

基础研究

椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨对其固定强度的影响

唐杞衡, 陈建海, 姜保国, 张殿英, 傅中国

(北京大学人民医院创伤骨科 100044 北京市)

【摘要】目的:了解椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨对椎弓根螺钉固定强度的影响。**方法:**将成年羊腰椎椎弓根 48 个依据椎弓根皮质骨内径和椎弓根螺钉直径(6.25mm)的相对关系分为三组:A 组,螺钉直径小于椎弓根皮质骨内径;B 组,螺钉直径超出椎弓根皮质骨内径 0.01~0.50mm;C 组,螺钉直径超出椎弓根皮质骨内径 0.51~1.00mm。每组再根据进钉深度与椎弓根长度(平均约 8mm)的相对关系分为 I (进钉深度为 16mm)、II (进钉深度为 8mm)两组。将椎弓根螺钉置入椎弓根中,观察钉道结构、膨胀情况,测量椎弓根螺钉最大轴向拔出力。**结果:**椎弓根螺钉置入后,椎弓根发生不同程度膨胀;椎弓根螺纹能够切入皮质骨中;C I 组最大轴向拔出力比 A I 组和 B I 组大($P<0.05$),C II 组最大轴向拔出力比 A II 组和 B II 组大($P<0.05$),B II 组比 A II 组大($P<0.05$)。**结论:**椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨能够增加椎弓根螺钉的固定强度;且椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨量越大,固定强度越大。

【关键词】椎弓根螺钉;内固定;生物力学

中图分类号:R318.01,R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2005)-07-0429-04

Effect of holding of the pedicle cortical bone on the fixation strength of the pedicle screw/TANG Qi-heng, CHEN Jianhai, JIANG Baoguo, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2005, 15(7):429-432

【Abstract】Objective:To explore the effect of holding of the pedicle cortical bone on the fixation strength of the pedicle screw.**Method:**48 pedicles of lumbar vertebrae of adult sheep were divided into 3 major groups as group A(the diameter of the screw was less than the inner diameter of the pedicle cortical bone),group B (the diameter of the screw was larger than the inner diameter by 0.01~0.50mm) and group C(the diameter of the screw was larger than the inner diameter by 0.51~1.00mm).Every major group was divided into 2 subgroups respectively: I (the depth of the screw placement was 16mm) and II (the depth of the screw placement was 8mm).Then the screw was implanted into the pedicle,the screw canal and pedicle expansion were observed,the maximum axial pullout force was measured.**Result:**After screw implantation,the pedicle was expanded which permit the thread of large screw cutting into the cortex.The pullout force of the C I is larger than A I and B I ($P<0.05$),the pullout force of the C II is larger than A II and B II ($P<0.05$),and the pullout force of the B II is larger than A II ($P<0.05$).**Conclusion:**Holding of the pedicle cortical bone can improve the fixation strength of the screw.The more cortical bone the screw holds,the higher strength the screw offer.

【Key words】Pedicle screw;Internal fixation;Biomechanics

【Author's address】Department of Trauma and Orthopaedics, People's Hospital, Peking University, Beijing, 100044, China

自从椎弓根螺钉内固定系统在临床应用以来,由于其结构简单、操作方便、固定节段短和三维稳定固定等优点,在脊柱外科的应用越来越广泛^[1]。如何安全、有效地应用椎弓根螺钉成为学者们研究的热点。从安全性考虑,目前选用椎弓根螺钉的直径均小于椎弓根皮质骨内径,有关椎弓根

和椎弓根螺钉相互关系的研究多集中在椎弓根松质骨范围内。本研究试图探讨椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨对椎弓根螺钉固定强度的影响和影响程度,为指导临床选择椎弓根螺钉提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 标本 采集新鲜成年(1岁左右)山羊的脊柱标本。通过 X 线检查剔除椎骨骨质破坏标

第一作者简介:男(1978-),医学博士,研究方向:骨科创伤、脊柱脊髓及周围神经损伤
电话:(010)68313190 E-mail:tangbaosun@sina.com

本, 截取 10 具脊柱的 L1~L5 节段并解离成单个椎体, 共计 50 个腰椎骨, 100 个椎弓根。清除椎骨上各种软组织, 双层塑料袋密封包装, -20℃保存。实验前 24h 室温下自然解冻。

1.1.2 椎弓根螺钉 采用国产不锈钢 CD 椎弓根螺钉, 螺钉外径 6.25mm, 内径 4.0mm, 螺距 2.5mm, 螺纹长度 40mm。

1.1.3 材料实验机 采用日本 SHIMADZU 公司的 AG-IS 型材料实验机。

1.2 实验方法

1.2.1 椎弓根径线的影像学和解剖学测量 将所有椎骨均行沿椎体纵轴(Y轴)投射的 X 线摄片, 在 X 线平片上测量椎弓根最窄处的皮质骨外径、内径(均为横径)、椎弓根长度、椎弓根轴线前后皮质骨间长度(图 1)。随机选择一具脊柱的 L1~L5 共 5 个椎骨(10 个椎弓根), 在椎弓根上下径中点处水平面锯开, 在标本上测量椎弓根最窄处的皮质骨外径、内径。



图 1 椎弓根径线测量示意图

1.2.2 实验分组 先依据椎弓根皮质骨内径和椎弓根螺钉直径(6.25mm)的相对关系分为三组: A 组, 无皮质骨把持组, 螺钉直径小于椎弓根皮质骨内径; B 组, 少量皮质骨把持组, 螺钉直径超出椎弓根皮质骨内径 0.01~0.50mm; C 组, 多量皮质骨把持组, 螺钉直径超出椎弓根皮质骨内径 0.51~1.00mm; 每组再根据进钉深度与椎弓根长度(平均约 8mm)的相对关系分为 I (进钉深度为 16mm)、II (进钉深度为 8mm)两组。由于椎弓根呈腰鼓形, 中央缩窄, 椎弓根的皮质骨主要集中在中段, 故椎弓根长度差异对椎弓根螺钉把持皮质骨量的影响可以不计。从完整的 45 个椎骨 90 个椎弓根中, 按照椎弓根皮质骨内径值大小挑选出符合分组设计的 48 个椎弓根, 分入 A I、B I、C I、A II、B II、C II 六组, 每组 8 个(表 1)。

表 1 椎弓根分组

分组	n	皮质骨内径 (mm)	螺钉直径 (mm)	把持皮质骨厚度 (mm)	进钉深度 (mm)
A I 组	8	6.25~6.75	6.25	0	16
B I 组	8	5.75~6.24	6.25	0.01~0.50	16
C I 组	8	5.25~5.74	6.25	0.51~1.00	16
A II 组	8	6.25~6.74	6.25	0	8
B II 组	8	5.75~6.24	6.25	0.01~0.50	8
C II 组	8	5.25~5.74	6.25	0.51~1.00	8

1.2.3 椎弓根螺钉置入 直视下, 沿椎弓根中心轴线方向, 先用直径 4.0mm 钻头钻孔, 然后手动拧入椎弓根螺钉。A I、B I、C I 组螺钉置入深度为 16mm, A II、B II、C II 组螺钉置入深度为 8mm。

1.2.4 椎弓根螺钉轴向拔出测试 分别将螺钉尾部和用骨水泥包埋后的椎骨连接至材料实验机的夹具上, 使拉伸方向与椎弓根螺钉轴向一致。以 5mm/min 的速率拔出螺钉。载荷-位移曲线见图 2。

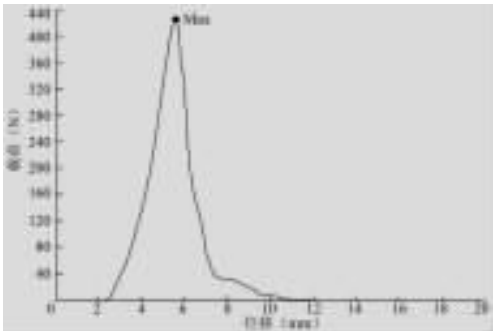


图 2 载荷-位移曲线

1.2.5 椎弓根螺钉置入后解剖学观察 检查椎弓根螺钉置入后椎弓根壁有无破坏。另取 5 个椎骨 10 个椎弓根置入螺钉, 比较螺钉置入前、后椎弓根横径的变化。拧出螺钉后, 在椎弓根上下径中点处水平面锯开, 观察螺钉通道壁。

1.3 统计学分析方法

采用 SPSS 11.5 统计学软件进行统计学分析。用配对 t 检验比较两种测量方法有无统计学差异, 用单因素方差分析方法比较三组之间的统计学差异, 用 LSD 方法比较三组中两两之间的统计学差异。P<0.05 为具有统计学意义。

2 结果

2.1 影像学测量和解剖学测量比较

将随机选择的一具脊柱的 L1~L5 共 5 个椎

骨(10个椎弓根)的X线平片测量结果和标本剖面测量结果做配对 t 检验,结果显示两种测量方法的测量结果无统计学差异($P>0.05$)。

2.2 椎弓根螺钉轴向拔出实验结果

各组椎弓根螺钉最大轴向拔出力结果见表2。结果显示AⅠ、BⅠ、CⅠ三组之间和AⅡ、BⅡ、CⅡ三组之间的最大轴向拔出力比较有显著性差异($P<0.05$),CⅠ组最大轴向拔出力比AⅠ组和BⅠ组大($P<0.05$),CⅡ组最大轴向拔出力比AⅡ组和BⅡ组大($P<0.05$),BⅡ组比AⅡ组大($P<0.05$)。说明随着椎弓根螺钉把持皮质骨量的增加,其固定强度也增加。这一趋势在AⅡ、BⅡ、CⅡ三组中非常明显,BⅡ组较AⅡ组最大轴向拔出力增加34.5%,CⅡ组较BⅡ组增加32.3%。

2.3 椎弓根螺钉置入后解剖学观察

椎弓根螺钉置入后,检查椎弓根皮质骨均无破损;椎弓根横径较置入前有不同程度增加;当螺钉直径超出椎弓根皮质骨内径较多时,在钉道剖面上可以看出螺钉螺纹确实切入皮质骨中,而超出较少时,螺钉切入皮质骨的现象不明显。

表2 椎弓根螺钉最大轴向拔出力 ($\bar{x}\pm s$)

分组	n	最大轴向拔出力(N)
AⅠ组	8	1020.67 $\pm$ 46.91
BⅠ组	8	1070.30 $\pm$ 32.90 ^①
CⅠ组	8	1208.55 $\pm$ 52.22 ^{②③}
AⅡ组	8	336.75 $\pm$ 24.89
BⅡ组	8	452.77 $\pm$ 33.48 ^④
CⅡ组	8	599.17 $\pm$ 44.86 ^⑤

注:与AⅠ组比较^① $P>0.05$,^② $P<0.05$;^③与BⅠ组比较 $P<0.05$;
④与AⅡ组比较 $P<0.05$;⑤与BⅡ组比较 $P<0.05$

3 讨论

3.1 影响椎弓根螺钉固定强度的因素

理想的椎弓根螺钉置入应该是椎弓根螺钉沿椎弓根中轴线方向置入,经椎弓根达椎体,起到三柱固定作用。椎弓根螺钉固定强度的高低取决于螺钉-骨界面的生物力学性能;而螺钉-骨界面的生物力学性能又受许多因素的影响。主要的影响因素有:椎弓根螺钉直径、进钉深度、进钉方向、椎弓根螺钉形状、椎体骨密度等^[2]。椎弓根螺钉直径越大、进钉越深,椎弓根螺钉固定强度越大^[3,4];且椎弓根螺钉直径占椎弓根外径70%以上,置入深度超过螺钉通道的80%时这种趋势越明显^[5]。

3.2 螺钉把持椎弓根皮质骨的意义

椎弓根的横断面呈椭圆形,横径小于纵径。周围为皮质骨圈,中央为松质骨。当螺钉直径小于椎弓根皮质骨内径(横径)时,螺钉把持的是松质骨;当螺钉直径超过松质骨直径时,螺钉的螺纹会切入皮质骨,此时螺钉把持骨质中即包含有皮质骨成分。螺钉把持骨量和把持骨质的变化均会影响椎弓根螺钉的生物力学效能。研究椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨对椎弓根螺钉固定强度的影响以及影响程度与哪些因素有关,能够完善椎弓根螺钉内固定生物力学的基础研究,对指导临床选择合适的椎弓根螺钉也是有帮助的。当然,随着椎弓根螺钉直径的增大,椎弓根螺钉穿破皮质骨,损伤神经和血管的风险也增大^[6]。然而,椎弓根解剖学和影像学研究发现,椎弓根皮质骨具备相当的厚度。而且,随着术前椎弓根数据个体化测量的实施和术中导航技术、神经电生理监测技术的应用,椎弓根螺钉的置钉准确性和安全性也日益提高,增加螺钉直径和提高螺钉固定强度的同时确保手术安全性是可行的。

本实验结果显示,当进钉深度为椎弓根长度时,少量皮质骨把持组最大拔出力较无皮质骨把持组增加34.5%;多量皮质骨把持组较无皮质骨把持组增加77.9%,较少量皮质骨把持组增加32.3%。说明椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨能够增加椎弓根螺钉的固定强度;且椎弓根螺钉把持的椎弓根皮质骨量越多,固定强度增加程度越大。

我们同时发现,当进钉深度为椎弓根长度的2倍时,少量皮质骨把持组与无皮质骨把持组的最大拔出力无统计学差异,提示椎弓根螺钉把持椎弓根皮质骨对椎弓根螺钉固定强度的影响不仅取决于螺钉把持皮质骨的绝对含量,还取决于螺钉把持的皮质骨在整个把持骨质中的相对含量。当椎弓根螺钉置入椎弓根内时,椎弓根会发生膨胀现象。韦兴等^[7]研究证实椎弓根螺钉置入前后椎弓根横径有膨胀现象,而且此膨胀现象与椎体的骨密度和椎弓根螺钉直径/椎弓根横径比相关,即骨密度越高,直径比值越大时椎弓根的膨胀越明显。本实验中也观察到椎弓根膨胀现象。当椎弓根螺钉直径超过椎弓根皮质骨内径少许时,钉道剖面上没有明显的螺纹切入现象,提示此种情况下,由于椎弓根皮质骨圈的膨胀,使得椎弓根螺纹切入皮质骨的深度很有限,把持的皮质骨量也很少,

导致螺钉固定强度增加不明显。

Li等^[8]测量国人L1~L5椎弓根的内、外侧皮质骨厚度之和依次为2.35mm、2.55mm、2.7mm、3.2mm、3.9mm。结合本实验研究,我们认为临床上在确保置钉准确的前提下,可以选择椎弓根螺钉直径为椎弓根皮质骨内径值+1mm,;如果手术精确性难以保证,则建议选用直径接近椎弓根皮质骨内径的螺钉为宜。对骨质疏松的椎骨,由于椎弓根松质骨和皮质骨的质量均差,皮质骨也薄,故不建议通过增加螺钉直径来增加固定强度,应采用其它措施,如钉道内填充骨水泥、使用可膨胀钉等来增加固定强度^[9]。

4 参考文献

1. 姜保国,张殿英,傅中国.椎弓根内固定在腰椎管狭窄症减压手术中的应用[J].中国脊柱脊髓杂志,2003,13(6):344-346.
2. Zindrink MR, Wiltse LL,Widell EH,et al. A biomechanical study of intrapeduncular screw fixation in the lumbosacral spine[J].Clin Orthop,1986,(203):99-112.

3. Skinner R,Maybee J,Transfeldt Z.Experimental pullout testing and comparison of variables in transpedicular screw fixation[J].Spine,1990,15(3):195-201.
4. Dickman C, Fessler KG, MacMilan M, et al. Transpedicular screw-rod fixation of the lumbar spine:operative technique and outcome in 104 cases [J].J Neurosurg,1992,77 (6):860-870.
5. Brantley AG, Anna G, Jack K, et al. The effects of pedicle screw fit[J].Spine,1994,19(15):1752-1758.
6. 谭俊铭,冯水云,梁再跃,等.经椎弓根螺钉内固定的并发症分析[J].颈腰痛杂志,2001,22(2):103-106.
7. 韦兴,侯树勋,史亚民,等.螺钉植入后椎弓根横径膨胀的初步观察[J].中华骨科杂志,2001,22(10):627-629.
8. Li B,Jiang B,Fu Z,et al.Accurate determination of isthmus of lumbar pedicle;a morphometric study using reformatting computed tomographic images[J].Spine,2004,29(21):2438-2444.
9. Soshi S, Shiba R,Kondo H,et al. An experimental study on transpedicular screw fixation in relation to osteoporosis of the lumbar spine[J].Spine,1991,16(11):1335-1341.

(收稿日期:2005-01-24 修回日期:2005-04-12)
(英文编审 蒋欣)
(本文编辑 卢庆霞)

(上接第420页)

定。同时取自体髂骨行关节突、椎板、棘突间植骨融合,对椎板减压者椎板间“H”形植骨,术后颈托保护6~8周。

结果 本组12例手术过程顺利,未出现并发症,1例合并椎间盘突出者在后路手术同时行前路椎间盘摘除+Syncage置入。所有病例术后头枕颈部疼痛及放射痛基本消失,拍片复查,骨折脱位复位满意(图1、2)。CT检查有2枚螺钉穿破椎弓根的外壁,部份经横突孔后进入椎体,但未出现临床症状。经4~22个月(平均13个月)随访,术后脊髓功能平均提高1.3级(表1)。经随访复查颈椎骨折位置良好,未出现螺钉松动与断钉现象。

讨论 对于颈椎骨折脱位合并神经损害目前多数学者主张手术复位、减压和内固定,良好的内固定可以有效地增加颈椎的稳定性,增加植骨融合率,对改善预后具有积极作用。伴有小关节绞锁者,前路复位困难,需从后路复位。从生物力学角度来看,累及颈椎前中后柱的骨折脱位并广泛韧带结构断裂,单纯前路减压复位固定或后路复位固定均无法同时重建后柱及前柱的稳定性。但生物力学研究表明,颈椎经椎弓根内固定的稳定性明显优于前路带锁钢板、后路棘突钢丝和关节突钢板螺钉等方法,甚至超过



图1 术前侧位X线片示C6骨折脱位,关节交锁 图2 术后侧位X线片示脱位已复位,椎弓根钉固定稳定

前、后路联合固定的稳定性。因此对严重失稳的颈椎骨折脱位及合并椎体、椎板、关节突骨折者,采用颈椎椎弓根内固定可以提供坚强的固定作用。若合并椎管前方骨折块者,则需行前后路联合复位、减压植骨固定术。

颈椎后路椎弓根钉固定手术的关键在于精确定位进钉点和进钉方向。为了确保安全,术中要充分显露,除清楚显露两侧关节突外,切口要充分撑开,提供大于40°的外展倾斜空间,保证在打孔、攻丝、拧入螺钉等操作不受限制。本组2例螺钉穿破外壁就是由于拧入螺钉时外展角度不够所致。

参考文献

1. Ebraheim NA,Pollins JR,Xu RM,et al.Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement[J].Spine,1996,21(6):691-695.
2. Ebraheim NA,Xu RM,Knight T,et al.Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection[J].Spine,1997,22 (1):1-6.

(收稿日期:2004-12-14 修回日期:2005-03-10)
(本文编辑 彭向峰)

表1 12例患者手术前后ASIA分级情况

术前 ASIA 分级	n	术后 ASIA 分级				
		A	B	C	D	E
A	3		3			
B	2			1	1	
C	4				1	3
D	3					3