

## 经皮椎体成形骨水泥注入对腰椎生物力学的影响

谭 斌, 周道政

(开县人民医院 骨科, 重庆 开县 405400)

**[摘要]** 目的: 观察经皮椎体后凸成形骨水泥注入对骨质疏松兔模型邻近腰椎生物力学功能的影响。方法: 切除 36 只雌性新西兰大白兔双侧卵巢, 建立 L3 骨质疏松骨折动物模型, 造模成功后随机均分为试验组和对照组 2 组, 试验组行经皮椎体后凸成形术 (PKP), 对照组行开放复位内固定手术, 术后 5、10、15 个月检测骨密度值、椎体弯曲和压缩实验最大载荷量、椎体术后平均高度以及矢状面 Cobb 角。结果: 试验组术后 5、10 及 15 个月的骨密度分别为  $(0.0732 \pm 0.0081)$ 、 $(0.0708 \pm 0.0080)$  及  $(0.0675 \pm 0.0063) \text{ g/cm}^2$ , 均显著高于对照组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 试验组 15 个月后手术椎体前缘和后缘平均高度分别由术前  $(38.34 \pm 4.23)\%$  和  $(49.85 \pm 4.43)\%$  恢复至  $(81.53 \pm 8.32)\%$  和  $(60.16 \pm 6.28)\%$ , 矢状面 Cobb 角由术前  $(30.16 \pm 4.15)^\circ$  恢复至  $(8.53 \pm 2.26)^\circ$ ; 试验组不同时间点的骨密度值、椎体弯曲和压缩实验最大载荷量、椎体前缘与后缘高度均高于术前, 矢状面 Cobb 角低于术前, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 对照组不同时间点的骨密度值、椎体弯曲和压缩实验最大载荷量高于术前 ( $P < 0.05$ ), 椎体前缘与后缘高度、矢状面 Cobb 角与术前比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 试验组术后不同时间点的骨密度值、椎体弯曲和压缩实验最大载荷量、椎体前缘与后缘高度均高于对照组, 矢状面 Cobb 角低于对照组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。结论: PKP 可改善骨质疏松骨折邻近椎体的骨密度、承载能力、及椎体后凸角度。

**[关键词]** 兔; 脊柱骨折; 生物力学; 经皮椎体后凸成形术; 开放复位内固定术; 生物力学

**[中图分类号]** R683.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-2707(2016)05-0610-05

**DOI:** 10.19367/j.cnki.1000-2707.2016.05.031

## Effect of Percutaneous Kyphoplasty on Biomechanical Function of Adjacent Lumbar Vertebrae

TAN Bin, ZHOU Daozheng

(Department of Orthopedic Surgery, People's Hospital of Kai County, Kai County 405400, Chongqing, China)

**[Abstract]** **Objective:** To observe the effect of percutaneous kyphoplasty (PKP) on biomechanical function of adjacent lumbar vertebrae in rabbit osteoporosis model. **Methods:** 36 female New Zealand white rabbits were ovariectomized to establish L3 animal model of osteoporotic fracture and randomly divided into control group (treated with open reduction and internal fixation operation) and experimental group (treated with PKP operation). 5, 10, 15 months after operation, the bone mineral density, maximum load of vertebra bending and compression, average vertebra height and the sagittal Cobb angle of vertebra were detected and compared between two groups. **Results:** The bone mineral density of experimental group 5 months, 10 months and 15 months after operation were  $(0.0732 \pm 0.0081) \text{ g/cm}^2$ ,  $(0.0708 \pm 0.0080) \text{ g/cm}^2$  and  $(0.0675 \pm 0.0063) \text{ g/cm}^2$ , all of which were significantly higher than those of control group ( $P < 0.05$ ). In experimental group, 15 months after surgery, the average height of anterior and posterior margin of vertebral body return from preoperative  $(38.34 \pm 4.23)\%$  and  $(49.85 \pm 4.43)\%$  to postoperative  $(81.53 \pm 8.32)\%$  and  $(60.16 \pm 6.28)\%$ . The sagittal Cobb angle of vertebra returned from preoperative  $(30.16 \pm 4.15)^\circ$  to postoperative  $(8.53 \pm 2.26)^\circ$ .

2.26)°。In experimental group, the bone mineral density, maximum load of vertebra bending and compression and the average height of anterior and posterior margin of vertebral body at different time points after surgery were significantly higher than their counterparts before surgery while the sagittal Cobb angle of vertebra after surgery was lower than that before surgery ( $P < 0.05$ ). In control group, the bone mineral density, maximum load of vertebra bending and compression at different time points after surgery were significantly higher than their counterparts before surgery ( $P < 0.05$ ), but there were no statistical differences in the average height of anterior and posterior margin of vertebral body and the sagittal Cobb angle of vertebra between before surgery and after surgery ( $P > 0.05$ ). Compared with control group, the bone mineral density, maximum load of vertebra bending and compression and the average height of anterior and posterior margin of vertebral body in experimental group were significantly higher while the sagittal Cobb angle was significantly lower ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Percutaneous kyphoplasty can improve bone mineral density, load capability and kyphosis angle of adjacent lumbar vertebrae in osteoporotic fracture.

[**Key words**] rabbits; spinal fractures; biomechanics; percutaneous kyphoplasty; open reduction and internal fixation; biodynamics

经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)属于脊柱微创领域的新技术,创伤小,安全且不良反应少,常用于治疗骨质疏松引起的椎体骨折,术后邻近椎体继发性骨折为这种手术方式最常见的并发症,原因是骨水泥强化还是骨质疏松发展,尚存有争议<sup>[1-2]</sup>。目前绝大部分研究以尸体标本作为研究对象,与活体组织的生物力学存在一定差异,且标本为游离的单个椎体,对研究邻近椎体及椎间盘生物力学影响具有一定的局限性。本研究以新西兰大白兔建立骨质疏松模型,探讨 PKP 对骨质疏松动物模型邻近腰椎生物力学功能的改善情况。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

艾克瑞 AKDX-09W 双能量 X 射线骨密度仪(深圳市艾克瑞电气有限公司),PLX112CC 型臂 X 线机(南京普朗医疗器械),DCP-KY3000 型电脑测控压缩试验仪(四川长江造纸仪器有限责任公司),Instron3300 三点弯曲试验机(美国英斯特朗公司),Sensation CT 扫描仪(德国西门子公司)。实验动物购自重庆医科大学医学实验动物中心清洁级健康雌性新西兰大白兔 40 只,3 月龄,体质量 2.5~3.0 kg。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 骨质疏松模型的建立 所有实验雌性大白

兔在全麻状态下切除双侧卵巢,卵巢切除后 3 个月检测实验动物的骨密度值,采用双能 X 线吸收测定法检测 L1-L4 的骨密度值( $\text{g}/\text{cm}^2$ )。建模成功的标准为骨密度值 $\leq$ 正常大白兔骨密度值 2.5 个标准差,椎体内松质骨骨小梁数量减少且变细,间距增宽,髓腔变大;人为手术造成 L3 椎体压缩性骨折。

**1.2.2 动物分组与手术方法** 骨质疏松造模成功 36 只,按随机数字表法均分为试验组和对照组,各组 18 只,试验组行经皮椎体后凸成形术(PKP),对照组行开放复位内固定手术。开放复位内固定术手术:大白兔全麻,侧卧位,经 C 臂 X 线机定位 L3 椎体后,以椎体为中心做后正中纵行切口,显露 L3 椎体和上下椎体的棘突、椎板关节突、横突;椎弓根入点按照 Weinstein 解剖定位法定位,位置正确后植入椎弓根螺钉(颈椎椎弓根螺钉,购自威海威高医疗系统有限公司);X 线确定螺钉位置,如正确安装正反螺纹套筒,旋紧自锁螺帽,调节螺纹角度螺栓后链接横连杆;伤口处置负压引流管,伤口缝合,术后臀部肌注抗生素抗炎 3 d。PKP 手术:大白兔全麻,侧卧位,经 C 型臂 X 线机定位 L3 椎体后,用一次性注射器 8 号针头经皮刺入大白兔 L3 腰椎骨皮质内,在 C 型臂 X 线机监视下用 13G 经皮椎体成形术穿刺针经椎弓根穿刺至椎体后缘皮质前 2~3 mm 处停止,取出针芯,将椎体钻钻入椎体至所需深度,将球囊顺工作套管送入相应椎体通道中;X 线监视下注入对比剂扩张球囊,逐渐增加压力至

球囊扩张满意,一般不超过 350 Pa;当球囊已扩张至到达椎体终板及四周皮质或椎体达到预计复位效果时,立即停止增加压力,两侧球囊均扩张满意后,取出球囊;采用天津市合成材料工业研究所生产的丙烯酸树脂骨水泥,从双侧套管将骨水泥注入椎体内,单个椎体骨水泥注入量约 2mL,术后臀部肌注抗生素抗炎 3 d。

### 1.3 观察指标

(1)骨密度值;(2)生物力学功能指标:对动物模型与术前和术后 5、10、15 个月分别进行三点弯曲实验,以 2 mm/min 速率向椎体中点施压,求最大弯曲载荷;同时对 L3 椎体进行压缩实验,以 2 mm/min 的速率加压,求最大压缩载荷;(3)椎体前缘、后缘高度;(4)矢状面 Cobb 角度。

### 1.4 统计学分析

应用 SPSS 18.0 统计软件分析,数据以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用  $t$  检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 骨密度

与术前比较,试验组和对照组大白兔术后 5、10、15 个月的骨密度值均显著增大,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),两组动物术后 5、10、15 个月的骨密度值随着时间的延长逐渐减小;试验组术后 5 个月、10 个月及 15 个月的骨密度均显著高于对照组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 1。

表 1 两组动物手术前后骨密度( $\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 18$ )

Tab. 1 Comparison of mineral density between before and after operation in two groups

组别	骨密度( $\text{g}/\text{cm}^2$ )			
	术前	术后 5 个月	术后 10 个月	术后 15 个月
试验组	0.034 5 $\pm$ 0.004 2	0.073 2 $\pm$ 0.008 1 <sup>(1)(2)</sup>	0.070 8 $\pm$ 0.008 0 <sup>(1)(2)</sup>	0.067 5 $\pm$ 0.006 3 <sup>(1)(2)</sup>
对照组	0.033 9 $\pm$ 0.004 7	0.056 7 $\pm$ 0.007 4 <sup>(1)</sup>	0.052 4 $\pm$ 0.006 3 <sup>(1)</sup>	0.046 7 $\pm$ 0.005 5 <sup>(1)</sup>
$t$	0.403 9	6.380 6	7.666 3	10.552 0
$P$	0.688 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0

<sup>(1)</sup>与同组手术前比较, $P < 0.05$ ; <sup>(2)</sup>与对照组手术后相应组别比较, $P < 0.05$

### 2.2 生物力学功能

与术前比较,试验组和对照组动物术后 5、10、15 个月的腰椎最大载荷均显著增大,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ );两组腰椎承载压力能力随着

时间的延长逐渐下降,与对照组术后 5、10、15 个月的腰椎承载压力能力比较,试验组动物相应组别的腰椎承载压力能力均显著增强,差异比较均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 两组动物手术前后椎体弯曲和压缩实验最大载荷的比较( $\text{Pa}$ ,  $\bar{x} \pm s$ ,  $n = 18$ )

Tab. 2 Comparison of the maximum load of vertebra bending and compression between before and after operation in two groups

组别	椎体弯曲实验				椎体压缩实验			
	术前	术后 5 个月	术后 10 个月	术后 15 个月	术前	术后 5 个月	术后 10 个月	术后 15 个月
试验组	56.31 $\pm$ 7.28	165.73 $\pm$ 21.34 <sup>(1)(2)</sup>	162.95 $\pm$ 17.02 <sup>(1)</sup>	157.58 $\pm$ 16.11 <sup>(1)(2)</sup>	11 051.47 $\pm$ 106.42	22 920.51 $\pm$ 341.25 <sup>(1)(2)</sup>	22 811.46 $\pm$ 302.16 <sup>(1)(2)</sup>	2 713.06 $\pm$ 283.10 <sup>(1)(2)</sup>
对照组	55.42 $\pm$ 7.23	128.67 $\pm$ 14.36 <sup>(1)</sup>	118.83 $\pm$ 12.95 <sup>(1)</sup>	106.87 $\pm$ 10.26 <sup>(1)</sup>	11 049.70 $\pm$ 103.78	22 398.82 $\pm$ 291.47 <sup>(1)</sup>	22 133.03 $\pm$ 253.55 <sup>(1)</sup>	2 017.17 $\pm$ 245.09 <sup>(1)</sup>
$t$	0.368 0	6.112 8	8.752 5	11.264 3	0.050 5	4.931 9	7.297 1	7.884 6
$P$	0.715 1	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.960 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0

<sup>(1)</sup>与同组手术前比较,  $P < 0.05$ ; <sup>(2)</sup>与对照组相应时段比较,  $P < 0.05$

### 2.3 椎骨高度和 Cobb 角比较

与术前比较,试验组动物术后 5、10、15 个月的椎体前缘、后缘高度值均显著增大,Cobb 角度显著减小,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但对照组各

指标变化均无统计学意义( $P > 0.05$ );与对照组术后 5、10、15 个月比较,试验组动物相应组别的椎体前缘、后缘高度显著增加,Cobb 角显著变小,差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 两组动物手术前后椎体高度和 Cobb 角度的比较( $\bar{x} \pm s, n = 18$ )

Tab. 3 Comparison of height of anterior and posterior margin of vertebral body and the sagittal Cobb angle between before and after operation in two groups

时间	椎体			
	组别	前缘高度 (%)	后缘高度 (%)	Cobb 角 (°)
术前	对照组	38.26 ± 4.21	149.74 ± 3.99	31.01 ± 4.08
	试验组	38.34 ± 4.23	149.85 ± 4.43	30.16 ± 4.15
	<i>t</i>	0.056 9	0.078 3	0.619 7
	<i>P</i>	0.955 0	0.938 1	0.539 6
术后 5 个月	对照组	38.67 ± 4.38	49.93 ± 3.96	30.88 ± 3.98
	试验组	75.75 ± 7.37 <sup>(1)(2)</sup>	55.53 ± 5.26 <sup>(1)(2)</sup>	9.82 ± 2.37 <sup>(1)(2)</sup>
	<i>t</i>	18.349 7	3.608 6	19.288 9
	<i>P</i>	0.000 0	0.001 0	0.000 0
术后 10 个月	对照组	39.47 ± 4.59	50.44 ± 4.03	29.96 ± 3.87
	试验组	78.90 ± 8.02 <sup>(1)(2)</sup>	58.45 ± 6.16 <sup>(1)(2)</sup>	9.22 ± 2.65 <sup>(1)</sup>
	<i>t</i>	18.103 5	4.616 6	18.760 3
	<i>P</i>	0.000 0	0.000 1	0.000 0
术后 15 个月	对照组	39.80 ± 5.02	50.98 ± 4.07	29.55 ± 3.80
	试验组	81.53 ± 8.32 <sup>(1)(2)</sup>	60.16 ± 6.28 <sup>(1)</sup>	8.53 ± 2.26 <sup>(1)(2)</sup>
	<i>t</i>	18.219 9	5.204 4	0.170 8
	<i>P</i>	0.000 0	0.000 0	0.000 0

<sup>(1)</sup> 与同组手术前比较,  $P < 0.05$ ; <sup>(2)</sup> 与对照组相应时段比较,  $P < 0.05$

3 讨论

骨质疏松症的多发人群为老年人和绝经后妇女,很容易发生骨折,骨质疏松性椎体压缩骨折是老年患者常见并发症,目前对其发病机制及愈合方式尚缺乏深入详细了解,临床防治不理想,且骨折再次发生率高<sup>[3]</sup>。

最大载荷是椎体生物力学功能的重要考察指标,当椎体负荷超过其最大承受力时,将发生椎体塌陷和压缩性骨折<sup>[4]</sup>。研究表明,骨密度值与椎体最大载荷呈正相关<sup>[5]</sup>;这与本研究结果一致,术后骨密度与椎体承载压力能力均得到改善并呈相同的变化趋势。PKP 使松质骨向四周挤压至密实,形成两个四周骨壁相对完整的空腔,在空腔内注入骨水泥,凝固形成以空腔为模具的骨水泥铸件,支撑已被挤压密实的松质骨,使伤椎能够有效承受脊柱的轴向载荷<sup>[6]</sup>。以往对尸体胸腰段骨质疏松单椎体标本分别行球囊扩张椎体后凸成形术和椎体成形术,结果显示两种手术方式都明显增加骨质疏松性椎体压缩骨折椎体的抗压强度和恢复刚度,改善其生物力学功能<sup>[7]</sup>。经皮球囊扩张后凸成形术与 JACK 椎体扩张器后凸成形术均可有效改善骨质疏松性椎体压缩骨折椎体的最大载荷、抗压强度及刚度,从而提高抗压破坏能力,强化骨折椎

体<sup>[4]</sup>。以猪椎体标本比较单侧与双侧入路椎体后凸成形术对骨质疏松性椎体压缩骨折椎体力学性能的影响,结果显示双侧入路可注入较多的骨水泥,且分布更均匀,椎体最大载荷与刚度恢复更佳,并可预防已修复的椎体再次发生骨折<sup>[8]</sup>。周鹏等<sup>[9]</sup>对 28 例骨质疏松椎体压缩骨折患者采用骨水泥经皮椎体成形术进行治疗,全部完成手术,术后患者腰背部疼痛明显好转,椎体前缘高度无明显继续压缩,椎体后凸角度无明显增大。有关椎体成形术和椎体后凸成形术对邻近椎体椎间盘的生物力学影响的研究,结果表明椎体楔形骨折使重力弯矩和竖脊肌力增大,造成椎体和椎间盘承载明显增加,骨水泥强化的影响相对较小,椎体后凸成形术纠正后凸畸形,降低了脊柱负载<sup>[10]</sup>,本研究结果也表明 PKP 可有效改善邻近椎体后凸角度和恢复骨折椎体高度。

杨丰建等<sup>[10]</sup>将 16 个胸椎脊柱功能单位制成压缩骨折模型,对骨折椎体行椎体后凸成形术,分别用磷酸钙骨水泥和聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥灌注,术后脊柱功能单位强度显著增强,刚度及椎间盘位移比均明显减小,表明椎体后凸成形术增强了脊柱功能单位的生物力学性能;但该方法可促使邻近节段退变,改变灌注剂材料特性可以改善对邻近节段的影响<sup>[2,11]</sup>。本研究对骨质疏松兔活体模型

分别行 PKP 和开放复位内固定术,观察其对邻近椎体生物力学功能的影响,结果表明,与术前比较,两组动物椎体承载压力能力得到显著提升,PKP 术后椎体承载压力能力明显高于开放复位内固定术组,但术后 5、10、15 个月两组模型承载压力能力逐渐下降;术后观察 15 个月,行开放复位内固定术的动物椎体术后,平均高度和矢状面 Cobb 角均无明显变化,PKP 组模型动物 15 个月后手术椎体前缘、后缘平均高度及矢状面 Cobb 角均显著改善;PKP 术组动物椎体术后高度测量值和 Cobb 角的变化与开放复位内固定术组比较,差异显著,两组实验动物手术后均成活,没有发生感染等严重不良反应。可见,PKP 较开放复位内固定手术可更好地改善邻近椎体后凸角度,更显著地改善椎体承载压力的能力,治疗骨质疏松安全有效。

#### 4 参考文献

- [1] 金桥,沈文. 经皮椎体成形,经皮椎体后凸成形灌注骨水泥相关临床应用的再评价[J]. 中国组织工程研究, 2015(3): 465-471.
  - [2] 刘岗,辛立文,梁源清,等. Cage 植骨联合椎弓根螺钉内固定融合治疗腰椎滑脱的疗效观察[J]. 局解手术学杂志, 2014(3): 275-277.
  - [3] 夏平,冯晶. 单双侧入路椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的生物力学研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2013(10): 11-13.
  - [4] 卞元健,黄永辉,谭玉辉. 两种不同扩张方式椎体后凸成形术的生物力学比较[J]. 江苏大学学报:医学版, 2014(5): 423-426.
  - [5] Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, et al. Biomechanical efficacy of unipedicular versus biepipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fracture[J]. Spine, 1999(17): 1772-1776.
  - [6] 唐迎九,杨惠林,章洪喜,等. 椎体后凸成形术与椎体成形术生物力学比较[J]. 临床骨科杂志, 2010(1): 77-79.
  - [7] 柏力,杨明璨,谭菊,等. MSC 复合生物材料促进缺血性糖尿病溃疡愈合的研究[J]. 局解手术学杂志, 2015(4): 370-373.
  - [8] 银乐乐,徐小雄,潘奇林,等. 单侧与双侧经皮椎体后凸成形修复骨质疏松椎体压缩性骨折的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2014(31): 5030-5035.
  - [9] 周鹏,高雪梅,孟义兴,等. 骨水泥经皮椎体成形术对骨质疏松椎体压缩骨折效果[J]. 齐鲁医学杂志, 2015(2): 200-201.
  - [10] 杨丰建,林伟龙,朱炯,等. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011(1): 50-54.
  - [11] 关海山,陈晨,冯皓宇,等. 椎体成形术和椎体后凸成形术对邻近椎体椎间盘的生物力学影响[J]. 中国药物与临床, 2008(9): 705-707.
- (2016-01-02 收稿,2016-04-28 修回)  
中文编辑: 文箬颖; 英文编辑: 刘 华

(上接第 605 页)

- [5] 曾艳,李波,杨俊,等. 贵阳地区 224 例哮喘儿童 IL-17A-152G/A 位点基因多态性及与哮喘易感性的研究[J]. 贵阳医学院学报, 2015(40): 588-591.
  - [6] Wang YH, Voo KS, Liu B, et al. A novel subset of CD4(+) T(H)2 memory/effector cells that produce inflammatory IL-17 cytokine and promote the exacerbation of chronic allergic asthma [J]. J Exp Med, 2010(207): 2479-2491.
  - [7] Alcorn JF, Crowe CR, Kolls JK. Th17 cells in asthma and COPD [J]. Annu Rev Physiol, 2010(72): 495-516.
  - [8] Zhao Y, Yang J, Gao YD, et al. Th17 immunity in patients with allergic asthma [J]. Int Arch Allergy Immunol, 2010(151): 297-307.
- (2016-01-21 收稿,2016-04-10 修回)  
中文编辑: 文箬颖; 英文编辑: 刘 华

(上接第 609 页)

- [15] 张淑珍,周晓丽,王恩真,等. 脑干手术全静脉麻醉中保留自主呼吸应激反应的变化[J]. 中华麻醉学杂志, 1999(3): 140-142.
  - [16] 陈建华,王冬青. 138 例脑干及临近区域手术中的麻醉方法分析[J]. 齐齐哈尔医学院院报, 2002(11): 1254.
  - [17] 聂颖,李韧韧. 经口与经鼻气管插管对围脑干肿瘤术后带管患者的影响[J]. 医学信息, 2013(5): 255-256.
  - [18] 任天剑. 颅神经运动核的定位及持续肌电图监测在脑干手术中的应用[J]. 中华神经外科杂志, 2005(1): 60-62.
  - [19] 邵锦根,乔慧,刘淑玲. 脑干听觉和体感诱发电位在脑干肿瘤手术监护中的联合应用[J]. 浙江医学, 2006(1): 72-73.
  - [20] 聂颖,张建,阳湘安,等. 全凭静脉麻醉对脑干肿瘤手术中神经电生理监测的影响[J]. 广东医学, 2014(14): 2256-2259.
- (2016-01-03 收稿,2016-03-25 修回)  
中文编辑: 戚 璐; 英文编辑: 刘 华