

## · 临床研究 ·

## 下颈椎椎弓根螺钉内固定技术在临床中的应用

张勇鹏, 徐全芳, 卢良杰, 李杰, 洪锦炯

(宁波市医疗中心李惠利医院骨科, 浙江 宁波 315040)

**【摘要】** 目的:探讨下颈椎椎弓根螺钉内固定技术的临床应用。方法:对 2011 年 9 月至 2013 年 7 月行下颈椎椎弓根螺钉内固定的 32 例患者进行回顾性分析,男 20 例,女 12 例;年龄 21~78 岁,平均 56.4 岁。其中 10 例为创伤性颈髓损伤,9 例为颈椎管内肿瘤,7 例颈椎后纵韧带骨化症,6 例多节段颈椎病。所有患者术前行 X 线、CT、MRI 及椎动脉 MRA 等影像学检查,术后及随访时行 X 线片及 CT 平扫明确螺钉的位置情况。根据 Lee 等 4 级分类法评价置钉的准确性,创伤性患者行 ASIA 分级评价脊髓功能变化,非创伤性患者采用 JOA 评分评价神经功能改善情况。**结果:**32 例患者成功置入 144 枚下颈椎椎弓根螺钉,术后 CT 显示,0 级 132 枚,1 级 5 枚,2 级 5 枚,3 级 2 枚。有 12 枚螺钉穿破椎弓根,其中 8 枚螺钉穿破椎弓根外侧皮质,2 枚螺钉穿破椎弓根下侧皮质,穿破椎弓根内侧、上侧皮质螺钉各 1 枚。术后随访 12~33 个月,平均(21.0±1.5)个月,6 例完全性颈髓损伤患者术后神经功能虽无恢复,但截瘫平面下降 1~3 个脊髓节段。4 例不完全性颈髓损伤患者术后按 ASIA 损伤分级提高 1~2 级。22 例非创伤性患者术后 6 个月 JOA 评分平均(15.9±0.6)分,较术前(11.5±0.8)分明显提高( $P<0.01$ )。所有患者未发现钉棒系统松动、断裂情况。**结论:**下颈椎椎弓根螺钉固定能提供优秀的三维稳定性。合理选择适应证,术前充分准备以及根据椎弓根形态个体化置钉可以最大限度的降低手术风险及手术并发症,值得临床应用推广。

**【关键词】** 颈椎; 骨折固定术,内; 外科手术

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0034.2015.02.007

**Application of the pedicle screw in the subaxial cervical spine** ZHANG Yong-peng, XU Quan-fang, LU Liang-jie, LI Jie, and HONG Jin-jiong. Department of Orthopaedics, Ningbo Medical Treatment Center Lihuli Hospital, Ningbo 315040, Zhejiang, China

**ABSTRACT** **Objective:** To research the clinical application of lower cervical pedicle screw fixation procedure. **Methods:** From September 2011 to July 2013, 32 patients underwent posterior pedicle screw-rod system fixation were retrospective analyzed including 20 males and 12 females with an average age of 56.4 years old ranging from 21 to 78 years. Among them, 10 patients were traumatic cervical spinal injury, 9 patients were cervical spinal canal tumors, 7 cases were posterior longitudinal ligament ossification of cervical vertebrae, 6 cases were multiple segmental cervical spondylopathy. Preoperatively, X-ray, computed tomography, magnetic resonance imaging and magnetic resonance angiography of the vertebral artery were performed in all patients. After the operation and during the follow-up, X-ray and computed tomography were performed to confirm the pedicle screw position. The accuracy of the pedicle screw placement was evaluated by 4 grades classification from Lee. The spinal cord function was assessed by ASIA impairment scale for traumatic patients and JOA score for non traumatic patients. **Results:** Totally 144 pedicle screws performed on 32 patients from C<sub>3</sub> to C<sub>7</sub> involving 132 screws of grade 0, 5 screws of grade 1, 5 of screws grade 2 and 2 screws of grade 3 according to postoperative CT. There were 12 screws penetrating the pedicle cortex including 8 screws at lateral, 2 screws at caudal, 1 screw at medial and 1 screw at cranial. The follow-up time was 12 to 33 months with an average of (21.0±1.5) months. The spinal cord function was not improved in 6 complete cervical spinal cord injury patients, but their paraplegic level descended 1 to 3 segments. Four incomplete cervical spinal cord injury patients' ASIA impairment scale was increased by 1 to 2 grades in average. The JOA score of 22 atraumatic patients increased from preoperative 11.5±0.8 to 15.9±0.6 of postoperative at 6 months ( $P<0.01$ ). There were no screw loosening, screw pullout and screw-rod breakage. **Conclusion:** The lower cervical pedicle screw fixation can provide excellent 3D stability of the vertebral column. The operation risk and complication could be minimized by adequate preoperative evaluation for appropriate cases and individual pedicle screw placement. It deserved the clinical expansion.

**KEYWORDS** Cervical vertebrae; Fracture fixation, internal; Surgical procedures, operative

Zhongguo Gu Shang/China J Orthop Trauma, 2015, 28(2): 126-129 www.zggszz.com

通讯作者:张勇鹏 E-mail:zpmex@163.com

Corresponding author: ZHANG Yong-peng E-mail:zpmex@163.com

下颈椎后路内固定的方法有侧块螺钉和椎弓根螺钉两种。颈椎侧块螺钉由于可提供和前路钢板同

等、甚至更好的生物力学稳定性,且螺钉固定在侧块,因此一度是治疗下颈椎不稳的主流技术<sup>[1-2]</sup>。由于椎弓根螺钉技术要求高,易发生椎动脉或颈髓损伤等严重并发症<sup>[3]</sup>,临床医生更倾向于侧块螺钉固定技术。椎弓根是整个脊柱的“力核”部分,其比侧块螺钉固定更牢固<sup>[4-5]</sup>,随着置钉水平的提高和影像设备的发展,颈椎弓根螺钉固定技术越来越受到临床医生的重视。自 2011 年 9 月至 2013 年 7 月应用该技术治疗 32 例下颈椎疾患,现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本组 32 例,男 20 例,女 12 例;年龄 21~78 岁,平均 56.4 岁。创伤性颈髓损伤 10 例,术前按照美国脊髓损伤学会(ASIA)标准进行评价,A 级 6 例,B 级 3 例,C 级 1 例;颈椎管内肿瘤 9 例;颈椎后纵韧带骨化症 7 例,均为长节段(3~4 节段);多节段颈椎病 6 例。所有非创伤性患者因不同程度渐进性感觉、运动等肢体功能障碍为主要表现就诊,查体发现伴有不同程度的四肢张力增高,生理反射活跃,并且病理征阳性,有 3 例为前后路联合手术。术前日本骨科学会(JOA)评分为 10~12 分,平均 11.5±0.8。

### 1.2 术前评估及内固定材料

所有患者术前行 X 线、CT、颈椎 MRI 及椎动脉 MRA 检查。椎管内肿瘤患者进行增强 MRI 检查。影像学资料上观察椎动脉的形态、高度、走行方向。排除难以置钉的情况:(1)椎弓根损伤;(2)椎弓根过细(<4 mm)或横突孔变异;(3)椎动脉畸形。在 CT 片横断面上根据椎弓根的轴线标出合适的椎弓根螺钉进钉点、进钉方向及螺钉长度。32 例患者分别采用德国蛇牌的 C-SSE 颈椎钉棒系统、美国史赛克的 Xia 颈椎钉棒系统和美国强生公司的 Summit SI 钉棒系统。螺钉直径为 3.5 mm,长度 22~30 mm,均采用多轴向螺钉。

### 1.3 手术方法

术中采用 Abumi 置钉法<sup>[6]</sup>徒手置入下颈椎椎弓根螺钉。患者采用全身麻醉,俯卧位,头呈中立位固定,创伤性颈髓损伤伴骨折脱位的患者,颅骨持续牵引下行手术。颈略屈曲,双肩部宽胶布向下牵引。充分显露并确定欲固定的椎骨侧块外上象限中点为 C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub> 椎弓根钉的入钉点,对于骨折脱位的椎体及关节突予以牵引、撬拨复位。进钉角度在矢状平面为 0°,横断面的内倾角为 45°左右,结合术前影像学资料上标注的椎弓根钉入钉点及进钉方向个体化置钉。注意保持进钉的方向,切口尽力向两侧牵开,并保持足够的肌松,以维持进钉时足够的内倾角。注意进钉过程中的手感,必须要能够感觉到手钻在前进

中有适当的阻力,均匀前进。用椎弓根探子小心探查钉道的顶端及四壁,在钉道中插入定位针进行侧位透视。用丝锥攻丝,置入直径 3.5 mm、长 22~30 mm 的颈椎椎弓根螺钉。再行全椎板或者半椎板切除减压、椎管内肿瘤切除等操作。选择合适长度的棒,预弯以适应颈椎生理前凸,与椎弓根钉固定拧紧。

### 1.4 术后处理

根据脊髓损伤情况术后给予脱水、激素、预防感染等对症处理治疗。切口引流量少于 50 ml 后拔除引流管。对于创伤性颈髓损伤伴四肢瘫痪需长期卧床的患者,术后次日开始应用低分子肝素钠抗凝,预防静脉血栓形成,定期复查凝血功能及 D-二聚体。其他患者术后次日佩戴颈托下床适度活动。

### 1.5 观察项目与方法

术后 X 线片及 CT 上观察下颈椎前路椎弓根螺钉的位置、方向、长度以及与椎弓根的关系,记录穿破椎弓根各方向的螺钉,评估螺钉穿破程度和穿破率。根据 Lee 等<sup>[7]</sup>螺钉在椎弓根内的位置提出 4 级分类法评价置钉的准确性:0 级,螺钉完全位于椎弓根内;1 级,穿破椎弓根的部分<螺钉直径的 25%;2 级,穿破椎弓根的部分为螺钉直径的 25%~50%;3 级,穿破椎弓根的部分>螺钉直径的 50%。0 级和 1 级螺钉位置良好,2 级和 3 级螺钉为误置(穿破椎弓根)。创伤性患者根据美国脊髓损伤协会(ASIA 分级)标准评价脊髓损伤情况。非创伤性患者根据日本骨科医师学会评分(JOA17 分法)标准对患者神经功能进行评分,计算神经功能术后改善率。改善率=[(随访时评分-术前评分)/(17-术前评分)]×100%。改善率≥75%为优,50%≤改善率<75%为良,25%≤改善率<50%为可,25%<改善率为差。

### 1.6 统计学处理

所有数据均以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,统计学处理采用 SPSS17.0 软件,对术前和术后的数据行配对样本 *t* 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

所有手术顺利完成,未发生脊髓损伤或加重的情况,无神经根损伤情况,未出现椎动脉损伤症状。手术时间 70~230 min,平均 177 min;术中出血量 100~400 ml,平均 170 ml。随着手术操作的不断熟练,手术时间及术中出血量也在不断地减少。

### 2.1 下颈椎椎弓根置钉的临床结果

32 例患者共徒手置入 144 枚下颈椎椎弓根螺钉,各节段置钉数分布及临床结果详见表 1。螺钉直径 3.5 mm,长度 22~30 mm,平均 28 mm。术后复查 CT 判断螺钉位置:0 级 132 枚,1 级 5 枚,2 级 5 枚,3 级 2 枚,误置率为 4.9%。误置节段分布:C<sub>3</sub> 2 枚,C<sub>4</sub>

3 枚, C<sub>5</sub> 1 枚, C<sub>6</sub> 1 枚。下颈椎椎弓根螺钉穿破方向: 外侧壁 8 枚, 内侧壁 1 枚, 上壁 1 枚, 下壁 2 枚。虽然这些螺钉穿破椎弓根壁, 但均未出现临床症状。本组随访 12~33 个月, 平均( 21±1.5)个月, 随访过程中未发现钉棒系统松动断裂情况。

表 1 下颈椎疾患 32 例患者术后下颈椎各节段置钉的临床结果(枚)

Tab.1 Clinical results of pedicle screw placement at each segment of the lower cervical spine in 32 patients with cervical vertebrae disease(screw)

椎体节段	置入螺钉数	穿破方向			
		外侧	内侧	上侧	下侧
C <sub>3</sub>	24	3	0	1	0
C <sub>4</sub>	34	4	0	0	1
C <sub>5</sub>	28	0	0	0	1
C <sub>6</sub>	36	1	1	0	0
C <sub>7</sub>	22	0	0	0	0
合计	144	8	1	1	2

### 2.2 神经功能恢复情况

按 ASIA 脊髓损伤分级为 A 级的 6 例创伤性颈髓损伤患者术后神经功能均无明显恢复, 但截瘫平面下降 1~3 个节段, 神经根性症状, 如疼痛、麻木均有一定的缓解。4 例不完全性颈髓损伤患者术后按 ASIA 损伤分级提高 1~2 级(见表 2)。22 例非创伤性患者术后 6 个月按 JOA 脊髓功能评分提高 2~6 分, 平均( 15.9±0.6)分。术后 6 个月平均改善率为 79.1%, 其中优 14 例, 良 5 例, 可 3 例。术后 6 个月的 JOA 评分和术前比较差异有统计学意义 (P<0.01), 见表 3。1 例患者术后出现上肢神经根性疼痛, 考虑为螺钉穿破椎弓根刺激神经根所致, 予颈椎制动、止痛及营养神经等对症治疗, 3 个月后好转。

表 2 创伤性颈髓损伤 10 例患者手术前后随访期间的 ASIA 损伤分级(例)

Tab.2 Results of ASIA damage classification of 10 cases of traumatic spinal cord injury preoperative and postoperative follow-up period(case)

术前 ASIA 分级	例数	随访时 ASIA 分级				
		A 级	B 级	C 级	D 级	E 级
A 级	6	6	0	0	0	0
B 级	3	0	0	1	2	0
C 级	1	0	0	0	0	1

### 3 讨论

椎弓根是整个椎体最为坚强的骨性部分, 椎弓

表 3 非创伤性下颈椎疾患 22 例手术前后颈椎 JOA 评分比较( $\bar{x}\pm s$ , 分)

Tab.3 Results of JOA scores of 22 patients with non traumatic disease of lower cervical spinal preoperative and postoperative follow-up period( $\bar{x}\pm s$ , score)

项目	术前	术后 6 个月
上肢运动功能	2.8±0.1	3.8±0.1
下肢运动功能	2.7±0.2	3.8±0.1
上肢感觉	1.0±0.1	1.8±0.1
下肢感觉	1.1±0.2	1.8±0.1
躯干感觉	1.5±0.1	1.8±0.1
膀胱功能	2.4±0.1	2.9±0.1
总分	11.5±0.8	15.9±0.6*

注: 与术前相比, \*t=-5.271, P<0.01

Note: Compared with preoperative score, \*t=-5.271, P<0.01

根螺钉由后向前贯穿后、中、前三柱, 可产生强大把持力, 经椎弓根螺钉固定是迄今为止最可靠的脊柱后路内固定技术<sup>[8-9]</sup>。但由于颈椎椎弓根细小, 毗邻椎动脉、颈髓及神经根, 因此手术风险及难度均较大。因此, 如何提高下颈椎椎弓根螺钉的准确置入率成为了近些年学者研究的热点。

#### 3.1 椎弓根穿破椎体节段分布情况的评价

国外文献报道<sup>[10]</sup>C<sub>3</sub> 及 C<sub>4</sub> 椎体椎弓根宽度较小, 亚洲人最为显著, 故在 C<sub>3</sub> 及 C<sub>4</sub> 椎体进行椎弓根内固定, 易导致椎弓根穿破。朱裕成等<sup>[11]</sup>研究显示椎弓根宽度及高度均 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub><C<sub>5</sub><C<sub>6</sub><C<sub>7</sub>, 宽度最小 2.2 mm。椎弓根螺钉位置的分级与椎弓根的宽度呈负相关, 即椎弓根越细小, 螺钉误置率越高。内倾角 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>>C<sub>5</sub>、C<sub>6</sub>>C<sub>7</sub>, 置钉内倾角过小, 导致穿破椎弓根外侧壁。本研究结果显示, C<sub>3</sub> 及 C<sub>4</sub> 节段椎弓根穿破数共 5 枚, 占整个穿破率的 71.4%, 与上述文献报道一致, 因此在 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub> 椎弓根置钉时应更谨慎操作。C<sub>7</sub> 椎体的椎弓根较宽大, 且椎动脉从 C<sub>6</sub> 横突孔开始上行, 故 C<sub>7</sub> 置钉较安全。C<sub>7</sub> 椎体的椎弓根较宽大, 且椎动脉从 C<sub>6</sub> 的横突孔开始上行, 故 C<sub>7</sub> 置钉较为安全。Shin 等<sup>[12]</sup>研究发现相对于 C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub> 而言, C<sub>6</sub>-C<sub>7</sub> 椎弓根的大小及形态较一致、左右两侧较对称, 且横断面面积更大, 比较适合行椎弓根内固定。因此也是最早应用颈椎弓根内固定技术的部位。本研究结果显示椎弓根螺钉均未穿破 C<sub>7</sub> 椎体椎弓根。

#### 3.2 椎弓根皮质穿破方向分布情况的评价

Panjabi 等<sup>[13]</sup>研究发现, 椎弓根的上侧及下侧皮质厚度相当, 但内侧皮质总是大于其外侧皮质, 内侧壁的厚度为外侧壁厚度的 1.4~3.6 倍。徐荣明等<sup>[14]</sup>研究认为: 外侧骨皮质最为薄弱, 其次是下、上侧皮质, 而内侧皮质最后, 故手术时应尽量靠近内侧皮质进

入手锥,并掌握好外展角。本研究结果显示,共 12 枚螺钉穿破椎弓根,其中 8 枚螺钉穿破椎弓根外侧皮质,2 枚螺钉穿破椎弓根下侧皮质,穿破椎弓根内侧、上侧皮质螺钉各 1 枚。椎弓根外侧皮质穿破率高达 75%,可能与颈椎弓根外侧皮质较薄有关。螺钉穿破椎弓根外侧皮质,均未造成实质性损害,且未表现出神经血管症状者,可能是由于椎动脉并未占据整个椎动脉孔(8%~85%),椎动脉为圆柱状、弹性好、韧性强,螺钉进入椎动脉孔后易从其侧方滑过有关<sup>[15]</sup>。椎动脉被螺钉长期挤压是否会发生动脉闭塞或动脉瘤,目前还缺乏长期随访观察报道。

因此,许多临床医师避而选择侧块螺钉技术,制约了该技术的进一步开展。笔者认为除了置钉时尽量靠近内侧皮质(即“宁内勿外”),术中充分显露切口以消除肌肉对螺钉外展角的限制也十分重要。本组有 1 例患者术后出现上肢神经根性疼痛,考虑为螺钉穿破椎弓根刺激上位神经根所致,由于上位神经根是紧贴椎弓根上缘走行,而下位神经根却与椎弓根下缘存有一定间隙,故置钉时要“宁下勿上”<sup>[16]</sup>。

### 3.3 个体化置钉及要点

张立<sup>[16]</sup>建议下颈椎椎弓根螺钉置入时应遵循以下原则:正确的进钉点、正确的进钉方向、良好的手感、术中透视以及对定位针的外观观察,以提高置钉准确性。临床操作中笔者还注重置钉个体化:(1)术前充分的影像学检查,至少要有两名高年资医生观片、测量以减少误差,并排除解剖上椎弓根没有髓腔或损伤等手术禁忌证的患者;(2)患者体位及 C 形臂 X 线机呈垂直角度,充分显露切口及置钉点,确定置钉点和置钉角度后准确置钉;(3)只要探针探及钉道四周均为骨质后才能置钉,进钉时手感较均匀,若突然有“落空感”可能穿破皮质,若进钉力度不均且阻力增大时可能偏向内侧,应再次探查及时修正并 C 形臂 X 线机确定位置;(4)若 2~3 次错误置钉后,改用 Miller 法,咬除同侧椎板,直视下置钉。

下颈椎椎弓根螺钉内固定技术在生物力学稳定性上有天然的优势,能提供可靠的三维稳定性。合理选择适应证,术前充分准备以及根据椎弓根形态个体化置钉可以最大限度地降低手术风险及手术并发症,值得临床应用推广。

#### 参考文献

[1] Roy-Camille R, Gailland G, Bertreaux D. Early Management of Spinal Injuries. McKibben B. Recent Advances in Orthopedics[M]. Edinburgh: Churchill-Livingstone, 1979: 57-87.  
 [2] Abumi K, Itoh H, Taneichi H, Kaneda K. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(1): 19-28.  
 [3] Roy-Camille R. Rationale and techniques of internal fixation in trau-

ma of the cervical spine. Errico T, Bauer RD, Waugh TR. Spinal Trauma[M]. 2nd Edition. Philadelphia: JB Lippincott, 1991: 163-191.

[4] Kothe R, Rütther W, Schneider E, et al. Biomechanical analysis of transpedicular screw fixation in the subaxial cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2004, 29(17): 1869-1875.  
 [5] Rhee JM, Kraiwattanapong C, Hutton WC. A comparison of pedicle and lateral mass screw construct stiffnesses at the cervicothoracic junction: a biomechanical study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(21): E636-640.  
 [6] Abumi K, Shono Y, Ito M, et al. Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(8): 962-969.  
 [7] Lee SH, Kim KT, Suk KS, et al. Assessment of pedicle perforation by the cervical pedicle screw placement using plain radiographs: a comparison with computed tomography[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(4): 280-285.  
 [8] Hu Y, Kepler CK, Albert TJ, et al. Accuracy and complications associated with the freehand C-1 lateral mass screw fixation technique: a radiographic and clinical assessment[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 18(4): 372-377.  
 [9] Johnston TL, Karaikovic EE, Lautenschlager EP, et al. Cervical pedicle screws vs lateral mass screws: uniplanar fatigue analysis and residual pullout strengths[J]. Spine J, 2006, 6(6): 667-672.  
 [10] Tan SH, Teo EC, Chua HC. Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans[J]. Eur Spine J, 2004, 13(2): 137-146.  
 [11] 朱裕成, 马军, 李涛, 等. 下颈椎椎板和侧块作为椎弓根置钉角度参考标志的可靠性[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(1): 41-47.  
 Zhu YC, Ma J, Li T, et al. Reliability of subaxial vertebral lamina and lateral mass for the orientation of pedicle screw insertion[J]. Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi, 2014, 24(1): 41-47. Chinese.  
 [12] Shin EK, Panjabi MM, Chen NC, et al. The anatomic variability of human cervical pedicles: considerations for transpedicular screw fixation in the middle and lower cervical spine[J]. Eur Spine J, 2000, 9(1): 61-66.  
 [13] Panjabi MM, Shin EK, Chen NC, et al. Internal morphology of human cervical pedicles[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(10): 1197-1205.  
 [14] 徐荣明, 马维虎, 刘观晟, 等. 椎弓根螺钉技术在下颈椎不稳中的安全使用方法[J]. 中华创伤杂志, 2007, 23(1): 21-24.  
 Xu RM, Ma WH, Liu GY, et al. Clinical application of cervical pedicle screw system in lower cervical spinal disorder[J]. Zhonghua Chuang Shang Za Zhi, 2007, 23(1): 21-24. Chinese.  
 [15] Sanelli PC, Tong S, Gonzalez RG, et al. Normal variation of vertebral artery on CT angiography and its implications for diagnosis of acquired pathology[J]. J Comput Assist Tomogr, 2002, 26(3): 462-470.  
 [16] 张立. 下颈椎椎弓根螺钉徒手置钉技术及临床应用[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(19): 8545-8550.  
 Zhang L. The technique and clinical application of freehand pedicle screw placement in the subaxial cervical spine[J]. Zhonghua Lin Chuang Yi Shi Za Zhi (Dian Zi Ban), 2013, 7(19): 8545-8550. Chinese.

(收稿日期: 2014-11-14 本文编辑: 王宏)