doi:10.11659/jjssx.04E020019

·临床研究·

腰椎 PVP/PKP 椎弓根外侧浸润麻醉的局部解剖学研究

张沂虎[1],董博赞[2],王建刚[3],梁 勇[4],周 强[2],刘列华[2] (1.重钢总医院麻醉科,重庆 400081;2.重庆医科大学附属第三医院脊柱外科,重庆 401120;3.重庆市第十三人民医院骨科,重庆 400053;4.陆军军医大学第一附属医院放射科,重庆 400038)

[摘 要] **目的** 观测与椎弓根外侧浸润麻醉有关的应用解剖学参数,为腰椎椎弓根外侧浸润麻醉的应用提供解剖学依据。**方法** 收集 2016 年 12 月至 2017 年 8 月重庆市第十三人民医院 66 例中老年患者的脊椎 CT 三维重建影像资料,使用 CT 后处理工作站观测 L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 的相关解剖学参数,包括矢状面角、皮肤进针点到椎弓根体表投影上缘及外缘的距离(分别为距离 AD、距离 BC)、水平面角、麻醉针在横突前方的穿刺深度、腰椎前凸角度。**结果** L_1 矢状面角男女患者间比较差异无统计学意义($P=0.061$),其余各参数男女患者间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 的矢状面角、距离 AD、水平面角、距离 BC、麻醉针在横突前方的穿刺深度比较,各椎间差异有统计学意义($P=0.000$)。腰椎前凸角为 50°及以上患者的 L_4、L_5 矢状面角及 AD 距离较腰椎前凸角度为 50°以下的患者大,差异有统计学意义($P=0.000$)。L_1 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 4 mm、外 8 mm,矢状面角 8°、水平面角 7°;L_2 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 6 mm、外 10 mm,矢状面角 10°、水平面角 9°;L_3 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 9 mm、外 13 mm,矢状面角 12°、水平面角 12°;L_4 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 12 mm、外 18 mm,矢状面角 15°、水平面角 18°;L_5 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 21 mm、外 25 mm,矢状面角 23°、水平面角 24°。**结论** 掌握好麻醉针的皮肤进针点和穿刺方向,从解剖学的角度可以实现精准的腰椎椎弓根外侧浸润麻醉。

[关键词] 椎弓根外侧浸润麻醉;椎体成形术;体表投影;皮肤进针点;穿刺方向;解剖

[中图分类号] R614 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-04-04

Anatomic study of extrapedicular infiltration anesthesia for lumbar PVP/PKP

ZHANG Yi-hu[1], DONG Bo-zan[2], WANG Jian-gang[3], LIANG Yong[4], ZHOU Qiang[2], LIU Lie-hua[2] (1. Department of Anesthesiology, General Hospital of Chonggang, Chongqing 400081, China; 2. Department of Spine Surgery, Third Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401120, China; 3. Department of Orthopedics, 13th People's Hospital of Chongqing, Chongqing 400053, China; 4. Department of Radiology, First Affiliated Hospital of the Army Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To observe the applied anatomical parameters related to extrapedicular infiltration anesthesia and to provide anatomic basis for the application of lumbar extrapedicular infiltration anesthesia. **Methods** CT three-dimensional reconstruction images of 66 middle-aged and elderly patients who were admitted into the 13th People's Hospital of Chongqing from December 2016 to August 2017 were collected. The CT post-processing workstation was used to observe the relevant anatomical parameters in L_1, L_2, L_3, L_4 and L_5, including the sagittal section angle, the distance from the skin penetration point to the upper and outer edge of the pedicle projection on the skin (distance AD and distance BC, respectively), the transverse section angle, the depth of the anesthesia needle in front of the transverse process, and the angle of lumbar lordosis. **Results** There was no significant difference between male and female sagittal section angle in L_1 ($P=0.061$), and there were significant differences between male and female in other parameters ($P<0.05$). The sagittal section angle, distance AD, transversesection angle, distance BC, and depth of the anesthesia needle in front of the transverse process in L_1, L_2, L_3, L_4, and L_5 were compared respectively,

[基金项目] 重庆市卫生和计划生育委员会医学科研面上项目(2016MSXM084)

[通信作者] 刘列华,E-mail:651520561@qq.com

[19] Chew FS. Diagnostic yield of CT-guided percutaneous aspiration procedures in suspected spontaneous infectious diskitis[J]. Radiology, 2001, 218(1):211-214. doi:10.1148/radiology.218.1.r01ja06211.

[20] Chen J, Jing X, Li C, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L5S1 lumbar disc herniation using a transforaminal approach versus an interlaminar approach: a systematic review and meta-analysis[J]. World neurosurgery, 2018, 116: 412-420. doi: 10.1016/j.wneu.2018.05.075.

[21] 郑小平. 经皮椎间孔镜技术治疗高龄腰椎非特异性感染 11 例[J]. 颈腰痛杂志, 2019, 40(6): 832-833. doi: 10.3969/j.issn.1005-7234.2019.06.036.

[22] 唐建华,赵丽丽,黄春明,等. 经皮椎间孔镜下病灶清除联合射频消融术治疗腰椎椎间隙感染疾病[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34(9): 960-962. doi: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.09.020.

(编辑:刘 艺)

and intervertebral differences were statistically significant ($P=0.000$). The sagittal section angle and distance AD of L_4 and L_5 in patients with lumbar lordosis angle ≥50 ° were larger than those with lumbar lordosis <50 °, and the differences were significant ($P=0.000$). In L_1, the skin penetration point was 4 mm above the upper edge of the pedicle projection on the skin and 8 mm outside the outer edge of the pedicle projection on the skin; the sagittal section angle was 8° and the transverse section angle was 7°. In L_2, L_3, L_4, and L_5, the four parameters were 6 mm, 10 mm, 10°, 9°; 9 mm, 13 mm, 12°, 12°; 12 mm, 18 mm, 15°, 18°; 21 mm, 25 mm, 23°, 24°, respectively. **Conclusion** Confirmed the skin penetration point and puncture direction of the anesthesia needle, the lumbar extrapedicular infiltration anesthesia could be accurately achieved from an anatomical perspective.

Keywords: extrapedicular infiltration anesthesia; vertebroplasty; projection on the skin; skin penetration point; puncture direction; anatomy

目前,经皮穿刺椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)和经皮穿刺椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)已广泛应用于骨质疏松性椎体压缩性骨折、Kümull 病及椎体肿瘤,现多认为单侧穿刺也可以达到双侧穿刺相似的临床效果[1-5]。由于椎弓根内径的限制及单侧穿刺时要求 30°~45°的外展角,往往导致穿刺针从椎弓根的外侧进入椎体,故衍生出椎弓根外穿刺的方法[6-8]。

PVP/PKP 通常选择局部麻醉,常规的麻醉范围是从皮肤到椎板表面,而椎弓根外侧由于横突的遮挡并没有被麻醉,在行椎弓根外穿刺过程中,穿刺针在经过椎弓根外侧区域时患者会有明显的疼痛[9]。刘列华等[9]于 2017 年将椎弓根外侧浸润麻醉用于 PVP/PKP,其临床效果优于常规的局部麻醉。椎弓根外侧浸润麻醉通过调整麻醉针的位置,保持麻醉针具有一定的外展角和矢状面角,沿上关节突外侧和横突基底部上缘由外上向内下刺入椎弓根外侧区域进行麻醉。由于各个腰椎自身的解剖特点及腰椎生理前凸的存在,故每个腰椎的穿刺方法均不一致[10-11]。因此,本研究首次通过 CT 三维重建观测与椎弓根外侧浸润麻醉有关的应用解剖学参数,以期为腰椎椎弓根外侧浸润麻醉的应用提供解剖学依据。

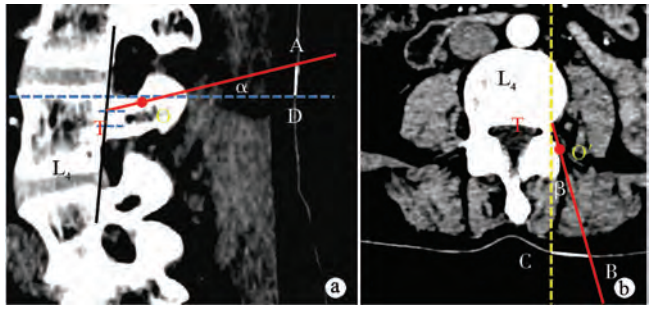
1 资料与方法

1.1 临床资料

收集 2016 年 12 月至 2017 年 8 月在重庆市第十三人民医院行脊椎 CT 检查的 66 例中老年患者的影像资料,观测其 T_{12}~S_1 脊柱影像。其中男 31 例,女 35 例;年龄 55~75 岁,平均(65.41±5.18)岁;男性患者年龄 55~74 岁,平均(66.29±5.20)岁,女性患者年龄 55~75 岁,平均(64.63±5.11)岁,男女年龄比较差异无统计学意义($P=0.196$)。纳入标准:①年龄 55~75 岁;②腰椎 CT 三维重建影像清晰、完整。排除标准:①腰椎侧弯畸形、侧凸 Cobb 角大于 10°;②腰椎骨质破坏,怀疑椎体骨结核、骨肿瘤等;③既往有腰椎手术史。本研究所有方法符合赫尔辛基宣言的相关准则和规定,所有参与者均知情同意,本研究经医院伦理委员会审查通过。

1.2 方法

使用 SIEMENS Somatom Definition 双源螺旋 CT 扫描全腹部及胸腰椎,使用 SIEMENS 双源螺旋 CT 后处理工作站进行处理,观测 T_{12}~S_1 脊柱影像,测量 L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 的相关解剖学参数(图 1):①矢状面角,麻醉针与水平面的角度,在水平面以上为正,水平面以下为负。②皮肤进针点到椎弓根体表投影上缘的距离(距离 AD)。③水平面角,麻醉针与正中矢状面的角度。④皮肤进针点到椎弓根体表投影外缘的距离(距离 BC)。⑤麻醉针在横突前方的穿刺深度,T 为穿刺靶点,是经过椎弓根外侧壁的中上 1/3 并平行于水平面的线和椎体的后缘线的交点;O 为横突基底部上缘与上关节突外缘交界处;TO 代表矢状面上横突前方麻醉针穿刺深度,TO' 代表横断面上横突前方麻醉针穿刺深度,计算时取其二者的平均值。⑥腰椎前凸角度,采用 Cobb 角的测量方法测量腰椎前凸角,即在正中矢状面上 L_1 椎体上缘与 S_1 椎体上缘所形成的前凸角度。测量由 2 名脊柱外科医生独立完成,取其平均值,若测量角度相差 5°及以上或距离相差 0.5 cm 及以上则重新进行测量。



a:穿刺矢状面;b:穿刺水平面 红色圆点:L_4 左侧上关节突外缘与横突基底部上缘交界处;黑色实线:L_4 椎体后缘;蓝色虚线:过椎弓根体表投影上缘的水平线;黄色虚线:过椎弓根体表投影外缘的正中矢状面的平行线;T:椎弓根外侧与椎体交界处中上 1/3 交界处;AT:麻醉针穿刺在矢状面上的方向;α 角:矢状面角;BT:麻醉针穿刺在水平面上的方向;β 角:水平面角

图 1 测量参数示意图

1.3 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计处理,各解剖参数以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,性别、左右侧别之间比较采用非配对 t 检验,各腰椎的同一个参数比较采用单因素方差分析。按腰椎前凸角 50°及以上、50°以下分为 2 组,比较矢状面角及距离 AD 采用非配对 t 检验。$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 $L_1 \sim L_5$ 椎弓根外侧浸润麻醉穿刺解剖参数

L_1 矢状面角男女患者间比较,差异无统计学意义($P=0.061$),其余各参数男女患者间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。男性较女性矢状面角、水平面角增大,范围在 3°以内,进针点增大在 4 mm 以内。各参数左、右侧别比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。随着椎骨序数增加,$L_1 \sim L_5$ 的矢状面角、距离 AD、水平面角、距离 BC 相应增大,L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 的矢状面角、距离 AD、水平面角、距离 BC 分别进行比较,椎间差异均有统计学意义($P=0.000$);各椎参数两两比较差异有统计学意义($P=0.000$)。随着椎骨序数增加,各椎的椎弓根外侧麻醉针在横突前方的穿刺深度逐渐减小,椎间比较差异有统计学意义($P=0.000$),但 L_1 和 L_3、L_2 和 L_3、L_4 和 L_5 比较差异无统计学意义($P>0.05$),余椎两两比较差异有统计学意义($P<0.05$),见表 1。

表 1 $L_1 \sim L_5$ 椎弓根外侧浸润麻醉穿刺解剖参数

项目		矢状面角(°)	距离 AD (cm)	水平面角(°)	距离 BC (cm)	深度(cm)
L_1	男	8.87±2.61	0.41±0.16	7.89±2.00	0.88±0.20	1.42±0.26
	女	8.01±2.58	0.36±0.15*	7.00±1.79*	0.77±0.16*	1.33±0.25*
	男+女	8.42±2.62	0.38±0.16	7.41±1.93	0.82±0.19	1.37±0.26
L_2	男	11.18±2.84	0.65±0.21	9.98±1.61	1.10±0.20	1.42±0.31
	女	9.84±2.79*	0.51±0.21*	8.67±1.80*	0.92±0.20*	1.29±0.29*
	男+女	10.48±2.85	0.58±0.22	9.29±1.83	1.00±0.21	1.35±0.31
L_3	男	12.77±2.87	1.01±0.26	12.74±1.90	1.41±0.25	1.44±0.34
	女	10.69±3.12*	0.79±0.24*	10.90±1.87*	1.20±0.21*	1.18±0.32*
	男+女	11.67±3.17	0.90±0.27	11.77±2.09	1.30±0.25	1.31±0.36
L_4	男	16.71±3.60	1.38±0.29	19.15±3.30	1.95±0.36	1.26±0.18
	女	13.70±3.73*	1.09±0.31*	17.13±3.13*	1.71±0.32*	1.06±0.22*
	男+女	15.11±3.95	1.23±0.33	18.08±3.36	1.82±0.36	1.15±0.23
L_5	男	24.45±4.58	2.26±0.55	25.63±2.54	2.67±0.40	1.28±0.25
	女	21.13±4.57*	1.87±0.53*	22.27±2.56*	2.37±0.34*	0.90±0.23*
	男+女	22.69±4.85	2.05±0.57	23.85±3.05	2.51±0.40	1.08±0.30

*:男女比较,$P<0.05$

2.2 不同腰椎前凸角度的矢状面角、距离 AD

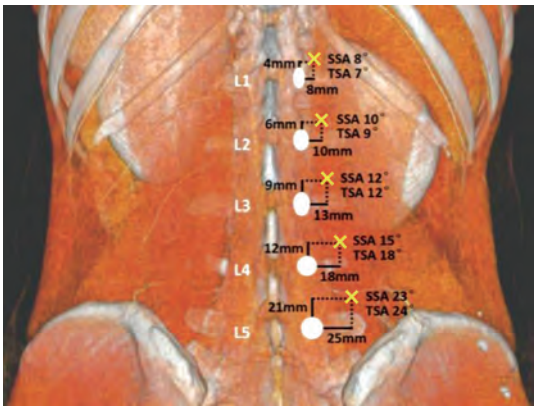
按腰椎前凸角度 50°及以上、50°以下分为 2 组统计,结果显示,患者性别、年龄组间比较差异无统计学意义($P>0.05$);2 组患者 L_1、L_2、L_3 的矢状面角、AD 距离比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);2 组患者 L_4、L_5 的矢状面角、AD 距离比较,差异均有统计学意义($P=0.000$),见表 2。

2.3 腰椎椎弓根外侧浸润麻醉的穿刺方法

为了便于临床运用和记忆,本研究将腰椎椎弓根外侧浸润麻醉的穿刺参数简化并作图(图 2)。L_1 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 4 mm、外 8 mm,矢状面角 8°、水平面角 7°。L_2 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 6 mm、外 10 mm,矢状面角 10°、水平面角 9°。L_3 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 9 mm、外 13 mm,矢状面角 12°、水平面角 12°。L_4 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 12 mm、外 18 mm,矢状面角 15°、水平面角 18°。L_5 的皮肤进针点为椎弓根体表投影上 21 mm、外 25 mm,矢状面角 23°、水平面角 24°。

表 2 不同腰椎前凸角度的矢状面角、距离 AD

项目		腰椎前凸≥50°($n=15$)	腰椎前凸<50°($n=51$)	P
男/女(例)		7/8	24/27	0.833
年龄(岁)		65.33±5.08	65.43±5.26	0.949
腰椎前凸度数(°)		53.80±2.48	40.75±5.38	0.000
L_1	矢状面角(°)	7.83±3.11	8.59±2.45	0.166
	距离 AD (cm)	0.34±0.13	0.40±0.17	0.066
L_2	矢状面角(°)	9.57±3.17	10.74±2.75	0.075
	距离 AD (cm)	0.50±0.27	0.60±0.21	0.076
L_3	矢状面角(°)	11.43±3.37	11.74±3.12	0.648
	距离 AD (cm)	0.87±0.27	0.90±0.27	0.519
L_4	矢状面角(°)	19.40±2.85	13.85±3.30	0.000
	距离 AD (cm)	1.59±0.28	1.12±0.27	0.000
L_5	矢状面角(°)	27.07±4.30	21.40±4.23	0.000
	距离 AD (cm)	2.57±0.28	1.90±0.55	0.000



白色圆圈:椎弓根体表投影;黄色×:皮肤进针点;SSA:矢状面角;TSA:水平面角

图 2 腰椎椎弓根外侧浸润麻醉的穿刺方法简图

3 讨论

PVP/PKP 的麻醉方式主要为局部麻醉、静脉麻醉和全身麻醉。老年患者对全身麻醉的耐受能力差,且气管插管容易发生呼吸道并发症,术中易出现不能及时发现的神经症状。静脉麻醉无需气管插管,但患者在俯卧位下容易出现呼吸抑制。局部麻醉对气道无创,对患者心肺功能影响较小,患者意识清楚,如有穿刺所致的神经并发症可以及时发现[12]。因此,局部麻醉是公认的 PVP/PKP 最常用、最安全的麻醉方式[13-14]。常规局部麻醉时麻醉药注入皮肤至椎板表面的软组织,主要向椎板表面的椎旁肌弥散,由于椎板、横突的阻挡,更深层次的椎弓根外侧骨膜及软组织并没有麻醉。由于椎弓根外侧及椎体后外侧的骨膜含有丰富的感觉神经,对疼痛的刺激非常敏感,当通过椎弓根外侧入路穿刺时,穿刺针刺激椎弓根外侧的骨膜和软组织会导致患者剧痛。因此,可以通过调整麻醉针的位置和方向、绕开横突的遮挡,紧贴上关节突外侧和椎弓根外侧壁刺入,靶向麻醉椎弓根外侧区域,尽量减轻患者术中的疼痛[15]。Sesay 等[16]指出在 PVP 中,穿刺针穿刺时的疼痛较局部皮肤麻醉及椎体内注射骨水泥时更甚,局部麻醉有效的标准是术中患者对疼痛的语言描述评分小于 2 分(0 分为无痛,1 分为轻微疼痛,2 分为中度疼痛,3 分为严重疼痛)。

Cho 等[17]曾报道腰椎椎弓根外穿刺 PVP/PKP,同时通过 2 具尸体研究了腰动脉的解剖,并认为腰椎椎弓根外穿刺不会损伤腰动脉。但是曾有腰椎穿刺导致腰动脉损伤的病例报道[18]。Liu 等[19]研究了腰椎椎弓根外穿刺路径和腰动脉的解剖关系,指出腰椎椎弓根外侧入路 PVP/PKP 的安全穿刺区域应略高于椎弓根中线,以尽量避免手术过程中对节段动脉的损伤,故本研究麻醉针穿刺的靶点(T 点)定位于椎弓根外侧壁与椎体交界处的中上 1/3 交界处,横突基底部上缘与上关节突外缘交界处为麻醉针必须经过的区域(O 点)。在矢状面和横断面上分别连接 TO 直至与皮肤相交,模拟出椎弓根外侧浸润麻醉时的穿刺路径,直观地测量麻醉针在皮肤上的进针点、穿刺方向及深度。本研究中麻醉针穿刺所需的水平面角与椎弓根本身的水平面角相关,椎弓根水平面角越大,麻醉针的水平面角就越大。Olsewski 等[20]通过椎弓根中心轴与正中矢状面的角度,测量了男性 L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 椎弓根在横断面上的水平面角分别为(7±2)°、(7±2)°、(8±2)°、(11±4)°、(17±7)°,女性平均比男性少 2°,性别之间差异有统计学意义。Zindrick 等[21]通过椎弓根横断面上最窄处连线的垂线与椎体中心线的角度,测量 L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 横断面上的水平面角分别为(10.9±2.2)°、(12.0±3.5)°、(14.4±3.8)°、(17.7±5.2)°、(29.8±6.3)°。上述两项研究水平面角差异在 4°~13°不等,可能与所采用的测量方法不同有关。本研究测量结果介于上述二者之间。国内杜良杰等[22]测量 L_1、L_2、L_3、L_4、L_5 横断面上的水平面角分别为(5.25±1.98)°、(8.97±3.66)°、(10.58±3.44)°、(18.67±7.32)°、(23.54±3.48)°,小于本研究的测量结果。分析原因可能是本研究中的所选样本为中老年患者,关节突有不同程度的退变、增生外移,导致了麻醉针穿刺的水平面角稍大于椎弓根自身的水平面角。

由于椎弓根的上下径有限,椎弓根上下方分别有脊神经穿出椎间孔,故掌握穿刺的矢状面角非常重要,一旦损伤脊神经可能导致下肢的运动及感觉障碍,严重影响患者的生活质量[23]。麻醉针在矢状位上的穿刺角度与椎弓根矢状位上的头或尾偏角、横突基底部的形态及腰椎前凸等因素有关。Olsewski 等[20]测量了腰椎椎弓根在矢状位上的轴线与椎体上终板的角度为 5°~8°不等。但是由于横突对椎弓根的遮挡以及腰椎本身的生理前凸,麻醉针需要一定的矢状面角才能穿刺到靶点位置。腰椎生理前凸范围波动较大,有文献报道在 30°~80°之间,且与身高、体重、运动、腰椎退变等多种因素相关,故其正常参考范围还存在争议[24-25]。本研究发现腰椎前凸角度在 50°以上者,L_4、L_5 的麻醉针矢状面角要偏大 4°~6°、皮肤进针点要高 5~7 mm,因为腰椎前凸越大,L_4、L_5 的倾斜越明显,导致矢状面角和皮肤进针点增大。本研究之所以探讨麻醉针在皮肤上的进针点,是因为直径比较细小的麻醉针一旦进入肥厚的腰背肌肉后,很难再调整针尖的走向,故掌握好进针点非常重要。横突前方麻醉针的进

针深度随着椎骨序数的增加而逐渐减小,但是差异不大,L_1 ~ L_3 为 13 mm 左右,L_4 ~ L_5 为 11 mm 左右。掌握穿刺的深度是为了避免穿刺过深造成其他组织的损伤。考虑到进行 PVP/PKP 的患者主要为中老年人,故本研究中样本选择年龄为 55 ~ 75 岁的患者。

掌握好麻醉针的皮肤进针点和穿刺方向,从解剖学的角度可以实现精准的腰椎椎弓根外侧浸润麻醉。麻醉前需要考虑性别及腰椎前凸角度等因素,通过 CT 三维重建测量相关参数、术中辅以 C 臂 X 射线机的监视,实施椎弓根外侧浸润麻醉是完全可行的。本研究样本量偏小,后续应加大样本量、测量不同人种的解剖学参数,尽量减少测量误差。

[参考文献]

[1] Zhang JN, Fan Y, He X, et al. Is percutaneous kyphoplasty the better choice for minimally invasive treatment of neurologically intact osteoporotic Kümmell's disease? A comparison of two minimally invasive procedures [J]. Int Orthop, 2018, 42(6): 1321 - 1326. doi: 10.1007/s00264 - 018 - 3832 - z.

[2] Kam NM, Maingard J, Kok HK, et al. Combined vertebral augmentation and radiofrequency ablation in the management of spinal metastases: an update[J]. Curr Treat Options Oncol, 2017, 18(12): 74. doi: 10.1007/s11864 - 017 - 0516 - 7.

[3] 张 明,凌 辰,李旭祥,等. 数字化设计/显示技术辅助经皮椎体后凸成形术的应用研究[J]. 局解手术学杂志,2020,29(2):121 - 125. doi:10.11659/jjssx.07E019038.

[4] 曹 臣,陈书连,高延征,等. 骨填充网袋单侧穿刺经皮椎体成形术与经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J]. 中华创伤杂志,2019,35(1):30 - 37. doi:10.3760/cma.j.issn.1001 - 8050.2019.01.007.

[5] 叶入裴,廖烨晖. 个体化单侧穿刺椎体后凸成形术治疗胸腰椎骨质疏松性压缩骨折的临床疗效[J]. 中国老年学杂志,2019,39(14):3419 - 3422. doi:10.3969/j.issn.1005 - 9202.2019.14.024.

[6] Li H, Yang L, Tang J, et al. An MRI-based feasibility study of unilateral percutaneous vertebroplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16: 162. doi:10.1186/s12891 - 015 - 0619 - x.

[7] 常 峥,周 明,张宏波,等. 椎弓根外穿刺法在骨填充网袋椎体后凸成形术中的应用[J]. 中国微创外科杂志,2018,18(12):1108 - 1111. doi:10.3969/j.issn.1009 - 6604.2018.12.014.

[8] Mishra PK, Dwivedi R, Dhillon CS. Osteoporotic vertebral compression fracture and single balloon extrapedicularkyphoplasty: findings and technical considerations[J]. Bull Emerg Trauma, 2020, 8(1): 34 - 40. doi:10.29252/beat - 080106.

[9] 刘列华,王建刚,王晓嘉,等. 椎弓根外侧浸润麻醉用于单侧穿刺椎体(后凸)成形术[J]. 局解手术学杂志,2017,26(3):178 - 180. doi:10.11659/jjssx.09E016011.

[10] Lien SB, Liou NH, Wu SS. Analysis of anatomic morphometry of the pedicles and the safe zone for through-pedicle procedures in the thoracic and lumbar spine[J]. Eur Spine J, 2007, 16(8): 1215 - 1222. doi:10.1007/s00586 - 006 - 0245 - 2.

[11] Okano I, Carlson BB, Chiapparelli E, et al. Local mechanical environment and spinal trabecular volumetric bone mineral density measured by quantitative computed tomography: astudy on lumbar lordosis[J]. World Neurosurg, 2020, 135: e286 - e292. doi: 10.1016/j.wneu.2019.11.139.

[12] Bonnard E, Foti P, Kastler A, et al. Percutaneous vertebroplasty under local anaesthesia: feasibility regarding patients' experience[J]. Eur Radiol, 2017, 27(4): 1512 - 1516. doi: 10.1007/s00330 - 016 - 4521 - 1.

[13] Liu J, Wang L, Chai M, et al. Analysis of anesthesia methods in percutaneous kyphoplasty for treatment of vertebral compression fractures[J]. J Healthc Eng, 2020, 2020: 3965961. doi: 10.1155/2020/3965961.

[14] 张 刚,王峙锦,陈恒毅,等. 透视下精准局部麻醉在骨质疏松性胸腰椎压缩骨折 PKP 术中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2017,32(5):502 - 503. doi:10.7531/j.issn.1672 - 9935.2017.05.017.

[15] Ringer AJ, Bhamidipaty SV. Percutaneous access to the vertebral bodies: a video and fluoroscopic overview of access techniques for trans-, extra-, and infrapedicular approaches[J]. World Neurosurg, 2013, 80(3/4): 428 - 435. doi:10.1016/j.wneu.2012.09.005.

[16] Sesay M, Dousset V, Liguoro D, et al. Intraosseouslidocaine provides effective analgesia for percutaneous vertebroplasty of osteoporotic fractures[J]. Can J Anaesth, 2002, 49(2): 137 - 143. doi: 10.1007/BF03020485.

[17] Cho SM, Nam YS, Cho BM, et al. Unilateral extrapedicular vertebroplasty and kyphoplasty in lumbar compression fractures: technique, anatomy and preliminary results[J]. J Korean Neurosurg Soc, 2011, 49(5): 273 - 277. doi: 10.3340/jkns.2011.49.5.273.

[18] Liu L, Li N, Wang Q, et al. Iatrogenic lumbar artery injury in spine surgery: aliterature review[J]. World Neurosurg, 2019, 122: 266 - 271. doi: 10.1016/j.wneu.2018.10.219.

[19] Liu L, Cheng S, Wang Q, et al. An anatomical study on lumbar arteries related to the extrapedicular approach applied during lumbar PVP (PKP)[J]. PLoS One, 2019, 14(3): e0213164. doi: 10.1371/journal.pone.0213164.

[20] Olsewski JM, Simmons EH, Kallen FC, et al. Morphometry of the lumbar spine: anatomical perspectives related to transpedicular fixation [J]. J Bone Joint Surg Am, 1990, 72(4): 541 - 549.

[21] Zindrick MR, Wiltse LL, Doornik A, et al. Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles[J]. Spine (Phila Pa 1976), 1987, 12(2): 160 - 166. doi: 10.1097/00007632 - 198703000 - 00012.

[22] 杜良杰,李建军. 国人成年男性胸腰椎椎弓根径线和偏角与脊椎节段序数的相关性研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2009,19(7):545 - 549. doi:10.3969/j.issn.1004 - 406X.2009.07.16.

[23] 程昌志,何少康,林舟丹. 腰椎手术脊神经及马尾损伤原因分析及防治[J]. 中国现代医学杂志,2012,22(34):62 - 65. doi:1005 - 8982(2012)34 - 0062 - 04.

[24] 王 峰,孟宪中,杜 伟,等. 腰椎前凸的相关研究进展[J]. 中华骨科杂志,2014,34(9):968 - 973. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253 - 2352.2014.09.012.

[25] Been E, Kalichman L. Lumbarlordosis[J]. Spine J, 2014, 14(1): 87 - 97. doi:10.1016/j.spinee.2013.07.464.

(编辑:刘 艺)