

· 论著 ·

对比平均ADC值与标准化ADC值在外周带及移行带前列腺癌鉴别诊断中的应用研究*

夏贤美¹ 曾勇明^{1,*} 刘 强¹ 贾昌凯² 周 宇¹ 娄 豪¹ 郑 月¹ 许锬文¹

1.宏仁一医院放射科(重庆 408400)

2.佳能医疗系统(中国)有限公司(四川 成都 610016)

【摘要】目的 对比评估DWI序列平均ADC值、标准化ADC值对外周带及移行带前列腺癌的鉴别诊断价值。方法 收集本院可疑前列腺癌行MRI检查患者25例,依据病理结果分为外周带前列腺癌、移行带前列腺癌和良性前列腺增生3组,行ADC值测量并计算标准化ADC值,比较3组的平均ADC值和标准化ADC值,利用ROC曲线评价诊断效能。结果 经病理证实后有移行带癌灶23个、外周带癌灶25个及良性前列腺增生灶24个。三组的平均ADC值部分数值接近,前列腺增生的标准化ADC值高于其他两组。移行带及外周带前列腺癌与前列腺增生比较,平均ADC值和标准化ADC值的差异均有统计学意义($P<0.05$)。ROC曲线评价,移行带前列腺癌与前列腺增生鉴别时标准化ADC值的曲线下面积明显高于平均ADC值(0.944 vs 0.715),特异性、敏感性及准确性均高于平均ADC值;外周带前列腺癌与前列腺增生鉴别时标准化ADC值的曲线下面积与平均ADC值相近(0.771 vs 0.800),敏感性和准确性均略高于平均ADC值,特异性较平均ADC值略低。结论 标准化ADC值较平均ADC值,移行带前列腺癌与前列腺增生鉴别时诊断效能更优,外周带前列腺癌与前列腺增生鉴别时诊断效能相当。

【关键词】前列腺癌;弥散加权成像;标准化ADC值;诊断价值

【中图分类号】R445

【文献标识码】A

【基金项目】重庆市南川区科技计划项目(Nckjcx20240401)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.3.045

Comparison of Mean ADC Values and Standardized ADC Values: An Application Study of the Differential Diagnosis in Peripheral Zone and Transitional Zone Prostate Cancer*

XIA Xian-mei¹, ZENG Yong-ming^{1,*}, LIU Qiang¹, JIA Chang-kai², ZHOU Yu¹, LOU Hao¹, ZHENG Yue¹, XU Qiang-wen¹.

1.Department of Radiology, Chongqing Hongren Yi Hospital, Chongqing 408400, China

2.Canon Medical Systems [China] Co.LTD, Chengdu 610016, Sichuan Province, China

Abstract: **Objective** To compare the value of mean apparent diffusion coefficient(ADC) and standardized ADC value in diffusion-weighted imaging(DWI) for the differential diagnosis of peripheral zone(PZ) prostate cancer(Pca), transitional zone(TZ) prostate cancer and benign prostatic hyperplasia (BPH). **Methods** Twenty-five patients with suspected prostate cancer who had undergone MRI examination were retrospectively reviewed. The patients were divided into three groups by prostate pathology: PZ Pca, TZ Pca and BPH. The ADC values of three groups of prostate lesions were measured, the mean ADC values and the standardized ADC values were calculated. The ADC values of PZ Pca, TZ Pca and BPH were compared with the standardized ADC values and the mean ADC values, while ROC curve is used to evaluate the diagnostic efficiency of the mean ADC value and standardized ADC value. **Results** A total of 72 lesions were confirmed by pathology, among which 23 lesions were PZ Pca, 25 lesions were TZ Pca and 24 lesions were BPH. The mean ADC values of PZ Pca, TZ Pca and BPH were close to each other, however, the standardized ADC values of BPH were higher than those of PZ Pca and TZ Pca. Regardless of average ADC value or standardized ADC value, TZ Pca and PZ Pca were compared with BPH, The differences were statistically significant ($P<0.05$). The area under the curve of the standardized ADC values in the differentiating PZ Pca from BPH significantly higher than that of the mean ADC value (0.944 vs 0.715), and its specificity, sensitivity and accuracy were higher than that of the mean ADC value. The area under the curve of the standardized ADC values in the differentiating TZ Pca from BPH was similar to the mean ADC values (0.771 vs 0.800), the specificity and accuracy were higher than the mean ADC values, but the specificity was slightly lower than the mean ADC values. **Conclusion** The diagnostic efficiency of standardized ADC value was better than average ADC value in the differential diagnosis of TZ Pca and BPH. The diagnostic efficacy of standardized ADC values in differential diagnosis of PZ Pca and BPH was equivalent to the average ADC value.

Keywords: Prostate Cancer; Diffusion-weighted Imaging; Standardized ADC Value; Diagnostic Value

前列腺癌是男性常见恶性肿瘤,其发病率逐年上升^[1-2],严重影响男性健康。研究表明^[3-4],DWI序列的表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值可一定程度反映前列腺癌的恶性程度,在前列腺癌的研究中发挥越来越大的作用^[5]。平均ADC值可以作为鉴别前列腺癌的一个重要指标,然而,平均ADC值可能受到多种因素的影响,如成像参数、测量误差、患者个体差异等,因此单独应用平均ADC值进行诊断可能存在一定的局限性,相对平均ADC值,标准化ADC值可以减少个体差异和成像参数对ADC值的影响,提高诊断的准确性,从而提高不同研究之间的可比性,具有广泛的临床推广价值^[6]。目前关于前列腺疾病标准化ADC值的研究文章相对较少报道。本文通过测量外周带前列腺癌、移行带前列腺癌及前列腺增生结节、参考部位的ADC值并计算标准化ADC值,对比评估平均ADC值、标准化ADC值在

外周带前列腺癌和移行带前列腺癌鉴别诊断中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 搜集2019年11月至2023年7月期间我院收治的怀疑前列腺癌的临床及影像学资料。

纳入标准:所有患者术前均行规范的MRI检查,包括T₁WI、T₂WI、动态增强(dynamic contrast enhanced, DCE)-T₁WI、DWI;MRI检查发现明确占位性病变,影像学高度怀疑前列腺癌;MRI检查完成后进行穿刺活检或根治性前列腺切除术,术后病理证实为前列腺癌。最终纳入研究病例25例,患者平均年龄75岁,年龄范围62~86岁。

1.2 影像学检查 采用东芝(佳能)Vantage Elan 1.5T核磁共振机进行检查,用16通道腹部相控阵线圈,行MRI横轴位、冠状位和

【第一作者】夏贤美,女,主治医师,主要研究方向:腹部MR成像及诊断。E-mail: 503052338@qq.com

【通讯作者】曾勇明,男,教授,主要研究方向:MR技术开发与临床应用。E-mail: zeng-ym@163.com

矢状位扫描,扫描范围包括腹主动脉分叉处到耻骨联合下方。横轴位T₂WI扫描参数:TR=3500ms,TE=90ms,层厚4mm,层间距1mm,矩阵224×320;冠状位T₂WI扫描参数:TR=3200ms,TE=90ms,层厚3mm;矢状位T₂WI扫描参数:TR=4000ms,TE=75ms,层厚4mm;横轴位T₁WI扫描参数:TR=676,TE=10,层厚3mm,层间距0.8mm,矩阵224×320;DWI序列参数:TR=4500ms,TE=80ms,层厚4mm,层间距1mm,矩阵128×128,FOV 26×37cm,b值为0、1000S/mm²。

1.3 图像处理及分析 扫描完成的图像在影像工作站进行处理和测量。将感兴趣区(regions of interest, ROI)放置在病灶中央及前列腺正常外周带,并避开尿道和血管神经束,测量ADC值,每次放置ROI大小保持一致,约9~11mm²。标准化ADC值=ADC_{病灶}/ADC_{参考标准},其中ADC_{病灶}是前列腺病灶的ADC值,ADC_{参考标准}是前列腺正常外周带组织的ADC值^[4]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计学处理,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示。采用两独立样本t检验,比较平均ADC值和标准化ADC值的差异性;绘制ROC曲线,分别评估移行带前列腺癌与良性前列腺增生鉴别、外周带前列腺癌与良性前列腺增生鉴别的诊断效能。均以P<0.05认为差异有统计学意义。

2 结果

本组纳入分析患者共25例,其中前列腺癌患者17例,包括移行带癌灶23个,外周带癌灶25个;良性前列腺增生患者8例,包括前列腺增生结节病灶24个。本组移行带前列腺癌、外周带前列腺癌及良性前列腺增生病例的T₂WI、DWI序列及ADC图影像表现见图1~图3。

2.1 不同组织的平均ADC值及标准化ADC值比较 前列腺移行带癌灶和外周带癌灶平均ADC值和标准化ADC值均低于良性前列腺增生。本组移行带、外周带癌灶平均ADC值分别为 1.11 ± 0.04 (1.07~1.15)、 1.00 ± 0.09 (0.91~1.09),前列腺增生平均ADC值为 1.35 ± 0.09 (1.26~1.44),虽然数值未重叠,但部分数值相当接近。前列腺增生的标准化ADC值为 0.94 ± 0.02 (0.92~0.96),而移行带癌灶和外周带癌灶的标准化ADC值分别为 0.65 ± 0.01 (0.64~0.66)、 0.75 ± 0.06 (0.69~0.81),前列腺增生标准化ADC值高于后两者的标准化ADC值,且数值差异更大,有助于三者之间的鉴别。见表1。

2.1.1 移行带前列腺癌与前列腺增生组 两组平均ADC值和标准化ADC值比较,差异均有统计学意义(P<0.05),见表2。

2.1.2 外周带前列腺癌与前列腺增生组 两组平均ADC值和标准化ADC值比较,差异均有统计学意义(P<0.05),见表3。

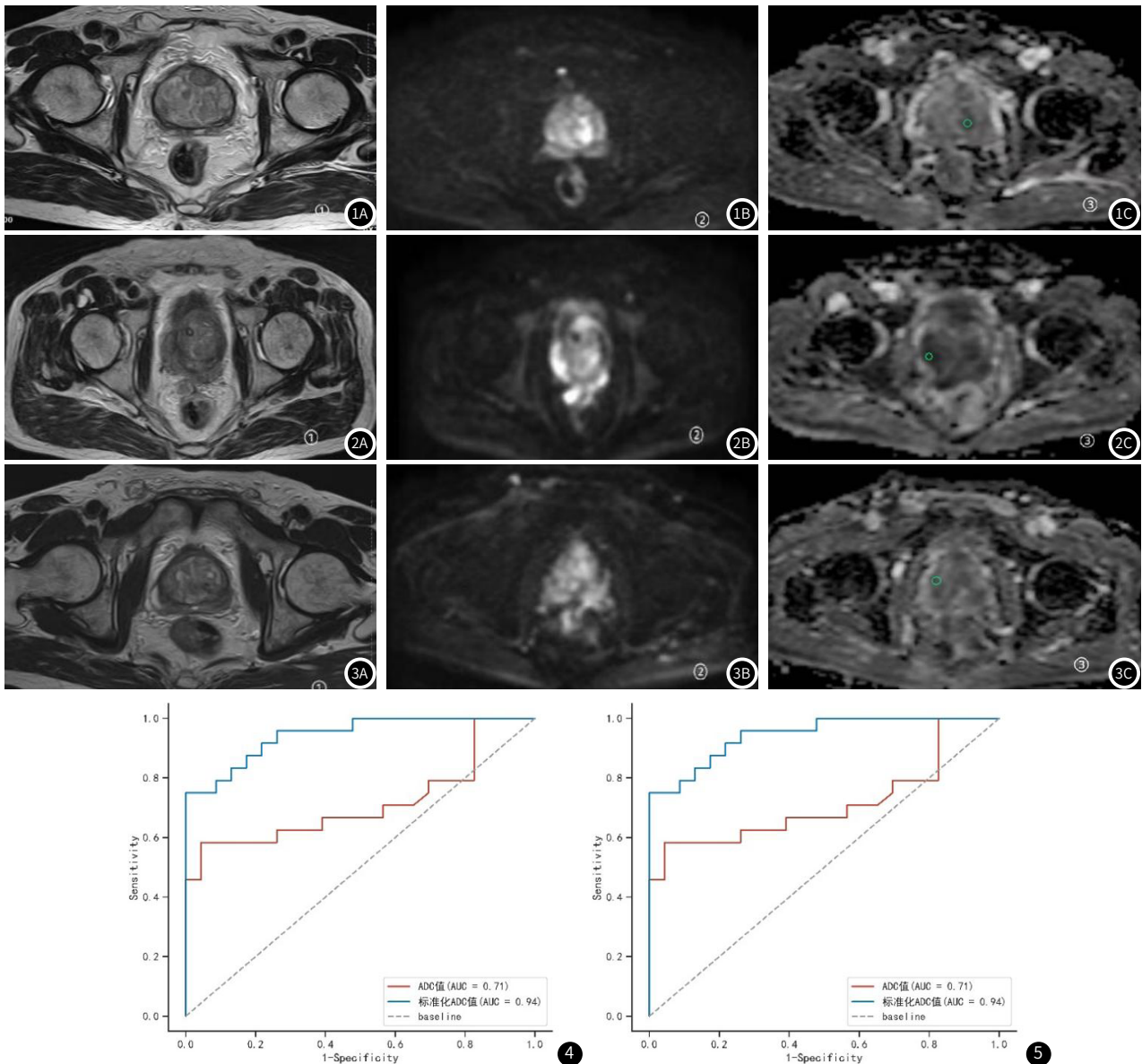


图1 80岁前列腺癌患者,图1A T₂WI序列示左侧移行带斑片状稍低信号影,边界欠清;图1B DWI序列示同层面病灶呈高信号;图1C ADC图显示同层面病灶为低信号,平均ADC值=1.140,标准化ADC值=0.650。图2 69岁前列腺癌患者,图2A T₂WI序列示右侧外周带斑片状稍低信号影,边界欠清;图2B DWI序列示同层面病灶呈高信号;图2C ADC图显示同层面病灶为低信号,平均ADC值=0.756,标准化ADC值=0.692。图3 62岁前列腺增生患者,图3A T₂WI序列示前列腺中央腺体增大,见多个稍高信号结节影;图3B DWI序列示同层面病灶未见弥散受限;图3C ADC图显示同层面病灶为稍低信号,平均ADC值=1.755,标准化ADC值=0.954。图4 ADC值及标准化ADC值鉴别移行带前列腺癌与前列腺增生的ROC曲线。图5 平均ADC值及标准化ADC值鉴别外周带前列腺癌与前列腺增生的ROC曲线。

表1 移行带前列腺癌与前列腺增生结节的平均ADC值及标准化ADC值比较(min-max)

组别	病灶数(n)	平均ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	标准化ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)
移行带前列腺癌	23	1.11 $\pm$ 0.04(1.07-1.15)	0.65 $\pm$ 0.01(0.64-0.66)
外周带前列腺癌	25	1.00 $\pm$ 0.09(0.91-1.09)	0.75 $\pm$ 0.06(0.69-0.81)
前列腺增生	24	1.35 $\pm$ 0.09(1.26-1.44)	0.94 $\pm$ 0.02(0.92-0.96)

表2 不同组织的平均ADC值及标准化ADC值比较

组别	病灶数(n)	平均ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	标准化ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)
移行带前列腺癌	23	1.11 $\pm$ 0.04	0.65 $\pm$ 0.01
前列腺增生	24	1.35 $\pm$ 0.09	0.94 $\pm$ 0.02
F		10.47	51.42
P		0.00	0.00

表3 外周带前列腺癌与前列腺增生结节的平均ADC值及标准化ADC值比较

组别	病灶数(n)	平均ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)	标准化ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)
外周带前列腺癌	25	1.00 $\pm$ 0.09	0.75 $\pm$ 0.06
前列腺增生	24	1.35 $\pm$ 0.09	0.94 $\pm$ 0.02
F		16.82	10.92
P		0.00	0.00

表4 平均ADC值及标准化ADC值鉴别移行带前列腺癌与前列腺增生结节的诊断效能

特征	N	AUC	敏感性(%)	特异性(%)	准确性(%)
平均ADC值	47	0.715	0.583	0.957	0.540
标准化ADC值	47	0.944	0.750	1.000	0.750

表5 平均ADC值及标准化ADC值鉴别外周带前列腺癌与前列腺增生的诊断效能

特征	N	AUC	敏感性(%)	特异性(%)	准确性(%)
平均ADC值	49	0.800	0.667	0.800	0.467
标准化ADC值	49	0.771	0.792	0.720	0.512

存在较大差异,从而降低了研究的可比性。其中选用b值的不同对ADC值影响最大,但目前对b值的选取并无统一标准^[13]。这些因素均使得ADC值的临床应用受到限制。针对这种情况, Lim等^[14]提出标准化ADC值的概念, 标准化ADC值的计算公式为: 标准化ADC 值=ADC_{病灶}/ADC_{参考标准}, 其中ADC病灶为前列腺病灶的ADC值, ADC参考标准为前列腺正常外周带的ADC值。前列腺的外周带和移行带在解剖结构及病理特征上有所不同, 正常外周带主要由腺体构成, 组织结构单一, 其ADC值的变化范围相对较小, 因此外周带适宜作为标准化ADC值的参考组织; 近年来, 已有类似研究见诸文献报道^[15-18], 均以正常前列腺外周带作为参照标准。本研究参照此标准, 分别对移行带前列腺癌、外周带前列腺癌及前列腺增生结节ADC值进行标准化。

文献报告^[19], 前列腺癌的平均ADC值明显低于正常前列腺外周带; 前列腺癌和前列腺增生结节的对比, 两者差异无统计学意义。Bevhan等^[20]报告, 前列腺外周带恶性病灶的平均ADC值明显低于良性前列腺组织。杨栋等^[6]认为, 大部分研究者得到的前列腺癌组织的ADC值和正常前列腺组织间存在不同程度重叠。本组病例移行带前列腺癌灶23个、外周带前列腺癌灶25个及前列腺增生病灶24个, 经测量并计算得到平均ADC值和标准化ADC值结果表明, 3组平均ADC值中部分数值较为接近, 标准化ADC值可有效避免此现象; 前列腺增生标准化ADC值(0.94 $\pm$ 0.02)明显高于移行带前列腺癌灶、外周带前列腺癌灶的标准化ADC值(0.65 $\pm$ 0.01、0.75 $\pm$ 0.06), 提示标准化ADC值有助于三者的鉴别。本研究表明, 鉴别外周带前列腺癌与前列腺增生, 标准化ADC值与平均ADC值的能力相当。

本研究通过ROC曲线分析平均ADC值及标准化ADC值对移行带前列腺癌灶和前列腺增生结节的诊断效能, 结果显示标准化ADC值的曲线下面积(AUC)明显高于ADC值, 且标准化ADC值的灵敏度、准确性均高于平均ADC值。对于外周带前列腺癌灶和前列腺增生结节的诊断效能, ROC曲线分析结果显示, 平均ADC值及标准化ADC值的ROC曲线下面积(AUC)两者接近, 平均ADC值的特异性略高于标准化ADC值, 但标准化ADC值的灵敏度、准确度均高于平均ADC值。因此, 对移行带前列腺癌灶与前列腺增生鉴别的诊断效能, 标准化ADC值优于平均ADC值; 对外周带前列腺癌灶和前列腺增生鉴别的诊断效能, 标准化ADC值等效于平均ADC值。

2.2 平均ADC值及标准化ADC值的ROC曲线分析

2.2.1 移行带前列腺癌与前列腺增生的鉴别 平均ADC值和标准化ADC值对移行带癌灶与前列腺增生鉴别的ROC曲线分析, 见图4和表4。标准化ADC值的ROC曲线下面积明显高于平均ADC值(0.944 vs 0.715); 标准化ADC值的特异性、敏感性及准确性均高于平均ADC值。

2.2.2 外周带前列腺癌与前列腺增生的鉴别 平均ADC值和标准化ADC值对外周带癌灶与前列腺增生鉴别的ROC曲线分析, 见图5和表5。标准化ADC值ROC曲线下面积与平均ADC值的相近(0.771 vs 0.800); 标准化ADC值的敏感性和准确性略高于平均ADC值, 但特异性较平均ADC值略低。

3 讨论

MRI技术为前列腺癌诊断的重要依据,DWI序列和ADC值可对机体组织水分子扩散进行定性、定量分析,从而提高MRI诊断前列腺癌的准确性^[7-8]。DWI与传统的MRI技术不同,在施加扩散敏感梯度场方向上,扩散越自由,失相位越大,组织信号衰减越明显,DWI图上表现为低信号,反之表现为高信号^[9]。磁共振设备不同以及所选用的b值不同,测得前列腺组织的ADC值亦不相同。有文献报道^[10-12],外周带前列腺癌及正常外周带的平均ADC值($\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$)范围分别为 0.99~1.38、1.57~1.82,可见ADC值

