

基础研究

多平面 CT 重建下个体化改良寰椎
椎弓根进钉路径的测量李 涛¹, 朱裕成¹, 马 军¹, 王德广², 王 冰¹

(1 南京鼓楼医院集团宿迁市人民医院骨科 223800 宿迁市; 2 徐州医学院解剖教研室 221600 徐州市)

【摘要】目的:通过对寰椎椎弓根轴位、矢状位多平面 CT 重建, 测量个体化改良椎弓根进钉路径数据, 以期提高寰椎椎弓根置钉准确率。**方法:**20 具成人颈椎标本, 男 11 具, 女 9 具, 年龄不详。进行螺旋 CT 薄层扫描多平面重建, 在寰椎椎弓根轴位像上建立改良的椎弓根进钉路径, 即经椎管外缘和齿突孔外缘划切线 L1 线, 经椎动脉孔内缘画 L2 线平行于 L1 线, 经 L1、L2 线之间中点画 A 线平行于 L1、L2 线, A 线即为改良的寰椎椎弓根进钉路径。根据 A 线确定并测量椎弓根进钉点、进钉方向等个体化置钉参数, 根据测量的置钉参数在标本的寰椎椎弓根置入直径 3.5mm 皮质骨螺钉。置钉后行螺旋 CT 扫描, 按 Ludwing 椎弓根置钉安全标准统计椎弓根螺钉误置率。**结果:**多平面 CT 重建后影像学测量表明, 改良寰椎椎弓根进钉路径的进钉点距寰椎后结节: 右侧 $25.8 \pm 1.9\text{mm}$, 左侧 $25.7 \pm 1.8\text{mm}$, 比传统的进钉点(距寰椎后结节 18~20mm)更偏外; 进钉内倾角度: 右侧 $21.1^\circ \pm 4.6^\circ$, 左侧 $20.0^\circ \pm 4.9^\circ$, 比传统的内倾角($0 \sim 10^\circ$)更大。20 具颈椎标本共置钉 40 枚, 按照 Ludwing 椎弓根置钉安全标准: 0 级 36 枚(90%), 1 级 4 枚(10%)。**结论:**寰椎椎弓根多平面 CT 重建下建立的改良椎弓根进钉路径, 能够获取进钉点、进钉角度的个体化置钉参数。该路径比传统的方法进钉点更偏外, 内倾角更大, 能够提高寰椎椎弓根置钉准确率。

【关键词】寰椎; 椎弓根螺钉; 改良; 螺旋 CT; 多平面重建

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2012.02.15

中图分类号: R814.4, R322.7 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2012)-02-0160-05

Multi-planar computerized tomography reconstruction for individualized and modified atlas pedicle screw placement/LI Tao, ZHU Yucheng, MA Jun, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2012, 22(2): 160-164

【Abstract】Objectives: To investigate the accuracy of individualized and modified atlas pedicle screw placement assisted by multi-planar computerized tomography (MSCT) reconstruction. **Methods:** 20 vertebral specimens (11 males, 9 females) were examined by MSCT reconstruction. Modified pedicle insertion in atlas was determined as followings: parallel line (line A) between tangent line sited lateral side of vertebral channel (line L1) and line L2 sited medially to the transverse foramen. Related parameters such as entry point and orientation of atlas pedicle screw were determined. Based on these parameters, 3.5mm screws were inserted into atlas of 20 specimens. After insertion of screws, MSCT scanning and reconstruction were performed again to evaluate the accuracy of instrument. **Results:** According to individualized and modified C1 pedicle placement on MSCT, the distance between entry point of C1 pedicle screw and midline of C1 posterior arch averaged $25.8 \pm 1.9\text{mm}$ for the right side and $25.7 \pm 1.8\text{mm}$ for the left side, which sited more laterally than traditional anchoring point (18~20mm). The introversion angle was $21.1^\circ \pm 4.6^\circ$ for the right side and $20.0^\circ \pm 4.9^\circ$ for the left side, which was larger than traditional introversion angle (0 or 10 degrees). 40 pedicle screws were placed in C1 accurately. According to the Ludwing classification, there were 36 (90%, 36/40) grade zero, 4 (10%) grade one and no grade two. **Conclusions:** Multi-planar computerized tomography reconstruction can establish modified pedicle screw instrumentation including entry point and orientation, which has more lateral

基金项目: 宿迁市社会发展基金项支持目(S201104)

第一作者简介: 男(1971-), 副主任医师, 医学学士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0527)84239299 E-mail: sqldr@126.com

通讯作者: 马军 E-mail: majun87078@yeah.net

entry point and more introversion angle so as to improve accuracy of instrumentation.

[Key words] Atlas, Pedicle screw, Modify, Multi-spiral computerized tomography, Multi-plannar reformation

[Author's address] Department of Orthopedic, the People's Hospital of Su Qian, Drum Tower Hospital Group of Nanjing, Jiangsu Suqian, 223800, China

寰椎椎弓根螺钉由 Resnick 等^[1]于 2002 年应用于临床,螺钉经寰椎后弓至寰椎侧块内固定。与寰椎侧块内固定相比,椎弓根内固定具有更好的生物力学稳定性^[2]。由于寰椎椎弓根解剖变异较大,对准确置钉的要求高,近年来多根据解剖标志进行椎弓根螺钉徒手置入技术^[3]。但对于进钉点、进钉角度等置钉参数争议较大,椎弓根螺钉误置率仍较高^[4-6]。我们对颈椎标本进行螺旋 CT 薄层扫描,在寰椎椎弓根多平面 CT 重建图像上建立改良的椎弓根进钉路径,进而确定寰椎椎弓根螺钉进钉点、进钉方向等个体化置钉参数,在 C 型臂 X 线机透视引导下行标本寰椎椎弓根置钉,现总结报告如下。

1 材料与方法

成人颈椎标本 20 具,男 11 具,女 9 具,年龄不详,由徐州医学院解剖教研室提供。标本完整保留项背部肌肉及韧带。摄片及 CT 扫描排除骨折、畸形和其他原因导致的颈椎破坏和不稳。仪器设备:西门子 64 排螺旋 CT 机(西门子中国有限公司);Syngo 三维重建软件。意大利月光牌 C 型臂 X 线机。颈椎手术器械及直径 3.5mm 皮质骨螺钉。

1.1 改良寰椎椎弓根进钉轴及测量指标

将所有颈椎标本行螺旋 CT 薄层扫描,层厚 0.65mm,选择椎弓根完整且截面最宽的寰椎轴位和矢状位图像,经椎管外缘和齿突孔外缘划切线 L1 线,经椎动脉孔内缘划 L2 线平行于 L1 线,经 L1、L2 线之间中点划 A 线平行于 L1、L2 线,A 线即为改良的寰椎椎弓根进钉路径。根据 A 线确定并测量椎弓根进钉点、进钉方向等个体化置钉参数(图 1)。

测量指标:①寰椎椎弓根进钉点的定位:寰椎轴位 A 线与寰椎后弓的交点 E 点即椎弓根入钉点。测量寰椎后结节 N 点与椎弓根入钉点之间距离 NE 即可在寰椎椎弓根置钉术中确认进钉点。②寰椎椎弓根内倾角度:寰椎轴位 A 线与寰椎前后结节连线(M 线)的交角 α 为寰椎进钉内倾角

(α 角)。③椎弓根螺钉的长度:寰椎轴位 A 线与后弓及前弓的交点 EE'之间的距离即为螺钉长度。④椎弓根的宽度:寰椎轴位经椎动脉孔内缘 W 点测量 L2 线与 L1 线之间的垂直距离 WW'即为椎弓根的宽度。⑤椎弓根的高度:矢状面上寰椎椎动脉沟底的全骨质厚度即为椎弓根的高度。⑥寰椎椎弓根上倾角度:矢状面上平行于寰椎下关节面的 L3 线与 A 线的交角 β 即为寰椎椎弓根的上倾角(β 角)。

1.2 置钉操作

每个颈椎标本按上述测量值标记寰椎椎弓根入钉点和进钉角度,在 C 型臂 X 线机透视下置入直径 3.5mm 皮质骨螺钉,术后再次 CT 扫描评价螺钉的置入准确性。

1.3 寰椎椎弓根置钉安全性判断标准

按照椎弓根螺钉的位置与椎弓侧壁及周围结构的关系分为 3 级^[7]:0 级,螺钉位于椎弓根内;1 级螺钉穿出侧壁,但未损伤周围的重要结构;2 级,螺钉钻出侧壁,且损伤脊髓、神经根或椎动脉等重要结构。

2 结果

CT 测量改良寰椎椎弓根进钉路径相关置钉参数见表 1。各置钉参数左右侧比较无显著性差

表 1 改良寰椎椎弓根进钉路径相关的置钉参数

Table 1 parameters of atlas pedicle screw

	左侧 left	右侧 right
进钉点与后结节距离 distance from entry point to posterior nodus(mm)	25.7±1.8	25.8±1.9 ^①
椎弓根长度 length of pedicle (mm)	26.2±2.1	26.1±2.1 ^①
椎弓根宽度 width of pedicle (mm)	9.4±1.7	9.6±1.1 ^①
椎动脉沟底全骨质厚度 height of pedicle below ver- tebral artery groove (mm)	5.6±0.9	5.5±0.8 ^①
内倾角 introversion angle(°)	20.0±4.9	21.1±4.6 ^①
上倾角 Sagittal angle(°)	6.9±3.9	7.1±5.1 ^①

注:①与左侧比较(compared with left) $P>0.05$

异($P>0.05$)。Tan 等^[3,8]及 Resnick 等^[9]传统的置钉方法进钉点为寰椎后结节中央旁开 18~20mm,内倾角 0~10°,改良寰椎椎弓根进钉路径与传统的方法相比,进钉点更偏外,内倾角更大。所有标本

置钉后螺钉均未穿透椎动脉沟底骨皮质,螺钉上缘距离椎动脉沟底平均 $1.03\pm 0.43\text{mm}$ 。改良寰椎椎弓根进钉轴置钉后 CT 三维重建图像及标本照片见图 2、3。本试验研究中共置钉 40 枚,按照

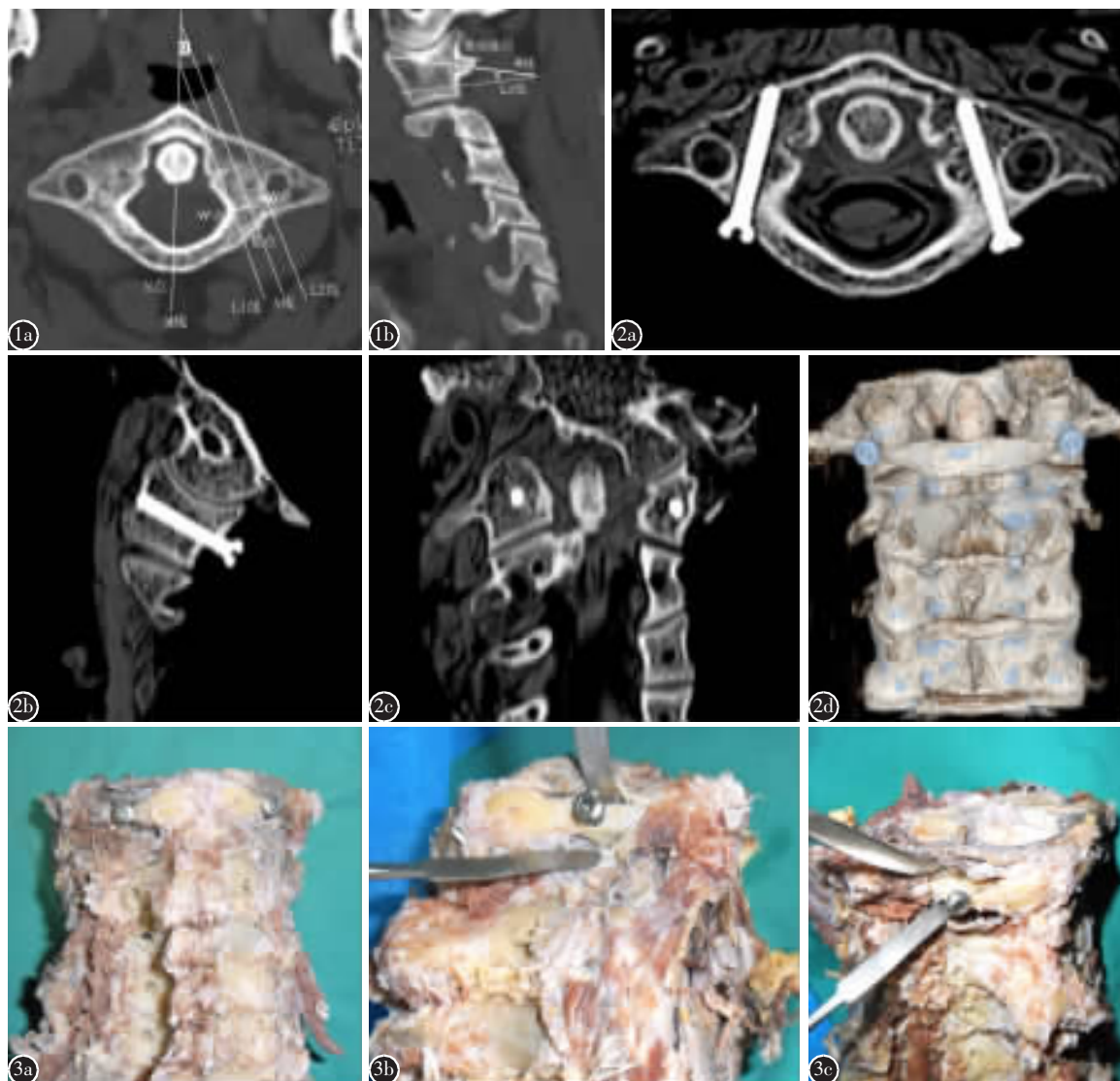


图 1 a 寰椎椎弓根轴位 CT 图像,图示改良寰椎椎弓根进钉路径的建立方法:M 线为经过寰椎前后结节连线,L1 线为经过寰椎齿突孔外缘和椎管外缘的切线,L2 线为经椎动脉孔内缘 W 点平行于 L1 线的平行线,线段 WW'垂直于 L1 线,A 线经过 WW'中点平行于 L1 线,即为改良寰椎椎弓根进钉路径。E 点为 A 线与寰椎后弓的交点,即进钉点 b 寰椎椎弓根矢状位 CT 图像:A 线为寰椎椎弓根进钉路径,L3 线平行于寰椎下关节面,其与 A 线的夹角 β 角为置钉上倾角 **图 2** a~d 寰椎椎弓根置钉后 CT 轴位、矢状位、冠状位和三维重建图像,显示螺钉位置好 **图 3** a~c 改良寰椎椎弓根进钉路径置钉后标本照片,椎动脉沟底上、下方骨皮质均完整,螺钉未穿透椎动脉沟底骨质

Figure 1 a Axial image of C1 pedicle on CT. Line M: connection line between anterior and posterior tubercle. L1: exterior margin tangent of vertebral canal and odontoid process hole of atlas. L2: internal tangent via odontoid process hole(point W) parallel to line L1. WW': perpendicular to L1. Line A: modified pedicle screw path of C1. Point E: entry point b Sagittal image of C1 pedicle on CT. Line A:modified pedicle screw path of C1. L3: parallel to inferior articular surface of C1. Angle β : upward angle **Figure 2** a~d Multi-plannar reformation(MPR) of C1 pedicle after screw placement **Figure 3** a~c Human specimen photograph of C1 pedicle after screw placement pedicle under vertebral artery ditch was not penetrated by screw

Ludwing 椎弓根置钉安全标准:0 级 36 枚(90%), 1 级 4 枚(10%)。

3 讨论

3.1 寰椎椎弓根个体化置钉的必要性

寰椎椎弓根置钉方法有两类:(1)以寰椎后结节、枢椎峡部或侧块等解剖标志为参考的徒手置钉法,如 Tan 等^[3,8]提出以寰椎后结节中央旁开 18~20mm、后弓下缘上方 2mm 处为进钉点,螺钉内斜 0°,上仰 5°。Resnick 等^[9]以枢椎的峡部作为确定寰椎进钉点的解剖标志,进钉点在枢椎峡部中央的正上方,寰椎后弓上下缘的中央,螺钉内斜 10°以免损伤椎动脉。但枢椎峡部亦较深在,不能直接显露,术中准确定位存在难度。马向阳等^[10]研究认为,枢椎侧块与寰椎椎弓根间存在较恒定的解剖关系。经枢椎侧块内、外缘的中点作纵垂线,与寰椎后弓上缘交点的正下方 3.0mm 处即螺钉的进钉点,进钉时内倾 10°并上仰 5°。上述作者提出的寰椎椎弓根置钉方法具有一定的临床实用性,但椎弓根螺钉误置的并发症发生率较高^[4-6]。其原因除了术者经验、技术因素外,椎弓根的个体差异、进钉方法不同也是螺钉误置的主要因素。因此,单纯一种传统的置钉经验并不适用于所有患者寰椎椎弓根置钉,而需要术前根据每个患者的螺旋 CT 多平面重建确定进钉点、进钉角度、椎弓根螺钉长度个体化置钉参数,才能减少螺钉误置并发症。对于椎弓根细小不适于置钉者,应改用椎板钩或侧块螺钉固定。(2)另一种寰椎椎弓根置钉方法是术前根据寰椎 CT 多平面重建图像确定椎弓根进钉参数的个体化置钉方法^[8,11,12]。但由于对寰椎椎弓根的理解不同,尤其是对椎弓根进钉轴的认定不同,因此对于进钉点的定位、进钉角度等测量方法和结果也不一样。如 Tan 等^[8]以椎管外缘和椎动脉孔内缘为内外边界,其中点为进钉点,0°内倾直向进钉;贾卫斗等^[11]以气管后缘为顶点,其与椎管外缘和横突孔内缘形成夹角的角平分线为进钉方向,该角平分线与后弓的交点为进钉点。因此,目前对于寰椎椎弓根进钉轴的认识很混乱,有必要建立一条统一的、符合寰椎椎弓根自身解剖形态特点的椎弓根进钉路径,以确定椎弓根的置钉参数。

3.2 改良寰椎椎弓根进钉路径的建立方法

建立寰椎椎弓根进钉路径是确定椎弓根螺钉

进钉点、进钉角度等参数的主要依据。该路径的建立方法不同,则测量的椎弓根置钉参数不同,也是各学者提供参数不同的主要原因。我们观察寰椎的形态不同于其他颈椎,既有容纳延髓的椎管,还有容纳枢椎齿状突的齿突孔,二者外缘构成了寰椎椎弓根的内缘线,横突孔内缘构成椎弓根的外缘,我们以上述两条平行线的中心线作为改良的寰椎椎弓根进钉路径,并进一步确立椎弓根的进钉点、进钉角度等参数。这种改良的寰椎椎弓根进钉路径具有下列优点:(1)符合寰椎椎弓根自身解剖形态特点。文献表明^[13,14],寰椎侧块本身具有一定的内倾角。我们认为,经寰椎后弓及其峡部的椎弓根进钉轴也应具有与之一致的内倾角。(2)可获得较大的置钉安全区和安全角度。由于寰椎椎管的位置位于中央并偏于后方靠近后弓,选择进钉点偏内时易误伤脊髓;椎动脉孔位于椎弓峡部的前方、侧块的外侧,置钉过程中内倾角度不足时易于误伤。与传统的进钉方法相比,本研究采用改良的椎弓根进钉轴,进钉点更偏外(本方法为寰椎后结节旁开 25mm,传统方法为 18~20mm),即进钉点更远离椎管,可减少椎管内延髓的误伤;同时提高进钉内倾角(本方法为内倾 20°,传统方法的内倾角为 0°或 10°),可减少置钉过程中的椎动脉误伤。(3)可置入较长的椎弓根螺钉,具有更好的生物力学稳定性。

3.3 寰椎椎弓根置钉的影响因素

(1)椎动脉的走行:椎动脉的走行在寰椎部分不同于在其他颈椎,椎动脉紧邻于椎弓根的外侧和上方,不仅走行于寰椎外侧的椎动脉孔内,而且还向后内上方走行于椎动脉沟。谭明生等^[3]将椎动脉沟的形态分为浅沟型、深沟型、半环型、全环型等类别。椎动脉沟愈深,则置钉时愈容易损伤。我们认为,寰椎椎弓根外侧椎动脉孔内的椎动脉误伤也较常见,进钉点偏外或进钉角度过小都可能导致螺钉穿过椎动脉孔误伤椎动脉。(2)寰椎椎弓根的宽度和高度:寰椎椎弓根的宽度一般指椎管外缘与椎动脉孔内缘之间的垂直距离。但我们观察寰椎水平轴位图像可知,寰椎主要由前方容纳枢椎齿状突直径较小的齿突孔和后方容纳延髓的直径较大的椎管组成,二者紧密相连形成“8”字形,其外缘连线(图 1a 中 L1 线)构成寰椎椎弓根的内侧缘,寰椎椎弓根的宽度应以椎动脉孔内缘到 L1 线的垂直距离 WW' 为准。(3)进钉点和进钉

角度:王春等^[15]选择比马向阳法^[10]的进钉点偏外 2mm、内倾 15°的进钉方法,认为可以更充分利用寰椎椎弓根的宽度,并提高置钉准确率。我们的研究认为,根据寰椎椎弓根多平面 CT 重建建立改良的进钉路径,可以获取进钉点、进钉角度的个体化置钉参数。该路径比传统的方法进钉点更偏外,内倾角更大,能够提高寰椎椎弓根置钉准确率。

4 参考文献

1. Resnick DK, Benzel EC. C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: case report and technical note [J]. *Neuro surgery*, 2002, 50(2): 426-428.
2. 胡勇, 谢辉, 杨述华, 等. 寰椎后路两种螺钉固定的解剖学测量和生物力学测试的对比研究[J]. *医用生物力学*, 2007, 22(1): 88-93.
3. 谭明生, 张光铂, 李子荣, 等. 寰椎测量及其经后弓侧块螺钉固定通道的研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2002, 12(1): 5-8.
4. 夏虹, 刘景发, 尹庆水, 等. 上颈椎手术的早期并发症[J]. *中华骨科杂志*, 2002, 2(5): 296-299.
5. Prabhu VC, France JC, Voelker JL, et al. Vertebral artery pseudoaneurysm complicating posterior C1 -2 transarticular screw fixation: case report[J]. *Surg Neurol*, 2001, 55(1): 29-34.
6. 移平, 谭明生, 塔娜, 等. 寰椎椎弓根螺钉置钉技巧探讨[J]. *中国矫形外科杂志*, 2010, 18(10): 862-864.
7. Ludwig SC, Kramer DL, Balderston RA, et al. Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine: comparative accuracy of three techniques[J]. *Spine*, 2000, 25(13): 1655-1667.
8. Tan MS, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass [J]. *Spine*, 2003, 28(9): 888-895.
9. Resnick DK, Lapsiwala S, Trost G R, et al. Anatomic suitability of the C1-C2 complex for pedicle screw fixation[J]. *Spine*, 2002, 27(14): 1494-1498.
10. Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra [J]. *Spine*, 2005, 30(13): 1519-1523.
11. 贾卫斗, 贾薇薇, 杨飞, 等. PACS 在颈椎后方结构测量及其临床意义[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2010, 28(3): 294-298.
12. 覃炜, 权正学, 刘洋, 等. 寰枢椎椎弓根螺钉个体化导向模板的研制与实验研究[J]. *中国修复与重建外科杂志*, 2008, 24(10): 1168-1172.
13. 陈前芬, 肖增明, 张忠民, 等. 寰椎椎弓根螺钉技术的剖面解剖和三维 CT 应用研究[J]. *中国临床解剖学杂志*, 2009, 27(2): 166-169.
14. 李桂成, 覃冰兰, 冯照善, 等. 寰椎的测量及临床应用意义 [J]. *四川解剖学杂志*, 2010, 18(2): 18-21.
15. 王春, 陈启强. 改良寰椎椎弓根螺钉固定置钉方法的轴位 CT 测量研究[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(1): 55-58.

(收稿日期:2011-06-17 修回日期:2011-11-22)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 刘彦)