doi:10.11659/jjssx.02E020006

·临床研究·

数字技术对腰椎间盘膨出或突出型安全三角区的对比研究

于鹏辉[1],李 俏[1],刘 雨[1],陈 峡[1],赵期冬[2] (1.湖南医药学院人体解剖学教研室,湖南 怀化 418000;2.湖南医药学院第一附属医院影像科,湖南 怀化 418000)

[摘 要] **目的** 探讨单纯腰椎间盘膨出或突出对安全三角区的影响,为经皮腰椎间盘摘除术的临床应用提供解剖学数据参考。**方法** 从湖南医药学院第一附属医院影像科资料库中选取20例成人正常腰骶部CT数据集作为正常组,再选择10例患有腰椎间盘突出或膨出症的成人腰骶部CT数据集作为观察组,分别将正常组和观察组的CT数据导入Mimics 17.0软件,测量上关节突与腰神经根的最近距离、腰椎椎间隙前缘及后缘距离;将重建模型沿轴线以5°为1个单位旋转,测量各角度下安全三角的内切圆直径,并对比2组L_3~L_5椎间盘区域同角度下的安全三角内切圆直径。**结果** 腰神经根到上关节突的最近距离正常组为3.42~5.07 mm,观察组为3.61~4.91 mm;腰椎椎间隙前缘距离正常组为7.64~12.63 mm,观察组为7.84~12.38 mm,后缘距离正常组为4.87~6.79 mm,观察组为5.07~6.91 mm;L_3~L_4区域的安全三角内切圆直径正常组为2.76~3.84 mm,观察组为2.81~3.96 mm;L_4~L_5区域的安全三角内切圆直径正常组为3.17~4.30 mm,观察组为3.14~4.41 mm,2组比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 单纯的腰椎间盘膨出或突出对安全三角区无明显影响,但由于个体差异的存在,为了使手术顺利完成,应在术前对患者进行个性化定制与规划。

[关键词] 腰椎间盘突出;腰椎间盘膨出;椎间盘摘除术;安全三角;数字技术

[中图分类号] R322 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-02-02

Comparative study on the triangular safe area of lumbar disc herniation or protrusion with digital technology

YU Peng-hui[1], LI Qiao[1], LIU Yu[1], CHEN Xia[1], ZHAO Qi-dong[2] (1. Teaching and Research Department of Human Anatomy, Hunan University of Medicine, Huaihua Hunan 418000, China; 2. Department of Imaging, First Affiliated Hospital, Hunan University of Medicine, Huaihua Hunan 418000, China)

Abstract: Objective To investigate whether the simple lumbar disc herniation or protrusion have an impact on the triangular safe area, and to provide anatomical data reference for the percutaneous lumbar discectomy and clinical application. **Methods** From the imaging database of the first Affiliated Hospital of Hunan University of Medicine, 20 normal lumbosacral CT data sets of adults were selected as the normal group, and then 10 adult lumbosacral CT data sets from patients with lumbar disc herniation or protrusion were selected as the observation group. The CT data from the normal group and the observation group were respectively imported into the Mimics 17.0 software to measure the closest distance between the superior articular process and the lumbar nerve root, as well as the distance of the anterior and posterior edges of the lumbar spine. The reconstructed model was rotated along the axis with a unit of 5°, and the diameter of the inscribed circle of the triangular safe area were measured at each angle, and the diameter of the inscribed circle of the triangular safe area of L_3-L_5 disc areas were compared between the two groups at the same angle. **Results** The shortest distance from the lumbar nerve root to the superior articular process was 3.42 to 5.07 mm in the normal group, and it was 3.61 to 4.91 mm in the observation group; the distance of the anterior edge of the lumbar intervertebral space was 7.64 to 12.63 mm in the normal group, and it was 7.84 to 12.38 mm in the observation group; the distance of the posterior edge of the lumbar intervertebral space was 4.87 to 6.79 mm in the normal group, and it was 5.07 to 6.91 mm in the observation group; the inscribed circle diameter of the triangular safe area of L_3-L_4 area was 2.76 to 3.84 mm in the normal group, and it was 2.81 to 3.96 mm in the observation group; the inscribed circle diameter of the triangular safe area of L_4-L_5 area was 3.17 to 4.30 mm in the normal group, and it was 3.14 to 4.41 mm in the observation group. There was no significant difference between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** The simple lumbar disc herniation or protrusion had no significant effect on the triangular safe area. However, due to individual differences, personalized plans and measures should be developed before the operation so as to complete the operation smoothly.

Keywords: lumbar disc protrusion; lumbar disc protrusion; discectomy; triangular safe area; digital technology

伴随着老龄化社会问题的日益加剧,腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)和椎间盘退变性疾病的发病率随之增加[1]。微创手术已成为治疗LDH的主要发展趋势,其目的是解决腰椎间盘病理问题的同时不产生与传统开放手术相关的并发症[2]。LDH微创手术主要选取后外侧入路,需经安全三角区。Kambin等[3]最早提出安全三角区这一概念,并对其做

[基金项目] 湖南省教育厅科学研究优秀青年项目(19B403)

出了详细描述,即前外侧边界为神经根、下侧边界为下位椎体上缘、内侧边界为硬膜囊(上关节突)外侧缘之间的区域。为了安全进入腰椎间盘,并成功完成腰椎间盘穿刺技术,必须准确识别安全三角区,以避免腰椎神经损伤。国内外诸多对安全三角区的研究是基于正常腰骶部 CT/MRI 影像或尸体标本,而关于 LDH 患者安全三角区的研究尚未见报道。因此,本研究选取 LDH 患者与成人正常腰骶部 CT 数据集,将安全三角区在各旋转角度下投影到体表平面,对安全三角区内切圆的大小进行对比,以确定单纯的腰椎间盘膨出或突出是否对安全三角区有影响,以期为经皮腰椎间盘摘除术及临床应用提供解剖学数据参考。

1 资料与方法

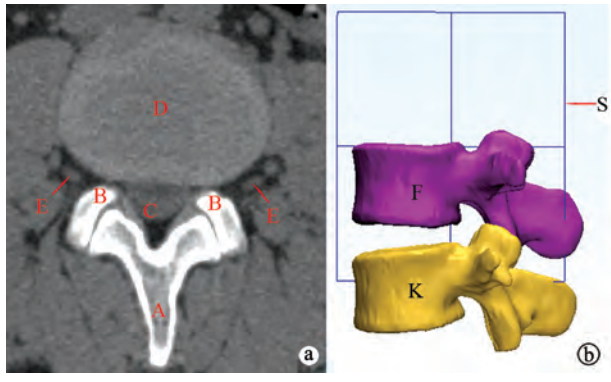
1.1 临床资料

从湖南医药学院第一附属医院影像科资料库中选取 20 例成人正常腰骶部 CT 数据集作为正常组,其中男 10 例,女 10 例;年龄 50 ~ 60 岁,平均 55.6 岁;体质量平均(62.07 ± 10.14)kg,其中男 70 ~ 75 kg,平均(72.14 ± 1.12)kg,女 50 ~ 55 kg,平均(51.99 ± 1.27)kg;身高平均(164.64 ± 5.82)cm,其中男 168 ~ 173 cm,平均(170.26 ± 1.47)cm,女 157 ~ 162 cm,平均(159.02 ± 1.55)cm。另选取 10 例患有腰椎间盘突出症的成人腰骶部 CT 数据集作为观察组,其中男 5 例,女 5 例;年龄 50 ~ 60 岁,平均 56.3 岁;体质量平均(62.64 ± 10.13)kg,其中男 70 ~ 75 kg,平均(72.67 ± 1.34)kg,女 50 ~ 55 kg,平均(52.60 ± 1.41)kg;身高平均(164.84 ± 5.45)cm,其中男 168 ~ 173 cm,平均(170.11 ± 1.21)cm,女 157 ~ 162 cm,平均(159.56 ± 1.49)cm;椎间盘突出发生在 $L_4 \sim L_5$ 的有 4 例,$L_3 \sim L_4$ 和 $L_4 \sim L_5$ 有发生的有 6 例,皆为骨性结构及纤维环完整的单纯腰椎间盘膨出或突出型。

1.2 方法

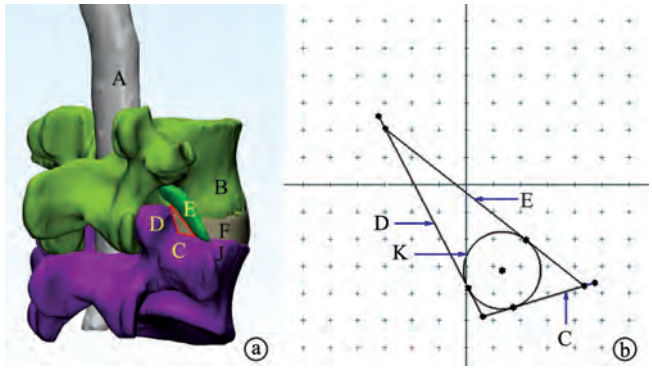
用 GE light speed 16 pro 螺旋 CT 连续断层扫描,扫描条件为层厚 0.625 mm,层距 0.3 mm,将获得的 CT 数据导入 Mimics 17.0 软件,使用软件自带工具 Measurements/Measure Distance 在 CT 腰椎间盘中部层面测量上关节突与腰神经根的最近距离(图 1a),并重建腰椎、骶骨等骨组织数字模型,再逐层对腰椎间盘、神经根等软组织进行手动分割,每个结构建立 1 个图层,进行三维重建并以 STL 格式分类保存。

将 STL 格式文件导入 3-matic 9.0 软件,首先在重建的三维模型正中矢状面位分别测量 2 组 $L_1 \sim L_5$ 之间 4 处椎间隙在前缘的距离及后缘的距离(图 1b),再根据椎骨形态特征定位三维参考平面。S:0°矢状面,为经腰椎间盘上位腰椎椎体正中矢状平面;H:0°水平面,为经腰椎间盘上位腰椎椎体中部水平面;G:0°冠状面,过 Z 点与矢状面和水平面垂直的平面。所有模型三维分析均以此为标准。Z 点为椎体后部上、下缘中点连线的中点,以 S 与 G 两面的相交线为旋转轴线 M,并将正后侧位设定为模型的初始位置。将每一区域模型以线 M 为轴线,在 0° ~ 90°范围内,以 5°为 1 个单位将模型顺时针旋转。先画出各角度下右侧安全三角的 3 条边线(图 2a),在 3 条边线垂直投射至皮肤的位置处任取 3 点建立一草图平面,再将 3 条边线垂直投影至草图平面,并作出平面上三角形的内切圆(图 2b),但需注意安全三角区较大、椎间盘较薄时,其安全三角内切圆会超出椎间盘,这时需标记上位腰椎的下缘线,再作出三角区内四边形的最大内切圆。而对于左侧安全三角区,则将模型的旋转方向改为逆时针旋转,运用同样的方法作出最大内切圆,各角度下的内切圆直径可在平台直接查看。



a:$L_3 \sim L_4$ 椎间盘中部层面 CT;b:$L_3 \sim L_4$ 腰椎左侧面观 A:L_3棘突;B:L_4 上关节突;C:硬膜囊;D:$L_3 \sim L_4$ 椎间盘;E:腰神经根;F:L_3;K:L_4;S:上位腰椎正中矢状面

图 1 $L_3 \sim L_4$ 横断层 CT 与三维重建模型示意图



a:$L_4 \sim L_5$ 区域模型顺时针旋转 50°;b:投影草图平面的安全三角及内切圆 A:硬膜囊;B:L_4;C:下位椎体上缘边;D:上关节突外侧缘边;E:腰神经根边;F:$L_4 \sim L_5$ 腰椎间盘;J:L_5;K:安全三角内切圆

图 2 $L_4 \sim L_5$ 安全三角区模型与草图平面

1.3 统计学处理

所测数据录入 SPSS 20.0 软件进行逻辑检查及正态检验,其集中趋势采用均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,2 组数据差异经独立样本双侧 t 检验,按 $\alpha = 0.05$ 水准,取 95% 可信区间,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CT 图像上腰神经根到上关节突的最近距离

正常组与观察组 CT 图像各处腰神经根到上关节突的最近距离比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 CT 图像上腰神经根到上关节突的最近距离($\bar{x} \pm s$,mm)

组别	n	L_1	L_2	L_3	L_4
正常组	20	3.87 ± 0.73	5.07 ± 0.81	3.42 ± 0.69	4.03 ± 0.70
观察组	10	3.83 ± 0.8	4.91 ± 0.78	3.61 ± 0.70	4.19 ± 0.67
P		0.892	0.595	0.485	0.554

2.2 腰椎椎间隙测量

$L_1 \sim L_5$ 之间 4 处椎间隙在前缘、后缘距离测量结果显示,腰椎椎间隙的距离越往下越大。正常组与观察组各处椎间隙在前缘的距离比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);2 组各处椎间隙在后缘的距离比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.3 $L_3 \sim L_5$ 区域的安全三角内切圆直径测量

在旋转 25° ~ 70° 范围内,患者 $L_3 \sim L_4$ 区域的安全三角内切圆直径结果显示,同一角度下正常组与观察组的安全三角内切圆直径比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。在旋转 30° ~ 80° 范围内,患者 $L_4 \sim L_5$ 区域的安全三角内切圆直径结果显示,同一角度下正常组与观察组的安全三角内切圆直径比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 4。

表 2 腰椎椎间隙在前缘及后缘的距离($\bar{x} \pm s$,mm)

组别	n	$L_1 \sim L_2$		$L_2 \sim L_3$		$L_3 \sim L_4$		$L_4 \sim L_5$	
		前缘	后缘	前缘	后缘	前缘	后缘	前缘	后缘
正常组	20	7.64 ± 1.11	4.87 ± 0.77	9.13 ± 1.24	5.69 ± 1.07	11.21 ± 1.39	6.64 ± 1.26	12.63 ± 1.14	6.79 ± 1.19
观察组	10	7.84 ± 0.95	5.07 ± 0.83	9.35 ± 1.11	5.88 ± 0.98	10.93 ± 1.21	6.71 ± 1.10	12.38 ± 1.17	6.91 ± 1.22
P		0.63	0.519	0.64	0.641	0.592	0.882	0.579	0.798

表 3 $L_3 \sim L_4$ 区域的安全三角内切圆直径($\bar{x} \pm s$,mm)

组别	n	测量数	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
正常组	20	40	2.76 ± 0.99	3.08 ± 0.94	3.33 ± 0.97	3.63 ± 1.16	3.76 ± 1.01	3.84 ± 0.81	3.75 ± 0.69	3.72 ± 0.61	3.53 ± 0.48	3.06 ± 0.48
观察组	6	12	2.81 ± 0.92	3.24 ± 0.96	3.46 ± 0.86	3.72 ± 1.02	3.80 ± 1.00	3.96 ± 0.78	3.71 ± 0.73	3.66 ± 0.68	3.39 ± 0.58	3.12 ± 0.61
P			0.877	0.609	0.678	0.81	0.905	0.652	0.863	0.772	0.402	0.723

注:测量对象安全三角区是左、右两侧,所以正常组的实际测量数为 40 例,观察组中 $L_3 \sim L_4$ 椎间盘突出的患者为 6 例,所以实际测量数是 12 例;当旋转角度过小或过大时,部分的安全三角区无法测量,所以 $L_3 \sim L_4$ 测量范围为 25° ~ 70°

表 4 $L_4 \sim L_5$ 区域的安全三角内切圆直径($\bar{x} \pm s$,mm)

组别	n	测量数	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
正常组	20	40	3.17 ± 1.00	3.52 ± 0.96	3.83 ± 0.87	4.11 ± 0.86	4.25 ± 0.84	4.30 ± 0.72	4.28 ± 0.66	4.24 ± 0.68	4.09 ± 0.67	3.81 ± 0.67	3.23 ± 0.67
观察组	10	20	3.24 ± 0.98	3.66 ± 0.86	4.01 ± 1.01	4.20 ± 1.00	4.34 ± 0.78	4.41 ± 0.74	4.36 ± 0.68	4.29 ± 0.58	4.12 ± 0.62	3.76 ± 0.58	3.14 ± 0.44
P			0.798	0.584	0.477	0.719	0.69	0.583	0.663	0.779	0.868	0.777	0.589

注:测量对象安全三角区是左、右两侧,所以正常组的实际测量数为 40 例,观察组中 $L_4 \sim L_5$ 椎间盘突出的患者为 10 例,所以实际测量数是 20 例;当旋转角度过小或过大时,部分的安全三角区无法测量,所以 $L_4 \sim L_5$ 测量范围为 30° ~ 80°

3 讨论

Hijikata[4] 于 1975 年采用经皮后外侧入路椎间盘摘除术治疗 LDH,该手术创伤小、操作简单,对术后脊柱稳定性无影响。此后国内外学者将此手术方法广泛应用于临床,腰椎间盘突出症的手术治疗由传统的开放手术向微创、无创手术发展[5-9]。经皮腰椎间盘摘除术从腰背部后外侧穿刺进针,经一个三角区抵达腰椎间盘,而该三角区是无重要大血管与神经的区域,所以称为安全三角区。对于此安全三角区的概念有两种说法,滕皋军等[10] 和林炎生等[11] 提出的安全三角区则是由腰神经根、下位椎体上缘与上关节突外侧缘构成的区域,Kambin 等[12] 和刘德窿等[13] 提出的安全三角区则是由腰神经根、下位椎体上缘和硬膜囊外侧缘构成的直角三角形区域。在本研究中,$L_1 \sim L_5$ 四个区域分别沿 M 轴线旋转,发现旋转到一定角度后,安全三角区的上关节突外侧缘边被硬膜囊外侧缘取代,在上述两种理论安全三角区所述的范围内。

目前国内外已有相关研究报道安全三角区的测量,如 Guan 等[14] 利用磁共振神经成像(MRN)测量了 32 例 Kambin 三角的解剖学参数,认为术前有必要行 MRN 检查;Ozer 等[15] 探讨了出口神经根与安全三角区的关系,认为在一些患者中,一个宽而安全的三角区域可能不存在;BotanIloğlu 等[16] 研究 32 名健康志愿者的 MRI 数据图像,计算俯卧位和侧卧位 $L_4 \sim L_5$ 和 $L_5 \sim S_1$ 水平的双侧 Kambin 三角区(KTA)和神经前区(FA),得出 KTA 在侧卧位的位置比俯卧位更宽;Hoshide 等[17] 对 2 具成年男性尸体 $L_1 \sim L_5$ 双侧的安

全三角区进行了测量,认为了解安全三角区有助于外科医生进行微创脊柱外科手术,并可通过该三角区安全地放置椎间融合器;王敏等[18]对比 10 具尸体标本基于 CT/MRI 融合图像建立的 Kambin 三角 3D 模型与标本测量结果之间的差异,认为此 3D 模型可以较为准确地展现出腰椎 Kambin 三角内行走神经根与椎间孔区域的空间关系;Hardenbrook 等[19]通过对 8 具尸体进行解剖分析,确定了腔镜下经孔椎体间植入的理想尺寸和路径;Hurday 等[20]利用 100 例 MRI、100 例 X 射线数据分析了经椎间孔入路神经根的工作区域及其与椎间盘的关系,建议内镜手术时应尽量扩大椎间孔附近工作区,以减少神经损伤的可能性。以上研究都只是从影像或尸体标本上单一地对安全三角区进行了一定的测量,而对成人正常腰骶部安全三角区与 LDH 患者安全三角区的对比尚未见报道。本研究目的主要在于探讨患者是否会因单纯的腰椎间盘膨出或突出而导致腰神经根位置变化,从而引起安全三角区大小变化,进而对经安全三角入路的腰椎间盘微创手术产生一定影响,如造成腰神经根损伤等并发症的发生。另外,考虑到身高、年龄、体质量或存在其他类型的 LDH 等因素也可能会影响安全三角区的大小,所以本研究在选取 CT 数据时尽可能确保 2 组的身高、体质量及年龄在相同范围内,其各平均值也较接近,以减小个体的差异性。本研究结果显示,2 组患者 $L_1 \sim L_5$ 各腰椎间盘中部层面的腰神经根到上关节突的最小距离差异无统计学意义,说明单纯的 LDH 对神经根位置无明显影响;2 组患者腰椎椎间隙前缘及后缘距离比较差异无统计学意义,说明此类型 LDH 对腰椎椎间隙无明显影响;2 组患者 $L_3 \sim L_4$、$L_4 \sim L_5$(大多数腰椎间盘突出症都好发于此)有效角度范围内的安全三角区内切圆直径比较差异也无统计学意义,再次证明此类型 LDH 对腰神经根、腰椎椎间隙无明显影响。由此,本研究认为单纯的腰椎间盘膨出或突出不会改变安全三角区。

综上所述,本研究联合应用解剖学、影像学与三维重建技术研究单纯的腰椎间盘膨出或突出对安全三角区的影响,结果提示其不影响安全三角区,但由于个体差异的存在,为了使手术顺利完成,应在术前对患者进行个性化定制与规划。

[参考文献]

[1] Morgenstern R, Morgenstern C. Percutaneous transforaminal lumbar interbody fusion (pTLIF) with a posterolateral approach for the treatment of degenerative disk disease: feasibility and preliminary result[J]. Int J Spine Surg, 2015, 9: 2 - 10. doi: 10.14444/2041.

[2] Ruetten S, Komp M, Merk H, et al. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study[J]. Spine (Phila Pa1976), 2008, 33 (9): 931 - 939. doi: 10.1097/BRS.0b013e31816c8af7.

[3] Kambin P, Gellman H. Percutaneous lateral discectomy of lumbar spine: a preliminary report[J]. Clin Orthop, 1983, 174: 127 - 132.

[4] Hijikata SA. A method of percutaneous nuclear extraction[J]. Today Hospital, 1975, 5(1): 39.

[5] 房 朗,宋 磊,罗 磊,等. 经椎弓根动态固定术与髓核摘除术治疗腰椎间盘突出症的中长期临床疗效分析[J]. 局解手术学杂志, 2020, 29(2): 115 - 120. doi: 10.11659/jjssx.12E019068.

[6] Kim HS, Ju CI, Kim SW, et al. Minimally invasive percutaneous endoscopic 2 levels adjacent lumbar discectomy through 1 portal skin incision: preliminary study[J]. Asian J Neurosurg, 2015, 10(2): 95 - 101. doi: 10.4103/1793 - 5482.154977.

[7] 贾 涛. 经皮内窥镜下腰椎间盘摘除术治疗腰椎间盘突出症[J]. 临床骨科杂志, 2017, 20(3): 293 - 296. doi: 10.3969/j.issn.1008 - 0287.2017.03.010.

[8] 石 斌,李高陵,徐灵军,等. 经皮椎间孔镜及椎间孔腰椎间融合术治疗极外侧型腰椎间盘突出症[J]. 局解手术学杂志, 2018, 27(10): 715 - 719. doi: 10.11659/jjssx.04E018038.

[9] Brovwer PA, Brand R, Schenk B, et al. Pereutaneous laser disc decompression versus conventional microdiscectomy in sciatica: a randomized controlled trial[J]. Spine J, 2015, 15(5): 857 - 865. doi: 10.1016/j.spinee.2015.01.020.

[10] 滕皋军,何仕诚,郭全如,等. 非钻孔法经皮穿刺 L_5-S_1 椎间盘进针法-附侧后路进针途径的解剖学和 X 线解剖学研究[J]. 介入放射学杂志, 1994, 3(4): 218 - 222.

[11] 林炎生,周庭永,韩景茹,等. 经皮穿刺 $L_{3\sim4}$ 和 $L_{4\sim5}$ 椎间盘的断层解剖与 CT[J]. 广东医学院学报, 2002, 20(3): 170 - 171. doi: 10.3969/j.issn.1005 - 4057.2002.03.003.

[12] Kambin P, Brager MD. Percutaneous posterolateral discectomy: anatomy and mechanism[J]. Clin Orthop, 1987(223): 145 - 154.

[13] 刘德隆,田世杰,苏庆军,等. 腰神经根解剖及其在经皮穿刺椎间盘摘除术中的临床意义[J]. 临床骨科杂志, 1999, 2(2): 88 - 91. doi: 10.3969/j.issn.1008 - 0287.1999.02.003.

[14] Guan X, Gu X, Zhang L, et al. Morphometric analysis of the working zone for posterolateral endoscopic lumbar discectomy based on magnetic resonance neurography[J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(2): E78 - 84. doi: 10.1097/bsd.0000000000000145.

[15] Ozer AF, Suzer T, Can H, et al. Anatomic assessment of variations in Kambin's triangle: a surgical and cadaver study[J]. World Neurosurg, 2017, 100: 498 - 503. doi: 10.1016/j.wneu.2017.01.057.

[16] BotanlIoğlu H, AydIngöz Ö, KantarcI F, et al. Positional alterations of the Kambin's triangle and foraminal areas in the lumbosacral region [J]. Acta Orthop Traumatol Turc, 2015, 49(1): 30 - 36. doi: 10.3944/aott.2015.14.0233.

[17] Hoshide R, Feldman E, Taylor W. Cadaveric analysis of the Kambin's triangle[J]. Cureus, 2016, 8(2): e475. doi: 10.7759/cureus.475.

[18] 王 敏,赵庆豪,苏志海,等. 基于 CT/MRI 融合建立的 Kambin 三角三维模型与标本测量的对比研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29(1): 67 - 73. doi: 10.3969/j.issn.1004 - 406X.2019.01.11.

[19] Hardenbrook M, Lombardo S, Wilson M, et al. The anatomic rationale for transforaminal endoscopic interbody fusion: a cadaveric analysis [J]. Neurosurg Focus, 2016, 40(2): 1 - 4. doi: 10.3171/2015.10.FOCUS15389.

[20] Hurday Y, Xu BS, Guo L, et al. Radiographic measurement for transforaminal percutaneous endoscopic approach (PELD)[J]. Eur Spine J, 2017, 26: 635 - 645. doi: 10.1007/s00586 - 016 - 4454 - z.

(编辑:刘 艺)