

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2020.04.015

单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路在 PKP 治疗 OVCF 的疗效观察

邓志刚, 王文治, 张 磊, 屠 敏, 黄晓琳
陕西省汉中市南郑区人民医院外四科, 陕西汉中 723100

摘 要:目的 探讨单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路在经皮穿刺球囊扩张椎体后凸成形术(PKP)治疗胸、腰椎骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)的疗效。**方法** 收集 2016 年 4 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日该院收治的 127 例胸、腰椎 OVCF 患者,按穿刺方法分成两组。A 组(86 例)采用单侧经椎弓根基底部外上穿刺路径,术前在医学影像计算机存档与传输系统(PACS)上分析 OVCF 椎体及其附近组织结构,同时设计穿刺路径;B 组(41 例)直接采用双侧经皮椎弓根穿刺路径,术中穿刺成功后进行 PKP 治疗。比较两组患者手术时间、术中 X 射线透视次数、骨水泥分布与渗漏及视觉模拟疼痛评分(VAS)变化等情况。**结果** 与 B 组比较,A 组患者平均手术时间更短,平均 X 射线曝光次数更少,骨水泥渗漏率更低,平均手术出血量更少,骨水泥过中线率更高,差异均有统计学意义($P<0.05$);两组患者平均骨水泥填充量及术中和术后 24 h 平均 VAS 评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 行 PKP 采用单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路治疗 OVCF 时效果更好。

关键词: 脊柱骨折; 骨质疏松性椎体压缩性骨折; 椎体后凸成形术

中图分类号:R683.2

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2020)04-0490-05

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Observation on efficacy of unilateral transpedicular basal external puncture approach for treating OVCF in PKP

DENG Zhigang, WANG Wenzhi, ZHANG Lei, TU Min, HUANG Xiaolin

Fourth Department of Surgery, Nanzheng District People's Hospital, Hanzhong, Shaanxi 723100, China

Abstract: Objective To investigate the efficacy of balloon dilated percutaneous kyphoplasty (PKP) for treating thoracic and lumbar vertebral osteoporosis vertebral compressed fracture (OVCF) by unilateral transpedicular basal external puncture approach. **Methods** A total of 127 patients with thoracic and lumbar vertebral OVCF in the hospital from April 1, 2016 to December 31, 2018 were collected and divided into the two groups according to the puncture method. The group A ($n=86$) adopted unilateral transpedicular basal external puncture approach. The OVCF vertebra and its adjacent tissue structure were analyzed on the medical picture archiving and communication system (PACS) before surgery, and the puncture path was simultaneously designed. The group B ($n=41$) adopted bilateral transpedicular puncture approach, and PKP was performed after successful puncture during operation. The operation time, number of intraoperative X-ray fluoroscopy, distribution and the leakage of bone cement and change of visual analogue scales (VAS) were compared between the two groups. **Results** Compared with the group B, the average operative time in the group A was shorter, average X-ray exposure times were fewer, the bone cement leakage rate was lower, the average operative bleeding amount was much less, the rate of bone cement passing the central line was higher, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). But there were no statistically significant differences in the bone cement filling volume and VAS scores before and at postoperative 24 h between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** Unilateral transpedicular basal external puncture approach in PKP has better effect in the treatment of OVCF.

Key words: spinal fractures; osteoporosis vertebral compressed fracture; percutaneous kyphoplasty

骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)治疗方法主要是经皮穿刺椎体成形术(PVP)和经皮穿刺球囊扩张椎体后凸成形术(PKP),PVP 及 PKP 对 OVCF 有着优良的止痛效果和椎体强化稳定作用,具有创伤小,可早期下床活动,减少远期并发症等优点而广泛应用于临床^[1]。在采用 PVP/PKP 治疗胸、腰椎体的

OVCF 时,准确的穿刺是手术成功的先决条件,标准的穿刺路径是经双侧椎弓根穿刺入路,骨折的椎体内置入工作通道,尽可能达到水泥过中线,以期达到增强强化椎体的双侧强度均衡,减少再骨折的目的^[2];而采用双侧穿刺,增加了手术操作时间、穿刺副损伤、骨水泥渗漏风险、X 射线照射量及出血量,同时使用

作者简介:邓志刚,男,副主任医师,主要从事微创脊柱外科研究。

两套器械增加患者经济负担。在解剖结构中,椎体的椎弓根这一骨性通道较狭窄,在胸椎及上腰椎的位置处更加明显,为避免损伤脊髓及神经根,限制了穿刺针的进针方向,而对于椎弓根细小或椎弓根外展角较小时,穿刺更为困难^[3-4]。本研究比较了单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路与双侧经椎弓根穿刺入路在 PKP 治疗 OVCF 中的疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2016 年 4 月 1 日至 2018 年 12 月 31 日在本院行 PKP 治疗的 127 例胸、腰椎 OVCF 患者。纳入标准:(1)具有持续性腰背部疼痛等临床症状;(2)正、侧位 X 线片可见病变椎体被压缩,呈楔形改变;(3)骨密度检查 $T < -2.5s$,骨密度测定部位

为第 2~4 腰椎及股骨颈;(4)临床诊断为 OVCF。排除标准:(1)非骨质疏松或其他疾病(如肿瘤等)引起椎体骨折的患者;(2)使用可能影响骨转换、钙离子代谢药物的患者;(3)伴有心、肾及肝脏等重要脏器功能障碍;(4)无法耐受手术者。127 例患者分为两组,A 组 86 例,其中男 41 例、女 45 例,平均年龄 (71.93 ± 7.02) 岁,采用单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路;B 组 41 例,其中男 19 例、女 22 例,平均年龄 (71.07 ± 6.96) 岁,采用双侧经皮椎弓根穿刺入路。本研究经患者知情同意并签署知情同意书。两组患者性别、年龄及胸、腰椎病变情况等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组患者一般资料比较

组别	n	男/女 (n/n)	平均年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	病变部位[n(%)]				
				第 6 胸椎	第 7 胸椎	第 8 胸椎	第 9 胸椎	第 10 胸椎
A 组	86	41/45	71.93±7.02	1(1.16)	3(3.49)	4(4.65)	2(2.32)	4(4.65)
B 组	41	19/22	71.07±6.96	1(2.44)	1(2.44)	1(2.44)	1(2.44)	2(4.88)

组别	n	病变部位[n(%)]						
		第 11 胸椎	第 12 胸椎	第 1 腰椎	第 2 腰椎	第 3 腰椎	第 4 腰椎	第 5 腰椎
A 组	86	24(27.91)	14(16.28)	6(6.98)	6(6.98)	2(2.32)	4(4.65)	16(18.60)
B 组	41	13(31.71)	6(14.63)	2(4.88)	2(4.88)	0(0.00)	2(4.88)	10(24.39)

1.2 方法

1.2.1 单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路 在正位像经椎弓根穿刺多数难以达到棘突中线,而椎弓根的内侧和下缘紧贴有脊髓及神经根,为追求骨水泥填充到椎体中央,过大的内倾角在穿刺过程中有损伤脊髓及神经根的可能,椎弓根内壁破裂又增加骨水泥渗漏。鉴于以上考虑,经过对椎体及其附近解剖结构的分析,借鉴相关资料笔者采用单侧经皮椎弓根基底部外上侧的穿刺操作路径,以穿刺第 1 腰椎右侧为例,穿刺针应该远离椎管及神经根,其不经过椎弓根,使穿刺角度有了更大的可选择性,单侧穿刺后也可更顺利地将球囊置入骨折椎体的中央,因此,骨水泥注入后也主要分布于椎体中央,见图 1。

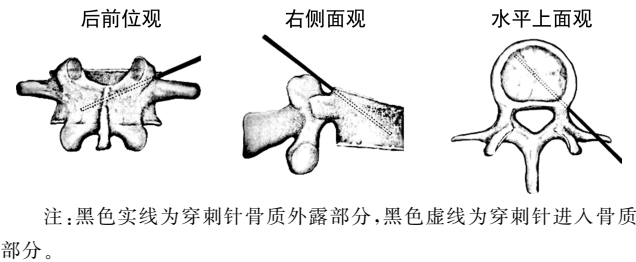


图 1 第 1 腰椎椎体右侧经椎弓根基底部外上穿刺路径示意图

1.2.2 手术方式 所有患者均采用 PKP 术式。A

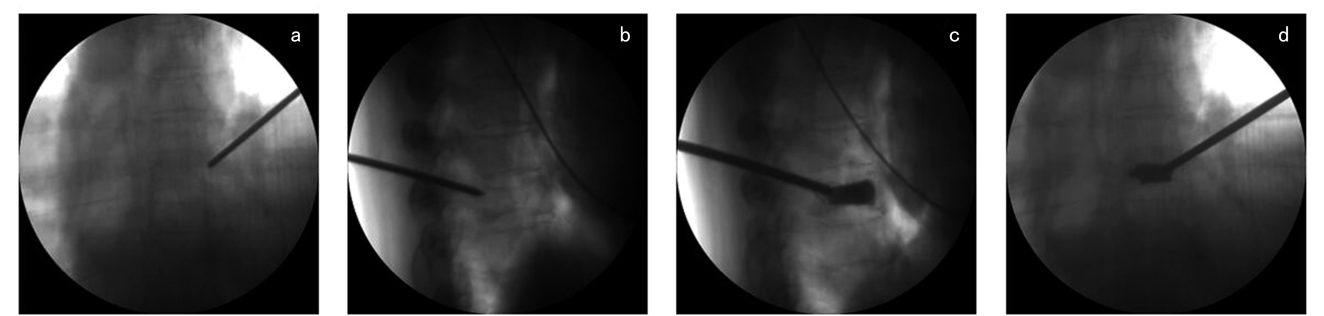
组患者术前采用医学影像计算机存档与传输系统(PACS),CT 薄层扫描三维重建对骨折椎体及其周围组织结构进行分析,设计穿刺路径,记录好进针点中线旁开距离、穿刺深度、内倾及下倾角度等关键数据。以 1 例胸 8 椎体 OVCF 行单侧 PKP 治疗为例,手术步骤如下:(1)术前采集胸椎磁共振(MRI)及 CT 影像资料,并设计 CT 穿刺路径,见图 2。(2)术中患者采用俯卧位,选右侧做穿刺进行操作,首先正位 X 线片确定病变椎体两侧椎弓根中点线,并做好标记线,同时划定标准棘突中线,再于中线右侧约 44 mm 处划一纵行线,其与第 8 胸椎椎弓根中点延长线交点上方约 30 mm 处标记为穿刺点。(3)常规消毒,铺巾,采用金属腰穿针(穿刺深度大于 8 cm 用椎间盘穿刺针局部浸润麻醉),以 0.5%利多卡因于穿刺点浸润麻醉,当麻醉针头触及椎弓根基底部时透视 1 次(进针深度约 67 mm),证实穿刺方向、角度,以利于下一步正式穿刺(进针深度与术前 CT 影像计划深度偏差不得大于 5 mm,内倾角及下倾角宁大不小)。(4)使 PKP 穿刺针与躯干的矢状面呈约 22°夹角,针尖向尾侧倾斜 20°夹角,向右侧的椎弓根基底部外上方穿刺,经过横突上缘,进针约 67 mm 后触及椎弓根基底部骨质,行正位 X 线片以确定针尖位于椎弓根外上方约时钟 1~2 点处,见图 3a;穿刺入骨质后进针约 0.5~

1.0 cm;再行正位 X 线片确定穿刺针尖已达到椎弓根影中线,侧位 X 线片确定针尖已超过椎体后缘,见图 3b。(5)置入工作套管至预定深度,钻头扩髓,置入球

囊,撑开,侧位及正位注射骨水泥,见图 3c、d。
B 组采用的双侧经皮椎弓根穿刺的路径为临床脊柱外科医师常用,不做赘述。



注:a、b、c 分别为病变椎体的 MRI 影像;d 为病变椎体的 CT 影像;e 为对病变椎体设计 CT 穿刺路径。
图 2 MRI、CT 影像资料及设计穿刺路径



注:a 为正位 X 线片,显示针尖位于椎弓根外上方约时钟 1~2 点处;b 为侧位 X 线片,显示针尖已超过椎体后缘;c 为侧位 X 线片,显示骨水泥;d 为正位 X 线片,显示骨水泥。

图 3 术中穿刺图

术后两组患者常规卧床 24 h,次日腰围保护下不负重自动活动,规范抗骨质疏松及对症治疗。

1.2.3 观察指标 两组患者均由同一术者操作,比较两组手术时间(均为从术前定位至骨水泥固化后拔出工作套管计算),术中 X 线片透视的次数,骨水泥填充量,骨水泥在椎体中央的分布情况(骨水泥过中线的情况),骨水泥渗漏情况,术中出血量,以及视觉模拟疼痛评分(VAS)变化情况。

1.3 统计学处理 采用 SPSS19.0 软件进行数据分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用 t 检验;计数资料以频数及百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者手术情况比较 与 B 组比较,A 组患

者平均手术时间更短,平均 X 射线曝光次数更少,骨水泥渗漏率更低,平均手术出血量更少,骨水泥过中线率更高,差异有统计学意义($P < 0.05$);两组患者平均骨水泥填充量及术前和术后 24 h 平均 VAS 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.2 两组并发症发生情况比较 A 组 2 例发生椎旁渗漏,2 例发生椎间隙渗漏,渗漏率 4.6%(4/86);B 组 2 例发生椎间隙渗漏,1 例椎体旁渗漏,1 例椎管内少量渗漏,渗漏率 9.8%(4/41)。两组渗漏量均不大,术后均无明显脊髓神经根受损表现。

2.3 两组随访情况 127 例患者均进行术后随访,成功随访 98 例,脱访 29 例,随访时间 1~6 个月,平均 (3.5 ± 0.2) 个月,B 组 1 例 86 岁患者术后 1 个月死于心力衰竭。

表 2 两组患者手术情况比较

组别	<i>n</i>	平均手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)	平均骨水泥 填充量($\bar{x} \pm s$, mL)	平均 X 射线曝光 次数($\bar{x} \pm s$, 次)	骨水泥渗漏率 [<i>n</i> (%)]	平均手术出血量 ($\bar{x} \pm s$, mL)	骨水泥过中线率 [<i>n</i> (%)]	术前平均 VAS 评分($\bar{x} \pm s$, 分)	术后 24 h 平均 VAS 评分($\bar{x} \pm s$, 分)
A 组	86	39.5±3.8	3.2±0.7	13.3±3.1	4(4.60)	5.9±1.1	32(37.21)	8.7±2.1	6.2±1.4
B 组	41	77.0±7.1*	2.9±0.9	19.8±5.2*	4(9.80)*	12.1±2.9*	11(26.83)*	8.6±2.2	6.3±1.5

注:与 A 组比较,**P*<0.05。

3 讨 论

PKP 及 PVP 是脊柱外科医师目前治疗 OVCF 的主要手段,常规的双侧经椎弓根穿刺方法存在较多问题,如穿刺针偏离椎弓根进而损伤脊髓和神经根,术中术者和患者接触 X 射线较多,骨水泥渗漏损伤周围组织和神经等。因此,保证手术疗效的同时,优化手术过程、提高手术安全性、减少手术并发症,是每一个脊柱外科医师为之努力的目标。本研究中,笔者采用经单侧椎弓根基底部分外上穿刺 PKP 术,经过统计分析认为单侧穿刺手术的治疗效果与双侧穿刺的疗效相当,同时优点明显。

KAMBIN 等^[5]最先提出了安全三角的概念,并对这一范围进行了描述,即椎体后方、椎间孔出口神经根、下位椎体后上缘与硬膜囊外侧缘。国内学者也对腰椎侧方“安全区”这一概念进行了描述,即在腰椎侧面,上、下椎体节段血管间,腰交感干后,腰丛神经前的区域^[6]。单侧穿刺的操作使得椎体进针点定位于椎间孔出口前下方和椎间盘侧后缘下方,穿刺路径位于横突上方、腰大肌后内侧,从而避开了腰丛神经及重要组织。因此只要穿刺定位准确,单侧穿刺方法对于血管、神经的损伤风险较小,同时,当病变椎体内骨水泥填充量超过了椎体中线时,方可使椎体双侧刚度得到均衡的强化,从而降低术后非穿刺侧骨折再发的风险。

当病变椎体椎弓根直径细小或椎弓根外展角度较小时,经椎弓根穿刺入路可能因椎弓根的制约而使得穿刺针外展角度受限,从而使骨水泥无法注入通道尖端到达椎体中线,进而导致穿刺对侧骨水泥填充不良^[6],如盲目外展穿刺角度,则有损伤椎弓根内壁及椎管内脊髓、神经根的风险^[7]。单侧经椎弓根基底部分外上穿刺入路为完全椎弓根外穿刺入路,经椎旁软组织直接进入椎体,摆脱了椎体后方骨性通道对穿刺角度的限制,使穿刺针有了较大的自由度。通过外展穿刺针角度,骨水泥可较容易地到达椎体中线及椎体对侧。同时,通过调整穿刺针倾斜方向,可更好地针对病变椎体进行穿刺^[8]。本研究中采用单侧经椎弓根基底部分外上穿刺入路治疗的 86 例 OVCF 患者均无血管、神经损伤的并发症发生,骨水泥均可顺利注入至椎体中线,其在椎体内分布也均匀。

常规的双侧经皮椎弓根穿刺入路存在以下问题:(1)椎弓根表面不规则,穿刺针不易定位。(2)椎弓根

内侧缘和下缘紧贴着硬膜、神经根等其他解剖结果,穿刺针进入椎管和神经根管可能对其造成损伤。(3)椎弓根较狭窄,因其倾斜度限制导致穿刺针及工作套管的顶端难以被置入椎体的中央部位,尤其是胸椎,因此穿刺时,穿刺针头常常只能位于穿刺一侧,球囊及其后注射的骨水泥也难以到达椎体中央,进而影响术后椎体强度均衡,增加了术后的残留临床症状及再骨折风险^[8-9]。(4)同时双侧穿刺,工作套管多偏于一侧,而球囊扩张后易出现微裂隙,骨水泥注入过程中增加了其向边缘渗漏的风险。(5)双侧穿刺后,扩张的球囊在与对侧的工作套管末端接触时易出现破裂,增加手术操作时间及手术成本(须更换新的球囊)。(6)双侧椎弓根穿刺时 X 射线照射量、手术时间、穿刺副损伤的风险等均较单侧穿刺成倍增加。(7)如椎弓根骨折或存在变异时,通常无法顺利穿刺。鉴于以上考虑,单侧经椎弓根基底部分外上穿刺入路的穿刺针通道位于椎弓根外,远离了椎管和神经根管,穿刺通道更宽也更安全,发生神经(根)损伤的风险更小,椎弓根旁的穿刺路径也会更加便利,操作过程中行 X 线片检测的次数减少,手术的时间也明显缩短。因穿刺不受椎弓根及其外展角的限制,穿刺角度有更大的可选择性,穿刺后工作套管也能更顺利地引导球囊置于椎体中央,骨折椎体扩张复位及骨水泥填充更满意,骨水泥渗漏概率更低。此外,骨水泥在椎体中央均匀分布可有效避免术后椎体强度的不均衡,降低术后并发症发生。

单侧经椎弓根基底部分外上穿刺入路的软组织行程较长,有穿刺针进入胸、腹腔而造成不良反应的可能。笔者认为:(1)术前于 PACS 系统中采集影像学资料并仔细分析病变椎体及其周围的解剖结构,设计出最佳的穿刺路径,即穿刺进针点距中线旁开距离、进针深度、与矢状面夹角、与终板夹角等关键数据。(2)术前行 X 线片定位时手术体位摆放标准,术中行 X 线片能清晰显示病变椎体的标准正、侧位影像(特别是正位),以降低穿刺时影像与实际操作的误差,按术前设计的穿刺点作体表标记。(3)麻醉路径较长,本穿刺方法局部麻醉及定位均采用金属腰穿针或椎间盘穿刺针(术前测量进针深度大于 8 cm),严格控制局部麻醉穿刺深度不超过术前设计深度,在正式穿刺前,进行局部麻醉时先用长穿刺针头尝试穿刺椎弓根基底外上部并行 X 线片检测,确定正式的穿刺位置及

方向。(4)术中根据术前设计并确定的穿刺点、穿刺方向及深度,穿刺针对准椎弓根基底部外上进针,穿刺过程中与患者做好沟通,避免穿刺针进入胸、腹腔或椎管。(5)用好肋骨和横突这两个解剖标志,穿刺针经过胸椎肋骨根部或腰椎横突根部的上缘到达椎体椎弓根基底部外上部。(6)对于过度肥胖者,术前设计的穿刺深度如大于 11 cm(因 PKP 工作套管最长深度为 10 cm,实际最大深度为 12 cm),应适当调整与矢状面的夹角,以满足能正常使用穿刺工作套管。(7)因 CT 多为卧位扫描,而手术穿刺时体位为俯卧位,对肌肉松弛或过度肥胖者,在设计穿刺路径及体表定位时应充分考虑影像与实际位置的变化关系,并作调整。

综上所述,与常规的双侧经皮椎弓根穿刺路径比较,单侧经椎弓根基底部外上穿刺入路操作治疗 OVCF 更顺利、耗费时间短,穿刺过程中行 X 线片透视次数减少,出血少,骨水泥注入后分布更居中、均匀,骨水泥渗漏率均明显减少。因此,该穿刺路径值得临床推广。

参考文献

[1] YANG E Z, XU J G, HUANG G Z, et al. Percutaneous vertebro-plasty versus conservative treatment in aged patients with acute osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective ran-domized controlled clinical study

(上接第 489 页)

[5] 何伟明,李英夫,彭玉平. 神经内镜内手术治疗脑室出血[J]. 黑龙江医药科学,2018,39(4):134-135.

[6] HANLEY D F, LANE K, MCBEE N, et al. Thrombolytic removal of intraventricular haemorrhage in treatment of severe stroke: results of the randomised, multicentre, multi-region, placebo-controlled CLEAR III trial [J]. Lancet, 2017, 389(10069):603-611.

[7] 龙勇,曾春,唐爽,等. 内镜下和显微镜下手术治疗脑室出血铸型的对比分析[J]. 中国临床神经外科杂志,2018,23(3):158-160.

[8] 张晓彪. 全面推进神经内镜技术在神经外科中的运用[J]. 中华神经外科杂志,2017,33(10):975-978.

[9] CHAN E, ANDERSON C S, WANG X, et al. Significance of intraventricular hemorrhage in acute intracerebral hemorrhage: intensive blood pressure reduction in acute cerebral hemorrhage trial results [J]. Stroke, 2015, 46(3): 653-658.

[10] 叶泽驹,陈桂增,谭凤娟,等. 神经内镜在脑室出血手术中的应用[J]. 中国实用神经疾病杂志,2019,19(17):53-55.

[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(8):653-660.

[2] 陈柏林,谢登辉,黎艺强,等. 单侧 PKP 骨水泥注射过中线分布对压缩性骨折椎体两侧刚度的影响[J]. 中国脊髓脊柱杂志,2011,21(2):118-121.

[3] 孙士清,狄镇海,谭中宝. CT 在椎体成形术穿刺路径三维定位中的应用[J]. 介入放射学杂志,2014,23(6):532-535.

[4] LI H, YANG L, TANG J, et al. An MRI-based feasibility study of unilateral percutaneous vertebroplasty [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2015, 16(16):162-168.

[5] KAMBIN P, O' BRIEN E, ZHOU L, et al. Arthroscopic microdiscectomy and selective fragmentectomy [J]. Clin Orthop Relat Res, 1998, 347(347):150-167.

[6] 耿雷,顾军,黄沛彦,等. 腰椎极外侧微创手术的解剖学研究及其临床价值[J]. 临床骨科杂志,2016,19(6):745-748.

[7] TAN Z, DI Z, MAO X, et al. Percutaneous vertebroplasty guided by preoperative computed tomography measurements [J]. Indian J Orthop, 2016, 50(6):622-628.

[8] 任海龙,王吉兴,陈建庭,等. 单侧与双侧经椎弓根入路经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2014,16(8):6127-689.

[9] 蔡俊,冯新民,王静成,等. 椎体成形术治疗不愈合的胸腰椎陈旧性骨折疗效分析[J]. 创伤外科杂志,2015,17(5):426-429.

(收稿日期:2019-08-03 修回日期:2019-11-30)

[11] 王雄,张玉定,付强,等. 神经内镜手术联合脑室外引流术治疗脑室出血的疗效[J]. 中国临床神经外科杂志,2018,23(4):264-266.

[12] 蒋文武. 神经内镜手术与开颅显微手术治疗高血压脑室出血并急性脑积水的疗效比较[J]. 中国急救医学,2016,36(21):218-219.

[13] JOHNSON J R, IDRIS Z, ABDULLAH J M, et al. Prevalence of shunt dependency and clinical outcome in patients with massive intraventricular haemorrhage treated with endoscopic washout and external ventricular drainage [J]. Malays J Med Sci, 2017, 24(1):40-46.

[14] MURTHY S B, AWAD I, HARNOF S, et al. Permanent CSF shunting after intraventricular hemorrhage in the CLEAR III trial [J]. Neurology, 2017, 89(4):355-362.

[15] IDRIS Z, RAJ J, ABDULLAH J M, et al. Early experience in endoscopic management of massive intraventricular hemorrhage with literature review [J]. Asian J Neurosurg, 2014, 9(3):124-129.

(收稿日期:2019-07-05 修回日期:2019-11-15)