

基础研究

颈椎人工椎间盘置换或前路融合内固定
术后关节突间压力的改变徐 波¹, 张忠民¹, 赵卫东², 朱青安³, 周荣平¹, 金大地¹

(1 南方医科大学第三附属医院骨科 510630 广州市; 2 南方医科大学医用生物力学实验室 510515 广州市;

3 南方医科大学南方医院骨科 510515 广州市)

【摘要】目的:通过测量颈椎前路融合内固定或人工椎间盘置换术后关节突间压力的变化,探讨两种手术对颈椎手术节段后部结构的力学影响。**方法:**6 具成年男性新鲜尸体颈椎标本(C2~C7)作为测试对象,分为完整颈椎组、人工椎间盘置换组及前路融合内固定组。在完整颈椎测试后,所有标本先后行 C4/5 节段 Prestige-LP 人工椎间盘置换和前路 C4/5 节段植骨融合固定术后进行测试。将预制的压敏片置于 C4/5 左侧关节突关节内,标本先给予 75N 跟随载荷,再持续加载纯力偶进行三维运动测试。屈伸和侧屈最大运动载荷为 2.0N·m,旋转最大运动载荷为 4.0N·m,测量加载后的运动范围和零运动载荷、最大运动载荷时的关节突间压力。**结果:**与零运动载荷时相比,在运动加载后完整颈椎组和颈椎人工椎间盘置换组在后伸、左侧屈和右旋时均表现出左侧关节突间压力明显增大($P<0.05$);但前屈、右侧屈和左旋时左侧关节突间压力变化没有差异;颈椎前路融合内固定组各运动加载后关节突间压力与零运动载荷下压力均无显著性差异($P>0.05$)。在三个测试组间比较,完整颈椎组和人工椎间盘置换组在各运动载荷下的关节突间压力最为接近;颈椎前路融合内固定组虽然在后伸、左侧屈和右旋时关节突间压力都有减小,但与其他两组比较无显著性差异($P>0.05$)。**结论:**颈椎人工椎间盘成形术后关节突间压力与正常颈椎相比没有明显改变,可以有效地维持关节突间正常生理压力。

【关键词】颈椎;人工椎间盘;内固定;压敏片;生物力学

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2010.05.13

中图分类号: R681.5, R318.01 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2010)-05-0406-05

Pressure variation of facet joint following cervical total disc replacement anterior cervical discectomy and fixation/XU Bo, ZHANG Zhongmin, ZHAO Weidong, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2010, 20(5): 406~410

【Abstract】 Objective: To measure the pressure variation of facet joint after cervical total disc replacement (TDR) anterior cervical discectomy and fixation (ACDF), and explore mechanical effect for cervical facet joint following two operations. **Method:** A total of 6 adult human fresh cervical spinal specimens (C2~C7) were divided into intact cervical specimens group, TDR group and ACDF group. Following intact specimens analysis, all specimens were sequentially reconstructed at C4~C5 segment with TDR and ACDF. Pressure sensitive film was put into left-side facet joints of C4~C5 segment. Firstly a 75N follower load was applied, then a three-dimensional movement was performed with the continuous load. Pressures of facet joint were measured in 0N·m and 2.0N·m (flexion/extension, left/right lateral bending), 4.0N·m moment (left/right axial rotation). **Result:** To compare with the pressure of left-side facet joint in neutral position, pressure of facet joint of intact specimens and TDR increased significantly in extension, left lateral bending and right axial rotation ($P<0.05$), but not obviously changed in flexion, right lateral bending and left axial rotation. In contrast with intact specimens and TDR, the pressure of facet joint of ACDF were not significant between in neutral position and any motions ($P>0.05$). In the comparison among three tested groups, the pressure variation of facet joint was similar between intact specimens and TDR. The pressures of facet joint of ACDF were obviously decreased in extension, left lateral bending and right axial rotation, but there were not significance among three groups ($P>0.05$).

第一作者简介: 男(1966-), 副主任医师, 副教授, 医学博士, 研究方向: 脊柱外科

电话: (020)62787195 E-mail: xbyyl@fimmu.com

通讯作者: 金大地 E-mail: nyorthop@163.com

Conclusion: Pressure variation of facet joint is not significant between TDR and intact specimens. It indicates that cervical total disc replacement can effectively restore normal physiological pressure of cervical facet joint.

【Key words】 Cervical spine; Cervical total disc replacement; Fixation; Pressure sensitive film; Biomechanics

【Author's address】 Department of Orthopedics, The Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou, 510630, China

颈椎关节突关节在颈椎的运动调控中具有重要作用^[1-3], 如果改变颈椎关节突的压力负荷, 即可能造成关节突退变和与其相应的临床症状。颈椎前路椎间盘切除融合术被广泛用于治疗颈椎间盘疾病, 该手术在解除症状和改善神经功能方面卓有成效。同样颈椎人工椎间盘是脊柱成形术中公认较为成功的人工假体, 但二种治疗对颈椎关节突间的力学影响仍不十分明确。本实验通过测量关节突间压力的改变, 探讨两种术式对颈椎关节突生理功能的影响。

1 材料和方法

1.1 实验材料和仪器设备

1.1.1 实验材料 新鲜尸体颈椎脊柱标本 (C2~C7) 6 具, 均为男性, 年龄 26~37 岁, 平均 30.5 岁。经过肉眼观察及 X 线摄片和 CT 检查, 排除颈椎外伤、畸形、肿瘤、结核及代谢性疾病。Prestige-LP 颈椎人工椎间盘 (美国 Sofarmor-Medtronic 公司) 和颈椎前路蝶形钛板 (佛山施泰宝外科植入物有限公司)。

1.1.2 仪器设备 脊柱三维运动实验机, 由 MTS 控制加载力偶大小, 可连续加载。三维运动实验机加载台带有轴向预加载控制系统。三维运动测量采用步态分析仪 (CORTEX Version 1.1) 可对标本运动进行实时运动测量。压敏片压力测试系统: 实验所用的压敏片为富士公司生产的双页型 Prescale 压力胶片 (LLLW 型)。

1.2 标本制备

标本用多层保鲜膜包裹后置于 -20℃ 冰柜中冷冻保存, 试验前将标本置于室温下自然解冻 10~12h, 完全解冻后剔除椎体周围肌肉组织、筋膜和脂肪等组织, 保留附件各韧带、小关节囊及椎间组织。用自凝牙托粉 (丙烯酸树脂) 将 C2 和 C7 分别包埋到包埋盒中, 注意保持上下包埋盒平行以便颈椎处于脊柱中立位方向。控制预加载方向的带圆环螺钉被固定于颈椎椎体两侧的前 2/3 与后 1/3 交界处^[4]。

1.3 实验分组和测试

1.3.1 实验分组 实验设计为自身对照实验, 分为完整标本组: 6 例新鲜尸体颈椎脊柱标本; C4/5 人工椎间盘置换组: 按 Prestige-LP 颈椎人工椎间盘标准操作步骤, 在 6 例标本 C4/5 节段完成人工椎间盘置换; C4/5 前路融合内固定组: 去除颈人工椎间盘, 前路椎间植入尸体髂骨块, 椎前蝶形钢板内固定, 植骨块高度为完整椎间隙高度 + 3mm^[4]。完整椎间隙高度根据术前 DR-X 线侧位测量结果计算: (前间隙高度 + 后间隙高度) ÷ 2。所有手术均由同一组术者完成。

1.3.2 测试步骤 将压敏片修剪成与颈椎关节突相吻合的外形后, 用保鲜膜进行封装。实验中当标本固定于加载台后, 使颈椎标本稍加前屈位, 将封装好的压敏片用镊子放入 C4/5 左侧关节突间隙内, 缝合关节囊。按完整标本组、人工椎间盘置换组、植骨融合内固定组顺序测试。标本固定于脊柱三维运动试验机上, 在标本顶包埋盒固定跟随载荷牵引线, 通过椎体两侧圆环和固定于加载台两侧滑轮给予 75N 跟随载荷。在脊柱三维实验机上以 MTS 加载运动纯力偶, 加载速度 2°/s。前屈/后伸、左/右侧屈运动均施加 2.0N·m 纯力偶, 左/右轴向旋转运动施加 4.0N·m 纯力偶^[5]。每个测试椎体上均固定有 4 个接收红外线圆形标记物, 通过标本前后放置的 6 台红外线摄像机 (Hawk digital camera) 进行运动测量。先重复加载、卸载循环消除标本蠕变运动影响后, 第二次测量零力偶加载和最大力偶加载时关节突间压力和屈伸、侧屈、旋转运动 (图 1)。取出的压敏片分别进行图像扫描 (图 2), 采用专用分析软件进行处理, 计算出压力值大小^[6]。

1.4 统计学分析

结果均采用 SPSS 13.0 软件包进行统计处理分析; 三组间运动范围、关节突间压力值和同组中各运动加载下关节突间压力比较均采用单因素方差分析 (LSD 法)。设 $P < 0.05$ 为差异具有显著性。

2 结果

C4/5 节段的左侧关节突间压力值变化情况见表 1。从表 1 中可看出,中立位(零运动载荷)时人工椎间盘置换和前路融合内固定后的关节突间压力有轻度减小,但与完整颈椎节段关节突间压力无显著性差异($P>0.05$)。在运动加载后,完整颈椎和颈椎人工椎间盘置换后均表现为在后伸、左侧屈和右旋加载时左侧关节突间压力较中立位(零运动载荷)明显增大($P<0.05$);但前屈、右侧屈和左旋加载时左侧关节突间压力相比中立位无明显改变。二者在各运动加载时关节突间压力变化一致,二者间无显著性差异($P>0.05$)。

C4/5 前路融合内固定后,在后伸、左侧屈和右旋时左侧关节突间压力较另二组都有明显减

小,但三组间并无显著性差异($P>0.05$)。与完整颈椎和人工椎间盘置换不同的是,C4/5 前路融合内固定后各运动加载时关节突间压力与中立位相比也无显著性差异($P>0.05$)。

C4/5 节段的三维运动测量显示,完整颈椎、人工椎间盘置换和前路融合内固定后的屈伸运动范围分别为 12.05° 、 7.32° 、 2.58° ,侧屈运动范围分别为 9.09° 、 6.92° 、 2.84° ,旋转运动范围为 10.23° 、 10.12° 、 3.33° 。颈椎人工椎间盘置换后虽然保留了部分节段间的运动功能,但屈伸和侧屈合并统计的运动范围较正常颈椎显著减小($P<0.05$)。前路融合内固定后运动功能基本丧失,其中屈伸运动方向最为明显,各加载的运动范围均较人工椎间盘置换手术和完整颈椎显著减小($P<0.05$)。

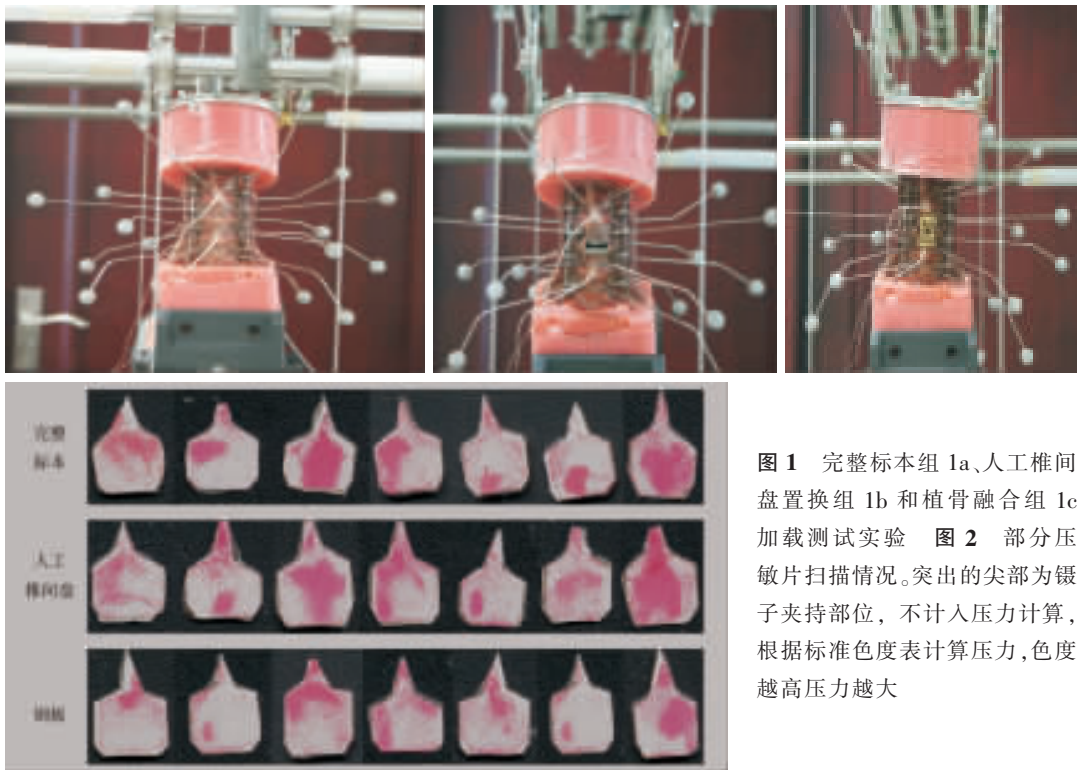


图 1 完整标本组 1a、人工椎间盘置换组 1b 和植骨融合组 1c 加载测试实验 图 2 部分压敏片扫描情况。突出的尖部为镊子夹持部位,不计入压力计算,根据标准色度表计算压力,色度越高压力越大

表 1 C4/5 在不同运动状态下左侧关节突间压力 (单位:N, $n=6, \bar{x} \pm s$)

组别	中立位	前屈	后伸	左侧屈	右侧屈	左旋	右旋
完整颈椎组	15.03±5.34	17.44±6.41	22.91±3.02 ^①	21.53±4.91 ^①	14.72±3.73	13.88±3.96	23.68±4.13 ^①
人工椎间盘置换组	13.34±3.42	15.54±5.16	22.38±7.60 ^①	23.09±5.79 ^①	17.26±3.85	13.43±3.07	21.89±2.29 ^①
前路融合内固定组	13.07±3.89	15.68±2.94	15.96±3.99	15.16±7.84	14.70±3.88	12.96±5.44	19.34±4.00

注:①与同组中立位时比较 $P<0.05$

3 讨论

颈部疼痛是一种常见的临床症状,颈椎退行性变波及颈椎关节突关节的一部分或全部,会导致慢性关节突关节损伤,继而引起慢性颈痛、颈源

性头痛及继发神经根型颈椎病^[7-9]。

颈椎关节突退变情况主要取决于颈椎关节突能否保持正常的负荷,颈椎节段间运动幅度、纵向载荷大小和椎间瞬时运动支点的偏移是影响关节

突间压力的主要因素。颈椎的运动是由前方的椎体、椎间盘和后方两个关节突关节共同完成。生理状态下颈椎椎间盘通过纤维环紧密连接椎体、保持颈椎的稳定,并缓冲外力、将椎间压力均匀传递至下方椎体,下颈椎关节突关节通过运动导向控制、对抗压缩和向前剪切载荷维持颈椎的稳定。而颈椎椎间盘退变后,椎间高度明显降低,分布在颈椎关节突关节面的压力明显增大,关节突间运动将造成关节突慢性损伤并导致增生、肥大。颈椎前路融合和颈椎人工椎间盘置换在经前入路切除颈椎间盘后分别以椎间植骨钢板内固定和人工椎间盘取而代之,必然改变原有的颈椎节段间运动特点,因此二者能否保持或恢复颈椎关节突间正常的压力负荷具有重要的临床意义。

本实验结果表明 C4/5 人工椎间盘置换后,由于节段间的运动功能得到部分保留,其各运动加载的关节突间压力变化的表现与正常颈椎一致,均表现为在后伸、左侧屈和右旋时左侧关节突间压力相比中立位明显增大($P<0.05$);但前屈、右侧屈和左旋时左侧关节突间压力相比中立位无明显改变。因此颈椎人工椎间盘成形术可以较好地恢复颈椎的正常生理运动,对关节突间的运动和负荷无明显影响。颈椎前路融合内固定术后节段间运动功能基本丧失,表现为后伸、左侧屈和右旋加载时的关节突间压力相比另外二组有明显减小,但因人体标本个体间差异所造成标准差过大和实验例数较小,三组间的统计未表现出显著性差异($P>0.05$)。具有临床意义的是,与其自身中立位对照各运动加载也无显著性差异($P>0.05$)。表明前路融合内固定后手术节段的关节突间运动及负荷受到限制和干扰,导致关节突间压力在后伸、右旋和左侧屈加载时并未像正常颈椎一样增大。该实验结果与 Chang 等^[10]的研究结果一致。临床上这种关节突间的运动及负荷变化可加速关节突关节的退变,造成关节囊松弛,使得关节囊和关节周围组织易于损伤,引发慢性颈痛症状。

人体颈椎静止时的关节突间压力主要来自于头颅重量和颈部肌肉组织动力平衡作用,Miura 等^[5]研究表明正常颈椎中立位时所受轴向压力约为 75N,同时 2.0N·m 的屈伸、侧屈和 4.0N·m 的轴向旋转力偶加载最为贴近人体颈椎正常最大生理运动范围。本实验通过采用运动跟随载荷模拟颈椎的轴向负荷,用力偶加载颈椎三维运动,模拟

正常人体颈椎生理状态。实验选择只测量单侧关节突间压力主要是为了尽量减小压敏片在置入和取出关节囊时造成的人为误差,同时也可以更为详细评价不同运动方向间的差异。在颈椎各节段中 C4/5 节段是颈椎生理曲度的弧度顶点,当屈伸运动转换时该节段间受到较大的负荷转换。同样临床观察也显示大部分颈椎退变发生在 C4/5 和 C5/6 节段,因此选择 C4/5 作为实验节段更具有临床意义。

在不同的运动加载对比中,节段间具有较大运动的正常颈椎组和人工椎间盘置换组均表现为前屈、左旋和右侧屈三种运动对颈椎左侧关节突压力作用较小,而后伸、右旋和左侧屈均导致颈椎左侧关节突间压力明显增大。这表明关节突间压力变化并不完全取决于运动范围大小,加载运动方向与关节突关节面所成角度具有决定性作用。关节突关节面的方向包括两个方面:与冠状面间角度和与矢状面间角度。与冠状面间角度常以椎体与其上关节突关节的倾角表示,C5 上关节突与冠状面的倾斜角度在颈椎各椎体中基本处于中间值,约为 40°~45°。在矢状位 C5 上关节突关节面稍向外侧倾斜^[11,12]。因此当加载运动方向与关节突关节面处于相对垂直时关节突间压力显著增大。同时本实验旋转采用 4.0N·m 加载大于屈伸和侧屈加载量,也是导致右轴向旋转运动时关节突间压力较大原因之一。

实验所用的 Fuji 压敏片 (LLLW 型) 具有简单、直观的优点,已有多篇文献报道应用其进行生物力学的压力测试^[6,13]。虽然樊继宏等^[6]研究表明 LLLW 型压敏片测试范围完全适用于颈椎压力测试。但其在关节生物力学实验中仍存在一定的局限性,主要是无法获得连续的压力测试,过小的压力也无法测出并造成一定误差^[6,14]。此外由于颈椎关节突间的平整性和润滑度不同,运动中关节突间产生的摩擦力也不尽相同,而如今各种测试手段对此仍无法准确测量。

4 参考文献

1. 徐波,金大地,史占军,等.中下颈椎双侧小关节切除对颈椎稳定性影响的生物力学研究[J].中国脊柱脊髓杂志,1995,5(3): 115-118.
2. Crawford NR, Duggal N, Chamberlain RH, et al. Unilateral cervical facet dislocation: injury mechanism and biomechanical consequences[J]. Spine, 2002, 27(17): 1858-1864.

3. Voo LM, Kumaresan S, Yoganandan N, et al. Finite element analysis of cervical facetectomy[J]. Spine, 1997, 22(9): 964-969.
4. 王良意, 陈德玉, 郭永飞, 等. 颈椎前路减压融合术后颈椎高度对功能改善率的影响[J]. 中国临床康复, 2004, 8(2): 201-203.
5. Miura T, Panjabi MM, Crompton PA. A method to simulate in vivo cervical spine kinematics using in vitro compressive preload[J]. Spine, 2002, 27(1): 43-48.
6. 樊继宏, 朱青安, 赵卫东, 等. 压敏片材料在关节生物力学中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2001, 18(2): 104-106.
7. Yue WM, Brodner W, Highland TR. Long-term results after anterior cervical discectomy and fusion with allograft and plating: a 5 to 11 year radiologic and clinical follow-up study[J]. Spine, 2005, 30(19): 2138-2144.
8. Manchikanti L, Boswell MV, Singh V, et al. Prevalence of facet joint pain in chronic spinal pain of cervical, thoracic, and lumbar regions[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2004, 5(15): 15-23.
9. Kowalski RJ, Ferrara LA, Benzel EC, et al. Biomechanics of the

spine[J]. Neurosurg, 2005, 15(1): 42-59.

10. Chang UK, Kim DH, Lee MC, et al. Changes in adjacent-level disc pressure and facet joint force after cervical arthroplasty compared with cervical discectomy and fusion [J]. J Neurosurg Spine, 2007, 7(1): 33-39.
11. 刘景发, 尹庆水. 临床颈椎外科学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2005: 8.
12. Pal GP, Routal RV, Saggi SK. The orientation of the articular facets of the zygapophyseal joints at the cervical and upper thoracic[J]. Anat J, 2001, 198(4): 431-441.
13. Wu JZ, Herzog W, Epstein M, et al. Effects of inserting a pressure sensor film into articular joints on the actual contact mechanics[J]. J Biomech Eng, 1998, 120(5): 655-659.
14. Hale JE, Brown TD. Contact stress gradient detection limits of pressure sensor film[J]. J Biomech Eng, 1992, 114(3): 352-357.

(收稿日期: 2010-02-11 修回日期: 2010-03-24)

(英文编审 蒋欣/郭万首)

(本文编辑 刘彦)

(上接第 394 页)

分伸出手术床头部, 用俯卧体位架上的约束带与手术床固定。患者在平车上进行全麻后, 巡回护士给患者贴眼膜, 同时用 30×20cm 的粘贴巾中间剪一圆孔, 穿过气管插管粘贴在患者面部, 防止俯卧位时分泌物浸湿面部固定气管插管的胶布造成插管脱落。手术床和平车两侧分别站两名医护人员, 脚侧一名医护人员, 头侧由麻醉师看管, 理顺所有静脉穿刺管道, 断开全麻管插管, 由平车一侧人员将患者翻入手术床一侧人员的手臂上, 轴位翻身, 专人扶持头颈部, 然后平移患者至俯卧体位架上, 理顺各管道, 接好全麻导管。患者俯卧后面部及颈部位于头面环及颈部支撑托位置, 将一条可塑形棉垫 (10×40cm 大小的布袋装入珍珠棉, 两头封口) 垫入患者面部, 口鼻部留有空隙; 调节头面环下方的可调式螺杆升降头面环, 使颈部屈曲或后伸达到合适的颈后路手术体位。躯干部位于躯干桥型架位置, 胸腹部两侧分别垫入两条硅胶垫, 悬空胸腹部, 使其避免受压, 减缓气道阻力。患者双臂紧贴身体两侧, 分别用俯卧体位架上的束缚带固定患者。双侧膝盖下垫下肢衬垫, 下肢衬垫位置有一个椭圆型凹陷, 可避免男性患者生殖器受压。双足下垫大方枕。头架两侧的 3 个圆孔状齿轮调节整个头侧部分的高度。头架前端装有专用牵引架, 高度可调, 牵引的重量和方向亦可以随意调节, 对需要在颅骨牵引状态下手术的患者, 医生可以根据需要方便地进行术中牵引。

2008 年 4 月~2010 年 1 月我院 210 例患者在行颈后路手术时应用新型颈椎后路手术俯卧体位架, 其中颈椎病颈后路减压侧块或椎弓根螺钉固定术 171 例, 颈椎后纵韧带骨化颈后路减压侧块螺钉固定术 12 例, 颈椎骨折脱位

颈后路复位侧块或椎弓根螺钉固定术 16 例, 寰枢椎手术 11 例。术中体位见图 2。术中视野暴露充分, 各种操作方便, 无颈椎伸屈度不理想、头颈部位置不牢靠等情况。平均手术时间为 123min。所有手术效果满意, 术后无一例发生面部及眼部压伤。



图 2 应用新型颈椎后路俯卧体位架时患者手术体位

注意事项 消毒时消毒棉球不要过湿, 以免手术中面部皮肤被浸泡; 女性患者注意避免乳房受压, 俯卧后将两侧乳房推向中间空隙, 约束带固定松紧适宜。双足抬高, 脚趾不要抵到床板上。翻身时医护人员协调一致, 动作轻柔迅速, 确保患者安全。若有辅助颅骨牵引时, 俯卧后牵引绳不要离地太高, 以防秤砣滑落伤脚。

参考文献

1. 侯树勋. 脊柱外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 158.
2. 洪瑛, 赖力, 李季英, 等. MAYFIELD 头架固定系统在颈椎后路手术体位中的应用 [J]. 护士进修杂志, 2007, 22(22): 2089-2090.

(收稿日期: 2009-12-22 修回日期: 2010-03-13)

(本文编辑 李伟霞)