)。MRI 单独检测的敏感性、特异性较高。这一结果与既往研究一致^[4], 表明 PI-RADS 评分系统作为一种标准化的影像诊断工具, 在前列腺癌检出方面具有较高的准确性和可靠性。MRI 诊断前列腺癌的优势主要体现在以下几个方面^[5-6]: 首先, 多参数 MRI 结合 T2WI、DWI 和 DCE 等多种序列, 能够从不同的角度评估前列腺组织的结构特征和功能改变, 全面反映肿瘤组织的病理生理学特性; 其次, PI-RADS 评分系统的应用使 MRI 诊断标准化, 降低了主观判读差异; 最后, MRI 对前列腺癌的定位诊断能力强, 可明确病灶范围及其与周围组织的关系, 为临床干预提供精确的影像学依据。然而, 本研究中的 MRI 仍存在部分假阴性和假阳性病例, 表明单纯依靠 MRI 进行诊断仍有一定的局限性。

3.2 血清 PSA 在前列腺癌筛查中的应用价值与局限性

本研究结果显示, 前列腺癌患者的血清 PSA 水平明显高于非前列腺癌患者 ($P=0.001$)。血清 PSA 作为前列腺癌筛查的传统生物标志物, 具有操作简便、无创性强的优点, 但其特异性不足是主要局限。在本研究中, 非前列腺癌组患者血清 PSA 水平同样存在不同程度的升高, 使鉴别诊断方面存在一定困难。此外, 血清 PSA 水平受多种因素的影响, 如年龄、前列腺体积、炎症等^[7-8], 这也限制了其作为单一诊断指标的准确性。

3.3 MRI 与血清 PSA 联合检测的协同效应

本研究的核心发现是 MRI 与血清 PSA 联合检测显著提高了前列腺癌的诊断效能, 联合检测模型的特异性高于单一检测方法。ROC 分析结果表明, 联合检测的 AUC 值达 0.933, 明显优于 MRI 单独检测和血清 PSA 单独检测。联合检测方法优于单一检测方法的原因在于两者互补的诊断信息: PSA 作为血清学标志物, 可提供全腺体水平的整体评估, MRI 则可提供精确的解剖定位和病灶特征信息。这种互补关系使两者结合能够弥补各自的不足, 特别是在以下几种情况下: ①当 PSA 水平轻度升高但不确定是否为肿瘤时, MRI 可进一步确认是否存在可疑病灶; ②当 MRI 图像出现边界不清或信号特

征不典型的可疑区域时，血清 PSA 水平可作为参考提高判断的可靠性；③对于临床表现不典型的患者，联合检测可提供更全面的评估依据，减少不必要的穿刺活检。

3.4 研究局限性和未来展望

本研究存在一定的局限性。首先，作为回顾性研究，本研究存在一定的选择偏倚；其次，样本量相对有限，尤其是各 Gleason 评分分级和临床分期的病例数不均衡，限制了分层分析的深入开展；再次，未将前列腺体积、年龄等因素纳入调整范围，这些因素可能会影响血清 PSA 水平；最后，未能纳入更多新型生物标志物（如 PSA 密度、游离 / 总 PSA 比值、前列腺健康指数 PHI 等^[9-10]）进行比较研究。未来研究可考虑以下方向：①扩大样本量并进行前瞻性研究设计；②纳入更多临床参数，构建更全面的预测模型；③探索将人工智能技术应用于 MRI 图像分析，减少主观判读误差；④研究 MRI 与多种生物标志物联合应用的预测模型，进一步提高诊断准确性；⑤探索 MRI 与血清 PSA 联合检测在不同 Gleason 评分分级前列腺癌中的诊断效能差异，为临床分级诊疗提供依据。在影像技术优化与智能分析方面，未来可重点探索 MRI 设备参数的精细化与标准化，提高图像质量与分辨率；开发基于深度学习的前列腺 MRI 辅助诊断系统，实现病灶自动分割与 PI-RADS 评分；建立包含影像组学特征的多模态诊断平台，整合定量影像数据与临床生物标志物；研发实时 MRI 引导下的精准穿刺导航系统，提高活检准确率。这些工程技术的发展将为前列腺癌的早期精准诊断提供有力支持，具有广阔的临床转化前景。

本研究结果表明，MRI 与血清 PSA 联合检测在前列腺癌诊断中具有协同效应，显著提高了诊断的敏感性、特异性和准确性。这一联合检测策略可为临床医师提供更可靠的诊断依据，有助于早期发现前列腺癌，同时减少不必要的侵入性检查，具有重要的临床应用价值。本研究所积累的多模态影像数据和临床病理数据将为未来发展基于深度学习的前列腺 MRI 智能分析系统提供重要的数据支撑。未来研究可集中于开发自动化 PI-RADS 评分系统，

通过卷积神经网络实现病灶自动分割与量化分析；构建前列腺癌诊断的多模态机器学习平台，整合影像组学特征与分子生物标志物，以及设计基于增强现实技术的精准引导穿刺系统。这些工程化技术的应用将进一步提升前列腺癌 MRI 诊断的准确性、客观性和标准化水平，推动精准医学在泌尿系统肿瘤领域的临床转化，具有广阔的应用前景和重要的社会经济效益。

参考文献

- [1] 江琴，周敏，王媛，等. 全身免疫炎症指数和预后营养指数对晚期前列腺癌病人预后的预测价值[J]. 护理研究, 2025, 39 (3) : 353-360.
JIANG Qin, ZHOU Min, WANG Yuan, et al. Predictive value of systemic immune-inflammation index and prognostic nutritional index on prognosis of patients with advanced prostate cancer[J]. Chinese Nursing Research, 2025, 39(3): 353-360.
- [2] 鲁果果，王轩轩，马爱珍. DWI 和 DCE 联合 PSA 检测对前列腺癌诊断价值研究 [J]. 罕少疾病杂志, 2025, 32 (1) : 113-115.
LU Guoguo, WANG Xuanxuan, MA Aizhen. Research on diagnostic value of DWI and DCE combined with PSA detection for prostate cancer[J]. Journal of Rare and Uncommon Diseases, 2025, 32(1): 113-115.
- [3] 吴昊. 多参数磁共振成像 PI-RADS v2.1 评分对前列腺癌的诊断效能分析 [J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9 (1) : 28-30, 35.
WU Hao. Analysis of diagnostic efficacy of PI-RADS v2.1 score based on multiparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer[J]. Journal of Imaging Research and Medical Applications, 2025, 9(1): 28-30, 35.
- [4] 陈彤，魏超刚，张跃跃，等. 基于多参数 MRI 影像组学结合 PI-RADS v2.1 和临床指标的新型列线图预测临床显著性前列腺癌 [J]. 临床放射学杂志, 2023, 42 (9) : 1471-1477.
CHEN Tong, WEI Chaogang, ZHANG Yueyue, et al. A novel nomogram based on multiparametric MRI radiomics combined with PI-RADS v2.1 and clinical indicators for predicting clinically significant prostate cancer[J]. Journal of Clinical Radiology, 2023, 42(9): 1471-1477.
- [5] 郑锦锐，李诗倩，粟宏伟，等. 多参数 MRI PI-RADS V2.1 评分对前列腺癌的诊断效能分析 [J]. 肿瘤预防与治疗, 2023, 36 (12) : 1032-1039.
ZHENG Jinrui, LI Shiqian, SU Hongwei, et al. Analysis of diagnostic efficacy of multiparametric MRI PI-RADS V2.1 score for prostate cancer[J]. Journal of Cancer Control and Treatment, 2023, 36(12):

- 1032-1039.
- [6] 白国杰, 李珂欣, 刘文远, 等. PI-RADS v2.1 与 PI-RADS v2 对前列腺癌诊断性能比较的 Meta 分析[J]. 肿瘤防治研究, 2023, 50(10): 981-987.
BAI Guojie, LI Kexin, LIU Wenyuan, et al. Meta-analysis comparing diagnostic performance of PI-RADS v2.1 versus PI-RADS v2 for prostate cancer[J]. **Cancer Research on Prevention and Treatment**, 2023, 50(10): 981-987.
- [7] 刘伊扬, 毛兴君, 夏佳东. 前列腺小体外泄蛋白联合 PSA 在 PSA “灰区”且 PI-RADS 评分 3 分前列腺癌诊断中的临床意义 [J]. 中华男科学杂志, 2024, 30 (7) : 597-603.
LIU Yiyang, MAO Xingjun, XIA Jiadong. Clinical significance of prostate-specific membrane antigen combined with PSA in the diagnosis of prostate cancer with PSA “gray zone” and PI-RADS score of 3[J]. **Chinese Journal of Andrology**, 2024, 30(7): 597-603.
- [8] 贾俊芳, 李文娟, 徐志宾. 基于前列腺癌原发灶的双参数 MRI 纹理分析及血清 PSA 与术后骨转移的关系分析 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22 (7) : 144-146.
JIA Junfang, LI Wenjuan, XU Zhibin. Analysis of biparametric MRI texture features of primary prostate cancer lesions and the relationship between serum PSA and postoperative bone metastasis[J]. **Chinese Journal of CT and MRI**, 2024, 22(7): 144-146.
- [9] 姚志祥, 刘婷, 周悦, 等. 炎症因子联合游离 / 总前列腺特异性抗原比值与前列腺健康指数密度检测在前列腺癌早期诊断中的临床应用 [J]. 实用检验医师杂志, 2023, 15 (3) : 306-310.
YAO Zhixiang, LIU Ting, ZHOU Yue, et al. Clinical application of inflammatory factors combined with free/total prostate-specific antigen ratio and prostate health index density in early diagnosis of prostate cancer[J]. **Chinese Journal of Clinical Pathologist**, 2023, 15(3): 306-310.
- [10] 李赵, 钱文斌, 吴伟. 前列腺健康指数评分及血清 β 2-微球蛋白对前列腺特异性抗原灰区前列腺癌的诊断价值 [J]. 泌尿外科杂志 (电子版), 2021, 13 (1) : 26-28.
LI Zhao, QIAN Wenbin, WU Wei. Diagnostic value of prostate health index score and serum β 2-microglobulin for prostate cancer in prostate-specific antigen gray zone[J]. **Journal of Urology for Clinicians (Electronic Version)**, 2021, 13(1): 26-28.