

临床论著

颅底凹陷症患者枕颈融合术后枕颈角的变化及临床意义

王联强, 唐超, 钟德君, 马飞, 王清, 廖烨晖, 唐强

(西南医科大学附属医院骨科 646000 四川省泸州市)

【摘要】目的:观察颅底凹陷症(basilar invagination, BI)患者枕颈融合(occipito-cervical fusion, OCF)术后枕颈角(occipito-C2 angle, OC2A)的变化, 分析术后 OC2A 变化值与 OC2A 术中矫正值的相关性以及术后下颈椎的影响。**方法:**回顾性分析 2013 年 9 月~2019 年 4 月我院收治的行 OCF 手术治疗的 30 例原发性 BI 患者的临床资料。其中男 11 例, 女 19 例, 年龄 49.0 ± 12.2 岁(29~71 岁)。固定节段: C0-C2 20 例, C0-C3 8 例, C0-C4 2 例。在患者术前和术后 7d、3 个月、6 个月、1 年、2 年时的标准颈椎侧位 X 线片上测量 OC2A, 在术后 7d 和术后 2 年时测量下颈椎椎间盘与椎体高度比(S 值)、下颈椎前凸角(C2-C7 角)、C4 椎体中心至 McGregor 线垂直距离(the occiput-C4 distance, OC4D)、寰齿前间隙(atlas-dens interval, ADI)以及斜坡椎管角(clivus-canal angle, CCA)。计算术后 7d 与术前 OC2A 的差值, 记为 OC2A 术中矫正值; 计算术后 2 年与术后 7d OC2A、S 值、C2-C7 角、OC4D、ADI、CCA 的差值, 分别记为 OC2A 术后丢失值、 Δ S 值、 Δ C2-C7 角、 Δ OC4D、 Δ ADI、 Δ CCA。Pearson 相关分析法研究 OC2A 术后丢失值与 OC2A 术中矫正值、 Δ S 值、 Δ C2-C7 角、 Δ OC4D、 Δ ADI、 Δ CCA 之间的相关性。**结果:**患者术前 OC2A 为 $5.4^\circ \pm 7.2^\circ$, 术后 7d、3 个月、6 个月、1 年、2 年 OC2A 分别为 $15.8^\circ \pm 5.6^\circ$ 、 $13.5^\circ \pm 4.5^\circ$ 、 $12.4^\circ \pm 4.7^\circ$ 、 $11.6^\circ \pm 4.6^\circ$ 、 $11.2^\circ \pm 5.1^\circ$, 术后 1 年与 2 年随访 OC2A 值比较差异无统计学意义($P > 0.05$), 其余各随访时间点 OC2A 两两比较差异均有统计学意义($P < 0.05$)。术后 7d 和 2 年的 S 值为 0.469 ± 0.034 、 0.436 ± 0.042 , C2-C7 角为 $16.5^\circ \pm 8.4^\circ$ 、 $10.9^\circ \pm 6.7^\circ$, OC4D 为 6.14 ± 0.63 cm、 5.31 ± 0.55 cm, ADI 为 2.37 ± 0.85 mm、 3.18 ± 0.92 mm, CCA 为 $141.4^\circ \pm 21.1^\circ$ 、 $132.6^\circ \pm 17.5^\circ$, 术后 2 年均较术后 7d 减小, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。OC2A 术中矫正值为 $10.4^\circ \pm 9.9^\circ$, OC2A 术后丢失值、 Δ S 值、 Δ C2-C7 角、 Δ OC4D、 Δ ADI、 Δ CCA 分别为 $4.6^\circ \pm 4.2^\circ$ 、 -0.033 ± 0.018 、 $-5.6^\circ \pm 5.2^\circ$ 、 -0.83 ± 0.48 cm、 -0.81 ± 0.67 mm、 $-8.8^\circ \pm 18.4^\circ$ 。Pearson 相关分析提示 OC2A 术后丢失值和术中矫正值呈强负相关($r = -0.699$, $P < 0.001$), 与 Δ C2-C7 角、 Δ S 值、 Δ OC4D、 Δ ADI、 Δ CCA 均呈正相关($r = 0.429$, $r = 0.413$, $r = 0.347$, $r = 0.296$, $r = 0.675$; $P < 0.05$)。**结论:**BI 患者术中 OC2A 矫正值越大, 术后 OC2A 丢失越多, 术后 1 年 OC2A 丢失趋于稳定; 且 OC2A 丢失过多易造成下颈椎曲度发生显著改变。

【关键词】 颅底凹陷症; 枕颈融合术; 枕颈角; 下颈椎曲度

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2022.01.01

中图分类号: R687.3, R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2022)-01-0002-08

Changes and clinical significance of occipito-C2 angle after occipitocervical fusion in patients with basilar invagination/WANG Lianqiang, TANG Chao, ZHONG Dejun, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2022, 32(1): 2-9

【Abstract】 Objectives: To observe the changes of the occipito-C2 angle(OC2A) in basilar invagination(BI) patients after occipito-cervical fusion(OCF). The correlation between postoperative OC2A change value and intraoperative OC2A correction value and its influence on postoperative curvature of subaxial cervical was analyzed. **Methods:** The clinical data of 30 primary BI patients who underwent OCF surgery in our hospital from September 2013 to April 2019 were retrospectively analyzed. There were 11 males and 19 females, aged

基金项目: 四川省卫生健康委员会科研课题(编号: 20PJ141)

第一作者简介: 男(1996-), 硕士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科

电话: (0830)3165441 E-mail: 1501177104@qq.com

共同第一作者: 唐超 E-mail: 510895924@qq.com

通讯作者: 钟德君 E-mail: zdj_1974@163.com

49.0±12.2 years(29–71 years), including C0–C2 fixation in 20 cases, C0–C3 fixation in 8 cases, and C0–C4 fixation in 2 cases. The OC2A of BI patients were measured on standard lateral cervical X-rays before operation and 7 days, 3 months, 6 months, 1 year and 2 years postoperatively. Meanwhile, the height ratio of subaxial cervical disc to vertebral body(S value), the subaxial cervical angle(C2–C7 angle), the occipito–C4 distance(OC4D), atlas–dens interval(ADI) and clivus–canal angle(CCA) were measured at 7 days and 2 years after surgery. The difference of OC2A between 7 days postoperatively and pre-operation was calculated and recorded as OC2A interoperative corrected value, and the differences of OC2A, S value, C2–C7 angle, OC4D, ADI, CCA of patients between 7 days and 2 years after operation were denoted as OC2A postoperative loss value, Δ S value, Δ C2–C7 angle, Δ OC4D, Δ ADI, Δ CCA, respectively. **Results:** The preoperative OC2A of 30 patients was $5.4^\circ \pm 7.2^\circ$ and the OC2A values 7 days, 3 months, 6 months, 1 year, 2 years postoperatively were $15.8^\circ \pm 5.6^\circ$, $13.5^\circ \pm 4.5^\circ$, $12.4^\circ \pm 4.7^\circ$, $11.6^\circ \pm 4.6^\circ$, and $11.2^\circ \pm 5.1^\circ$ respectively. There was no statistical difference in OC2A between 1 year and 2 years after operation($P>0.05$) while the differences of OC2A between other follow-up time points were statistically significant ($P<0.05$). The S-values of 7 days and 2 years after operation were 0.469 ± 0.034 , 0.436 ± 0.042 , C2–C7 angle was $16.5^\circ \pm 8.4^\circ$, $10.9^\circ \pm 6.7^\circ$, OC4D was 6.14 ± 0.63 cm, 5.31 ± 0.55 cm, ADI was 2.37 ± 0.85 mm, 3.18 ± 0.92 mm, CCA was $141.4^\circ \pm 21.1^\circ$, $132.6^\circ \pm 17.5^\circ$. All of this were decrease at 2 years postoperatively compared to 7 days postoperatively, the differences was statistically significant($P<0.05$). The OC2A interoperative correction value was $10.4^\circ \pm 9.9^\circ$ and the OC2A postoperative loss value, Δ S value, Δ C2–C7 angle, Δ OC4D, Δ ADI, Δ CCA were $4.6^\circ \pm 4.2^\circ$, 0.033 ± 0.018 , $5.6^\circ \pm 5.2^\circ$, -0.83 ± 0.48 cm, -0.81 ± 0.67 mm, $-8.8^\circ \pm 18.4^\circ$ respectively. Pearson correlation analysis indicated that the loss value and correction value of OC2A were strongly negatively correlated($r=-0.699$, $P<0.001$). The postoperative OC2A loss value was positively correlated with Δ C2–C7 angle, Δ S value, Δ OC4D, Δ ADI, Δ CCA respectively($r=0.429$, $r=0.413$, $r=0.347$, $r=0.296$, $r=0.675$; $P<0.05$). **Conclusions:** The greater of the correction value of OC2A in BI patients, the more OC2A loss after surgery, and the loss of OC2A tended to be stable in 1 year after surgery; and excessive loss of OC2A can easily lead to significant changes in the curvature of the subaxial cervical spine.

[Key words] Basilar invagination; Occipitocervical fusion; Occipito–cervical angle; Subaxial cervical curvature

[Author's address] Department of Orthopedics, Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou, 646000, China

原发性颅底凹陷症(basilar invagination, BI)是由于枕节的分节失败引起的先天发育性颅颈交界区畸形,主要由齿状突高位突入枕骨大孔压迫延脊髓、低位颅神经以及脑脊液循环受阻所致。临床表现为头痛、枕颈部疼痛、颈部僵硬、复视、眼眶疼痛、眩晕、面部和四肢感觉异常、进行性小脑共济失调、四肢乏力、性功能障碍等症状^[1]。可伴有Chiari畸形、Klippel–Feil综合征等畸形。随着病情进展可出现寰枢椎脱位、脊髓空洞等。枕颈融合术(occipito–cervical fusion, OCF)是目前治疗BI的有效手术方式。1927年Foerster^[2]首次通过枕颈融合固定治疗枕颈区疾病,取得了满意疗效。目前对于OCF术中枕颈角(occipito–C2 angle, OC2A)的最适固定角度仍存在争议。不合理的枕颈固定角度会导致术后严重并发症,并影响远期手术疗效^[3,4]。而既往文献中关于BI患者OCF术后OC2A值随着随访时间的延长是否发生变化且是否存在变化规律,术后OC2A的变化与术中OC2A矫正

度数是否存在相关性,术后OC2A的变化是否对下颈椎曲度存在影响尚缺乏系统报道。本研究回顾性分析我院收治的原发性BI患者OCF术后OC2A的变化,分析变化规律,探究术后OC2A的变化与术中OC2A矫正值的关系,对下颈椎曲度的影响及其临床意义,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

病例纳入标准:(1)符合原发性BI诊断标准,齿状突尖端位于Chamberlain线上方延伸超过5mm;(2)在我院行OCF,术后随访时间超过2年,随访资料完整;(3)术后患者能够正常行走及进行日常活动。排除标准:(1)继发于成骨不全(osteogenesis imperfecta)、甲状腺功能减退(hyperparathyroidism)、佝偻病(rickets)、Pagets病及其他颅底软化的疾病和外伤、急性感染、肿瘤、陈旧性齿状突骨折等急性和亚急性病变行OCF

者;(2)既往有枕颈部手术史患者;(3)术后随访过程中再次行下颈椎前路或者后路手术者;(4)合并其他胸腰椎疾病影响脊柱矢状位平衡者。

1.2 一般资料

2013 年 9 月~2019 年 4 月共有 30 例 BI 患者纳入本研究。随访时间 26.8 ± 7.2 个月 (22~35 个月), 其中男 11 例, 女 19 例, 年龄 49.0 ± 12.2 岁 (29~71 岁), 合并 Chiari 畸形 2 例, 寰椎融合 5 例, 脊髓空洞 3 例, Klippel-Feil 畸形 4 例, 同时合并 Chiari 畸形和脊髓空洞 4 例, Chiari 畸形和寰枕融合 10 例。固定节段: C0~C2 20 例, C0~C3 8 例, C0~C4 2 例。术前常规行颈椎正侧位和动力位 X 线片、颈椎 CT 三维重建、全脊柱 MRI 检查, 术后定期复查颈椎正侧位 X 线片。

1.3 影像测量与观察指标

收集患者术前和术后 7d、3 个月、6 个月、1 年、2 年的颈椎侧位 X 线片, 于我院图像与数据传输系统 (PACS 4.4) 上测量 OC2A: McGregor 线 (硬腭后上缘与枕鳞皮质外缘最低点的连线) 与 C2 椎体下终板线的夹角; 在术后 7d 与术后 2 年颈椎侧位 X 线片上测量: (1) 下颈椎椎间盘与椎体高度比 (S 值), 下颈椎椎间盘高度 $h1$ (C2/3+C3/4+

C4/5+C5/6+C6/7)/椎体高 H2 (C3+C4+C5+C6+C7); (2) 下颈椎前凸角 (C2-C7 角), C2 椎体下终板线与 C7 椎体下终板线连线的夹角; (3) OC4D, C4 椎体中心到 McGregor 线的垂直距离^[5]; (4) 前寰齿间隙 (atlas-dens interval, ADI), 寰椎前弓后侧皮质与齿状突前侧皮质之间的距离; (5) 斜坡椎管角 (clivus-canal angle, CCA), 由 Wackenheim 斜坡基线与枢椎椎体及齿状突后缘线所构成的开口向前的夹角, Wackenheim 斜坡基线即斜坡上表面的切线 (图 1)。对于 C2-C3 融合患者, 则以 C3 椎体下终板代替 C2 椎体下终板线, 下颈椎 S 值则从 C3/4 椎间隙及 C3 椎体高度开始测量。OC2A 和 C2-C7 角前凸记为“+”值, 后凸记为“-”值。数据分别由 2 位脊柱外科主治医师独自测量, 间隔时间不超过 2 周, 结果取其平均值, 以均数 $\pm$ 标准差形式表示。

OC2A 术中矫正值 = 术后 7d OC2A - 术前 OC2A; 术后丢失值 = 术后 2 年 OC2A - 术后 7d OC2A; ΔS 值 = 术后 2 年 S 值 - 术后 7d S 值; $\Delta C2-C7$ 角 = 术后 2 年 C2-C7 角 - 术后 7d C2-C7 角; $\Delta OC4D$ = 术后 2 年 OC4D - 术后 7d OC4D; ΔADI = 术后 2 年 ADI - 术后 7d ADI; ΔCCA = 术后 2 年



图 1 中立位颈椎侧位 X 线片上影像学参数测量方法 a 枕颈角, McGregor 线 (硬腭后上缘与枕骨鳞部外板最低点连线, A 线) 与 C2 椎体下缘切线 (B 线) 的夹角 (α); 下颈椎前凸角, C2 椎体下缘切线 (B 线) 与 C7 椎体下缘切线 (C 线) 的夹角 (β) b 下颈椎间盘与椎体高度比, $S = (h1+h2+h3+h4+h5)/(H1+H2+H3+H4+H5)$; ADI, 寰椎前弓后侧皮质与齿状突前侧皮质之间的距离 c OC4D, C4 椎体中心到 McGregor 线的垂直距离; 斜坡椎管角: 由 Wackenheim 斜坡基线与枢椎椎体及齿状突后缘线所构成的开口向前的夹角 (e), Wackenheim 斜坡基线, 即斜坡上表面的切线

Figure 1 Measurement of imaging parameters on neutral cervical lateral X-ray a Measurement method of OC2A: the angle (α) between McGregor line (line A) and the line (line B) tangential to the inferior aspect of the axis; lower cervical lordosis angle, the angle (β) between the line tangential to the inferior aspect of C2 (line B) and the line tangential to the inferior aspect of C7 (line C) b Height ratio of subaxial cervical intervertebral discs and vertebral bodies. $S = (h1+h2+h3+h4+h5)/(H1+H2+H3+H4+H5)$; ADI: distance between the posterior cortex of the anterior arch of the atlas and the anterior cortex of the odontoid c OC4D: the vertical distance from the C4 vertebral center to McGregor line; CCA: angle (e) formed at junction of Wackenheim line and posterior vertebral body line

CCA-术后 7d CCA。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 (SPSS Inc. Chicago, IL) 统计软件进行统计学分析。术前及术后 7d、3 个月、6 个月、1 年、2 年随访时的 OC2A 值两两间比较以及术后 7d 与术后 2 年 S 值、C2-C7 角、OC4D、ADI 与 CCA 比较采用配对 *t* 检验, 采用 Pearson 相关性检验和线性回归分析 OC2A 丢失值与术中 OC2A 矫正值、 Δ S 值、 Δ C2-C7 角、 Δ OC4D、 Δ ADI、 Δ CCA 之间的相关性, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

30 例 BI 患者术前 OC2A 为 $5.4^\circ \pm 7.2^\circ$, 术后 7d、3 个月、6 个月、1 年及 2 年的 OC2A 分别为 $15.8^\circ \pm 5.6^\circ$ 、 $13.5^\circ \pm 4.5^\circ$ 、 $12.4^\circ \pm 4.7^\circ$ 、 $11.6^\circ \pm 4.6^\circ$ 、 $11.2^\circ \pm 5.1^\circ$, 随访过程中 OC2A 呈现逐渐下降趋势 (图 2、3)。术后 1 年与 2 年 OC2A 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 但其余各两两随访时间点的 OC2A 值比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。术中 OC2A 矫正值与术后 OC2A 丢失值分别为 $10.4^\circ \pm 9.9^\circ$ 和 $-4.6^\circ \pm 4.2^\circ$, 两者呈显著负相关 (图 4, $r = -0.699$, $P < 0.001$)。

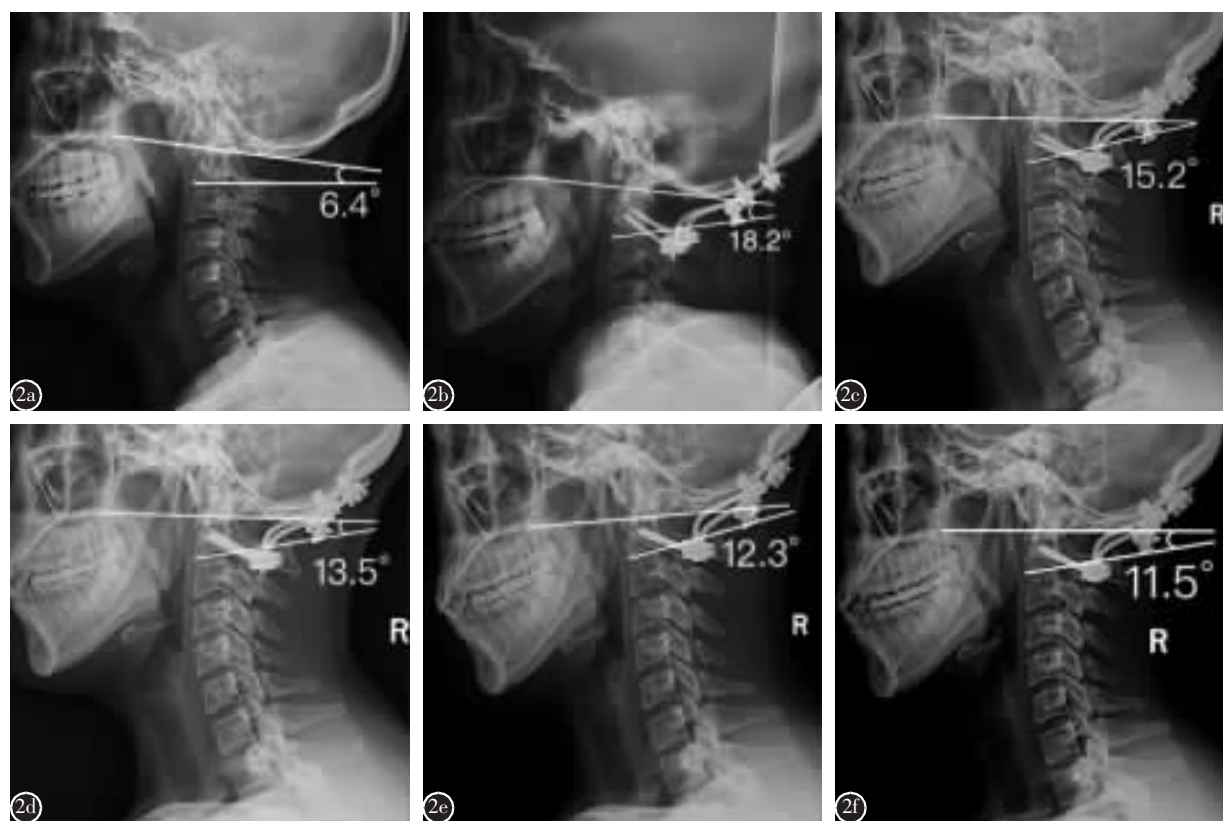


图 2 患者女性, 42 岁, 枕颈部疼痛 2 余年, 加重伴四肢麻木、乏力 6 个月余。术前诊断: 颅底凹陷症; 寰枕融合。行 O-C2 枕颈融合固定手术 a 术前颈椎 X 线片示齿状突高位, 突入枕骨大孔, OC2A 为 6.4° b 术后 7d OC2A 为 18.2° , 较术前矫正 11.8° c 术后 3 个月随访 OC2A 为 15.2° , 较术后 7d 减少 3° d-f 术后 6 个月、术后 1 年及术后 2 年随访 OC2A 分别为 13.5° 、 12.3° 、 11.5° , 变化幅度较术后 3 个月明显减缓

Figure 2 A 42-year-old female patient with occipital and neck pain for 2 years, aggravated with numbness and fatigue of extremities for 6 months. Preoperative diagnosis: Basilar invagination and atlantooccipital fusion. O-C2 occipitocervical fixation was performed a Preoperative X-ray showed high odontoid process which protruded into the foramen magnum. The OC2A was 6.4° b The OC2A was 18.2° at 7 days postoperatively, which was improved by 11.8° compared with that before operation c The OC2A of the patient was 15.2° at 3 months postoperatively, which was a decrease of 3.0° compared with the that 3 days postoperatively d-f The OC2A at 6 months, 1 year, and 2 years after operation were 13.5° , 12.3° , and 11.5° , respectively, and the range of changes was significantly slower than that of 3 months after operation

术后 7d 与术后 2 年下颈椎 S 值、C2-C7 角、OC4D、ADI、CCA 见表 1。Pearson 相关分析提示术后 OC2A 丢失值与 Δ C2-C7 角、 Δ S 值均成正相关 ($r=0.429, P=0.018; r=0.413, P=0.023$) (图 5)。

3 讨论

3.1 BI 患者 OCF 术后 OC2A 的变化规律

原发性 BI 由于先天性发育异常,齿状突高位突入枕骨大孔压迫延髓、脑干,可伴有寰枢椎不稳、脱位。OCF 是治疗 BI 有效且成熟的术式,能够解除脊髓受压,矫正畸形,缓解患者症状。有文献报道^[6]BI 患者 OC2A 明显低于正常人群,术中对患者枕颈区进行撑开、复位,解除脊髓受压的同时需矫正患者枕颈角度。Izeki 等^[3]研究发现术中 OC2A 不合理的固定角度容易导致患者术后出现持续的呼吸或吞咽困难。Matsubayashi 等^[6]对 BI 患者 OCF 术后随访研究发现术中 OC2A 固定角度会影响下颈椎的前凸角度,导致固定节段远端出现局部后凸或者过度前凸畸形等。对于患者术前存在中、下颈椎后凸或向前滑脱,过度矫正 OC2A 会加剧中下颈椎的矢状位不平衡^[7]。王鑫鑫等^[4]也发现术后 OC2A 固定在过度前凸时会导致下颈椎应力点和生物力学线发生明显改变,椎间盘所受压力分布和大小变化,导致其营养障碍,含水量降低,弹性减弱,加速椎间盘退变。以上研究表明 OCF 术后 OC2A 固定状态对下颈椎存在影响。

本研究发现 BI 患者 OCF 术后随访过程中

OC2A 并不是一直保持在术后即刻状态,患者 OC2A 矫正角度随时间逐渐丢失,1 年后这种变化逐渐趋于稳定。OC2A 术后丢失值与术中矫正值的相关性提示术中 OC2A 矫正度数越大,则术后患者 OC2A 丢失就越明显。我们认为可能与以下几方面有关:(1)原发性 BI 患者颅颈交界区畸形,OC2A 与正常人群存在明显差异,患者经过自身长时间的上下颈椎矢状位相互代偿调节,形成颈椎的生物力学平衡。术中较大的 OC2A 矫正度数使患者枕颈区生物力学环境发生明显的改变,术后患者存在逐渐恢复术前平衡状态的趋势。(2)手术操作造成患者枕颈区肌肉及其附着点、软组织损伤,导致术后枕颈区肌肉、韧带相对薄弱,维持枕颈角度的能力减弱^[8]。(3)术中 OC2A 矫正过大以及术中枕颈区撑开,复位齿状突使寰枢椎前方肌肉、韧带以及关节囊结构拉伸、紧张,术后寰枢椎前方组织张力增高^[9],矫正后头颅重心后移,患者视线受影响,地面视觉变差^[10],术后代偿性的头颅前倾、恢复平视功能等都会导致患者术后 OC2A 的变化,短时间内 OC2A 出现明显矫正角度的丢失。(4)本研究中患者术后 2 年 OC4D、ADI、CCA 均较术后 7d 减小,出现垂直复位和前后复位的丢失。且变化值与 OC2A 丢失值成正相关关系。Ma 等^[11]研究发现 BI 合并 AAD 患者术中撑开、复位的过程中寰枢侧块关节突分离或复位,使其生物力学作用减弱。缺乏寰枢侧块支撑植骨融合的情况下,仅靠后方钉板内固定系统稳定,维

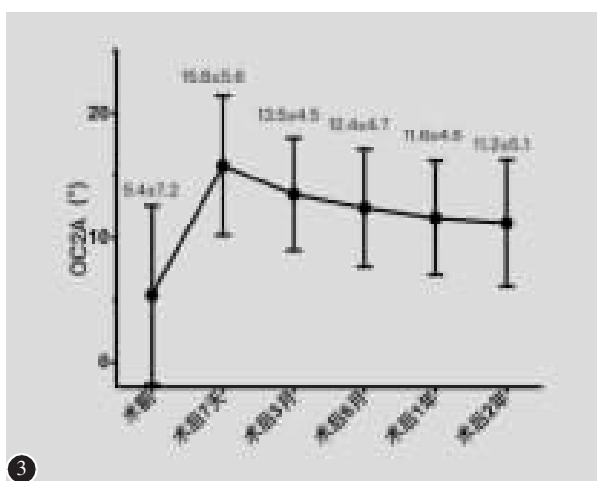


图 3 术后随访过程中 OC2A 随时间变化趋势

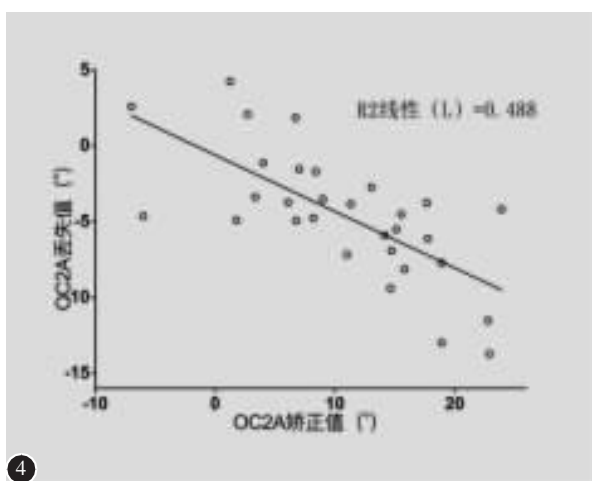


图 4 术后 OC2A 丢失值与术中 OC2A 矫正值负相关 ($r=-0.699, P<0.001$)

Figure 3 The trend of OC2A changes over time during postoperative follow-up **Figure 4** Postoperative OC2A loss value was significantly negatively correlated with intraoperative OC2A correction value ($r=-0.699, P<0.001$)

持术中复位效果^[12]。而 Achalare 等^[13]发现螺钉-杆界面或螺钉-骨界面存在轻微不稳定,术后存在复位丢失和症状复发的风险。Shimizu 等^[14]对 BI 患者长达 7 年的随访研究发现 OCF 术后下颈椎出现代偿性矢状位改变的同时枕颈固定节段也会出现对位变化。Goel^[9]和 Yang^[15]等曾报道后路减压、枕颈融合术后患者复位丢失、症状复发加重,行翻修手术的病例。(5)术后 1 年到 2 年随访过程中,枕颈区局部形成骨性融合。Godzik 等^[16]在对 OCF 术中不同植骨方式的临床疗效研究中发现术后达到骨性融合的时间约为 8.2~12.4 个月。这也间接证实本研究中 BI 患者 OCF 术后 OC2A 角度的丢失在 1 年随访后趋于稳定。本研究发现 BI 患者 OCF 术后 OC2A 的变化及其规律,通过分析发现寰枢侧块关节缺乏有效的支撑融合是术后垂直复位和前后复位丢失的重要基础,进一步

导致了术后 OC2A 丢失;同时术中较大的 OC2A 矫正范围使枕颈区生物力学环境的显著变化也是其术后丢失的重要原因。

3.2 OC2A 变化与下颈椎曲度的关系

目前已有文献报道 OC2A 与 C2-C7 角之间存在明显的负相关关系^[17-19]。OCF 术中 OC2A 固定角度选择不合理时,术后上下颈椎存在生物力学不平衡,下颈椎通过曲度改变在一定范围内对上颈椎 OC2A 角度的变化进行代偿,促使上下颈椎达到新的矢状位平衡^[6]。下颈椎代偿过程中曲度的变化会出现下颈椎的应力集中和活动度增加,导致下颈椎的退变加速^[20]。值得注意的是下颈椎代偿能力有限,OC2A 矫正过大超出下颈椎代偿能力时,患者可能出现 T1 倾斜角减小^[21]。此外,术中 C2 伸肌的剥离和深层解剖结构的破坏作为一个独立的影响因素对术后下颈椎退变具有重要的作用^[22]。本研究发现 OCF 术后 OC2A 丢失值与术后随访过程中 Δ C2-C7 角、 Δ S 值均成正相关。既往研究发现 BI 患者 OCF 术前与末次随访时 OC2A 与下颈椎均呈负相关^[6,23]。Hayashi 等^[24]发现后路寰枢椎融合手术中,下颈椎 C2-C7 角与上颈椎 OC-C1 角共同对 C1-C2 的矫正度数进行代偿,并且以 OC-C1 角为主。可见,术后 OC2A 的丢失程度会影响下颈椎的曲度变化。此外 OCF 术中 OC2A 过度前凸导致固定节段与下颈椎相邻的节段作为上、下颈椎交界区出现应力集中或异常活动,使相应节段退变加速,出现不稳或脱位,甚至

表 1 术后 7d 与术后 2 年影像学参数

Table 1 Results of the imaging parameters 7 days and two years after operation

	术后 7d 7 days after surgery	术后 2 年 2 years after surgery	差值 Difference
S 值 S value	0.469±0.034	0.436±0.042	-0.033±0.018
C2-C7 角(°) C2-C7 angle	16.5±8.4	10.9±6.7	-5.6±5.2
OC4D(cm)	6.14±0.63	5.31±0.55	-0.83±0.48
ADI(mm)	2.37±0.85	3.18±0.92	-0.81±0.67
CCA(°)	141.4±21.1	132.6±17.5	-8.8±18.4

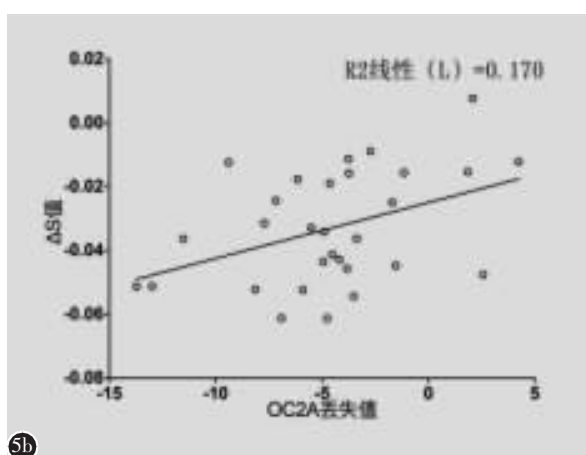
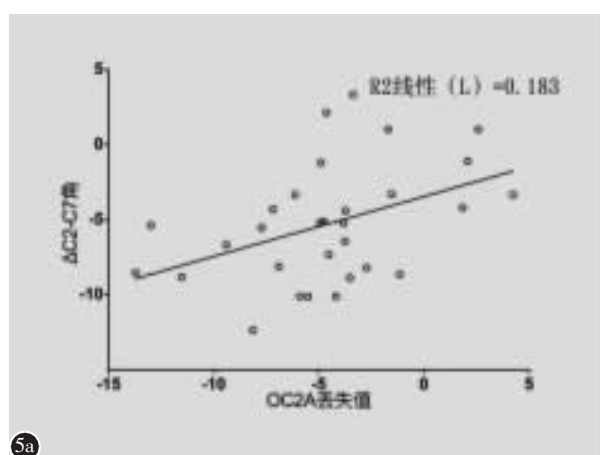


图 5 a 术后 OC2A 丢失值与 Δ C2-C7 角呈正相关($r=0.429$, $P=0.018$) b 术后 OC2A 丢失值与 Δ S 值呈正相关($r=0.413$, $P=0.023$)

Figure 5 a The postoperative OC2A loss value was positively correlated with the Δ C2-C7 angle($r=0.429$, $P=0.018$) b The postoperative OC2A loss value was positively correlated with the Δ S value($r=0.413$, $P=0.023$)

交界性后凸畸形^[7,24]。相关生物力学研究证实, OCF 术中不合理的 OC2A 固定角会导致术后下颈椎活动度以及椎间盘所受压力异常增加^[20,25]; 同时终板出现的微小骨折, 导致椎间盘髓核营养受损, 加速椎间盘脱水、变性、椎间隙变窄等退行性变^[26,27]。Inada 等^[28]的研究发现手术前后 Δ OC2A 与 Δ C2-C7 角两者呈负相关。本研究中 OC2A 矫正值与丢失值以及 OC2A 术后丢失值与 Δ C2-C7 角之间存在明显的相互关系, 术中 OC2A 过大的矫正度数导致术后 OC2A 出现明显的丢失, 从而进一步影响下颈椎的退变。OC2A 丢失值与 Δ C2-C7 角、 Δ S 值两者成正相关也进一步说明了上下颈椎之间的动态相互代偿关系。

对于原发性 BI 患者 OCF 术中 OC2A 的最适固定角度, Passias 等^[29]对术后下颈椎曲度和椎体对位变化研究后提出 OCF 术中 OC2A 应该固定在正常人群中立位角度 15° 左右; Miyata 等^[30]对 OCF 术后呼吸、吞咽困难相关并发症分析研究后也认为 OC2A 固定在 15° 左右能够有效降低其发生率; 王鑫鑫等^[4]对术后下颈椎的退变研究后建议 OCF 术中 OC2A 固定在 $9^\circ \sim 22^\circ$; 而孟阳等^[23]建议固定在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。对于 OC2A 明显低于正常值的患者, 将 OC2A 固定在正常角度 15° 是否取得最佳手术效益, 以及对患者脊髓功能恢复、术后疼痛缓解和术后并发症的影响仍需更多的病例研究。然而, 在部分畸形严重的患者中, 将 OC2A 矫正至 15° 往往意味着较大的矫正度数。唐超等^[31]对 42 例 BI 患者术中 OC2A 及 POCA 矫正角度进行研究, 对比术前 OC2A 基线值, 术中较小的矫正范围将 OC2A 固定在低于正常人群 95% 置信区间 ($8.6^\circ \sim 21.1^\circ$) 的患者术后颈椎 VAS 评分、JOA 评分和 NDI 均优于 OC2A 固定在上述置信区间范围的患者。

综上, 原发性 BI 患者 OCF 术后 OC2A 随访过程中存在固定角度的丢失, 并且 1 年之后这种丢失逐渐趋于平稳, OC2A 术后丢失值与术中 OC2A 矫正值有关, 同时, 过多的 OC2A 丢失易导致下颈椎曲度发生变化。然而, 文中并未对术中 OC2A 合理的矫正度数进行探讨, 以及 OC2A 术后丢失的其他影响因素有待后续进一步的研究。

4 参考文献

1. Brito J, Santos B, Nascimento I, et al. Basilar invagination

associated with chiari malformation type I: a literature review[J]. Clinics(Sao Paulo), 2019, 74: e653.

2. Foerster O. Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls und die chirurgische Behandlung der Schmerzzustände [M]. Urban & Schwarzenberg, 1927.
3. Izeki M, Neo M, Takemoto M, et al. The O-C2 angle established at occipito-cervical fusion dictates the patient's destiny in terms of postoperative dyspnea and/or dysphagia [J]. Eur Spine J, 2014, 23(2): 328-336.
4. 王鑫鑫, 王利民, 王卫东, 等. 枕颈融合角度与颅颈交界区畸形患者下颈椎退变的关系[J]. 中国组织工程研究, 2014, 18(4): 613-618.
5. Tang C, Yang S, Liao YH, et al. A novel method for measurement of the occipital-cervical distance via the occiput-C4 distance[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 385.
6. Matsubayashi Y, Shimizu T, Chikuda H, et al. Correlations of cervical sagittal alignment before and after occipitocervical fusion[J]. Global Spine, 2016, 6(4): 362-369.
7. Matsunaga S, Onishi T, Sakou T. Significance of occipitoaxial angle in subaxial lesion after occipitocervical fusion[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2001, 26(2): 161-165.
8. Garrido BJ, Sasso RC. Occipitocervical fusion[J]. Orthop Clin North Am, 2012, 43(1): 1-9.
9. Goel A, Bhatjiwale M, Desai K. Basilar invagination: a study based on 190 surgically treated patients[J]. Neurosurg, 1998, 88(6): 962-968.
10. Ashafai NS, Visocchi M, Wasik N. Occipitocervical fusion: an updated review [J]. Acta Neurochir Suppl, 2019, 125: 247-252.
11. Ma F, Kang M, Liao YH, et al. The use of intraoperative traction for achieving reduction of irreducible atlantoaxial dislocation caused by different craniovertebral junction pathologies[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018, 175: 98-105.
12. 蓝思彬, 段明阳, 许俊杰, 等. 寰枢关节间撑开技术治疗颅底凹陷症的研究进展[J]. 中国临床解剖学杂志, 2018, 36(2): 236-238.
13. Achalare A, Chaudhary K, Dhawale A, et al. Transoral release to realign postoperative loss of reduction following occipitocervical fixation for congenital basilar invagination [J]. Spine Deform, 2021, 9(4): 1197-1205.
14. Shimizu T, Fujibayashi S, Otsuki B, et al. Long-term radiographic outcome of occipitocervical fixation: an analysis of fusion rate and spontaneous subaxial alignment change at an average 7-year follow-up[J]. Spine, 2021, 46(3): 152-159.
15. Yang J, Ma X, Xia H, et al. Transoral anterior revision surgeries for basilar invagination with irreducible atlantoaxial dislocation after posterior decompression: a retrospective study of 30 cases[J]. Eur Spine J, 2014, 23(5): 1099-1108.
16. Godzik J, Ravindra VM, Ray WZ, et al. Comparison of structural allograft and traditional autograft technique in occipitocervical fusion: radiological and clinical outcomes

- from a single institution[J]. *Neurosurg Spine*, 2015, 23(2): 144–152.
17. Sherekar SK, Yadav YR, Basoor AS, et al. Clinical implications of alignment of upper and lower cervical spine[J]. *Neurol India*, 2006, 54(3): 264–267.
18. Nojiri K, Matsumoto M, Chiba K, et al. Relationship between alignment of upper and lower cervical spine in asymptomatic individuals[J]. *Neurosurg*, 2003, 99(1 Suppl): 80–83.
19. Guo Q, Ni B, Yang J, et al. Relation between alignments of upper and subaxial cervical spine: a radiological study [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2011, 131(6): 857–862.
20. Liu Q, Guo Q, Yang J, et al. Subaxial cervical intradiscal pressure and segmental kinematics following atlantoaxial fixation in different angles[J]. *World Neurosurg*, 2016, 87: 521–528.
21. Alijani B, Rasoulian J. The sagittal balance of the cervical spine: radiographic analysis of interdependence between the occipitocervical and spinopelvic alignment [J]. *Asian Spine*, 2020, 14(3): 287–297.
22. Kim HS, Lee JB, Park JH, et al. Risk factor analysis of postoperative kyphotic change in subaxial cervical alignment after upper cervical fixation[J]. *Neurosurg Spine*, 2019, 26: 1–6.
23. 孟阳, 刘浩, 戎鑫, 等. 颅底凹陷症合并寰枢椎脱位患者枕颈角与下颈椎曲度的关系[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27(1): 25–30.
24. Hayashi T, Daubs MD, Suzuki A, et al. The compensatory relationship of upper and subaxial cervical motion in the presence of cervical spondylosis[J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29(4): E196–E200.
25. 张鹏. 枕颈融合术后下颈椎曲度异常的生物力学和临床研究[D]. 中国人民解放军海军军医大学, 2018.
26. Urban JP, Holm S, Maroudas A, et al. Nutrition of the intervertebral disk. An in vivo study of solute transport [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1977, 129: 101–114.
27. Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, et al. Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2002, 27(22): 2431–2434.
28. 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*, 2016, 10(4): 744–747.
29. 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]. *Spinal Disord Tech*, 2013, 26(1): 15–21.
30. Miyata M, Neo M, Fujibayashi S, et al. O–C2 angle as a predictor of dyspnea and/or dysphagia after occipitocervical fusion[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(2): 184–188.
31. 唐超, 廖烨晖, 钟德君, 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:2021–08–14 修回日期:2021–10–29)
(英文编审 谭 啸)
(本文编辑 姜雅浩)