

论 著

MRI对PVP/PKP术后相邻椎体骨折风险的预测价值

贺 倩 杜小丽* 张波莉

四川省成都市中西医结合医院放射科
(四川 成都 610041)

【摘要】目的 探讨MRI在预测骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)经皮椎体成形术后相邻椎体骨折风险中的价值。方法 纳入2017年12月~2020年12月收治的148例OVCF患者, 其中88例行经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)或经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP), 60例行保守治疗, 两组患者治疗前行MRI检查, 治疗后行DR、MRI进行复查, 分析并评价相邻椎体骨折发生率的差异。结果 两组患者治疗后相邻椎体骨折发生率($\chi^2=0.332$, $P=0.565$)无统计学意义($P>0.05$), 发生相邻椎体骨折随访时间($\chi^2=5.334$, $P=0.021$)有统计学意义($P<0.05$); PVP / PKP术中椎体裂隙($\chi^2=11.537$, $P=0.001$)、终板损伤($\chi^2=4.596$, $P=0.032$)、达终板骨折线($\chi^2=12.329$, $P=0.000$)、椎间盘损伤($\chi^2=4.545$, $P=0.033$)对相邻椎体骨折有统计学意义($P<0.05$), 骨水泥渗漏($\chi^2=0.417$, $P=0.519$)、骨水泥分布形态($\chi^2=5.718$, $P=0.221$)无统计学意义($P>0.05$)。结论 与保守治疗相比, 椎体成形术不会增加邻近椎体骨折的风险, 但PVP / PKP术后邻近椎体骨折时间短于保守治疗, 所以我们建议OVCF患者行PVP / PKP术前、术后, 仍需通过MRI对椎体裂隙、终板损伤、椎间盘损伤、达终板骨折线这些危险因素进行评估。

【关键词】骨质疏松性椎体压缩骨折; 椎体成形术; 相邻椎体骨折; MRI; DR

【中国分类号】R683.2; R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.057

The Risk Prediction of Adjacent Vertebral Fracture after PVP / PKP Via MRI

HE Qian, DU Xiao-li*, ZHANG Bo-li.

Department of Radiology, Chengdu First People's Hospital, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To observe imaging features of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF) to predict the risk of adjacent vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty. **Methods** A retrospective analysis of the clinical data of 148 cases with OVCF of 2017.12-2020.12 in our hospital, and 88 cases who was performed with percutaneous vertebroplasty (PVP) or percutaneous kyphoplasty (PKP), and 60 cases underwent conservative treatment. Both groups underwent MRI before treatment, DR and MRI for reexamination after treatment. Then summarize and evaluate the difference about the incidence of adjacent vertebral fractures between the two groups. **Results** After treatment, the incidence of adjacent vertebral fractures in the two groups ($\chi^2=0.332$, $P=0.565$) was not statistically significant ($P>0.05$), and the follow-up time of adjacent vertebral fractures ($\chi^2=5.334$, $P=0.021$) was statistically significant ($P<0.05$). In the PVP / PKP group, with intravertebral clefts ($\chi^2=11.537$, $P=0.001$), endplate injuries ($\chi^2=4.596$, $P=0.032$), fracture line reaches the endplate ($\chi^2=12.329$, $P=0.000$) and intervertebral disc injuries ($\chi^2=4.545$, $P=0.033$) were associated with the adjacent vertebral fractures ($P<0.05$), while bone cement leakage ($\chi^2=0.417$, $P=0.519$) and bone cement distribution ($\chi^2=5.718$, $P=0.221$) were not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion** Compared with conservative treatment, percutaneous vertebroplasty do not lead to an increasing incidence of adjacent vertebral fractures following, however, the time of adjacent vertebral fracture after PVP / PKP was shorter than that of conservative treatment. So we suggest OVCF still need observe imaging features about intravertebral clefts, endplate injuries, fracture line reaches the endplate and intervertebral disc injuries before PVP / PKP.

Keywords: Osteoporotic Vertebral Compression Fractures; Percutaneous Vertebroplasty; Adjacent Vertebral Fractures; MRI; DR

由于人口老龄化, OVCF正成为一个重要的健康问题, 可引起疼痛、肢体功能受限、生活质量下降, 并增加死亡率^[1]。对于OVCF的传统治疗方法包括卧床休息、止痛剂、支架和物理治疗^[2]。随着过去二十年来微创脊柱外科技术的发展, 椎体增强术包括PVP(骨水泥直接注入椎体骨折处)和PKP术(在骨水泥前气囊先在骨内形成空洞)可以使OVCF患者更早地恢复正常生活, 在缓解疼痛、改善功能和缩短恢复时间方面显示出极大的优势, 避免药理学和传统疼痛治疗的直接和间接副作用, 已经成为目前普遍应用的治疗手段^[3]。尽管PVP / PKP术的益处已被证实, 然而任何新的医疗技术都有一定的并发症和风险, 例如骨水泥渗漏引起的相关并发症、新的椎体骨折在PVP / PKP术后随访期间也有报道^[4-5], 术后邻近椎体骨折是否仅仅是骨质疏松症自然进展的结果, 还是应该将其视为PVP / PKP术的最严重的并发症之一仍存在争议。本研究纳入近三年分别行PVP / PKP术、保守治疗的OVCF患者作为研究对象, 结合MRI、DR检查, 对邻近椎体骨折主要风险因素进行预测, 希望能进一步为临床提供信息, 最大限度规避风险。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2017年12月至2020年12月在我院收治的148例OVCF患者: (1)接受PVP / PKP治疗的OVCF患者88例, 男13例、女73例; 其中年龄 ≤ 70 岁20例、70-80岁38例、 ≥ 80 岁28例; 手术椎体位于胸椎(T5-T10)16例、胸腰段(T11-L2)58例、腰椎(L3-L5)12例; 其中行PKP术66例、PVP术20例; (2)保守治疗的OVCF患者60例, 男13例、女47例; 其中年龄 ≤ 70 岁4例、70-80岁34例、 ≥ 80 岁22例; 责任椎体位于胸椎(T5-T10)15例、胸腰段(T11-L2)41例、腰椎(L3-L5)4例。从治疗方式(PVP / PKP、保守治疗)、性别、年龄、压缩骨折椎体部位方面评估相邻椎体骨折发生率的差异。

1.2 仪器与方法 MR检查采用 Philips Achieva 1.5T MR扫描仪进行胸腰椎扫描。胸椎扫描参数: 矢状位T₁WI, TR 457 ms、TE 8 ms; 矢状位T₂WI, TR 4000 ms, TE 95 ms; 矢状位短时间反转恢复序列(short time inversion recovery, STIR), TR 3291 ms, TE 80 ms。腰椎扫描参数: 矢状位T₁WI, TR 528 ms、TE 8 ms; 矢状位T₂WI, TR 3604 ms, TE 110 ms; 矢状位短时间反转恢复序列(short time inversion recovery, STIR), TR 3291 ms, TE 80 ms。胸腰椎正侧位片采用GE Definium 6000。

1.3 影像分析 由2名经验丰富的影像科医师对两组患者(PVP / PKP治疗、保守治疗)的影像表现特征进行分析。治疗前MRI图像: 病椎椎体裂隙、终板损伤、骨折线达终板、椎间盘损伤, 见图1A、图1B、图1C。PVP / PKP术后DR、MRI图像: 骨水泥椎间盘渗漏, 见图2; 骨水泥分布形态^[6], 见图3A、图3B、图3C、图3D、图3E; 相邻椎体骨折情况。

1.4 统计学方法 采用SPSS 20.0软件处理数据, 计数资料行 χ^2 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

【第一作者】贺 倩, 女, 主治医师, 主要研究方向: MRI。E-mail: 704465747@qq.com

【通讯作者】杜小丽, 女, 主治医师, 主要研究方向: MRI。E-mail: xhxqxy2021@qq.com

2 结 果

2.1 接受PVP / PKP治疗的88例OVCF患者 随访36个月发现36例患者出现术后相邻椎体骨折，其中发生相邻椎体骨折随访时间≤3个月患者11例。保守治疗的60例OVCF患者，随访36个月发现28例患者出现术后相邻椎体骨折，其中发生相邻椎体骨折随访时间≤3个月患者2例。两组患者治疗后相邻椎体骨折发生率比较，差异无统计学意义 ($P>0.05$)；发生相邻椎体骨折随访时间比较，具有统计学意义 ($P<0.05$)。见表1。

2.2 接受PVP / PKP治疗的88例OVCF患者 临床相关因素对术后相邻椎体骨折发生率的影响：性别、年龄、手术方式、椎体部位均无统计学意义 ($P>0.05$)，见表2。PVP / PKP术前病椎影像表现对邻近椎体骨折发生率的影响：椎体裂隙、终板损伤、达终板骨折线、椎间盘损伤比较有统计学意义 ($P<0.05$)；骨水泥渗漏、骨水泥分布形态比较无统计学意义 ($P>0.05$)，见表3。且病椎椎体裂隙、终板损伤、骨折线达终板、椎间盘损伤与PVP/PKP后骨

水泥渗漏并无相关性 ($P>0.05$)，见表4。

2.3 保守治疗的60例OVCF患者 临床相关因素对相邻椎体骨折发生率的影响：年龄、椎体部位无统计学意义；性别比较具有统计学意义。责任椎体影像表现对邻近椎体骨折发生率的影响：椎体裂隙、终板损伤、达终板骨折线、椎间盘损伤比较无统计学意义 ($P>0.05$)。见表5。

表1

组别	例数	有无相邻椎体骨折		发生相邻椎体骨折距离首次OVCF的时间	
		有	无	≤3个月	>3个月
PVP / PKP	88	36	50	11	25
保守	60	28	32	2	26
χ^2		0.332		5.334	
P		0.565		0.021	

表2

组别	例数	性别		年龄			手术方式		手术椎体部位		
		男	女	≤70	70-80	≥80	PVP	PKP	胸椎T5-T10	胸腰段T11-L2	腰椎L3-L5
PVP / PKP术后有无邻近椎体骨折	有	36	7	29	6	20	10	26	9	23	4
	无	50	6	44	14	18	10	40	7	35	8
χ^2		0.904		3.402			0.709		0.312		
P		0.342		0.128			0.400		0.855		

表3

组别	例数	椎体裂隙		终板损伤		骨折线达终板		椎间盘损伤		骨水泥渗漏		骨水泥分布形态					
		有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	I型	II型	III型	IV型	V型	
PVP / PKP术后有无邻近椎体骨折	有	36	16	20	36	0	35	1	12	24	4	32	24	8	1	2	1
	无	50	6	44	42	8	33	17	7	43	8	42	34	4	2	9	1
χ^2			11.537		4.596		12.329		4.545		0.417		5.718				
P			0.001		0.032		0.000		0.033		0.519		0.221				

表4

组别		例数	椎体裂隙		终板损伤		骨折线达终板		椎间盘损伤	
			有	无	有	无	有	无	有	无
PVP / PKP术后骨水泥渗漏	有	12	3	9	12	0	12	0	5	7
	无	74	19	55	66	8	56	18	14	60
χ^2			0.002		1.430		3.369		3.104	
P			0.960		0.232		0.055		0.078	

表5

组别		例数	性别		年龄			责任椎体部位			椎体裂隙		终板损伤		骨折线达终板		椎间盘损伤	
			男	女	≤70	70-80	≥80	胸椎T5-T10	胸腰段T11-L2	腰椎L3-L5	有	无	有	无	有	无	有	无
保守治疗有无邻近椎体骨折	有	28	2	26	1	18	9	6	18	4	10	18	25	3	24	4	8	20
	无	32	11	21	3	16	13	9	23	0	10	22	31	1	28	4	12	20
χ ²			6.525		0.792			4.965			0.134		1.382		0.041		0.536	
P			0.011		0.673			0.084			0.714		0.240		0.839		0.464	

3 讨 论

关于PVP / PKP术后是否通过诱导或促进随后相邻椎体骨折而增加骨折率仍存在争议，许多研究者试图通过生物力学和临床研究来探讨这个问题，对相邻椎体骨折提出了可能的机制，怀疑可能与一些危险因素有关，如水泥渗漏到椎间盘、术前骨坏死等^[7-10]，但仍没有证据表明椎体成形术导致相邻椎体骨折。在我们的研究中，PVP / PKP术后40.9%的患者、保守治疗后46.7%的患者在初次骨折后3年内发现了相邻椎体骨折，与保守治疗的结果比较，没有证据表明PVP / PKP术后相邻椎体骨折的总体发生率

增加。因此，我们推测PVP / PKP术后相邻椎体骨折可能反映了疾病的自然发展进程，不仅仅是骨质疏松症自然发展的结果，也有可能由于椎体骨折改变了脊柱的生物力学特性，即使不进行手术，相邻椎体最终也可能骨折。有证据表明OVCF患者早期压缩性骨折后再发椎体骨折最重要的影响因素是骨质疏松的程度和脊柱骨折区棘突的生物力学改变^[11]，既往研究^[12]提示OVCF患者潜在的病理学增加了骨折发生的可能性，而第一次骨折仅仅是前哨事件，Voormolen等人^[13]也报道了有三次或三次以上骨折的患者有更高的骨折发生率，这与本研究结果一致。

Uppin等人^[14]描述了在椎体成形术后出现36例新的椎体骨折,其中24例(67%)新骨折发生在椎体成形术后30天内;另有文献表明^[15],大多数邻近椎体骨折发生在PVP术后的前3个月。我们的研究将两组OCVF患者新发邻近椎体骨折发生的时间进行对照研究,其中PVP / PKP术后的前3个月发生相邻椎体骨折11例,保守治疗后的前3个月发生相邻椎体骨折2例,椎体成形术后邻近椎体骨折发生时间短于保守治疗,与既往研究结果一致。我们分析了可能影响这个结果的相关因素,发现接受PVP / PKP术的OVCF患者中,其椎体裂隙、终板损伤、骨折线达终板、椎间盘损伤对术后相邻椎体骨折的发生率有影响,而接受保守治疗的OVCF患者中,其椎体裂隙、终板损伤、骨折线达终板、椎间盘损伤对相邻椎体骨折的发生率无统计学意义。有研究^[16]发现,OVCF患者中椎体内裂隙发生率为7% - 37%,目前多数观点认为OVCF合并椎体内裂隙与Kümmell病并非同一种疾病,椎体内裂隙绝大多数具有明确外伤史,受伤后立即表现出疼痛症状,而责任椎体导致疼痛是手术的适应症。椎体内裂隙提示骨坏死的存在,是椎体内部的一个充满液体或空气的腔体,当行椎体成形术注射骨水泥时,由于裂隙内压力较低,导致骨水泥在裂隙内致密分布,随后骨水泥从裂隙渗漏,这导致椎体和相邻椎体受力不均匀,增加了发生新骨折的风险。Yu等^[17]对OVCF患者行PVP / PKP术进行了大样本回顾性分析,病椎合并椎体内裂隙的患者术后更容易发生椎体塌陷,尤其是当裂隙靠近终板周围时,并且并发症的发生率也有所增高。众所周知,椎体终板是腰椎生物力学薄弱环节,OVCF患者中终板骨折的发生率很高;如果骨折线累及椎体上方椎间盘的软骨终板,该椎间盘即有损伤,所以OVCF患者椎间盘损伤的发生率是很高的。骨质疏松性椎体骨折后终板凹陷会损害椎间盘将负荷均匀分配到相邻节段的能力,椎间盘-椎体交界处是一个应力分布不均匀的区域,可能直接影响相邻水平的生物力学。椎间盘和韧带在骨折稳定性和愈合能力中起着重要的作用,椎间盘损伤导致椎间隙高度丢失、后凸畸形加重,可能增加相邻椎体骨折率。这与我们结果一致,因此我们推测,尽管我们可以忽略PVP / PKP术与邻近椎体骨折之间的因果关系,但当OVCF椎体伴有椎体裂隙、终板损伤、达终板骨折线、椎间盘损伤这些危险因素,在接受PVP / PKP术治疗时,仍然需要对以上危险因素引起重视和关注。Wei等^[18]通过MR技术指导微创手术,取得较好的疗效。

我们的研究发现PVP / PKP后骨水泥渗漏、骨水泥分布形态对随后相邻椎体骨折的发生率无影响,Rohlmann等^[19]建立的三

维非线性有限元模型显示,骨水泥对非骨折椎体的椎体内压和终板应力的影响要小得多,Khosla等^[20]在对椎体成形术后患者预后的大型回顾性分析中报道,未发现端板的骨水泥延伸或漏入椎间盘空间对术后2年的疼痛、功能或随后的骨折发生率有显著影响,这与我们的结果一致。有研究^[21]提示有终板损伤、达终板骨折线、邻近椎间盘损伤及椎体裂隙征象的骨水泥邻近椎间盘渗漏率有所增加,这与我们研究的结果不一致;既往研究^[22]表明PKP相比PVP能进一步改善OVCF病椎的裂隙修复,尽可能恢复椎体高度;在我们的研究中,大部分患者为低骨水泥量椎体成形术,且大部分患者行PKP术,所以术后骨水泥渗漏是非常小的,并且和DR相比,CT在诊断椎间盘骨水泥渗漏方面的敏感性更高,但较少用于临床随访,所以定量分析水泥渗漏不太可能得到不同的结果或具有实际意义。

本研究中,临床相关因素(年龄、椎体部位、手术方式)对邻近椎体骨折的影响无统计学意义,Kim等研究^[23]也发现,年龄和性别等因素被发现与相邻椎体骨折的风险无关,但是我们的研究中保守治疗组性别因素被发现与骨折的风险有相关性,这可能是由于样本量过少的原因。

研究有几个局限性:样本量少,两组研究对象数量不等,随访时间相对较短,只随访了有症状的相邻椎体骨折,然而,既往文献表明,几乎2/3的椎体骨折是无症状的^[24],邻近椎体骨折的发生率可能被低估。此外,多项研究表明低骨密度与术后再发骨折具有正相关性,本研究不足之处在于未对患者骨折后是否服用治疗骨质疏松药物、患者骨密度和体重指数进行评估。

4 结 论

与保守治疗相比,我们的研究结果不支持椎体成形术会增加邻近椎体骨折的风险的假设。我们认为随后的椎体骨折是骨质疏松和PVP / PKP术的累积或协同作用。尽管我们可以忽略PVP / PKP术与邻近椎体骨折之间的因果关系,但是PVP / PKP术后邻近椎体骨折时间短于保守治疗,术椎终板损伤、椎体裂隙、椎间盘损伤、达终板骨折线等危险因素仍需引起重视,我们不能忽视这些诱发因素的临床重要性,因此,必须给予这些患者更多的关注,提供严格的卧床休息、脊柱支撑、MR技术指导手术等方面增加脊柱的稳定性并减少相邻椎体骨折,我们仍需要提供更为全面的研究结果,以供临床外科医生参考。



治疗前OVCF患者MRI图像: 图1A 压脂序列, 图1B 为T₂WI序列, 图1C 为T₁WI序列。椎体裂隙(星号): 压脂及T₂WI序列椎体内见边界较清的脑脊液样高信号, T₁WI序列呈低信号。终板损伤、骨折线达终板(长箭头): 椎体终板连续性中断, 压脂及T₂WI序列终板区呈高信号, T₁WI序列呈低信号。椎间盘损伤(短箭头): 压脂及T₂WI序列椎间盘呈高信号提示椎间盘水肿、T₁WI序列椎间盘呈混杂高信号提示椎间盘破裂伴椎间盘内出血、椎间盘破裂进入椎体或终板突向椎间盘。PVP / PKP术后DR图像: 图2 骨水泥椎间盘渗漏: 高密度骨水泥影漏入椎间隙。图3A 骨水泥分布I型: 大部分骨水泥均匀分布在椎体内。图3B 骨水泥分布II型, 大部分骨水泥分布在椎体中央区。图3C 骨水泥分布III型, 大部分骨水泥分布在椎体两侧。图3D 骨水泥分布IV型, 大部分骨水泥分布在椎体一侧及中央。图3E 骨水泥分布V型, 大部分骨水泥分布在椎体一侧。)

参考文献

[1] Zethraeus N, Borgström F, Ström O, et al. Cost-effectiveness of the treatment and prevention of osteoporosis—a review of the literature and a reference model[J]. *Osteoporos Int*, 2007, 18(1): 9–23.

[2] Borgström F, Sobocki P, Ström O, et al. The societal burden of osteoporosis in Sweden[J]. *Bone*, 2007, 40(6): 1602–1609.

[3] Jarvinen SR, Yuan HA, Reiley MA, et al. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(14): 1511–1515.

[4] Venmans A, Klazen CA, Lohle PN, et al. Percutaneous vertebroplasty and pulmonary cement embolism: results from VERTOS II[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(8): 1451–1453.

[5] Al-Nakshabandi NA. Percutaneous vertebroplasty complications[J]. *Ann Saudi Med*, 2011, 31(3): 294–297.

[6] 袁德超, 吴超, 邓佳燕, 等. 基于Mimics软件分析椎体成形术后骨水泥形态和弥散程度的临床意义[J]. *中国组织工程研究*, 2019, 23(10): 1507–1513.

[7] Lamy O, Uebelhart B, Aubry-Rozier B, et al. Risks and benefits of percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty in the management of osteoporotic vertebral fractures[J]. *Osteoporosis international*, 2014, 25(3): 807–819.

[8] Bae JS, Park JH, Kim KJ, et al. Analysis of Risk Factors for Secondary New Vertebral Compression Fracture Following Percutaneous Vertebroplasty in Patients with Osteoporosis[J]. *World Neurosurg*, 2017, 99: 387–394.

[9] Sun YC, Teng MM, Yuan WS, et al. Risk of post-vertebroplasty fracture in adjacent vertebral bodies appears correlated with the morphologic extent of bone cement[J]. *J Chin Med Assoc*, 2011, 74(8): 357–362.

[10] 侯文根, 孙晓辉, 张超, 等. 老年椎体压缩性骨折患者经皮椎体成形术后邻近椎体骨折的发生率及相关危险因素分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24(20): 1909–1911.

[11] Baek SW, Kim C, Chang H. The relationship between the spinopelvic balance and the incidence of adjacent vertebral fractures following percutaneous vertebroplasty[J]. *Osteoporos Int*, 2015, 26(5): 1507–1513.

[12] Han SL, Wan SL, Li QT, et al. Is vertebroplasty a risk factor for subsequent vertebral fracture, meta-analysis of published evidence? [J]. *Osteoporos Int*, 2015, 26(1): 113–122.

[13] Voormolen MH, Lohle PN, Juttman JR, et al. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2006, 17(1): 71–76.

[14] Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, et al. Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis[J]. *Radiology*, 2003, 226(1): 119–124.

[15] Li YA, Lin CL, Chang MC, et al. Subsequent vertebral fracture after vertebroplasty: incidence and analysis of risk factors[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(3): 179–183.

[16] McKiernan F, Faciszewski T. Intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Arthritis Rheum*, 2003, 48(5): 1414–9.

[17] Yu W, Jiang X, Liang, et al. Intravertebral Vacuum Cleft and Its Varied Locations within Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: Effect on Therapeutic Efficacy[J]. *Pain Physician*, 2017, 20(6): E979–E986.

[18] Wei P, Yao Q, Xu Y, et al. Percutaneous kyphoplasty assisted with/without mixed reality technology in treatment of OVCF with IVC: a prospective study[J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 255.

[19] Rohlmann A, Boustani HN, Bergmann G, et al. A probabilistic finite element analysis of the stresses in the augmented vertebral body after vertebroplasty[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(9): 1585–1595.

[20] Khosla A, Diehn FE, Rad AE, et al. Neither subendplate cement deposition nor cement leakage into the disk space during vertebroplasty significantly affects patient outcomes[J]. *Radiology*, 2012, 264(1): 180–186.

[21] 蔡金辉, 刘庆余, 曾玉蓉, 等. MRI预测经皮椎体强化术骨水泥椎间盘渗漏的价值[J]. *中国医学影像技术*, 2017, 33(7): 1061–1065.

[22] 张晓星, 代灿, 邓志龙, 等. 不同手术方法治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2019, 25(1): 22–26.

[23] Kim HS, Ju CI. Spinal Instability Predictive Scoring System for Subsequent Fracture After Bone Cement Augmentation in Patients with Osteoporotic Vertebral Compression Fracture[J]. *World Neurosurg*, 2017, 106: 736–745.

[24] Layton KF, Thielen KR, Koch CA, et al. Vertebroplasty, first 1000 levels of a single center: evaluation of the outcomes and complications[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28(4): 683–689.

(收稿日期: 2021-09-25)

(校对编辑: 谢诗婷)

(上接第136页)

影响较大^[20]; 但是 α 的特异性稍低(60%), 原因可能是进行ROI测量时选择病变的实体区域而不是整个病变, 可能会由于组织病理学的异质性而导致一些选择偏差。

参数ADCstand与Dslow与上皮性卵巢癌ROMA指数呈负相关, 这表明二者可作为评估上皮性卵巢癌的生物标记物。ROMA指数与上皮性卵巢癌的级别密切相关, 并且ROMA的水平随着病变恶性程度增加而持续增加^[21]。恶性肿瘤的级别越高, 细胞密度越高, 又进一步限制了水的扩散, 而Dslow值较ADCstand能够更准确地反映肿瘤内水分子纯扩散信息, 故与ROMA指数的相关性更高。

本研究未刻意排除交界性肿瘤、非卵巢上皮性恶性肿瘤和转移性肿瘤, 其目的是期望更好地模拟临床实际情况。但该研究仍有一定局限性, (1)本研究为回顾性分析, 样本量不够充足, 所选ROI的实性程度不同, 可能存在影响检测结果的微观囊变区; (2)本研究中低级别卵巢上皮癌的病例较少, 因此未进一步进行上皮性卵巢癌分级DWI定量参数比较。(3)卵巢IVIM-DWI扫描的合适b值设定仍然需要进一步优化。

综上所述, 基于IVIM-DWI多指数模型有助于卵巢肿瘤的良恶性鉴别, 其中参数Dslow、ADCstand及f诊断效能较高。参数ADCstand及Dslow卵巢恶性肿瘤ROMA指数具有相关性, 可作为卵巢良恶性肿瘤鉴别诊断的可靠影像学指标。

参考文献

[1] Torre LA, Trabert B, DeSantis CE, et al. Ovarian cancer statistics, 2018 [J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68(4): 284–296.

[2] Duska LR, Kohn EC. The new classifications of ovarian, fallopian tube, and primary peritoneal cancer and their clinical implications. *Ann Oncol*, 2017, 28(suppl_8): vii18–viii12.

[3] Rizzo S, De Piano F, Buscarino V, et al. Pre-operative evaluation of epithelial ovarian cancer patients: Role of whole body diffusion weighted imaging MR and CT scans in the selection of patients suitable for primary debulking surgery. A single-centre study. *Eur J Radiol*, 2020, 123: 108786.

[4] Pi S, Cao R, Qiang JW, et al. Utility of DWI with quantitative ADC values in ovarian tumors: a meta-analysis of diagnostic test performance[J]. *Acta Radiol*, 2018, 59(11): 1386–1394.

[5] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. Separation of diffusion and perfusion in intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. *Radiology*, 1988, 168: 497–505.

[6] Seo N, Chung YE, Park YN, et al. Liver fibrosis: stretched exponential model outperforms mono-exponential and bi-exponential models of diffusion-weighted MRI. *Eur Radiol*, 2018, 28(7): 2812–2822.

[7] Cui R, Wang Y, Li Y, et al. Clinical value of ROMA index in diagnosis of ovarian cancer: meta-analysis[J]. *Cancer Manag Res*, 2019, 11: 2545–2551.

[8] 罗琰, 王沂峰, 陈高文. 卵巢恶性肿瘤风险算法在女性盆腔肿块良恶性鉴别诊断价值的荟萃分析[J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(27): 2141–2144.

[9] Wilailak S, Chan KK, Chen CA, et al. Distinguishing benign from malignant pelvic mass utilizing an algorithm with HE4, menopausal status, and ultrasound findings[J]. *J Gynecol Oncol*, 2015, 26: 46–53.

[10] Iima M, Le Bihan D. Clinical intravoxel incoherent motion and diffusion MR imaging: Past, present, and future[J]. *Radiology*, 2016, 278: 13–32.

[11] Jiang J, Xiao Z, Tang Z, et al. Differentiating between benign and malignant sinonasal lesions using dynamic contrast-enhanced MRI and intravoxel incoherent motion[J]. *Eur J Radiol*, 2018, 98: 7–13.

[12] Garcia-Figueiras R, Padhani AR, Beer AJ, et al. Imaging of tumor angiogenesis for radiologists—Part 1: Biological and technical basis [J]. *Curr Probl Diagn Radiol*, 2015, 44: 407–424.

[13] 杨盼盼, 弓静, 王莉, 等. IVIM-DWI在女性附件病变中的应用价值研究[J]. *放射学实践*, 2019, 34(4): 450–455.

[14] Lin Y, Li J, Zhang Z, et al. Comparison of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging and arterial spin labeling MR imaging in gliomas[J]. *Biomed Res Int*, 2015, 2015: 234245.

[15] Andreou A, Koh DM, Collins DJ, et al. Measurement reproducibility of perfusion fraction and pseudodiffusion coefficient derived by intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging in normal liver and metastases[J]. *European Radiology*, 2013, 23: 428–434.

[16] Cohen AD, Schieke MC, Hohenwarter MD, et al. The effect of low b-values on the intravoxel incoherent motion derived pseudodiffusion parameter in liver[J]. *Magnetic Resonance in Medicine*, 2015, 73: 306–311.

[17] Le Bihan D, Turner R. The capillary network: A link between IVIM and classical perfusion[J]. *Magn Reson Med*, 1992, 27: 171–178.

[18] Kwee TC, Galban CJ, Tsien C, et al. Comparison of apparent diffusion coefficients and distributed diffusion coefficients in high-grade gliomas[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 31: 531–537.

[19] Bennett KM, Schmainda KM, Bennett RT, et al. Characterization of continuously distributed cortical water diffusion rates with a stretched-exponential model[J]. *Magn Reson Med*, 2003, 50: 727–734.

[20] 陈志燕, 金力. 多囊卵巢综合征的高雄激素血症对生育的影响[J]. *中华妇产科杂志*, 2019, 54(6): 425–428.

[21] Ducheze V, Caillon H, Vaucel E, et al. Biomarkers and algorithms for diagnosis of ovarian cancer: CA125, HE4, RMI and ROMA, a review[J]. *J Ovarian Res*, 2019, 12(1): 28.

(收稿日期: 2022-03-12)

(校对编辑: 姚丽娜)