

基础研究

下颈椎经关节螺钉钉棒系统固定的生物力学研究

徐荣明¹, 刘观燧¹, 马维虎¹, 毛路², 孙韶华¹, 黄雷¹, 应江炜¹, 蒋伟宇¹, 王以进³

(1 浙江省宁波市第六医院骨科 315040; 2 苏州大学第二附属医院骨科 215006 苏州市;

3 上海大学上海生物力学工程研究所 201800 上海市)

【摘要】目的:比较下颈椎三柱损伤后单独经关节螺钉固定(TAS)、经关节钉棒系统固定(TRS)和侧块螺钉钉棒系统固定(LRS)的三维稳定性。**方法:**12具新鲜颈椎标本,制成C4/5、C5/6节段三柱损伤模型,分别进行单独经关节螺钉(TAS组)、经关节螺钉钉棒系统(TRS组)和侧块螺钉钉棒系统(LRS组)三种方法固定,在非限制性和非破坏性的实验条件下测试其前屈、后伸、左右侧弯和轴向旋转运动状态的稳定性。**结果:**TAS组和TRS组在各方向的运动范围(ROM)和中性区(NZ)的均数均显著小于完整标本组,差异有统计学意义($P<0.05$);LRS组在前屈、后伸、侧弯运动中的ROM和NZ与完整标本组比较有显著降低,差异有统计学意义($P<0.05$);LRS组在旋转运动中的ROM和NZ与完整标本组比较有不同程度的降低,但差异无统计学意义($P>0.05$)。TAS、TRS在各个方向稳定性明显优于LRS组($P<0.05$)。TRS在前屈运动中的ROM和NZ与TAS组比较有所减小,但无统计学意义($P>0.05$);在后伸、侧弯和旋转运动中,TRS组稳定性明显优于TAS组,有统计学意义($P>0.05$)。**结论:**在下颈椎三柱损伤选择经关节固定技术时以钉棒形式固定稳定性更好。

【关键词】颈椎;经关节螺钉;骨折;内固定术;生物力学

中图分类号:R687.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2007)-12-0924-04

Biomechanical study of transarticular screw-rod system fixation in the lower cervical spine/XU Rong-ming, LIU Guanyi, MA Weihu, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2007, 17(12):924-927

【Abstract】 Objective:To compare the lower cervical stabilities of transarticular screw fixation alone, screw/rod system fixation and lateral mass screw/rod system fixation. **Method:**12 specimens of cervical vertebra containing C2-T1 were obtained from human cadaver. The three-column instability model was made at C4/5 and C5/6 level. The specimens were stabilized with transarticular screw fixation alone (group TAS), screw/rod system fixation (group TRS) and lateral mass screw/rod system fixation (group LRS) respectively. The ranges of motion of instrumented segments were also measured under the torque of 2N·m in flexion, extension, lateral bending, and rotation respectively under nonrestrictive and nondestructive condition. The data between groups were compared with statistical analysis. **Result:**The range of motion (ROM) and neutral zone (NZ) of both transarticular screw fixation alone and screw/rod system fixation group were significantly smaller than those of intact group in all directions ($P<0.05$). The ROM and NZ of lateral mass screw fixation group were significantly smaller than those of intact group during extension, lateral bending and flexion except axial rotation ($P<0.05$). The ROM and NZ of both transarticular screw fixation alone and screw/rod system fixation group were significantly smaller than those of lateral mass screw fixation group in all directions ($P<0.05$). The transarticular screw/rod system fixation group allowed a very smaller ROM and NZ than transarticular screw fixation alone during extension, lateral bending and axial rotation except flexion ($P<0.05$). **Conclusion:**As for three column injury in lower cervical spine, transarticular screw/rod system is preferred to better stability.

【Key words】 Cervical vertebra; Transarticular screws; Fracture; Internal fixation; Biomechanics

【Author's address】 Department of Orthopaedics, Ningbo Sixth People's Hospital, Ningbo, 315040, China

基金项目:浙江省医药卫生科学研究基金资助项目(项目编号:2007B201),宁波市社会发展攻关项目(项目编号:2006C100061)

第一作者简介:男(1952-),主任医师,教授,博士生导师,研究方向:脊柱外科和骨盆损伤

电话:(0574)87801999-2205 E-mail:lgysimon@yahoo.com.cn

上颈椎 Magerl 经关节螺钉固定技术在生物力学上明显优于其他寰枢关节固定方法^[1],但由于上颈椎复杂的解剖关系, Magerl 技术有着较高的椎动脉损伤风险。下颈椎的关节突关节形态不同于上颈椎,在冠状面更加倾斜,术中可以直视,

经关节固定不仅固定可靠,而且操作简单,相对安全^[2-4]。我们在对下颈椎经关节螺钉解剖学和临床研究的基础上^[5-7],进一步探讨经关节螺钉 Vertex 钉棒系统固定的生物力学稳定性,并与侧块螺钉固定进行比较。

1 材料与方法

1.1 标本准备

新鲜人体颈椎 C2~T1 节段标本 12 具,均来自于意外颅脑损伤死亡的成人尸体,年龄 27~53 岁。生前无颈椎疾患,X 线正侧位摄片显示无异常。截取标本时注意保留骨结构连结韧带及关节囊的完整,保留部分椎旁肌原位附丽完整,防止过度屈伸及扭转。双层塑料袋封装,置于-20℃冰箱内保存。测试前取出,室温下(20℃~25℃)解冻 8~12h。

1.2 内固定器械

颈椎经关节螺钉和侧块螺钉内固定系统均采用颈椎后路 Vertex 钉棒系统(图 1),螺钉直径均为 3.5mm。

1.3 模型制作和生物力学测试

将解冻的标本仔细剔除颈部附丽肌肉,保留并避免损伤颈椎主要韧带及后关节囊等结构的完整性,此为生理状态的颈部标本,即为完整标本组(intact cervical spine, Intact 组)。

切断 C4/5、C5/6 之间的棘上、棘间韧带、双侧关节囊、黄韧带、后纵韧带,切除椎间盘中后部,仅保留前纵韧带的完整,制成颈椎两个水平三柱不稳定损伤模型。随机选取 6 具标本在 C4/5、C5/6 行经关节螺钉技术固定,先置入螺钉但不用棒连接,此为单独经关节螺钉内固定组(transarticular screw fixation, TAS 组),然后在单独螺钉固定组实验完成后安装好钛棒,形成完整的 Vertex 钉棒系统固定,此为经关节钉棒系统固定组(transar-

ticular polyaxial screw/rod systems fixation, TRS 组);6 具标本在 C4、C5、C6 行侧块螺钉钉棒系统固定(lateral mass polyaxial screw/rod systems fixation, LRS 组)。

经关节螺钉置钉技术以上位节段侧块中心点内侧 1mm 为进钉点,进钉角度为在矢状面上尾倾 35°~40°,在冠状面上外倾 15°~20°,螺钉向前下方固定关节突关节复合体,钉尖 1~2 个螺纹穿下位椎骨上关节突腹侧皮质,形成四层皮质固定;侧块螺钉置钉技术按 Magerl 法^[9]进行,形成双皮质固定(图 2)。

在脊柱三维运动试验机上依次进行完整颈椎标本组和对不稳模型行三种不同内固定组共四种状态的前屈、后伸、左右侧弯、左右旋转,测定颈椎 C4/5、C5/6 运动范围(range of motion, ROM)。用线锯水平截除 C2 齿状突,用聚甲基丙烯酸甲脂(医用牙托粉)将 C2 上部和 T1 下部包埋,放于试验台上。在颈椎上制作标记点,仿 Panjabi 方法^[8]在试验机上进行测试。测试件下端固定,在 C2 上端施加载荷,包括前屈、后伸、左侧弯、右侧弯、左旋、右旋六种力偶。施加力偶后,在整个颈椎产生均匀载荷,且无偏心加载的情况。通过滑轮系统、砝码加载,分别将力偶施加于颈椎上。对颈椎施加的力偶矩为 2N·m (该载荷为颈椎扭转破坏力矩的 20%,足以产生颈椎的生理运动范围,又不至于对颈椎产生任何损伤,即到达非限制性和非破坏性的实验条件)。施加载荷以循环加载、卸载,以便将颈椎的粘弹性时间效应影响降低到最低程度,即消除颈椎的松弛、蠕变影响。计算中性区(neutral zone, NZ)、弹性区(elastic zone, EZ)和运动范围(range of motion, ROM)。实验过程中用生理盐水保持标本的湿度。

1.4 统计学分析

测量数据用 SPSS 11.0 软件包进行分析。计算测量值的均数和标准差。统计学分析采用协方差分析完整标本和不同内固定标本 ROM 的差异, $P < 0.05$ 为差异具有显著性。

2 结果

各种状态下颈椎标本的前屈、后伸、侧弯和旋转运动的测试结果见表 1。经关节固定的两组(包括单独螺钉固定的 TAS 组和钉棒系统固定的 TRS 组)在各方向的 ROM 和 NZ 数值均显著小于

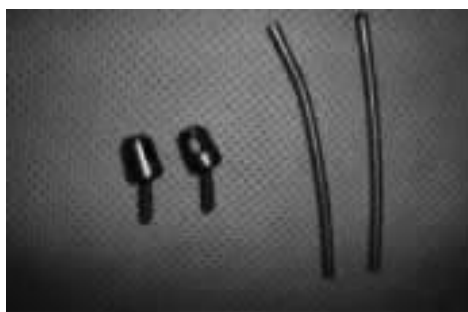


图 1 颈椎后路 Vertex 钉棒内固定系统

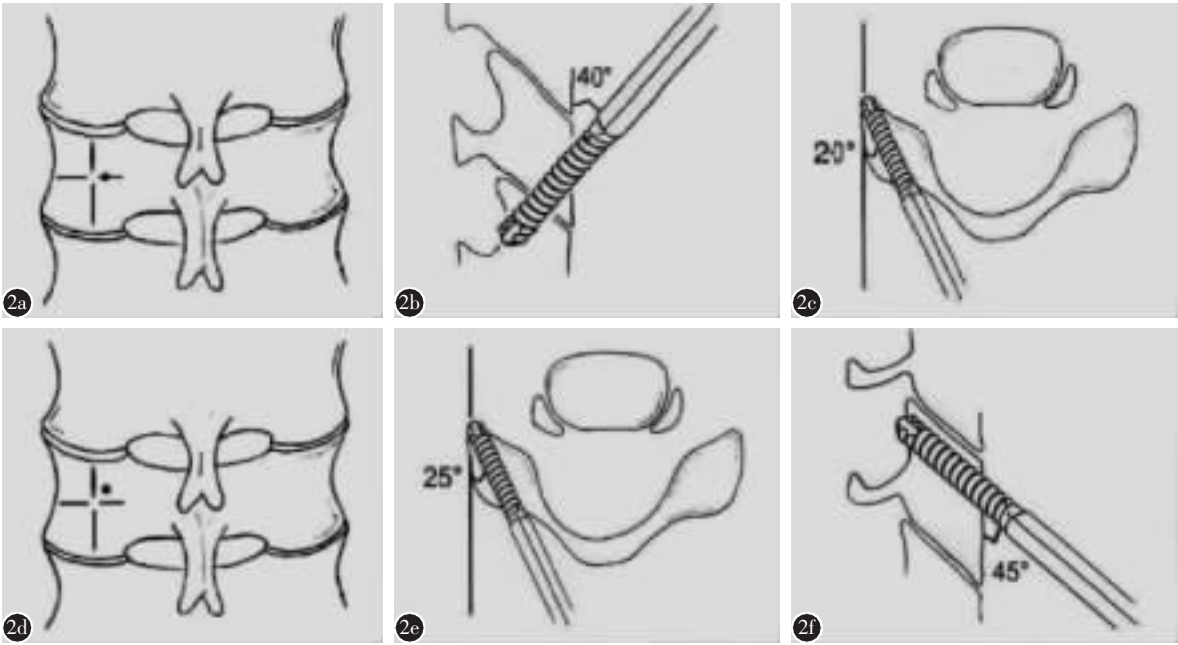


图 2 经关节螺钉固定以侧块中心点内侧 1mm 为进钉点(a),进钉角度为尾倾 35°~40°(b),外倾 15°~20°(c);Magerl 技术侧块螺钉固定以侧块中心点稍偏内侧、头侧为进钉点(d),头倾角度与关节突关节平行,外倾 25°(e、f)

表 1 完整标本组(Intact 组)与各内固定组在 2N·m 载荷下的运动范围和中性区 (°, $\bar{x} \pm s$)

	前屈		后伸		侧弯		轴向旋转	
	ROM	NZ	ROM	NZ	ROM	NZ	ROM	NZ
Intact 组	13.42±0.75	10.34±0.44	9.76±0.26	7.10±0.22	13.22±0.66	9.80±0.52	9.02±0.56	7.67±0.42
TAS 组	3.46±0.21 ^{①②}	2.68±0.23 ^{①②}	4.32±0.14 ^{①②}	3.62±0.15 ^{①②}	6.27±0.32 ^{①②}	4.86±0.29 ^{①②}	6.86±0.42 ^{①②}	5.52±0.38 ^{①②}
TRS 组	2.98±0.21 ^{①②}	2.30±0.16 ^{①②}	2.44±0.18 ^{①②③}	1.98±0.14 ^{①②③}	4.12±0.29 ^{①②③}	3.25±0.23 ^{①②③}	4.66±0.32 ^{①②③}	3.83±0.28 ^{①②③}
LRS 组	10.22±0.92 ^①	7.88±0.63 ^①	5.66±0.38 ^①	4.55±0.31 ^①	9.70±0.74 ^①	7.76±0.52 ^①	7.90±0.64	6.54±0.43

注:①与Intact组比较 $P<0.05$;②与LRS组比较 $P<0.05$;③与TAS组比较 $P<0.05$

完整标本 Intact 组,差异有统计学意义($P<0.05$); LRS 组在前屈、后伸、侧弯运动中的 ROM 和 NZ 与 Intact 组比较显著降低,差异有统计学意义($P<0.05$);LRS 组在旋转运动中的 ROM 和 NZ 与 Intact 组比较有不同程度的降低,但差异无统计学意义($P>0.05$)。TAS 组和 TRS 组在各方向的 ROM 和 NZ 的数值均显著小于 LRS 组($P<0.05$)。TRS 组在前屈运动中的 ROM 和 NZ 与 TAS 组比较有所降低,但差异无统计学意义($P>0.05$);在后伸、侧弯和旋转运动中,TRS 组的 ROM 和 NZ 与 TAS 组比较均显著减小,差异有统计学意义($P<0.05$),其中差异最大表现在轴向旋转运动中。

3 讨论

创伤、肿瘤及医源性骨性结构破坏等因素均可引起颈椎不稳,往往需要行颈椎后路的固定和

融合。颈椎侧块螺钉固定是一种被广泛认可的颈椎后路内固定方法,但其血管神经损伤的并发症 [9,10] 以及由于生物力学上的相对不足导致术后螺钉松动、脱出已见报道 [11]。颈椎侧块螺钉在一定程度上依赖于辨认解剖学上参考点和形态学上的一致性,然而患者个体的局部解剖上可能存在变异。先天畸形、肿瘤、创伤及以前的手术均可能改变局部解剖学的特征,从而会不同程度地限制颈椎侧块螺钉技术的应用。经关节螺钉在治疗腰椎退行性疾病中已是一种被接受的内固定方法,不仅有很高的融合率,而且在生物力学上与传统椎弓根螺钉具有同等的稳定性,可经受长达 1.8×10^5 次的加载循环 [12]。但目前尚缺乏对下颈椎经关节螺钉钉棒系统固定的生物力学稳定性了解。

3.1 经关节螺钉固定与侧块螺钉固定的生物力学比较

侧块螺钉技术包括 Magerl、Roy-camille 及 An 等技术,是目前颈椎后路手术主要的内固定方法。由于钉道向头侧倾斜与小关节面平行,相对较长,Magerl 技术双皮质固定被认为较其他技术的生物力学强度要强^[12]。本研究发现单独经关节固定和经关节钉棒系统固定均较 Magerl 侧块螺钉钉棒系统固定有更大的稳定性,其中经关节钉棒系统固定稳定性最好。与侧块螺钉钉道明显不同,经关节螺钉固定的是颈椎关节突关节复合体,螺钉握持上位椎骨的下关节突尾侧的皮质骨,上、下关节突的软骨下骨,下位椎骨的上关节突腹侧皮质骨,可以达到四层皮质固定的稳定性。以前的生物力学研究也发现四层皮质固定经关节螺钉要优于双皮质固定的侧块螺钉。Klekamp 等^[2]比较了颈椎侧块螺钉和经关节螺钉两种固定方法的生物力学拔出强度,结果显示经关节螺钉比侧块螺钉具有更大的拔出强度。

3.2 TAS 与经 TRS 的生物力学比较

经关节固定既可单独螺钉固定,也可以以钉棒形式或钉板形式固定。Takayasu 等^[3]成功在 19 例患者中以经关节螺钉作为锚钉(anchor screw)结合颈椎后路固定系统使用,1 例以钉板形式,18 例以钉棒形式;在另 6 例患者中,则单独使用经关节螺钉固定,他推荐钉棒系统固定,因为像 Vertex 钉棒系统的万向螺钉可以更好地满足不同患者需要。

本研究在分别测试经关节螺钉在安装 Vertex 连接棒的前后固定稳定性,以了解经关节单独螺钉固定与钉棒系统固定的区别,发现 TRS 组较 TAS 组能明显增强颈椎失稳节段的稳定性。其中在后伸、侧弯和旋转三个方向运动中,TRS 的 ROM 和 NZ 与 TAS 组比较均显著减小,其中在轴向旋转运动中差异最为明显,在前屈运动中,两组差异并不显著。这可能是由于棒连接上下节段的螺钉,使之成为一个整体,可以更好地控制颈椎旋转活动。

可见,虽然 TAS 在颈椎三柱损伤中可以提供比侧块螺钉更强的稳定性,但较 TRS 则相对不足。因此,如果在下颈椎选择经关节固定,建议以钉棒系统固定,既可以满足对置钉角度的需要,又可以获得足够的固定稳定性。

然而,本研究象为体外标本试验,采用的颈椎标本均去除了肌肉组织,不能很好地显示出肌肉

组织和头颅重量可能带来的影响。也没有应用融合技术,而植骨融合会显著增加脊柱的稳定性。此外,本研究是通过一个特定的颈椎两个水平三柱不稳定损伤模型完成的,并没有涵盖到其他下颈椎的损伤模型。

4 参考文献

1. Wright NM, Lauryssen C. Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves[J]. J Neurosurg, 1998, 88: 634-640.
2. Klekamp JW, Ugbo JL, Heller JG, et al. Cervical transfacet versus lateral mass screws: a biomechanical comparison[J]. J Spinal Disord, 2000, 13(6): 515-518.
3. Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, et al. Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine: technical note[J]. J Neurosurg Spine, 2003, 99(Suppl 1): 132-136.
4. DalCanto RA, Lieberman I, Inceoglu S, et al. Biomechanical comparison of transarticular facet screws to lateral mass plates in two-level instrumentations of the cervical spine[J]. Spine, 2005, 30(8): 897-902.
5. Liu GY, Xu RM, Ma WH, et al. A anatomic comparison of cervical transarticular screws and lateral mass screws [J]. Chin J Traumatology, 2007, 10(2): 67-71.
6. 马维虎, 刘观葵, 徐荣明, 等. 颈椎后路经关节螺钉钢板内固定术在下颈椎骨折脱位中应用 [J]. 中华创伤杂志, 2007, 23(1): 29-33.
7. 刘观葵, 徐荣明, 马维虎, 等. 下颈椎关节突关节的解剖学测量与经关节螺钉固定的关系[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(2): 140-144.
8. Panjabi M, Dvorak J, Durancieu J, et al. Three-dimensional movements of the upper cervical spine [J]. Spine, 1988, 13(7): 726-730.
9. Jonsson H, Rauschnig W. Anatomical and morphometric studies in posterior cervical spinal screw-plate systems[J]. J Spinal Disord, 1994, 7(5): 429-438.
10. Graham AW, Swank ML, Kinard RE, et al. Posterior cervical arthrodesis and stabilization with a lateral mass plate [J]. Spine, 1996, 21(7): 323-328.
11. Heller JG, Silcox DH, Sutterlin CE. Complications of posterior cervical plating[J]. Spine, 1995, 20(9): 2442-2448.
12. Ferrara LA, Secor JL, Jin BH, et al. A biomechanical comparison of facet screw fixation and pedicle screw fixation: effects of short-term and long-term repetitive cycling[J]. Spine, 2003, 28(12): 1226-1234.

(收稿日期: 2007-04-12 修回日期: 2007-08-06)

(英文编审 蒋欣)

(本文编辑 卢庆霞)