

在同一钉道二次置入颈椎椎体螺钉 对螺钉拔出力的影响

胡 勇, 孙肖阳, 董伟鑫, 张 蛟, 袁振山, 林 荣

(浙江省宁波市第六医院脊柱外科 315040)

【摘要】目的:评价在同一钉道二次置入颈椎椎体螺钉对螺钉拔出力的影响。**方法:**取 5 具成人新鲜尸体颈椎标本(C3~C7), 游离出 25 个完整颈椎椎骨。在椎体两侧分别置入直径 4.0mm 的颈椎椎体螺钉, 测量螺钉置入时的最大扭矩, 并将两侧的最大扭矩进行比较。随机选取任意一侧的椎体螺钉(即试验组, 另一侧即对照组), 将其旋出, 然后再将螺钉旋入原钉道, 再次测量螺钉旋入时的最大扭矩, 并与同侧螺钉首次置入时的最大扭矩进行比较。在生物力学试验机上行最大轴向拔出试验, 比较同一椎体两侧螺钉固定的最大轴向拔出力, 分析初次旋入扭矩、二次旋入扭矩及最大轴向拔出力之间的关系。**结果:**试验组最大轴向拔出力为 $372.86 \pm 171.44\text{N}$, 对照组为 $343.91 \pm 169.90\text{N}$, 两者比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。试验组螺钉初次置入的最大扭矩为 $2.47 \pm 1.04\text{kgf} \cdot \text{cm}$, 对照组为 $2.35 \pm 1.00\text{kgf} \cdot \text{cm}$, 两者比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。试验组螺钉二次置入的最大扭矩为 $1.36 \pm 0.77\text{kgf} \cdot \text{cm}$, 与试验组螺钉初次置入的最大扭矩比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。对照组螺钉置入的最大扭矩与最大轴向拔出力显著相关 ($r = 0.784, P = 0.00$), 试验组螺钉初次置入的最大扭矩与二次置钉的最大轴向拔出力显著相关 ($r = 0.800, P = 0.00$), 试验组螺钉二次置入的最大扭矩与最大轴向拔出力显著相关 ($r = 0.732, P = 0.00$)。**结论:**在同一钉道二次置入颈椎椎体螺钉时的最大扭矩显著减小, 但螺钉的最大拔出力并无明显减小, 因此, 当需要二次置钉时, 在原钉道未被破坏的情况下, 理论上可以选择将原螺钉旋入原钉道。

【关键词】 颈椎; 椎体螺钉; 拔出力; 扭矩; 生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.03.10

中图分类号: R687.3, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-03-0259-05

The biomechanical effect of cervical vertebra body screw reinsertion by using previous pilot hole and trajectory/HU Yong, SUN Xiaoyang, DONG Weixin, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(3): 259-263

【Abstract】 Objectives: To evaluate the biomechanical consequence of vertebra screw reinsertion in the cervical spine. **Methods:** Twenty-five cervical vertebral levels from five fresh-frozen cadaveric cervical spine specimens(C3-C7) were instrumented bilaterally with 4.0mm titanium vertebra screws, and insertional torque (IT) was measured with each revolution. A paired comparison was performed for each level. Screw reinsertion was performed by completely removing the vertebra screw, and then reinserting the screws along the same trajectory. Screws were subjected to load to failure test, and pullout strength(POS) was measured, a paired comparison was performed for each level. The relationship among initial IT, reinsertion torque, and pullout strength were analyzed. **Results:** There was no significant difference in cervical vertebra screw pullout strength(POS) between reinserted and control screws($372.86 \pm 171.44\text{N}$ vs. $343.91 \pm 169.90\text{N}$, respectively; $P > 0.05$). There was no significant difference in IT for initial insertion between the test group (INI)($2.47 \pm 1.04\text{kgf} \cdot \text{cm}$) and control ($2.35 \pm 1.00\text{kgf} \cdot \text{cm}$)($P > 0.05$). IT for reinserted screws($1.36 \pm 0.77\text{kgf} \cdot \text{cm}$) decreased significantly compared with I-NI screws ($P < 0.05$). The initial IT of control group screws in the cervical spine had significant correlations with POS($r = 0.784, P = 0.00$), the initial IT of test group screws in the cervical spine had significant correlations with POS of reinserted screw($r = 0.800, P = 0.00$), and significant correlations between reinsertion IT and POS in test group ($r = 0.732, P = 0.00$). **Conclusions:** On the premise of original screw trajectory being maintained in

第一作者简介: 男(1974-), 主任医师, 教授, 医学博士, 研究方向: 颈椎的基础与临床

电话: (0574)87996103 E-mail: huyong610@163.com

tact, reinsertion along the same trajectory can be performed theoretically.

[Key words] Cervical; Vertebrae screw; Pullout strength; Insertional torque; Biomechanical

[Author's address] Department of Spinal Surgery, Ningbo No.6 Hospital, Ningbo, Zhejiang Province, 315040, China

颈椎前路钢板内固定技术应用于治疗颈椎间盘突出症、颈椎骨折脱位和颈椎后纵韧带骨化症等疾病,并取得了较好的临床疗效^[1-4]。颈椎椎体螺钉作为颈椎前路钢板内固定技术的锚点,其生物力学稳定性将会影响手术后内固定的生物力学性能。经过几十年的发展,颈椎前路钢板得到快速发展,而颈椎椎体螺钉本身的相关研究相对较少。本研究通过生物力学试验评价在同一钉道二次置入颈椎椎体螺钉对最大轴向拔出力 and 扭矩的影响。

1 材料与方法

1.1 标本制备

新鲜尸体下颈椎标本 5 具,男 2 具,女 3 具;年龄 33~62 岁,平均 41.7 岁。通过外观检查及 X 线摄片证实无骨性异常及明显退变。每具标本包括 5 个颈椎椎骨(C3~C7),共游离出 25 个完整颈椎椎骨,选取 3 个用于预试验,其余 22 个用于正式试验。在自然中立位状态下,用双层塑料袋密封保存于-20℃下,实验前将标本放在室温下自然解冻,仔细剔除附着于颈椎椎骨上的肌肉、脂肪和结缔组织等软组织,完整保留 C3、C4、C5、C6、C7 椎骨的骨性结构,制备出游离的颈椎椎骨模型。在下颈椎椎体左右两侧分别置入颈椎椎体螺钉,用聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA,自凝型,上海齿科材料厂)将颈椎棘突与椎板固定在包埋盒中。整个试验过程中,不断用等渗盐水湿润标本,防止标本在试验期间由于水分蒸发引起组织形态和结构稳定性的改变。

1.2 试验方法

颈椎椎骨后部用聚甲基丙烯酸甲酯包埋时,适当调节椎体角度,保持颈椎椎体垂直向上(图 1a),在椎体两侧分别置入直径 4.0mm 的颈椎椎体螺钉(上海三友医疗器械有限公司),分别测量并记录螺钉置入时的最大扭矩值,并将两侧的最大扭矩进行比较。随机选取任意一侧的椎体螺钉(即试验组,另一侧即对照组),将其拧出,然后再将该螺钉旋入原钉道,再次测量螺钉旋入时的最

大扭矩值。试验组与对照组螺钉旋入深度相同,且试验组螺钉首次旋入的深度与二次旋入的深度相同,每枚螺钉旋入时均使用力矩扳手(N10DPSK,艾固,东莞,中国)(图 1b),测量并记录最大旋入力矩,然后进行拔出试验,拔出试验在 Instron 8874 型生物力学试验机(Instron, Canton, Massachusetts)上进行,将用 PMMA 包埋的单个椎体安放于台钳上固定(图 2),该台钳可进行前后、左右两个轴向的平移及旋转,可调节固定椎体的角度,使颈椎椎体螺钉的轴线与试验机的拉伸方向一致,沿颈椎椎体螺钉方向以 2mm/min 的加载速率进行拔出试验。螺钉出现拔出破坏的标准是载荷-变形曲线出现了最高点,然后出现明显的下降(图 3),螺钉拔出力记录的频率为 50Hz。

1.3 统计学分析

应用 SPSS 18.0 统计软件,计算不同状态下螺钉最大拔出力 and 旋入扭矩的 $\bar{x} \pm s$ 。采用配对样本 *t* 检验,比较颈椎椎体螺钉首次置入时左右两侧的最大扭矩差异是否有统计学意义,比较同侧颈椎椎体螺钉首次置入时的最大扭矩与二次置入时的最大扭矩差异是否有统计学意义,比较试验组与对照组颈椎椎体螺钉的最大拔出力差异是否有统计学意义。颈椎椎体螺钉初次置入最大扭矩、二次置钉最大扭矩与最大拔出力之间的相互关系采用 Pearson's 相关分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

颈椎椎体螺钉首次旋入后的最大拔出力(即对照组的螺钉最大拔出力)为 343.91 ± 169.90 N,颈椎椎体螺钉二次置入后的最大拔出力(即试验组螺钉的最大拔出力)为 372.86 ± 171.44 N,两者比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。

对照组颈椎椎体螺钉首次旋入的最大扭矩为 2.35 ± 1.00 kgf·cm,试验组螺钉初次旋入的最大扭矩为 2.47 ± 1.04 kgf·cm,两者比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。试验组螺钉二次置入的最大扭矩为 1.36 ± 0.77 kgf·cm,与试验组螺钉初次旋入的最

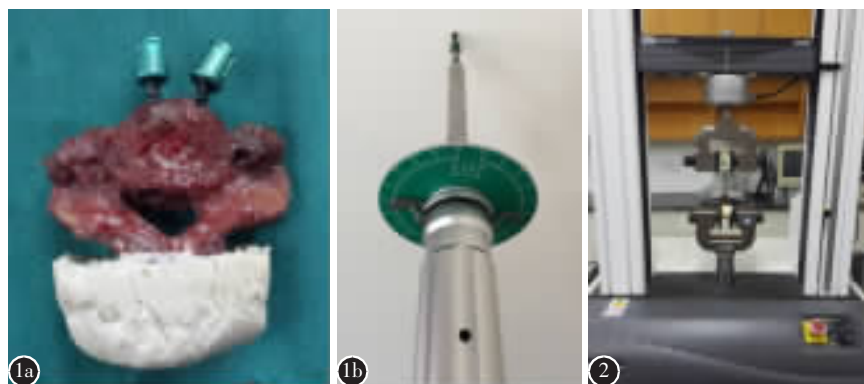


图 1 a 颈椎椎板固定在聚甲基丙烯酸甲酯的包埋盒后, 置入颈椎椎体螺钉的实物图 b 扭矩测量工具 (N10DPSK, 艾固, 东莞, 中国) 图 2 在 Instron 8874 型生物力学试验机 (Instron, Canton, Massachusetts) 上进行拔出力试验的实物图

Figure 1 a Image of cervical laminae mounted on the poly-methyl methacrylate, with the

cervical vertebral screws inserted b Image of screw insertional torque measurement device (N10DPSK, AIGU, Dongguan, China) Figure 2 Image of experimental set-up with individually potted specimen mounted on the Instron 8874 machine (Instron, Canton, Massachusetts) with the actuator in-line with the cervical vertebral screw axis

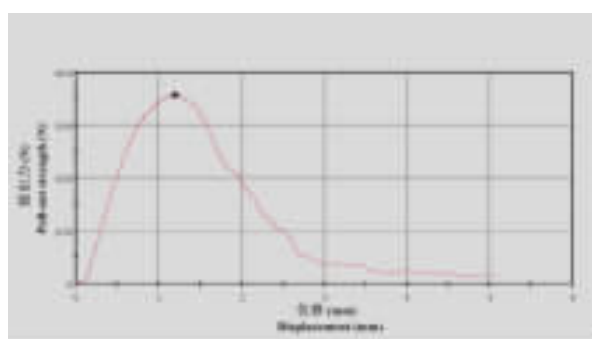


图 3 螺钉拔出力-位移曲线

Figure 3 Curve of displacement-pull-out strength

扭矩及对照组螺钉的最大扭矩比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

对照组颈椎椎体螺钉的最大扭矩与轴向最大拔出力显著相关 ($r = 0.784, P = 0.00$) (图 4a); 试验组螺钉初次旋入的最大扭矩与二次置钉的最大轴向拔出力显著相关 ($r = 0.800, P = 0.00$) (图 4b); 试验组螺钉二次置入的最大扭矩与最大轴向拔出力显著相关 ($r = 0.732, P = 0.00$) (图 5a); 试验组螺钉二次置入的最大扭矩与初次置入的最大扭矩显著相关 ($r = 0.790, P = 0.00$) (图 5b)。

3 讨论

1980 年 Böhler 等^[5]提出了颈椎前路钢板内固定技术, 经过多年的发展, 各种颈椎前路钢板层出不穷, 而颈椎椎体螺钉作为固定颈椎前路钢板重要的锚点, 螺钉的最大轴向拔出力决定了颈椎前路钢板的生物力学稳定性。随着颈椎前路内固定技术应用增多, 颈椎椎体螺钉在同一钉道的二次

置钉也时有发生, 但二次置钉对颈椎椎体螺钉的最大旋入扭矩与最大轴向拔出力的影响并未见相关文献报道, 本研究旨在对此进行生物力学研究。

3.1 颈椎椎体螺钉二次置钉的原因分析

作为颈椎前路钢板内固定技术的锚点, 所有术者在手术过程中都尽量避免颈椎椎体螺钉的二次置钉, 但仍有许多情况下, 颈椎椎体螺钉仍需要二次置钉。颈椎椎体螺钉二次置钉的原因主要为: ①颈椎前路手术术后出现血肿压迫脊髓, 需要二次手术清除血肿, 解除脊髓压迫。②当颈椎前路手术术后出现急性感染, 需要进行二次清创, 清除脓肿。③各种原因引起的术后骨不连及假关节形成。④术中减压不彻底, 如脊髓和神经根残留压迫物, 需要二次手术彻底减压。⑤钛网位置不佳, 需要二次手术调整钛网位置。⑥形成新的致压因素, 如前路融合术后邻近节段退变, 需要二次手术解除压迫或者延长治疗节段。⑦颈椎进行性后凸畸形以及其他病理因素等^[6-8]。当出现上述情况时, 必须旋出颈椎椎体螺钉, 取下颈椎前路钢板, 进一步手术后, 再次安装颈椎前路钢板, 然后二次旋入颈椎椎体螺钉, 临床上大部分医生为了增加稳定性, 往往会更换直径更大的颈椎椎体螺钉, 而这会明显增加患者的医疗费用。临床上, 放弃将原来的螺钉二次旋入的主要原因就是尚不清楚在同一钉道二次置钉对颈椎椎体螺钉的稳定性是否有影响。

3.2 颈椎椎体螺钉最大拔出力与最大旋入扭矩的影响因素

螺钉最大拔出力作为螺钉稳定性的重要指标, 其在临床与科学实验中被用于反映螺钉的稳

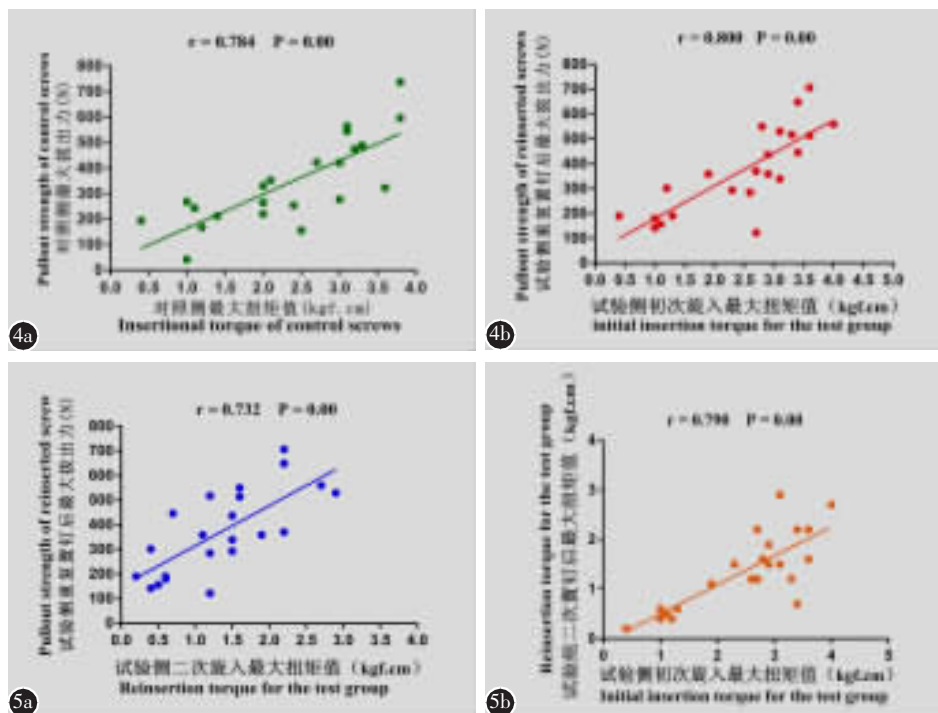


图 4 a 对照组螺钉初次置钉的最大旋入扭矩与最大轴向拔出力的关系 b 试验组螺钉初次置钉的最大旋入扭矩与二次置钉的最大轴向拔出力的关系 图 5 a 试验组螺钉二次置钉的最大旋入扭矩与最大轴向拔出力的关系 b 试验组螺钉二次置钉的最大旋入扭矩与初次置入的最大旋入扭矩的关系

Figure 4 a The relationship between pullout strength and insertional torque of control screw b The relationship between pullout strength of reinserted screw and initial insertion torque for the test group **Figure 5** a The relationship between pullout strength of reinserted screw and reinsertion torque for the test group b The relationship between reinsertion torque and initial insertion torque for the test group

定性。本研究结果显示,颈椎椎体螺钉首次旋入后的最大拔出力(对照组),即螺钉首次旋入后,测试螺钉的最大拔出力为 $343.91 \pm 169.90\text{N}$; 颈椎椎体螺钉首次旋入后,将其旋出,再沿原钉道旋入后的最大拔出力,即试验组的螺钉最大拔出力为 $372.86 \pm 171.44\text{N}$,两者比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。本研究还进行了螺钉旋入扭矩的记录,结果显示对照组颈椎椎体螺钉首次旋入的最大扭矩为 $2.35 \pm 1.00\text{kgf} \cdot \text{cm}$,试验组螺钉初次旋入的最大扭矩为 $2.47 \pm 1.04\text{kgf} \cdot \text{cm}$,两者比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。试验组螺钉二次置钉的最大扭矩为 $1.36 \pm 0.77\text{kgf} \cdot \text{cm}$,与试验组螺钉初次旋入的最大扭矩及对照组螺钉初次旋入的最大扭矩比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。有研究表明对螺钉轴向拔出力产生影响的因素主要有以下几点:螺钉外径、进钉深度、螺纹间距、骨矿物质密度(BMD)、螺钉形状等^[9-15]。本研究的试验组与对照组螺钉在同一椎体左右对称的两侧进行最大拔出

力与最大旋入扭矩的测试,并使用相同的螺钉、相同的进钉深度,使得本研究规避了螺钉外径、进钉深度、螺纹间距、BMD 和螺钉形状对最大拔出力与最大旋入扭矩的影响^[16-18]。

3.3 颈椎椎体螺钉最大拔出力与旋入最大扭矩的关系

颈椎椎体螺钉最大拔出力与旋入最大扭矩的关系一直存在争议。有文献报道螺钉旋入时的最大扭矩与螺钉最大拔出力成正比^[11],但也有文献报道螺钉旋入时的最大扭矩不能反映螺钉最大拔出力的大小^[19]。因此,当临床上颈椎椎体螺钉需要二次置钉时,绝大部分的术者会选择在原来的基础上把螺钉加粗、加长或者重新建立钉道,从而获得更大扭矩与拔出力^[20]。如果在原钉道上将原螺钉旋入,那么最大旋入扭矩会显著减小,主观上容易认为螺钉最大拔出力也会显著减小,但本研究结果显示,对照组颈椎椎体螺钉首次旋入的最大扭矩与轴向最大拔出力显著相关($r = 0.784, P =$

0.00); 试验组螺钉初次旋入的最大扭矩与二次置钉的最大轴向拔出力显著相关($r=0.800, P=0.00$); 试验组螺钉二次置入的最大扭矩与最大轴向拔出力显著相关($r=0.732, P=0.00$); 试验组螺钉二次旋入的最大扭矩与初次旋入的最大扭矩显著相关($r=0.790, P=0.00$)。说明试验组颈椎椎体螺钉二次旋入的最大扭矩虽然明显减小, 但仍与二次置钉的最大拔出力成正相关, 所以不能单纯通过置钉时的最大扭矩大小来判断螺钉的最大拔出力, 还需考虑螺钉最大扭矩值是第几次置钉产生的。如果需要通过置钉时的最大扭矩值来比较螺钉最大拔出力, 那么必须是相同置钉次数的螺钉置入产生的最大扭矩值, 这样才能真实反映螺钉置入后的最大拔出力。本研究结果说明颈椎椎体螺钉在同一钉道二次置钉不影响颈椎椎体螺钉的稳定性。

4 参考文献

- Burkhardt JK, Mannion AF, Marbacher S, et al. The influence of cervical plate fixation with either autologous bone or cage insertion on radiographic and patient-rated outcomes after two-level anterior cervical discectomy and fusion[J]. Eur Spine J, 2015, 24(1): 113-119.
- Chin KR, Cumming VB, Henson M, et al. Effects of misalignment on static torsional strength of anterior cervical plate systems[J]. Spine J, 2013, 13(11): 1544-1548.
- Lee DH, Lee JS, Yi JS, et al. Anterior cervical plating technique to prevent adjacent-level ossification development [J]. Spine J, 2013, 13(7): 823-829.
- Park JH, Hyun SJ, Lee CH, et al. Efficacy of a short plate with an oblique screw trajectory for anterior cervical plating: a comparative study with a two-year minimum follow-up [J]. Clin Spine Surg, 2016, 29(1): E43-E48.
- Böhler J, Gaudernak T. Anterior plate stabilization for fracture-dislocations of the lower cervical spine [J]. J Trauma, 1980, 20(3): 203-205.
- Kuhns CA, Geck MJ, Wang JC, et al. An outcomes analysis of the treatment of cervical pseudarthrosis with posterior fusion[J]. Spine, 2005, 30(21): 2424-2429.
- Yue WM, Brodner W, Highland TR. Long-term results after anterior cervical discectomy and fusion with allograft and plating: a 5-to 11-year radiologic and clinical follow-up study[J]. Spine, 2005, 30(19): 2138-2144.
- Baldauf J, Müller J, Fleck S, et al. The value of intraoperative three dimensional fluoroscopy in anterior decompressive surgery of the cervical spine[J]. Zentralbl Neurochir, 2008, 69(1): 30-34.
- Kuklo TR, Lehman RA Jr. Effect of various tapping diameters on insertion of thoracic pedicle screws: a biomechanical analysis[J]. Spine, 2003, 28(18): 2066-2071.
- Lehman RA Jr, Polly DW Jr, Kuklo TR, et al. Straight-forward versus anatomic trajectory technique of thoracic pedicle screw fixation: a biomechanical analysis[J]. Spine, 2003, 28(18): 2058-2065.
- Helgeson MD, Kang DG, Lehman RA, et al. Tapping insertional torque allows prediction for better pedicle screw fixation and optimal screw size selection[J]. Spine J, 2013, 13(8): 957-965.
- Barnes AH, Eguizabal JA, Acosta FL Jr, et al. Biomechanical pullout strength and stability of the cervical artificial pedicle screw[J]. Spine, 2009, 34(1): E16-E20.
- Chou WK, Chien A, Wang JL. Pullout strength of thoracic pedicle screws improved with cortical bone ratio: a cadaveric study[J]. J Orthop Sci, 2014, 19(6): 900-906.
- Shea TM, Laun J, Gonzalez-Blohm SA, et al. Designs and techniques that improve the pullout strength of pedicle screws in osteoporotic vertebrae: current status [J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 748393.
- Palmer DK, Rios D, Patacxil WM, et al. Pullout of a lumbar plate with varying screw lengths [J]. Int J Spine Surg, 2012, 6(1): 8-12.
- Defino HL, Rosa RC, Silva P, et al. Mechanical performance of cylindrical and dual-core pedicle screws after repeated insertion[J]. Spine, 2012, 37(14): 1187-1191.
- Ricci WM, Tornetta P 3rd, Petteys T, et al. A comparison of screw insertion torque and pullout strength [J]. J Orthop Trauma, 2010, 24(6): 374-378.
- Kunkel KA, Suber JT, Gerard PD, et al. Effect of pilot hole diameter and tapping on insertion torque and axial pullout strength of 4.0-mm cancellous bone screws [J]. Am J Vet Res, 2011, 72(12): 1660-1665.
- Kang DG, Lehman Jr RA, Wagner SC, et al. Pedicle screw reinsertion using previous pilot hole and trajectory does not reduce fixation strength[J]. Spine, 2014, 39(20): 1640-1647.
- Tan CE, Fok MW, Luk KD, et al. Insertional torque and pullout strength of pedicle screws with or without repositioning: a porcine study[J]. J Orthop Surg(Hong Kong), 2014, 22(2): 224-227.

(收稿日期: 2015-11-25 修回日期: 2016-01-04)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 李伟霞)