

不同后枕颈角对枕颈融合时下颈椎运动范围和椎间压力的影响

张 鹏¹, 金根洋¹, 郭群峰², 杨 军², 郭 翔², 倪 斌²

(1 解放军联勤保障部队第 904 医院骨科 214044 无锡市; 2 海军军医大学附属长征医院脊柱外科 200003 上海市)

【摘要】目的:分析以不同后枕颈角(posterior occipitocervical angle, POCA)行枕颈固定时下颈椎的运动范围(range of motion, ROM)和椎间压力(intradiscal pressure, IDP),探讨枕颈融合(occipitocervical fusion, OCF)术中 POCA 的选择策略。**方法:**选取 8 具新鲜冰冻人体枕颈部标本(C0~T1, 头端包括枕骨粗隆以下的颅底骨性结构),年龄为 25~45 岁,男 4 具,女 4 具, X 线透视排除骨性异常及破坏。剔除附着的肌肉、脂肪组织,完整保留各种韧带、关节囊及椎间盘,作为正常组。将标本置于 2N·m 载荷下,运用伺服液压材料测试系统、光电运动分析系统及微型压力传感器测量 C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 运动节段在前屈、后伸、左旋及左侧弯 4 个方向上的 ROM 以及 IDP。后将标本以不同 POCA 行枕颈固定作为实验组,5 组分别为:中立位组(POCA=111°)、中立位-标准差(standard deviation, SD)组(POCA=101°)、中立位+SD 组(POCA=121°)、中立位-2SD 组(POCA=91°)及中立位+2SD 组(POCA=131°)。固定节段为 C0、C2 及 C3。各实验组均采用位移控制模式进行实验,测量 4 个运动节段在 4 个方向上的 ROM 及 IDP。**结果:**枕颈固定以后,C0-C3 4 个方向上的 ROM 较正常组均显著减小($P < 0.001$)。POCA 的变化对 4 个运动节段前屈和后伸方向上的 ROM 及 IDP 的影响呈现一定的规律性:前屈方向上,随着 POCA 的增大,各节段的 ROM 及 IDP 呈递减趋势;后伸方向上,随着 POCA 的增大,各节段的 ROM 呈递增趋势,而 IDP 呈减小趋势。POCA 固定于中立位时,各运动节段前屈、后伸方向上的 ROM 虽明显大于正常组,但未出现 POCA 过小时前屈方向上或过大时后伸方向上极度增大的 ROM,且 IDP 与正常组之间无显著差异($P > 0.05$)。而在左旋及左侧弯方向上,随 POCA 变化 4 个运动节段的 ROM 较正常组显著增加,但其对 ROM 及 IDP 的影响无规律性。**结论:**OCF 术中,POCA 于中立位固定时,下颈椎的 ROM、IDP 最接近正常状态。

【关键词】枕颈融合;后枕颈角;运动范围;椎间压力

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2024.05.10

中图分类号:R318.01, R687.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2024)-05-0513-07

Effects of different posterior occipitocervical angles on the range of motion and intradiscal pressure of subaxial cervical spine in occipitocervical fusion/ZHANG Peng, JIN Genyang, GUO Qunfeng, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2024, 34(5): 513-519

【Abstract】 Objectives: To analyze the range of motion(ROM) and intradiscal pressure(IDP) of lower cervical spine in occipitocervical fixation with different posterior occipitocervical angles(POCA), and explore the selection strategy of POCA in occipitocervical fusion(OCF) surgery. **Methods:** 8 fresh frozen human occipitocervical cadaveric specimens (C0-T1, cephalic end included the bony structure of the skull base below the occipital tuberosity) were selected, including 4 males and 4 females, aged 25-45 years, and bone abnormalities and destruction were excluded with X-ray fluoroscopy. The specimens were removed of muscles and fat tissues and preserved with ligaments, joint capsules and intervertebral discs as the normal group. Specimens were loaded with 2N·m in a servo-hydraulic materials testing system for measuring the ROM and IDP of C3/4, C4/5, C5/6 and C6/7 in the directions of flexion, extension, left torsion and left lateral bending with the help of optoelectronic motion analysis system and miniature pressure transducers. Then, the specimens were subjected to occipitocervical fixation with different POCAs as 5 experimental groups, which were: neutral position

基金项目:国家自然科学基金面上项目(批准号:81472127)

第一作者简介:男(1983-),主治医师,博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(0510)85142374 E-mail:120193755@qq.com

通讯作者:倪斌 E-mail:nibin99@sohu.com

group(POCA=111°), neutral position-standard deviation(SD) group(POCA=101°), neutral position+SD group(POCA=121°), neutral position-2SD group(POCA=91°), and neutral position+2SD group(POCA=131°). The fixed segments were C0, C2 and C3. All experimental groups used the displacement control protocol to perform experiment, and the ROM and IDP of C3/4, C4/5, C5/6 and C6/7 in four directions were measured. **Results:** After occipitocervical fixation, ROM in the four directions of C0-C3 was significantly reduced compared with the normal group ($P<0.001$). Of the four directions, the change of POCA had regular impacts on ROM and IDP of the 4 segments in flexion and extension: in flexion, with the increase of POCA, ROM and IDP of each segment showed a decreasing trend; In extension, with the increase of POCA, ROM of each segment showed an increasing trend, while IDP showed a decreasing trend. When POCA was in the neutral position, ROM in flexion or extension of each segment was significantly greater than that of normal group, yet there was no extremely increased ROM in flexion as POCA was too little or in extension as POCA was too large, and there was no significant difference of IDP compared with that of the normal group ($P>0.05$). The change of POCA had no regular effect on ROM and IDP of 4 segments in left torsion and left lateral bending, although ROM increased significantly compared with that of the normal group. **Conclusions:** In OCF surgery, fixing POCA in a neutral position, the ROM and IDP of subaxial cervical spine are approximately normal.

【Key words】 Occipitocervical fusion; Posterior occipitocervical angle; Range of motion; Intradiscal pressure

【Author's address】 Department of Orthopedics, 904th Hospital of PLA Joint Logistics Support Force, Wuxi, 214044, China

自第一例枕颈融合手术(occipitocervical fusion, OCF)被报道以来,其在维持枕颈部稳定性和提高植骨融合率等方面已取得了令人满意的效果^[1-5]。但随着对 OCF 更深入的研究,一些学者发现 OCF 术中枕颈固定角度不当,可导致患者早期出现吞咽和/或呼吸困难,远期随访出现下颈椎退变加速、曲度异常,甚至下颈椎半脱位。因此,选择适当的枕颈固定角度显得尤为重要。既往研究主要集中于临床及影像学的随访,而基础的生物力学机制尚未见相关报道。Matsunaga 等^[6]研究认为 OCF 术后出现下颈椎半脱位已经超出了颈椎病的自然病程,其原因可能是由于枕颈部固定角度超出了正常生理范围,从而使下颈椎承受过度应力,进而导致下颈椎的生物力学紊乱和失衡。

本研究通过离体生物力学研究的方法比较 OCF 术中不同后枕颈角(posterior occipitocervical angle, POCA)固定时下颈椎的生物力学特性,为 OCF 术中合理选择枕颈固定角度提供一种新的思路和理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选取 8 具新鲜冰冻尸体枕颈部标本(C0~T1,头端包括枕骨粗隆以下的颅底骨性结构),年龄 25~45 岁,平均年龄为 34.6±4.3 岁,男 4 具,女 4 具,由海军军医大学基础部解剖教研室提供,获

得医学伦理委员会的讨论通过。X 线透视排除骨性异常及破坏。剔除附着的肌肉、脂肪组织,完整保留各种韧带、关节囊及椎间盘,作为正常组。义齿基托树脂、牙托粉包埋标本两端,克氏针加强固定,完整保留 C0~C7 的运动范围(range of motion, ROM)。实验所用的枕颈内固定器械为强生(DePuy Synthes)的枕颈融合系统。

1.2 方法

1.2.1 ROM 测试 通过伺服液压材料测试系统(MTS 858 Bionix II; MTS Systems, Inc)对标本进行加载,模拟颈椎前屈、后伸、左旋及左侧弯 4 种工况下的生理活动。C0、C3~C7 等 6 个椎体上分别安装一枚特制标记装置,其由 4 个非共线红外发光二极管构成,可通过光电运动分析系统(Optotrak Certus, Canada)进行检测。由此,通过该系统计算 C0~C3、C3/4、C4/5、C5/6 及 C6/7 各节段间的 ROM。

1.2.2 椎间压力(intradiscal pressure, IDP)测试 IDP 的测量则通过植入 C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 椎间盘髓核内的 4 个微型压力传感器(型号 060,宽 1.5mm,高 0.3mm; Precision Measurement Company)进行(图 1),所得数据通过与之匹配的 4 信道应力记录仪(型号 P3, Vishay Precision Group, Inc)记录。椎间压力传感器的植入方式按 Cripton 等^[7]描述的技术进行操作,首先将传感器置入细导管,后方用克氏针阻挡防脱出,尖头细导管从椎

间盘前外侧穿刺进入髓核中心;接着先拔出导管,再拔出克氏针,最后仅留传感器植入髓核。

1.2.3 实验方案 本实验采用 Goel 等^[8]提出的混合测试模式进行,用以研究邻椎效应,即脊柱融合术后,由于应力集中、ROM 丢失及再分配等原因所导致的相邻节段退变加速的现象。首先对正常组标本采用纯力矩控制模式($\pm 2.0\text{N}\cdot\text{m}$)进行 4 个方向的 ROM 及 IDP 测试,后应用 POCA 指导枕颈区连接棒的预弯以调整枕颈固定角度作为实验组(图 2),固定节段为 C0、C2 及 C3,根据 POCA 固定角度不同(基于对前期 30 例健康志愿者 POCA 的研究发现,其均值为: $111.13^\circ \pm 9.71^\circ$)依次记为:中立位组(POCA=111°)、中立位-标准差(standard deviation,SD)组(POCA=101°)、中立位+SD 组(POCA=121°)、中立位-2SD 组(POCA=91°)及中立位+2SD 组(POCA=131°)5 个实验组,并以此顺序分别进行测试,以减少距中立位偏移较大时实验标本破坏对结果的影响。各实验组均采用位移控制模式进行实验,亦将正常组各工况下的 ROM 作为各实验组的角度上来加载模拟颈椎运动。所有测试以 3°/s 的角速度进行,重复 3 次加载/卸载循环,前 2 次循环用以对标本进行预处理,以减少颈椎粘弹性影响,对第 3 次循环测量所得数据行统计分析。操作中动作小心轻柔,避免破坏标本。测试过程间断用生理盐水喷洒标本,使其保持湿润。测试环境温度 27℃,湿度 60%~80%。未测量标本在-20℃下保鲜膜密封保存,测试前常温下自然解冻 8h。

1.3 统计学分析

所得数据应用 SPSS 23 软件进行统计分析。计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示。不同工况下的 ROM 及 IDP 采用方差分析和 LSD 多重比较。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 ROM

C0~C3、C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 各工况测试中的 ROM 见表 1。

5 个实验组各工况的 ROM 较正常组均显著降低($P < 0.001$)。而每一个测试方向上,5 个实验组之间,不管 POCA 角固定的大小,各组 ROM 之间均无显著性差异($P > 0.05$)。

C3/4 前屈方向上,中立位-2SD 组、中立位-SD 组、中立位组及中立位+SD 组的 ROM 较正常组有显著增高($P < 0.05$),分别为正常组的 406%、325%、250%、156%,而中立位+2SD 与正常组之间无明显的差异($P = 0.538$);后伸方向上,中立位-SD 组、中立位组及中立位+SD 组及中立位+2SD 组较正常组有显著提高($P < 0.05$),分别为正常组的 186%、293%、492%、507%,而中立位-2SD 组与正常组之间无明显的差异($P = 0.538$);左旋方向上,各实验组较正常组均有显著提高($P < 0.05$),分别为正常组的 283%、207%、238%、232%、232%。而各实验组之间,中立位-2SD 组与中立位-SD 组间也有统计学差异($P = 0.025$),而中立位-SD 组、中立位组、中立位+SD 组及中立位+2SD 组之间均无显著性差异;左侧弯方向上,各实验组较正常组均有显著的提高($P < 0.05$),分别为正常组的 160%、153%、136%、136%、133%,而各实验组之间均无显著性差异($P > 0.05$)。

从 C3/4 到 C6/7 各工况的 ROM 值均可看出 POCA 对前屈、后伸影响的规律性:随着 POCA 的增大,各节段前屈方向上的 ROM 越来越小,至接近正常;而随着 POCA 的增大,各节段后伸方向上的 ROM 越来越大,而 POCA 角最小的中立位-2SD 组,其 ROM 和正常组之间无明显差异。虽然施加内固定以后,各实验组在左侧弯及左旋方向

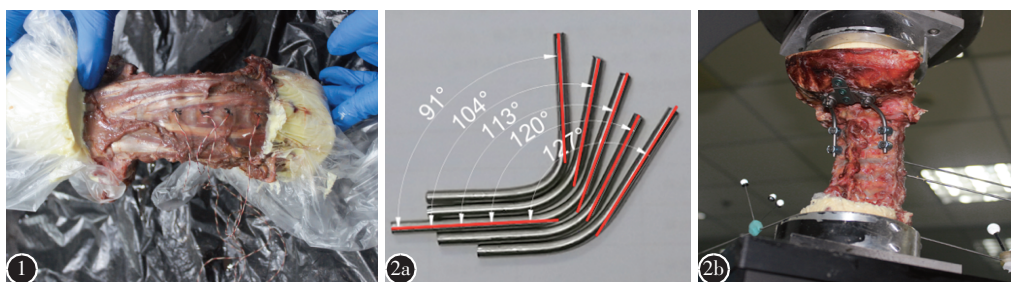


图 1 椎间压力传感器的放置。图 2 a 枕颈区连接棒预弯 b 实验组枕颈固定后路大体观。

Figure 1 Placement of intervertebral pressure sensor. Figure 2 a Pre-bending of the connecting rods in craniovertebral junction b Posterior view of craniovertebral junction with occipitocervical fixed.

上的 ROM 较正常组均显著增加, 但 POCA 的改变对这两个方向上的 ROM 影响未见相关性。

2.2 IDP

C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 各工况测试中的 IDP 见表 2。

C3/4 节段, 前屈方向上中立位-2SD 组、中立位-SD 组的 IDP 较正常组有显著增高 ($P<0.05$), 分别为正常组的 129%、117%; 而中立位组、中立位+SD 组及中立位+2SD 组与正常组之间无明显的差异 ($P>0.05$)。后伸方向上与前屈方向类似, 中立位-2SD 组、中立位-SD 组的 IDP 较正常组有显著增高 ($P<0.05$), 分别为正常组的 124%、115%; 而中立位组、中立位+SD 组及中立位+2SD 组与正常组之间无明显的差异 ($P>0.05$)。左旋方向上及左侧弯方向上, 各实验组较正常组均无明显差异

($P>0.05$)。

从 C4/5 到 C6/7 节段, 均可看出 POCA 角对前屈、后伸影响的趋势同 C3/4 节段相似。在前屈方向上, 随着 POCA 角的增大, 各节段 IDP 逐渐减小; 相似的, 在后伸方向上, 随着 POCA 角的增大, 各节段 IDP 也有减小的趋势。而施加内固定以后, 各实验组在左侧弯及左旋转方向上的各节段 IDP 均无显著改变。

3 讨论

枕颈交界区 (craniovertebral junction, CVJ) 是整个颈椎序列中最为特殊、复杂的区域。创伤、肿瘤、先天畸形以及类风湿性关节炎等常累及至此, 造成此区域的不稳, 进而导致颈脊髓的压迫。一经诊断, 行 OCF 在所难免^[9-15], 其目的是维持 CVJ 的

表 1 C0~C3、C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 各工况的 ROM

(°)

Table 1 ROM of each condition of C0-C3, C3/4, C4/5, C5/6, C6/7

	正常组 Normal group	中立位-2SD 组 Neutral position- 2SD group	中立位-SD 组 Neutral position- SD group	中立位组 Neutral position group	中立位+SD 组 Neutral position+ SD group	中立位+2SD 组 Neutral position+ 2SD group
C0-C3						
前屈 Flexion	11.63±0.92	2.25±1.04 ^①	2.00±0.76 ^①	1.88±0.83 ^①	1.75±0.71 ^①	1.75±0.71 ^①
后伸 Extension	15.00±1.20	2.25±1.04 ^①	1.75±0.71 ^①	2.25±0.89 ^①	1.75±0.71 ^①	1.75±0.71 ^①
左旋 Left rotation	17.75±1.98	2.25±0.71 ^①	2.00±0.76 ^①	1.88±0.83 ^①	2.00±0.76 ^①	1.75±0.71 ^①
左侧弯 Left lateral bending	7.38±1.06	2.38±0.92 ^①	2.25±1.04 ^①	2.38±0.92 ^①	2.00±0.76 ^①	1.75±0.71 ^①
C3/4						
前屈 Flexion	2.00±0.76	8.13±0.83 ^①	6.50±0.93 ^①	5.00±0.76 ^①	3.13±0.83 ^①	1.75±0.71
后伸 Extension	1.75±0.71	2.13±0.99	3.25±1.04 ^①	5.13±0.99 ^①	7.38±1.06 ^①	8.88±1.25 ^①
左旋 Left rotation	2.00±0.76	5.63±1.06 ^①	4.13±1.36 ^①	4.75±1.39 ^①	4.63±1.60 ^①	4.63±1.41 ^①
左侧弯 Left lateral bending	5.63±1.30	9.00±1.07 ^①	8.63±1.06 ^①	7.63±2.20 ^①	7.63±1.51 ^①	7.50±1.69 ^①
C4/5						
前屈 Flexion	2.62±1.06	8.00±0.76 ^①	7.00±1.07 ^①	5.13±0.83 ^①	3.25±1.04	2.50±0.93
后伸 Extension	2.00±0.76	2.50±1.20	4.25±1.04 ^①	5.38±0.92 ^①	7.38±1.85 ^①	8.75±1.39 ^①
左旋 Left rotation	2.00±0.76	4.88±1.46 ^①	6.38±1.06 ^①	5.25±1.04 ^①	5.63±0.92 ^①	5.25±1.03 ^①
左侧弯 Left lateral bending	6.00±0.76	9.13±0.99 ^①	8.75±1.58 ^①	7.88±1.96 ^①	8.00±1.60 ^①	8.00±1.85 ^①
C5/6						
前屈 Flexion	2.75±1.04	8.25±1.28 ^①	7.13±1.13 ^①	5.75±0.71 ^①	3.25±1.04	2.13±0.99
后伸 Extension	2.13±0.99	2.38±1.19	4.00±1.51 ^①	5.63±1.06 ^①	7.25±1.16 ^①	8.88±1.46 ^①
左旋 Left rotation	3.25±1.28	5.88±1.36 ^①	6.00±1.20 ^①	5.38±1.06 ^①	4.75±1.49 ^①	5.63±1.60 ^①
左侧弯 Left lateral bending	5.50±1.20	8.88±1.25 ^①	8.88±1.36 ^①	8.00±2.00 ^①	8.25±1.58 ^①	8.25±1.83 ^①
C6/7						
前屈 Flexion	2.13±0.99	8.38±1.19 ^①	6.88±0.83 ^①	5.13±1.13 ^①	3.38±1.30 ^①	2.25±1.04
后伸 Extension	1.75±0.71	2.38±1.19	4.13±1.36 ^①	5.88±0.83 ^①	7.87±1.36 ^①	9.38±1.06 ^①
左旋 Left rotation	2.25±1.04	6.25±1.28 ^①	5.50±1.31 ^①	5.00±1.85 ^①	4.75±1.83 ^①	5.13±1.81 ^①
左侧弯 Left lateral bending	2.88±0.83	8.75±1.49 ^①	8.75±1.16 ^①	7.88±1.96 ^①	7.88±1.81 ^①	7.88±1.64 ^①

注: ①与正常组比较 $P<0.05$ 。

Note: ①Compared with normal group, $P<0.05$.

即刻及长期稳定性^[16]。但近年来,一些学者发现,枕颈角(occipito-C2 angle,O-C2A)固定不当可导致部分患者早期出现吞咽和/或呼吸困难,远期出现下颈椎曲度异常、退变加速,甚至半脱位^[6,17]。而 O-C2A 作为硬腭后缘至枕骨鳞部外板最低点的连线(McGregor 线)与枢椎下终板所形成的夹角,术中由于上下颌及咽部软组织的遮挡,透视时硬腭后缘较难以辨认^[18];而对于伴有骨性变异如寰枕融合或需行枕骨大孔减压的患者,其枕骨鳞部外板最低点的确认也存在困难;并且由于 O-C2A 为锐角,且度数较小,术中使用也较不方便。

而 Riel 等^[19]提出的 POCA,为枕骨隆突与枕骨大孔之间一较平坦的骨面的切线与 C3、4 小关节突后缘的连线所成的夹角(图 3),术中透视时各解剖标志无骨性及软组织遮挡,远离骨性变异部位,且不受枕骨大孔减压的影响,使用方便。另外 OCF 术中,枕骨隆突与枕骨大孔之间较平坦的骨面近似用于枕骨板固定的骨床;而 C3、4 关节突后缘的连线近似于 OCF 术中颈部连接棒的位置;

因此 POCA 可在 OCF 术中指导弯棒的设计,调控枕颈区角度的大小。Riel 等^[19]对 15 位健康志愿者 POCA 的研究显示其均值为 109.7°±5.7°,分布范围为 90°~121°,80% 的分布区间为 101°~119°。Kunakornsawat 等^[20]对 326 位健康志愿者的 POCA 研究显示,其均值为 107.9°±4.4°,分布范围为 94°~120°。这两项研究均显示 POCA 具有较好的观察者间及复测信度。本研究团队前期对 30 名健康志愿者 POCA 研究显示其均值为 111.13°±9.71°,与以往研究相接近,本研究以 POCA 111°为中立位组,并以间隔 1SD 分组,进行生物力学试验,以发现其力学特性变化规律。

因本研究拟分析将正常标本以不同 POCA 行 OCF 后对下颈椎 ROM 及 IDP 的影响,其从理论上可以看作是邻椎效应的研究,故本实验采用 Goel 等^[8]提出的混合测试模式进行。在该测试模式下,正常组和各内固定实验组的 ROM 均为生理性 ROM,以此模拟患者术后状态。

本研究结果显示,枕颈固定以后,C0~C3 各

表 2 C3/4、C4/5、C5/6、C6/7 各工况的 IDP (psi)
Table 2 IDP of each condition of C3/4, C4/5, C5/6, C6/7

	正常组 Normal group	中立位-2SD 组 Neutral position-2SD group	中立位-1SD 组 Neutral position-1SD group	中立位组 Neutral position group	中立位+1SD 组 Neutral position+1SD group	中立位+2SD 组 Neutral position+2SD group
C3/4						
前屈 Flexion	34.63±2.88	44.75±2.38 ^①	40.38±3.54 ^①	35.75±4.33	35.13±3.76	32.13±3.48
后伸 Extension	22.75±2.96	28.13±3.09 ^①	26.25±3.49 ^①	24.13±3.76	23.13±3.60	23.13±3.76
左旋 Left rotation	24.88±2.70	23.88±3.14	24.50±2.78	23.50±2.45	23.25±2.92	23.50±2.45
左侧弯 Left lateral bending	24.63±2.56	24.00±2.27	25.00±2.51	23.38±1.69	23.75±2.55	24.50±2.39
C4/5						
前屈 Flexion	41.13±3.56	46.75±3.85 ^①	43.75±3.15	40.00±4.00	39.25±3.54	37.00±3.85 ^①
后伸 Extension	25.13±2.95	30.00±3.25 ^①	28.38±3.07 ^①	26.25±2.92	25.75±3.11	26.13±3.40
左旋 Left rotation	28.00±2.27	27.88±2.10	27.13±2.03	27.13±2.36	27.75±3.28	28.38±2.97
左侧弯 Left lateral bending	27.75±2.25	27.5±1.69	24.75±2.49	26.63±2.56	25.75±2.12	25.50±2.62
C5/6						
前屈 Flexion	45.88±3.98	51.75±3.11 ^①	48.13±3.72	46.75±3.28	44.38±3.02	42.38±4.31
后伸 Extension	30.13±3.14	35.63±2.67 ^①	32.00±2.45	31.38±2.56	30.38±3.11	30.13±3.23
左旋 Left rotation	31.38±3.02	31.75±2.82	30.63±3.25	31.63±2.72	29.50±3.34	30.13±3.23
左侧弯 Left lateral bending	30.38±2.92	30.75±2.12	30.38±3.20	31.13±2.23	29.50±3.34	30.13±2.42
C6/7						
前屈 Flexion	50.13±3.98	58.13±2.90 ^①	53.88±3.27 ^①	51.00±4.04	48.25±3.28	48.38±3.74
后伸 Extension	34.25±3.69	40.13±3.09 ^①	36.63±2.45	36.00±3.89	33.88±3.60	35.38±3.54
左旋 Left rotation	36.13±2.47	35.63±2.50	35.63±2.20	35.75±2.12	35.13±2.36	35.13±3.00
左侧弯 Left lateral bending	35.38±1.92	34.63±2.13	35.50±2.07	35.25±2.31	35.00±2.00	35.13±2.17

注:①与正常组比较 P<0.05。

Note: ①Compared with normal group, P<0.05.

方向的 ROM 明显受限,生理状态下 C0/1、C1/2、C2/3 之间在 4 个方向上的 ROM 只能通过 C3 以下的运动节段所代偿,而导致各运动节段各方向的 ROM 均代偿性增大,部分节段 ROM 是正常生理状态的数倍之多。而 POCA 大小的改变对各运动节段前屈、后伸两个方向 ROM 的影响呈规律性。枕颈过伸位固定(POCA 过小),其代偿性前屈 ROM 增大;而枕颈过屈位固定时(POCA 过大),其代偿性后伸 ROM 增大。Maulucci 等^[21]的研究结果表明,OCF 术中,POCA 固定过大时(115.14°),由于平视的原因,可导致邻近节段或内固定应力增加,并且其与吞咽困难发生率增高有相关性,进而需要二次手术;且过伸位固定时,无论前屈还是后伸,均可出现 IDP 显著增大。当 POCA 固定于中立位时,各运动节段前屈、后伸方向上的 ROM 虽明显大于正常组,但未出现 POCA 过小时前屈方向或过大时后伸方向上极度增大的 ROM,且 IDP 与正常组之间无显著性差异($P>0.05$)。Tang 等^[22]回顾性研究了 30 例 OCF 手术患者(创伤及类风湿性关节炎),其中 OC2A 及 POCA 在正常范围的 18 例患者较不在正常范围的患者可获得更低的颈椎功能障碍指数(neck disability index, NDI)及更小的下颈椎曲度(cervical spinal angle, CSA)丢失,尽管疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)及日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评分无统计学差异。张中发等^[23]回顾性研究 18 例 OCF 病例,术中根据 POCA 正常值指导枕颈区连接棒的折弯,平均随访 28 个月,末次随访 JOA 评分、NDI 指数及 VAS 评分均较术前显著改善,CSA 与术前比较无

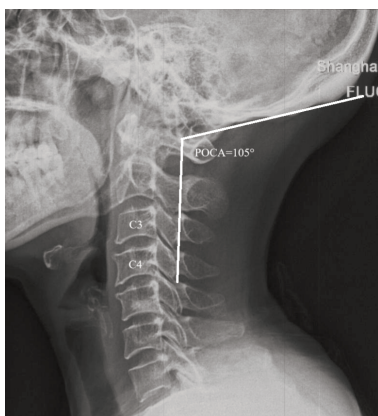


图 3 后枕颈角测量示意图。

Figure 3 Schematic diagram of POCA measurement.

统计学差异($P>0.05$),均获骨性融合,且无内固定失败。李广州等^[24,25]联合应用 POCA+Takami 枕颈角以及 POCA+O-C2A 分别指导 13 例及 22 例 OCF 术中调整枕颈固定角度,术后同样均获得良好疗效。而 POCA 的变化对 4 个运动节段在左旋及左侧弯方向上的 ROM 及 IDP 的影响无规律性,尽管 ROM 较正常组显著增加。虽然,真实情况下,OCF 术后患者颈椎 ROM 不可能达到正常人水平,POCA 固定角度亦很少极度增大或减小,但本研究的目的在于研究不同角度下的变化趋势。

综上所述,OCF 术后,下颈椎将适应枕颈区力学的改变而出现代偿,并将一直保持代偿并进一步发展^[6,26,27]。为此,我们认为 OCF 术中应将 POCA 固定于中立位(111°左右),由此可避免其在前屈/后伸时出现极度增大的 ROM,同时 IDP 也近似正常,并可减少术后吞咽困难的发生^[21]。本研究仍存在一定不足:(1)样本量较小;(2)体外力学实验无法完全模拟脊柱在体运动;(3)未对 POCA 进行年龄分层研究;(4)不同病因行 OCF 手术,POCA 的选择可能需要特殊考量^[28]。

4 参考文献

1. S AKW. Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände[J]. JAMA, 1927, s1-8(29): 85.
2. Bhatia R, Desouza RM, Bull J, et al. Rigid occipitocervical fixation: indications, outcomes, and complications in the modern era[J]. J Neurosurg Spine, 2013, 18(4): 333-339.
3. Garrido BJ, Sasso RC. Occipitocervical fusion[J]. Orthop Clin North Am, 2012, 43(1): 1-9, vii.
4. Lu DC, Roeser AC, Mummaneni VP, et al. Nuances of occipitocervical fixation[J]. Neurosurgery, 2010, 66(3 Suppl): 141-146.
5. Ding X, Abumi K, Ito M, et al. A retrospective study of congenital osseous anomalies at the craniocervical junction treated by occipitocervical plate-rod systems [J]. Eur Spine J, 2012, 21(8): 1580-1589.
6. Matsunaga S, Onishi T, Sakou T. Significance of occipitoaxial angle in subaxial lesion after occipitocervical fusion[J]. Spine, 2001, 26(2): 161-165.
7. Cripton PA, Dumas GA, Nolte LP. A minimally disruptive technique for measuring intervertebral disc pressure in vitro: application to the cervical spine[J]. J Biomech, 2001, 34(4): 545-549.
8. Goel VK, Panjabi MM, Patwardhan AG, et al. Test protocols for evaluation of spinal implants [J]. J Bone Joint Surg AM,

- 2006, 88 Suppl 2: 103-109.
9. Lee SC, Chen JF, Lee ST. Clinical experience with rigid occipitocervical fusion in the management of traumatic upper cervical spinal instability[J]. *J Clin Neurosci*, 2006, 13(2): 193-198.
 10. Shin H, Barrenechea IJ, Lesser J, et al. Occipitocervical fusion after resection of craniovertebral junction tumors [J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 4(2): 137-144.
 11. Nakagawa T, Yone K, Sakou T, et al. Occipitocervical fusion with C1 laminectomy in children[J]. *Spine*, 1997, 22(11): 1209-1214.
 12. Rodgers WB, Coran DL, Emans JB, et al. Occipitocervical fusions in children: retrospective analysis and technical considerations[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1999, 364: 125-133.
 13. Kim LJ, ReKate HL, Klopfenstein JD, et al. Treatment of basilar invagination associated with Chiari I malformations in the pediatric population: cervical reduction and posterior occipitocervical fusion[J]. *J Neurosurg*, 2004, 101(2 Suppl): 189-195.
 14. Matsunaga S, Ijiri K, Koga H. Results of a longer than 10-year follow-up of patients with rheumatoid arthritis treated by occipitocervical fusion[J]. *Spine*, 2000, 25(14): 1749-1753.
 15. Matsunaga S, Sakou T, Onishi T, et al. Prognosis of patients with upper cervical lesions caused by rheumatoid arthritis: comparison of occipitocervical fusion between C1 laminectomy and nonsurgical management[J]. *Spine*, 2003, 28(14): 1581-1587; discussion 1587.
 16. Lofrese G, De FIF, Cappuccio M, et al. Occipital condyles congenital dislocation and condylus tertius: an unstable association revealing a new abnormality of the craniocervical junction[J]. *Spine*, 2015, 40(17): E992.
 17. Passias PG, Wang S, Kozanek M, et al. Relationship between the alignment of the occipitoaxial and subaxial cervical spine in patients with congenital atlantoaxial dislocations [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2013, 26(1): 15-21.
 18. Nagashima S, Nagae M, Arai Y, et al. A new method of measuring the occipitocervical angle that could be applied as an intraoperative indicator during occipitocervical fusion [J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(7): E981-E987.
 19. Riel RU, Lee MC, Kirkpatrick JS. Measurement of a posterior occipitocervical fusion angle [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(1): 27-29.
 20. Kunakornsawat S, Pluemvitayaporn T, Pruttikul P, et al. A new method for measurement of occipitocervical angle by occiput-C3 angle[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2017, 27(8): 1051-1056.
 21. Maulucci CM, Ghobrial GM, Sharan AD, et al. Correlation of posterior occipitocervical angle and surgical outcomes for occipitocervical fusion[J]. *Evid Based Spine Care J*, 2014, 5(2): 163-165.
 22. Tang C, Li GZ, Liao YH, et al. Importance of the occipitoaxial angle and posterior occipitocervical angle in occipitocervical fusion[J]. *Orthop Surg*, 2019, 11(6): 1054-1063.
 23. 张中发, 罗亮, 袁林亮, 等. 后枕颈角指导枕颈固定融合术中枕颈区固定角度选择的临床应用[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2021, 21(27): 61-62.
 24. 李广州, 洪瑛, 刘浩, 等. 枕颈融合术中联合两种测量枕颈角方法调控枕颈固定角度的临床应用[J]. *生物骨科材料与临床研究*, 2018, 15(4): 20-23, 28.
 25. 李广州, 刘浩, 丁琛, 等. 后路枕颈融合术中联合应用后枕颈角和枕颈角调整枕颈固定角度的临床研究[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2019, 33(1): 35-40.
 26. Logroscino CA, Genitempo M, Casula S. Relevance of the cranioaxial angle in the occipitocervical stabilization using an original construct: a retrospective study on 50 patients [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(S1): 7-12.
 27. Inada T, Furuya T, Kamiya K, et al. Postoperative increase in occiput-C2 angle negatively impacts subaxial lordosis after occipito-upper cervical posterior fusion surgery[J]. *Asian Spine J*, 2016, 10(4): 744-747.
 28. 唐超, 廖焯晖, 唐强, 等. 颅底凹陷症患者枕颈融合术中枕颈角和后枕颈角的选择策略 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2021, 31(3): 200-207.
- (收稿日期:2023-10-12 末次修回日期:2024-01-03)
(英文编审 谭 啸)
(本文编辑 谭 啸)