

两种寰椎侧块螺钉固定方法的可行性比较

龚民¹, 蒋俊威¹, 刘浩², 周芸³ (乐山市人民医院, ¹骨科, ³内分泌科, 四川省乐山市 614000; ²四川大学华西医院骨科, 四川省成都市 610000)

文章亮点:

1 以往缺乏关于2种寰椎侧块螺钉固定方法的骨性解剖可行性比较研究。文章收集颈椎病患者的寰椎CT扫描数据, 对每个数据均进行多平面CT重建, 分别测量2种寰椎侧块螺钉固定方法的关键骨性解剖数据, 统计分析2种寰椎侧块螺钉方法的可行性及差异性。

2 文章利用CT扫描数据完成了2种螺钉固定方法的比较研究, 并指出2种螺钉固定方法实施前利用CT数据进行相关测量可以明显提高手术安全性, 经寰椎后弓下侧块螺钉固定较经寰椎椎弓根螺钉更具可行性。

关键词:

植入物; 脊柱植入物; 寰椎; 内固定; 临床解剖学

主题词:

内固定器; 解剖学; 体层摄影术, 螺旋计算机

摘要

背景:寰椎侧块螺钉固定技术按其入钉点的不同可分为寰椎后弓下侧块螺钉固定和经寰椎后弓侧块螺钉固定(又称寰椎椎弓根螺钉固定), 这2种固定方法各有优缺点, 以往缺乏关于2种寰椎侧块螺钉固定方法骨性解剖可行性的比较研究,

目的:以测量国人寰椎相关骨性解剖数据为依据, 比较2种寰椎侧块螺钉固定方法的可行性。

方法:收集30例(60侧)成人颈椎病患者的寰椎螺旋CT扫描数据, 利用CT工作站对数据重建, 分别测量寰椎侧块螺钉固定的关键骨性解剖数据, 适合行经寰椎后弓侧块螺钉固定的标准为寰椎椎动脉沟处后弓高度和宽度 ≥ 4 mm; 适合行经寰椎后弓下侧块螺钉固定的标准为寰椎后弓下侧块高度 ≥ 4 mm。

结果与结论:寰椎椎动脉沟处后弓高度为 (4.54 ± 1.17) mm, 椎动脉沟处后弓宽度为 (8.69 ± 1.12) mm, 寰椎后弓下侧块高度为 (4.98 ± 1.07) mm。寰椎后弓椎动脉沟高度大于4 mm(适合经寰椎后弓螺钉固定组)有41侧, 占68%; 寰椎后弓下侧块高度大于4 mm(适合经寰椎后弓下侧块螺钉固定)有52侧, 占87%, 2组差异有显著性意义($P < 0.05$)。提示经寰椎后弓下侧块螺钉固定较经寰椎椎弓根螺钉更具可行性。术前利用CT测量寰椎关键解剖结构数据对制定个性化手术方案具有重要意义。

龚民, 蒋俊威, 刘浩, 周芸. 两种寰椎侧块螺钉固定方法的可行性比较[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(31): 4968-4972.

Feasibility of two kinds of atlantal lateral mass screw fixation

Gong Min¹, Jiang Jun-wei¹, Liu Hao², Zhou Yun³ (¹Department of Orthopedics, Leshan Municipal People's Hospital, Leshan 614000, Sichuan Province, China; ²Department of Orthopedics, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610000, Sichuan Province, China; ³Department of Endocrinology, Leshan Municipal People's Hospital, Leshan 614000, Sichuan Province, China)

Abstract

BACKGROUND: Atlantal lateral mass screw fixation contains lateral mass screw fixation under the posterior arch of the atlas and lateral mass screw fixation via the posterior arch of atlas (also called atlas pedicle screw fixation) according to different insertion points. The two methods have their advantages and disadvantages. There are lacks of the comparative studies on bony anatomy feasibility by two kinds of atlantal lateral mass screw fixation.

OBJECTIVE: To compare the feasibility associated with two kinds of atlantal lateral mass screw fixations taking Chinese data of atlantal bony anatomy as evidence.

METHODS: Data of CT scans in 30 adults with cervical spondylosis (60 sides) were collected, and data were reconstructed using CT workstation. We measured key bone anatomy structure after atlantal lateral mass screw fixation. The atlantal lateral mass was suitable for lateral mass screw fixation via the posterior arch of atlas if its height and width of vertebral artery groove at the posterior arch ≥ 4 mm. It was suitable for lateral mass screw fixation under the posterior arch of the atlas if the height of posterior arch of atlas lateral mass ≥ 4 mm.

RESULTS AND CONCLUSION: The height of vertebral artery groove at the posterior arch was (4.54 ± 1.17) mm. The width of vertebral artery groove at the posterior arch was (8.69 ± 1.12) mm. The height of posterior arch of atlas lateral mass was (4.98 ± 1.07) mm. There were 41 cases with the height of vertebral artery groove at the posterior arch > 4 mm (suitable for lateral mass screw fixation via the posterior arch of atlas, occupying 68%). There were 52 cases with the height of posterior arch of atlas lateral mass > 4 mm (suitable for lateral mass screw

龚民, 男, 1977年生, 四川省乐山市人, 汉族, 2006年四川大学毕业, 硕士, 主治医师, 主要从事脊柱方面的研究。

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.

2014.31.009

[http://www.crter.org]

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2014)31-04968-05

稿件接受:2014-06-09

fixation under the posterior arch of the atlas), occupying 87%. There were significant differences in the differences between the two groups ($P < 0.05$). These results indicated that lateral mass screw fixation under the posterior arch of the atlas was more feasible compared with lateral mass screw fixation via the posterior arch of atlas. Preoperative CT measure for key anatomic structure was significant for making personalized surgical plan.

Subject headings: internal fixators; anatomy; cicatrix, hypertrophic

Gong M, Jiang JW, Liu H, Zhou Y. Feasibility of two kinds of atlantal lateral mass screw fixation. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2014;18(31):4968-4972.

0 引言 Introduction

治疗寰枢关节不稳的后路手术方法较多, 其中以经后路寰枢关节螺钉固定技术最为常用^[1], 因其具有坚强的生物力学稳定性, 融合率较高, 被认为是后路寰枢关节螺钉固定技术的经典手术^[2], 但其存在一定的局限性, 其局限性主要表现在: ①后路寰枢关节螺钉固定技术受限于枢椎上下关节突之间的峡部的解剖结构, 由于椎动脉变异可导致此处结构置入螺钉时损伤椎动脉。②螺钉置入需要较大的上倾角, 对于部分患者置入困难。③对于寰枢关节脱位的患者需先行复位才能进行固定。因此如何寻找更为安全的后路螺钉固定方法成为脊柱外科医师的巨大挑战。近年来经后路寰椎侧块螺钉和枢椎螺钉联合固定法治疗寰枢椎不稳的方法应用较为普遍, 该方法可获得即刻的坚强固定, 且不同于经后路寰枢关节螺钉固定需要较大的上倾角置入螺钉固定, 且对于因为椎动脉变异导致枢椎峡部变异的患者也能置入螺钉固定。其中寰椎侧块螺钉固定技术按其入钉点的不同可分为寰椎后弓下侧块螺钉固定和经寰椎后弓侧块螺钉固定(又称寰椎椎弓根螺钉固定)2种方法^[3-4], 这2种固定方法各有优缺点, 而哪种方法更具优越性存在一定的争论, 且关于2种侧块螺钉固定方法的解剖可行性比较评价研究非常少见。对于解剖研究的经典方法为对尸体标本进行测量研究, 该方法的缺点为尸体标本获得较为困难, 获得标本数量有限, 限制了解剖研究的科学性; 目前利用影像学检查获取人体器官图像进行相关解剖测量被认为是一项可以替代尸体标本研究的可靠方法。

文章拟采用CT对寰椎进行相关测量并对2种寰椎侧块螺钉固定方法的骨性解剖可行性进行比较研究。

1 对象和方法 Subjects and methods

设计: 测量学试验。

时间与地点: 于2012年6月至2013年8月在乐山市人民医院放射科进行资料收集。

对象: 收集30例成人颈椎病患者的螺旋CT扫描寰椎椎数据(共60侧), 男22例, 女8例; 年龄26-64岁, 平均39岁。排除寰枢关节先天发育异常, 寰枢关节创伤, 寰枢关节肿瘤, 寰枢关节感染以及全身免疫性疾病。患者均知情同意, 且得到乐山市人民医院伦理委员会批准。

方法:

获取重建数据: 采用乐山市人民医院放射科64排螺旋

CT机器(飞利浦公司)对寰椎进行扫描, 扫描层厚0.75 mm, 重建层厚1 mm, 导入CT工作站, 选取骨组织密度窗, 利用多平面重建功能进行相关的重建和测量相关数据。

测量2种寰椎侧块螺钉固定方法的关键骨性解剖数据:

经寰椎后弓侧块螺钉固定术的关键骨性解剖结构分别为寰椎后弓椎动脉沟的高度和宽度。寰椎后弓椎动脉沟处的高度测量方法: 先获取寰椎横断面CT图像, 经寰椎后弓椎动脉沟的矢状中线为切面获得的多平面重建图像测量, 测量寰椎椎动脉沟处上下皮质骨的距离为高度值(图1)。寰椎后弓宽度的测量方法: 在寰椎横断面CT图像进行测量, 测量寰椎后弓椎动脉沟处内外皮质骨的距离为宽度值(图2)。经寰椎后弓下侧块螺钉固定术的关键骨性解剖结构为寰椎后弓下侧块的高度, 其测量方法为: 先获取寰椎横断面CT图像, 经寰椎后弓椎动脉沟的矢状中线为切面获得的多平面重建图像测量, 测量寰椎后弓下缘与寰椎侧块连接处至寰椎侧块下缘之间的距离为高度值(图3)。

分别统计适合行2种寰椎侧块螺钉固定方法的侧数: 适合行经寰椎后弓侧块螺钉固定的标准为寰椎椎动脉沟处后弓高度和宽度 ≥ 4 mm; 适合行经寰椎后弓下侧块螺钉固定的标准为寰椎后弓下侧块高度 ≥ 4 mm。

主要观察指标: 寰椎侧块螺钉关键骨性解剖结构测量结果, 2种寰椎侧块螺钉固定方法的可行性。

统计学分析: 作者采用SPSS 16.0统计软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用 t 检验; 计数资料比较采用Fisher确切概率法或秩和检验; 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果 Results

2.1 寰椎侧块螺钉关键骨性解剖结构测量结果 见表1。

寰椎后弓椎动脉沟处高度双侧为 (4.54 ± 1.17) mm, 最小者为1.84 mm, 最高为7.58 mm, 寰椎椎动脉沟后弓处的宽度双侧为 (8.69 ± 1.25) mm, 无患者小于4 mm; 寰椎后弓下侧块高度双侧为 (4.98 ± 1.07) mm, 最小者为3.02 mm, 最高者为7.81 mm。

2.2 两种寰椎侧块螺钉固定方法可行性的结果统计 椎动脉沟高度和宽度大于4 mm(适合经寰椎后弓侧块螺钉固定组)有41侧, 占68%; 寰椎后弓下侧块高度大于4 mm(适合经寰椎后弓下侧块螺钉固定)有52侧, 占87%, 2组之间比较差异有显著性意义($P \leq 0.05$), 见表2。



图 1 寰椎后弓椎动脉沟高度测量示意图

Figure 1 Measurement of the height of vertebral artery groove at the posterior arch

图注: 图中 A 为寰椎后弓横断面 CT 片, 经寰椎后弓椎动脉沟处行矢状中线切面处行多平面重建; B 为多平面重建后图像, 测量寰椎后弓椎动脉沟处高度(HV: 寰椎动脉沟高度)。

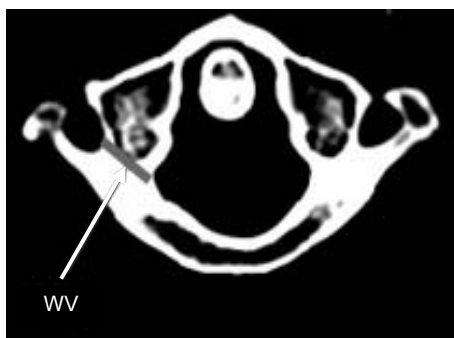


图 2 寰椎后弓椎动脉沟宽度测量示意图

Figure 2 Measurement of the width of vertebral artery groove at the posterior arch

图注: WV 为寰椎后弓宽度。

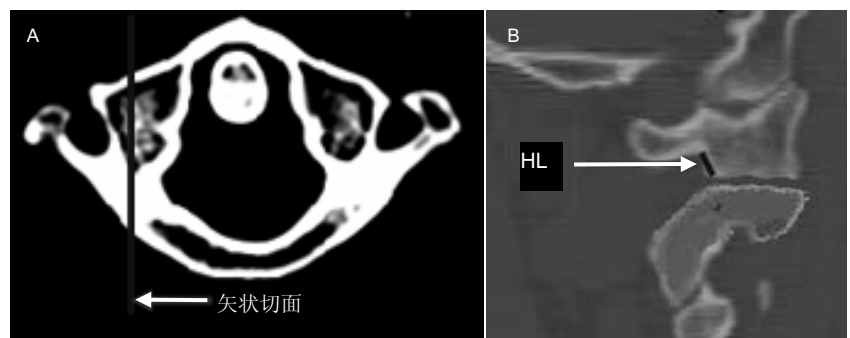


图 3 寰椎后弓下侧块高度测量示意图

Figure 3 Measurement of the height of posterior arch of atlas lateral mass

图注: 图中 A 为寰椎后弓横断面 CT 片, 经寰椎后弓椎动脉沟处行矢状切面重建; B 为多平面重建后图像, 测量寰椎后弓下侧块高度(HL: 寰椎后弓下侧块高度)。

表 1 寰椎侧块螺钉固定关键解剖指标测量数据

Table 1 Measure data of key anatomic indexes of atlantal lateral mass screw fixation

测量指标	左侧	右侧	双侧
寰椎椎动脉沟后弓处高度	4.51±1.26 (2.13-7.58)	4.56±1.10 (1.84-6.56)	4.54±1.17 (1.84-7.58)
寰椎椎动脉沟后弓处宽度	8.87±1.30 (6.49-12.07)	8.54±1.18 (6.13-10.81)	8.69±1.25 (6.13-12.07)
寰椎后弓下侧块高度	4.95±1.20 (3.02-7.81)	5.01±0.94 (3.28-6.79)	4.98±1.07 (3.02-7.81)

表注: 寰椎后弓椎动脉沟处高度双侧为(4.54±1.17) mm, 寰椎椎动脉沟后弓处的宽度双侧为(8.69±1.25) mm, 寰椎后弓下侧块高度双侧为(4.98±1.07) mm。

表 2 适合 2 种寰椎侧块螺钉固定的侧数比较

Table 2 Comparison of the number of sides suitable for the two kinds of atlantal lateral mass screw fixation

测量指标	侧数	百分率
椎动脉沟高度和宽度大于 4 mm (适合行经寰椎后弓侧块螺钉固定)	41	68%
后弓下侧块高度大于 4 mm (适合行寰椎后弓下侧块螺钉固定)	52	87%

表注: 2 组百分率相比, 差异有显著性意义($P < 0.05$)。

3 讨论 Discussion

寰枢椎不稳后路手术治疗的方法较多, 风险较大, 一直是脊柱外科的难点, 其原因在于该部位的解剖结构复杂, 邻近重要血管和神经结构, 且存在较大的解剖变异, 尤其是寰椎及枢椎处椎动脉的变异较大, 若手术方式选择不当或术中操作不当则术中可能存在损伤椎动脉的风险。直到 20 世纪 80 年代, Gallie 和 Brooks 运用钢丝固定加植骨技术仍为治疗此类疾病的标准方法, 此类方法的缺点为钢丝稳定性差, 术后需佩戴 Halo 架; Margel 等^[1]随后介绍了经后路寰枢关节螺钉固定技术, 该技术可提供坚强固定, 显著

提高了融合率, 且避免了术后佩戴 Halo 架; 但是该术式存在一定的局限性, 例如: ①由于椎动脉变异导致损伤椎动脉, 在进行的该类手术中, 发生椎动脉损伤的病例约为 4%, Paramore^[5]、Madawi^[2]、Igarashi^[6]、窦海成等^[7]均报道约 20% 的患者由于椎动脉的位置关系不能行后路寰枢关节螺钉固定技术。②在寰枢关节位置关系较差的病例(如寰枢关节脱位复位不良)中, 损伤椎动脉的风险明显增加。③该术式的螺钉置入的上倾角较大, 对于肥胖和颈胸段后突畸形的患者螺钉置入困难。

联合后路寰椎侧块螺钉和后路枢椎螺钉固定技术在一

一定程度上避免了经后路寰枢关节螺钉固定术的局限性,是目前用于治疗寰枢椎不稳的主流技术。一般认为后路寰椎侧块螺钉固定技术在一定程度上避免了后路寰枢关节螺钉固定技术的缺点:①由于一般为寰椎侧块螺钉联合枢椎椎弓根或枢椎峡部螺钉固定,故一定程度上避免了损伤枢椎峡部椎动脉的风险。②对于寰枢椎脱位的患者,由于分开置入螺钉,故不需要要求寰枢关节达到良好复位。③对于肥胖和颈胸段后突畸形的患者螺钉置入较为容易。寰椎后弓下侧块螺钉固定技术由Goel等^[3]首先报道,其早期运用于30例患者,随访时间为19个月,结果无内固定失效,均获得骨性融合。Goel法入钉点为寰椎后弓下侧块后面的中点,同时向内和向上倾斜 15° ^[3],而Harms等^[8]推荐的入钉点为寰椎后弓与侧块连接处。而经寰椎后弓侧块螺钉固定术由Resnick等^[4]首先报道,由于其后弓与寰椎侧块连接部分类似椎弓根,故该技术又被称为寰椎椎弓根螺钉固定技术,其入钉点位于寰椎后弓,经后弓置入寰椎侧块;其后Tan等^[9]推荐入钉点为后正中线上侧(19.1±1.88) mm与后弓下缘上方(2.03±1.88) mm相交处,其螺钉方向为垂直于冠状面,向头侧倾斜约 5° 。这2种寰椎侧块螺钉固定技术各有优缺点。寰椎后弓下侧块螺钉固定技术的优点为:损伤椎动脉机会较小,寰椎后弓解剖结构异常或者合并寰椎后弓骨折的患者对螺钉置入无明显影响;其缺点为:在置钉过程中可能损伤寰椎侧块后方的静脉丛导致难以控制的出血,置入螺钉尾部可能刺激 C_2 神经,导致枕部麻木头痛^[10]。而经寰椎后弓侧块螺钉固定的优点为:入钉点更容易鉴别,且入钉点更靠上,不需要显露寰椎侧块后方,故可减少术中出血和手术时间,也不会刺激 C_2 神经,由于钉道更长,故拥有更好的生物力学稳定性^[11];其缺点为:置钉过程中可能损伤椎动脉,若椎弓根结构变异,或存在骨折,则螺钉置入较为困难,且可能刺激 C_1 神经导致枕后区疼痛^[4]。目前国内一般认为手术时应优先考虑使用经寰椎后弓侧块螺钉固定技术,而经寰椎后弓下侧块螺钉固定技术可作为补充^[10]。

对于解剖研究的经典方法为对尸体标本进行测量研究,该类方法研究的缺点为尸体标本获得较为困难,获得标本数量有限,限制了解剖研究的科学性;而利用CT测量的优点为可在经患者同意后获取资料,在一定程度上避免了尸体标本数量有限的缺点,且可以利用CT进行任意平面的重建,同时借助测量软件可进行长度和角度、面积等的精确测量,因此目前利用影像学检查获取人体器官图像进行相关解剖测量研究被认为是一项可靠的研究方法^[12]。在寰枢椎的相关解剖研究中利用CT作为测量工具运用更是较为广泛^[13-14]。

Resnick等^[4]认为经寰椎后弓侧块螺钉固定方法的解剖限制主要因素是寰椎后弓椎动脉沟的高度,而宽度可不予以考虑,若椎动脉沟高度小于4 mm则不适合行该术式。而寰椎后弓椎动脉沟高度的解剖变异较大,目前国内外研究发

现寰椎后弓椎动脉沟处高度小于4 mm为8%–27.7%^[15-18],本文利用CT测量结果为(4.54±1.67) mm(1.84–7.58 mm),且寰椎椎动脉沟高度有19侧小于4 mm,所占比例为32%,较其他研究的比例高,表明国人由于寰椎椎动脉沟处高度小于4 mm而不能置入螺钉的比例较高,表明后弓的高度变异较大,尽管后路寰椎侧块螺钉固定联合枢椎螺钉固定技术在一定程度上避免了损伤枢椎峡部处椎动脉的风险,但存在损伤寰椎后弓上面椎动脉的风险,从本文可以看出由于寰椎后弓椎动脉沟处的骨质高度变异较大,术前应该有充分的认识,可通过CT进行测量,从而可降低损伤椎动脉的风险。同时可以看出单就损伤椎动脉的风险而言,后路寰椎侧块螺钉固定技术并不较后路寰枢关节螺钉固定技术更具优势。另外本文没有发现寰椎椎动脉沟宽度小于4 mm者,说明椎动脉宽度不是主要考虑的骨性解剖限制因素,与Resnick结果相同。

Goel等^[3]于1994年首次报道用寰椎后弓下侧块螺钉联合枢椎椎弓根钉固定治疗寰枢关节不稳的患者,取得满意的临床效果。该手术方式最大的优点为损伤椎动脉的风险极低,这是由于该固定方式的螺钉通道并不邻近椎动脉,但其缺点为可能损伤寰椎后弓下静脉丛和 C_2 神经,前者可导致大出血,后者可导致枕后区疼痛麻木。一般认为经寰椎后弓下侧块螺钉固定技术的骨性解剖限制因素为寰椎后弓下侧块的高度,若其高度小于4 mm则不适合行螺钉固定。Lynch等^[19]测量120个寰椎标本,其中98.75%能容纳3.5 mm螺钉。Wang等^[20]测量74个寰椎干燥标本测得入钉点高度为(3.9±1.2) mm(1.9–8.0 mm),其中30个标本小于3.5 mm(41%)。国内夏虹等^[21]测量结果为,左(4.0±0.7) mm(3.1–6.2 mm),右(4.2±0.7) mm(3.1–5.8 mm),但未说明侧块高度小于4 mm占的比例是多少。本文结果显示寰椎后弓下侧块高度为(4.98±1.07) mm,但其中小于4 mm不适合行寰椎后弓下侧块螺钉固定的有8侧(13%),表明国人仅有少部分人不适合行寰椎侧块下螺钉固定技术。

本文利用CT测量国人寰椎关键骨性解剖数据发现适合行经后路寰椎后弓下侧块螺钉固定的有52侧,占87%;适合行经后路寰椎后弓侧块螺钉固定的有41侧,占68%,2种后路寰椎侧块螺钉固定技术之间差异有显著性意义($P < 0.05$)。以上结果说明:①国人寰椎后弓椎动脉沟处后弓高度解剖变异大,尽管寰椎后弓下侧块螺钉固定可能损伤寰枢关节后方的静脉丛和 C_2 神经根,但就是否损伤椎动脉而言,显然寰椎后弓下侧块螺钉固定比经寰椎椎弓根螺钉固定更安全。②寰椎侧块下螺钉固定技术较寰椎后弓侧块螺钉固定技术适应范围更广,二者可互为补充。③由于寰椎解剖变异大,且毗邻重要神经血管,故如何设计每个患者最适合手术方案尤为重要,经后路寰椎后弓侧块螺钉固定技术的关键骨性解剖结构为寰椎后弓椎动脉沟处的骨质高度,而经后路寰椎后弓下侧块螺钉固定技术的关键骨性解剖结构为寰椎后弓下侧块高度,此2个关键骨性解剖指

标在CT图像上测量较为简单, 便于推广运用, 有助于选择更佳的手术治疗方案。

总之就骨性解剖结构而言, 寰椎后弓下侧块螺钉固定技术较经寰椎后弓侧块螺钉固定技术可行性更广, 操作更安全, 2种螺钉固定技术可互为补充。寰椎的解剖变异范围大, 术前应仔细研究寰椎的CT图像, 从而制订适合患者的最佳手术方案。

致谢: 特别感谢乐山市人民医院 CT 室对于课题的支持。

作者贡献: 刘浩教授和蒋俊威主任医师予文章的设计和实施了多次指正, 周芸负责数据的统计分析。

利益冲突: 文章及内容不涉及相关利益冲突。

伦理要求: 患者对试验过程完全知情同意, 试验方案获得乐山市人民医院伦理委员会批准。

学术术语: 后路寰枢关节螺钉固定技术-治疗寰枢关节不稳的后路手术方法较多, 其中以经寰枢关节螺钉固定技术最为常用, 因其具有坚强的生物力学稳定性, 融合率较高, 被认为是后路寰枢关节螺钉固定技术的经典手术, 但其存在一定的局限性。

作者声明: 文章为原创作品, 无抄袭剽窃, 无泄密及署名和专利争议, 内容及数据真实, 文责自负。

4 参考文献 References

- [1] Magrel F, Seman PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In cervical Spine. Edited by Kehr P, Werdner PA. New York: Springer-Verlag, 1987: 322-327.
- [2] Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, et al. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. J Neurosurg. 1997;86:961-968.
- [3] Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. J Acta Neurochir(Wien). 1994;129:47-53.
- [4] Resnick DK, Benzel EC. C1-2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: case report and technical note. J Neurosurg. 2002;50:426-428.
- [5] Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VKH. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. J Neurosurg. 1996;85:221-224.
- [6] Igarashi T, Kikuchi S, Sato K, et al. Anatomical study of the axis for surgical planning of transarticular screw fixation. Clin Orthop. 2003;408:162-166.
- [7] 窦海成, 徐晖, 黄其杉, 等. 后路寰枢椎关节突螺钉直径限制因素的影像学分析[J]. 中华创伤杂志, 2012, 28(10): 931-932.
- [8] Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. Spine. 2001;26(22): 2467-2471.
- [9] Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. Spine. 2003;28(9): 888-895.
- [10] 郝定均, 贺宝荣, 许正伟, 等. 寰椎椎弓根螺钉和侧块螺钉技术的临床疗效比较[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(12): 1297-1303.
- [11] Fensky F, Kueny RA, Sellenschloh K, et al. Biomechanical advantage of C1 pedicle screws over C1 lateral mass screws: a cadaveric study. Eur Spine J. 2014;23(4):724-731.
- [12] 董亮, 谭明生, 移平, 等. 颈椎前路椎弓根螺钉置入的解剖学研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2014, 22(2): 138-143.
- [13] 崔巍, 彭磊, 王金财, 等. 寰枢关节齿突侧块间隙的多层螺旋CT研究[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44(8): 831-836.
- [14] 郑宇, 蔡贤华, 黄卫兵, 等. 前路经寰枢关节螺钉内固定术置钉安全性的CT测量研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 19(23): 1990-1994.
- [15] 王慧敏, 谭明生, 张光铂, 等. 寰椎经后弓侧块螺钉固定通道的影像学测量[J]. 中国矫形外科杂志, 2003, 11(1): 34-37.
- [16] Ma XY, Yin QS, Wu ZH, et al. Anatomic considerations for the pedicle screw placement in the first cervical vertebra. J Spine. 2005;30:1519-1523.
- [17] 郝定均, 方向义, 吴起宁, 等. 经寰椎后弓上颈椎稳定性重建的解剖学研究[J]. 中华骨科杂志, 2011, 31(4): 339-342.
- [18] 陈雍君, 赵慧毅, 谢柏臻, 等. 寰椎椎弓根钉内固定通道的三维 CT 影像学研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(1): 1-3.
- [19] Lynch J, Christensen D, Currier B. C1 lateral mass screws: Technique and morphometric study. Presented at the American Association of Neurological Surgeons meeting, Toronto, ON, Canada, 2001.
- [20] Wang MY, Srinath MD, Samudrala MD. Cadaver morphometric analysis for atlantal lateral mass screw placement. J Neurosurg. 2004;54:1436-1440.
- [21] 夏虹, 钟世镇, 刘景发, 等. 寰椎侧块后路螺钉固定的可行性研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2002, 10(9): 888-891.