

正颌手术对严重骨性Ⅲ类患者 上气道大小的影响及关键因素筛选

周志远¹, 石玉心², 顾赫泽³, 侯奕阳³, 徐欣¹

(1.山东大学齐鲁医学院口腔医学院·口腔医院种植科 山东省口腔组织再生重点实验室

口腔生物材料与组织再生山东省工程研究中心 山东省口腔疾病临床医学研究中心, 山东 济南 250012;

2.宁波市存济口腔耳鼻喉医学研究所, 浙江 宁波 315016; 3.浙江中医药大学口腔医学院, 浙江 杭州 310053)

摘要: **目的** 探讨正颌手术对严重骨性Ⅲ类错颌畸形患者上气道大小的影响, 并筛选出影响上气道大小的关键颅面因素, 为优化手术方案和保障气道安全提供科学依据。 **方法** 回顾性分析接受同一医疗团队行正畸-正颌联合治疗的严重骨性Ⅲ类错颌畸形患者 21 例。全部患者均接受双颌正颌手术(上颌 Le Fort I 型截骨前徙术+下颌双侧矢状劈开截骨后退术), 部分患者同期行额成型手术。收集患者术前和术后 6 个月以上的锥形束 CT 影像资料, 测量颅颌面指标和上气道相关指标(总容积、各分段容积、最小横截面积), 分析手术前后各指标变化及颅面指标与上气道指标变化的相关性。 **结果** 术后患者矢状向及垂直向关系均显著改善: 下颌有效长度缩短 5.35 mm, Wits 值改善 8.77 mm, 前后向不调指数减小 9.92°, 下颌下角减小 1.51°, 垂直向不调指数增加 13.45° ($P<0.05$)。软组织侧貌显著改善: 下唇突点后移 7.09 mm, 软组织额前点后移 6.36 mm ($P<0.001$)。上气道总体及各段容积、最小横截面积手术前后差异无统计学意义 ($P>0.05$)。相关性分析显示: 上颌骨有效长度变化量 ($\Delta\text{Co-ANS}$)、下颌骨有效长度变化量 ($\Delta\text{Co-Pog}$) 及下颌磨牙高度变化量 ($\Delta\text{L6-MP}$) 与上气道总容积、最小横截面积及口咽容积的变化量呈显著正相关 ($r=0.442\sim 0.548$, $P<0.05$)。 **结论** 以“气道健康为导向、强调上颌充分前移与下颌协同调整”的正颌手术策略, 在对严重骨性Ⅲ类错颌畸形患者颌面形态进行矫正的同时, 有效维护了上气道空间。 $\Delta\text{Co-ANS}$ 、 $\Delta\text{Co-Pog}$ 以及 $\Delta\text{L6-MP}$ 是促进上气道总容积增加的关键因素, 可为临床个性化手术设计提供参考依据。

关键词: 骨性Ⅲ类错颌畸形; 正颌手术; 上气道; 锥形束 CT; 关键颅颌面解剖因素

中图分类号: G649.28

文献标志码: A

Impact of orthognathic surgery on upper airway dimensions in patients with severe skeletal class III malocclusion and identification of key influencing factors

ZHOU Zhiyuan¹, SHI Yuxin², GU Heze³, HOU Yiyang³, XU Xin¹

(1. Department of Implantology, School and Hospital of Stomatology, Cheeloo College of Medicine, Shandong University & Shandong Key Laboratory of Oral Tissue Regeneration & Shandong Engineering Research Center of Dental Materials and Oral Tissue Regeneration & Shandong Provincial Clinical Research Center for Oral Diseases, Jinan 250012, Shandong, China;

2. Ningbo Savaid Stomatology & Otolaryngology Research Institute, Ningbo 315016, Zhejiang, China;

3. School of Stomatology, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, Zhejiang, China)

Abstract: Objective To investigate the impact of orthognathic surgery on the upper airway dimensions in patients with severe skeletal class III malocclusion and to identify key craniofacial factors influencing upper airway size, thereby providing scientific evidence for optimizing surgical plans and ensuring airway safety. **Methods** This retrospective study included 21 patients with severe skeletal class III malocclusion who underwent combined orthodontic-orthognathic

treatment by the same medical team. All patients underwent bimaxillary orthognathic surgery, with some receiving concomitant genioplasty. Cone-beam computed tomography images were collected preoperatively and at least 6 months postoperatively. Craniofacial and upper airway parameters (total volume, segmental volumes, and minimum cross-sectional area) were measured. Changes in these parameters before and after surgery were analyzed, along with correlations between changes in craniofacial and upper airway indicators. **Results** Postoperatively, patients showed significant improvements in sagittal and vertical relationships; effective mandibular length decreased by 5.35 mm, Wits appraisal improved by 8.77 mm, APDI decreased by 9.92°, mandibular plane angle decreased by 1.51°, and ODI increased by 13.45° (all $P < 0.05$). Soft tissue profile also improved significantly; lower lip protrusion decreased by 7.09 mm, and soft tissue pogonion decreased by 6.36 mm (both $P < 0.001$). No statistically significant differences were found in total upper airway volume, segmental volumes, or minimum cross-sectional area between preoperative and postoperative measurements ($P > 0.05$). Correlation analysis revealed that $\Delta\text{Co-ANS}$ (maxillary advancement), $\Delta\text{Co-Pog}$ (mandibular setback), and $\Delta\text{L6-MP}$ (change in mandibular molar height) were significantly positively correlated with changes in total upper airway volume, minimum cross-sectional area, and oropharyngeal volume ($r = 0.442-0.548$, $P < 0.05$). **Conclusion** An orthognathic surgery strategy with an airway-oriented approach, emphasizing adequate maxillary advancement and coordinated mandibular adjustment, effectively correct maxillofacial deformities in patients with severe skeletal Class III malocclusion while maintaining upper airway space. The amount of maxillary advancement ($\Delta\text{Co-ANS}$), mandibular setback amount ($\Delta\text{Co-Pog}$), and changes in mandibular molar height ($\Delta\text{L6-MP}$) are key factors contributing to increased upper airway volume, providing a reference for individualized surgical planning in clinical practice.

Key words: Skeletal class III malocclusion; Orthognathic surgery; Upper airway; Cone-beam computed tomography; Key craniomaxillofacial anatomical factors

骨性Ⅲ类错颌畸形是以上颌发育不足和/或下颌过度发育导致凹面型面容为特征的颅面发育异常,常伴有咬合及语音功能障碍、美观问题以及牙周组织潜在风险等。近年来,颅面形态与上气道结构及功能的关系日益引起人们的关注^[1-4]。相比于下颌后缩常伴气道狭窄的骨性Ⅱ类患者,骨性Ⅲ类患者通常被认为咽腔气道更为宽大^[5-6]。然而,矫正颌骨不调的正颌手术,尤其是包含下颌后退的术式,是否会因下颌后移而导致上气道容积减小,进而增加阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)风险,已成为临床关注的重点。

骨性Ⅲ类畸形的治疗应强调以病为导向的鉴别诊断^[7],仅凭临床面型或有限指标易导致手术设计不当,如上颌前徙不足或下颌后退过度可能导致术后“双缩”面容,从而增加气道和牙周风险^[8-9]。因此,在对严重骨性Ⅲ类患者进行临床治疗和手术设计时,需建立多维评估体系^[10],区分上颌不足、下颌过度或复合型病因,并针对上颌不足进行程度分级,从而指导手术设计,以避免出现医源性或继发性损害。

基于锥形束CT对于上气道容积测量的准确性和可靠性^[11],本研究拟采用锥形束CT三维成像技术,定量分析正颌手术对严重骨性Ⅲ类患者上气道总容积、各段容积以及最小截面积的影响,并通过相

关性分析筛选出与气道形态改变相关的颅面因素,以期为手术方案的优化提供依据,在改善颌面形态与咬合功能的同时,维护上气道健康,对OSA等风险进行预警和管理,实现“风险导向的正畸正颌联合治疗”的目标。

1 资料与方法

1.1 临床资料

本研究收集2019年1月至2023年6月于山东大学口腔医院正畸科就诊并接受正畸-正颌联合治疗的严重骨性Ⅲ类错颌畸形患者21例,其中女13例,男8例,18~25(22.2±2.2)岁。本研究为回顾性研究,已通过山东大学口腔医院医学伦理委员会批准(伦理批号:GR201912)。

纳入标准:①年龄18~25岁;②经临床检查和影像学评估确诊为真性严重骨性Ⅲ类错颌畸形,即Wits值 < -8 mm,且伴有典型颅面形态特征;③治疗方案包括正颌手术,即上颌Le Fort I型截骨前徙术和下颌双侧矢状劈开截骨(bilateral sagittal split ramus osteotomy, BSSRO)后退术;④于术前及术后6个月以上拍摄锥形束CT(cone beam CT, CBCT)。排除标准:①存在综合征型颅面畸形或先天性唇腭裂病史患者;②有颌面部外伤史或正颌手术史患者;

③术前经 CBCT 评估存在鼻中隔重度偏曲、鼻息肉、腺样体肥大等病变而导致上气道结构性狭窄的患者,以及术前确诊存在睡眠呼吸障碍性疾病患者^[12];④存在颞下颌关节器质性病变(如关节强直、重度骨关节炎),或伴有持续性剧烈关节区疼痛,或最大张口度 <30 mm 的患者;⑤CBCT 影像质量不佳,无法满足精确测量要求患者。

1.2 方法

1.2.1 手术方法

所有纳入研究的正颌手术患者,其治疗方案的规划与具体操作,均由同一经验丰富的正畸-正颌联合治疗团队全程负责设计与实施。手术设计严格依据每位患者的个体化畸形特征,核心内容包括对上颌骨和下颌骨进行精准的三维空间调整,主要涉及矢状向(前后方向)与垂直向(上下方向)的骨块移动。对于伴有颞部形态不佳(如颞部后缩、过突或不对称)的患者,为了进一步优化面下 1/3 轮廓,部分患者在正颌手术的同时,同期接受颞成型术,以实现面部整体美学与功能的和谐统一。在手术操作中,为保障术后骨骼的即刻稳定性与早期骨愈合,所有患者均采用生物相容性良好的纯钛接骨板及钛钉系统,在关键骨段就位后实施坚固内固定。

1.2.2 图像获取

所有患者的影像数据均于术前和术后 6 个月,使用 CBCT 设备(NewTom 5G, NewTom, 意大利)进行标准化采集。扫描时患者取自然头位,于牙尖交错位咬合,并在吞咽末屏息状态下完成,以确保颌骨关系、上气道形态及头部姿势的可重复性与可比性。

1.2.3 图像预处理与三维重建

将获得的数据导入海豚成像与管理解决方案软件(Dolphin Imaging and Management Solutions,

DICOM, 美国),首先进行头位校正,使法兰克福平面(为眶点与耳点构成平面)与地平面平行。随后,在软件的“鼻窦-气道”模块中进行上气道的三维重建。定义上气道前界为过后鼻棘点所做眶耳平面的垂线,后界为软组织后壁,上界为蝶骨体下缘,下界过第 4 颈椎椎体前缘最低点作法兰克福平面的平行线,调整上气道灰度值为 50,重建上气道三维形态^[13]。再分别过后鼻棘点、会厌顶点作法兰克福平面的平行线,将上气道划分为鼻咽、口咽、喉咽 3 个区域;另过悬雍垂尖点作法兰克福平面的平行线,将口咽进一步分为腭咽部和舌咽部。测量指标包括:上气道总容积、鼻咽容积、腭咽容积、舌咽容积、喉咽容积以及上气道最小横截面积^[14](图 1)。

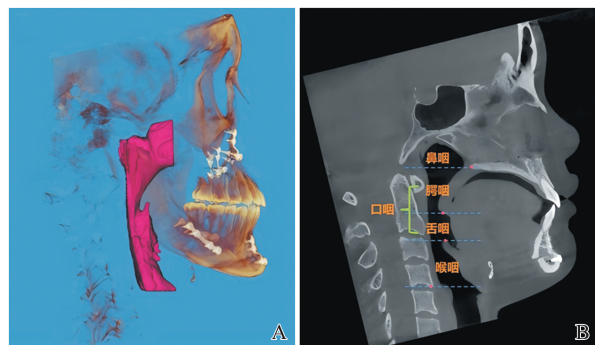


图 1 上气道三维重建及上气道分区

A: 上气道三维形态重建图; B: 上气道各段分区示意图。

Figure 1 Three-dimensional reconstruction of the upper airway and its sectional divisions

A: Three-dimensional reconstructed morphology of the upper airway; B: Schematic diagram of the segmented divisions of the upper airway.

1.2.4 颅面骨性变量测量

使用头位校正后的 CBCT 合成头颅侧位片。所有侧位片由 1 名研究者进行头影测量,各测量指标定义及临床意义^[15-18]见表 1。

表 1 颅面测量指标及定义

Table 1 Craniofacial measurement indicators and definitions

变量	定义及名称
上颌骨有效长度(Co-ANS)	髁突顶点(Co)和前鼻棘点(anterior nasal spine, ANS)连线的距离。
U1-ANS	上颌中切牙的切缘点(U1)和 ANS 连线的距离。
U6-PP	上颌第一磨牙牙尖点到腭平面(PP)的垂线距离。
L1-MP	下颌中切牙切缘点(L1)到下颌平面(mandibular plane, MP)的垂线距离。
下颌磨牙高度变化(L6-MP)	下颌第一磨牙牙尖点到 MP 的垂线距离。
下颌体长(Go-Me)	下颌角点(Go)与颞下点(Me)间的直线距离,代表下颌体的长度。
下颌长(Co-Pog)	下颌骨有效长度;Co 与颞前点(Pog)间的直线距离。
下颌下角(Na-Go-Me)	由从鼻根点(Na)到 Go 的连线,以及从 Go 到 Me 的连线构成。
关节角(S-Ar-Go)	由从蝶鞍中心点(S)到关节点(Ar)点的连线以及从 Ar 到 Go 点的连线构成。

续表

变量	定义及名称
前后向不调指数(anteroposterior dysplasia indicator, APDI)	APDI=面角+ A-B 平面角±腭平面角 (palatal plane angle, PP),评估颌骨前后向不调的综合性指标。
垂直向不调指数(overbite depth indicator, ODI)	ODI = PP + 下颌平面角 (mandibular plane to FH angle, MP),评估颌骨垂直向不调的综合性指标。
Wits 值	在上颌殆平面(或法兰克福平面)上,从 A 点、B 点分别向功能性颌平面作垂线,垂足之间的距离。
后面高(S-Go)/前面高(N-Me)	S-Go 与 N-Me 的比值,反映下颌骨的垂直向发育与整个面部的垂直高度的比例关系。
上唇突(ULP-Sn Perp)	上唇突点(upper lip point, ULP)到鼻下真垂线之间的垂直距离。
下唇突(LLP-Sn Perp)	下唇突点(lower lip point, LLP)到鼻下真垂线之间的垂直距离。
Pog'-Sn Perp	软组织颏前点(Pog')到鼻下真垂线之间的垂直距离。
C-Sn Perp	软组织颏点(C)到鼻下真垂线之间的垂直距离。
Sn-Me'	鼻底点(Sn)与软组织颏下点(Me')连线的距离。

1.3 统计学处理

采用 G * Power 3.1.9.7 软件。设定显著性水平 (α) 为 0.05 (双侧), 检验效能 ($1-\beta$) 为 80%, Cohen's *d* 效应量为 0.80, 为大效应量。经配对 *t* 检验样本量分析, 为达到上述统计要求, 至少需要 14 例有效样本^[19]。最终纳入 21 例患者。

采用 SPSS 25.0 统计学软件。计量资料中, 符合正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 组间比较采用配对样本 *t* 检验; 不符合正态分布以 *M* (P_{25} , P_{75}) 描述, 采用 Wilcoxon 符号秩检验。采用 Pearson 相关分析评估符合正态分布的颅面测量指标与上气道测量指标变化量之间的线性相关性; 若差值不符合正态分布, 则采用 Spearman 相关分析。检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 患者人口统计学特征

所有患者均接受双颌正颌手术 (Le Fort I 型截骨术 + 双侧下颌支矢状劈开截骨术), 其中 15 例 (71.4%) 同期联合颏成形术。

2.2 患者术前与术后测量项目的变化

由表 2 可见, 术后有效矫正了矢状向骨性不调:

表 2 正颌手术前后头影测量与上气道测量各项指标比较 ($n = 21$)

Table 2 Comparison of cephalometric and upper airway measurements before and after orthognathic surgery ($n = 21$)

测量项目	术前	术后	<i>t</i> / <i>Z</i>	<i>P</i>
Co-ANS/mm	83.10(79.40, 86.80)	86.07(81.20, 90.95)	-2.007	0.058
U1-ANS/mm	30.17±3.78	30.03±4.05	0.278	0.784
U6-PP/mm	25.98±3.34	25.97±3.73	0.034	0.974
L1-MP/mm	43.56±4.36	41.61±3.60	4.316	<0.001

Co-ANS 有所增加 (Δ Co-ANS: +1.53 mm), 差异无统计学意义 ($P = 0.058$)。Co-Pog 减小 (Δ Co-Pog: -5.35 mm, $P < 0.001$), 使得反映矢状关系的 Wits 值 (+8.77 mm, $P < 0.001$) 和 APDI 指数 (-9.92, $P < 0.001$) 均发生改善, 表明颌骨矢状向不调得到有效矫正。

在垂直方向上, 术后 Na-Go-Me 减小 (Δ Na-Go-Me: -1.51°, $P = 0.011$), ODI 增加 (Δ ODI: +13.45, $P < 0.001$), S-Ar-Go 增大 (Δ S-Ar-Go: +1.30°, $P = 0.053$)。术后 S-Go/N-Me 比值也有所增加 (Δ S-Go/N-Me: +0.94%, $P = 0.109$)。表明手术对颌面垂直向关系及比例产生了重要的协调作用。

软组织测量方面, 术后 ULP-Sn Perp 前移 (Δ ULP-Sn Perp: +0.74 mm, $P = 0.042$), LLP-Sn Perp 后移 (Δ LLP-Sn Perp: -7.09 mm, $P < 0.001$), Pog'-Sn Perp 减小 (Δ Pog'-Sn Perp: -6.36 mm, $P < 0.001$), Sn-Me' 有所减小 (Δ Sn-Me': -0.70 mm, $P = 0.475$), 提示软组织侧貌得到明显改善。

上气道总容积及各分段 (鼻咽段、口咽段、腭咽段、舌咽段、喉咽段) 容积在术后总体呈稳定趋势, 但变化均差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 表明上气道空间在骨骼结构调整后得以成功维持。

续表

测量项目	术前	术后	t/Z	P
L6-MP/mm	31.82±4.17	30.60±4.23	2.938	0.008
Go-Me/mm	77.61±6.41	74.08±5.97	4.260	<0.001
Co-Pog/mm	128.90±9.16	123.55±7.73	6.827	<0.001
Na-Go-Me/°	81.63±6.46	80.13±5.34	2.812	0.011
S-Ar-Go/°	144.20±7.36	145.49±7.25	-2.056	0.053
APDI	101.94±8.49	92.02±6.16	8.511	<0.001
Wits/mm	-13.67±3.81	-4.90±2.50	-11.490	<0.001
ODI	50.55±6.29	64.00±7.08	-10.296	<0.001
S-Go/N-Me/%	65.07±5.94	66.01±5.60	-1.679	0.109
ULP-Sn Perp/mm	6.09±1.64	6.83±2.41	-2.172	0.042
LLP-Sn Perp/mm	12.38±4.09	5.29±3.55	11.295	<0.001
Pog'-Sn Perp/mm	8.21±6.12	1.84±4.14	5.854	<0.001
C-Sn Perp/mm	45.90±7.59	51.24±7.69	-2.665	0.015
Sn-Me'/mm	77.50±8.61	76.80±6.58	0.728	0.475
总容积/mm	35 418.00±10 495.20	35 889.71±9 434.70	-0.260	0.797
最小横截面积/mm	248.81±102.34	241.90±90.09	0.364	-0.719
鼻咽容积/mm	8 661.76±2 093.45	8 942.19±2 189.22	-0.506	0.618
口咽容积/mm	17 499.57±7 718.53	17 368.10±6 563.25	0.104	0.918
腭咽容积/mm	11 469.10(9 905.12, 13 033.8)	10 848.95(9 161.18, 12 536.72)	-0.226	0.821
舌咽容积/mm	4 815.00(3 826.50, 5 803.50)	5 183.00(4 408.50, 7 593.50)	-0.539	0.590
喉咽容积/mm	9 256.67(7 093.00, 11 420.34)	8 895.00(7 139.50, 11 410.50)	-0.463	0.648

2.3 侧位片头影测量指标与上气道指标变化量的相关性分析

头影测量指标的变化量与上气道指标变化量的相关性分析显示, $\Delta\text{Co-ANS}$ 与上气道总容积的增加 ($r = 0.548, P = 0.010$)、最小横截面积的增大 ($r = 0.442, P = 0.045$) 以及口咽容积的增加 ($r = 0.452, P = 0.040$) 均呈正相关。 $\Delta\text{Co-Pog}$ 与上气道总容积 ($r = 0.461, P = 0.035$)、最小横截面积 ($r = 0.459, P = 0.036$) 及口咽容积 ($r = 0.492, P = 0.024$) 亦呈正相关。此外, $\Delta\text{L6-MP}$ 与上气道总容积 ($r = 0.452, P = 0.040$) 及最小横截面积 ($r = 0.455, P = 0.038$) 呈正相关。其他颅面测量指标的变化量与上气道各指标变化量之间未见相关性 ($P > 0.05$)。

3 讨论

正颌手术通过重建颌骨位置,旨在恢复咬合功能与面部美观。不同的颌骨形态,下颌骨的不同位置,都会对上气道造成影响^[20-21]。既往研究已证实,下颌骨后退术式是纠正骨性Ⅲ类错颌畸形的有效手段,能够改善矢状向骨骼不调^[1-3]。本研究结果显示,术后反映颌骨矢状向及垂直向关系的各项指标均发生改变,表明下颌骨后退联合上颌骨前移有效重建了协调的咬合关系,同时垂直向骨骼关系

亦趋于正常化,证实了手术在硬组织层面的矫正效果。

骨骼结构的改变必然引起覆盖其上的软组织侧貌发生相应变化。研究表明,下颌骨的后退可带动下唇及颈部软组织同步回收,从而改善凹面型侧貌^[4-5]。本研究结果显示,术后下唇和颈部软组织发生同步、明显的回收,上唇位置亦出现轻微前移,软硬组织变化具有高度一致性,患者原先的凹面型侧貌得以有效纠正,面部轮廓协调性显著提升。

正颌手术不仅改变颌骨位置与面部外形,还可能对上气道形态产生影响,这一直是临床关注的焦点。既往研究对下颌骨后退是否增加 OSA 风险存在广泛讨论,认为下颌后退可能导致舌骨及舌根位置后坠,对口咽腔造成机械性压迫^[22-23];同时,上颌骨前移可通过牵拉腭帆及前方软组织,对鼻咽及腭咽起到扩大作用^[11-13]。本研究结果显示,尽管从整体平均水平来看,术后早期上气道各段容积及总容积未出现明显变化,但相关性分析揭示了骨骼移动模式与气道改变之间的内在联系:上颌骨的前移量与上气道总容积、最小横截面积及口咽容积的变化呈正相关,提示上颌前移不仅改善面中份凹陷,还可能通过牵拉前方软组织间接扩大鼻咽及口咽腔容积。下颌骨的后退量亦与上气道总容积、最小横截面积及口咽容积的变化呈正相关,表明在个体水平

上,当下颌后退量较小时,气道容积倾向于扩大,可能与舌骨上肌群的牵拉及咽旁间隙的适应性改变有关。此外,下颌磨牙高度的变化也与上气道总容积及最小横截面积呈正相关,提示面部高度的增加对咽腔垂直向空间可能具有拓展作用。

综上所述,本研究证实针对严重骨性Ⅲ类患者的双颌正颌手术,在改善颌面形态与咬合功能的同时,能够有效维持上气道容积。上颌前徙量、下颌后退量及下颌磨牙高度的变化是与术后上气道扩大呈正相关的关键解剖因素。提示在手术设计中,应重视上颌骨的充分前移及其与下颌骨后退量的协调匹配,对于在矫正畸形的同时维护气道健康、降低医源性气道狭窄风险具有重要的临床指导意义。上气道的大小受到多种复杂因素的影响,如:不同的骨骼面型,颌骨的矢状向位置等^[24-25]。

当然,本研究也存在一定的局限性。首先,作为一项单中心回顾性研究,样本量相对有限,难以进行亚组分析或多因素回归控制混杂因素,结论的普适性有待更大规模前瞻性研究验证。本研究的相关性分析属于探索性分析,未对多重比较进行校正,且样本量相对有限,结果可能存在一定假阳性风险,需谨慎解读,并在未来更大样本的研究中进一步验证。其次,本研究主要评估了术后6个月的静态解剖学变化,缺乏结合多导睡眠监测或计算流体力学模拟的长期功能学数据,因此难以直接论证结构改变与长期呼吸功能改善之间的关联^[26-27]。最后,骨性Ⅲ类畸形具有高度异质性,本研究未能对不同亚型患者的气道反应差异进行深入分析。未来研究应致力于扩大样本量、开展长期随访并整合功能指标,以全面评估手术对气道的影响。

参考文献:

- [1] Ko EW, Huang CS, Lo LJ, et al. Alteration of masticatory electromyographic activity and stability of orthognathic surgery in patients with skeletal class III malocclusion[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2013, 71(7): 1249-1260.
- [2] Lyu HM, Ma HM, Hou JX, et al. Three-dimensional measurement of periodontal support during surgical orthodontic treatment of high-angle skeletal Class III malocclusion: a retrospective study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(6): 839-849.
- [3] Wang XY, Chen H, Jia L, et al. The relationship between three-dimensional craniofacial and upper airway anatomical variables and severity of obstructive sleep apnoea in adults[J]. *Eur J Orthod*, 2022, 44(1): 78-85.
- [4] Zhang ZQ, Wang SZ, Li J, et al. Quantification of pharyngeal airway space changes after two-jaw orthognathic surgery in skeletal class III patients[J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 345. doi:10.1186/s12903-023-03072-3
- [5] Chianchitlert A, Luppapanornlarp S, Saenghirunvattana B, et al. A comparative assessment of the upper pharyngeal airway dimensions among different anteroposterior skeletal patterns in 7-14-year-old children: a cephalometric study[J]. *Children (Basel)*, 2022, 9(8): 1163. doi:10.3390/children9081163
- [6] Marya A, Ingram S, Dagnaud A, et al. Retrospective analysis of the upper airway anatomy and Sella turcica morphology across different skeletal malocclusions: a computerized technique[J]. *BMC Oral Health*, 2024, 24(1): 1110. doi:10.1186/s12903-024-04514-0
- [7] Staudt CB, Kiliaridis S. Different skeletal types underlying Class III malocclusion in a random population[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(5): 715-721. doi:10.1016/j.ajodo.2007.10.060
- [8] Aydemir H, Memikoğlu U, Karasu H. Pharyngeal airway space, hyoid bone position and head posture after orthognathic surgery in Class III patients[J]. *Angle Orthod*, 2012, 82(6): 993-1000.
- [9] Fatani B, Fatani O, Fatani A, et al. Changes in pharyngeal airway space and oxygen saturation following mandibular setback surgery: a narrative review[J]. *Cureus*, 2022, 14(11): e31178. doi:10.7759/cureus.31178
- [10] Ngan P, Moon W. Evolution of Class III treatment in orthodontics[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 148(1): 22-36.
- [11] Alsufyani NA, Flores-Mir C, Major PW. Three-dimensional segmentation of the upper airway using cone beam CT: a systematic review[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2012, 41(4): 276-284.
- [12] Platon AL, Stelea CG, Boișteanu O, et al. An update on obstructive sleep apnea syndrome—a literature review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2023, 59(8): 1459. doi:10.3390/medicina59081459
- [13] 石玉心,周志远,雷洋,等.上气道大小的生长发育锥形束CT的研究[J]. *中华口腔正畸学杂志*, 2025, 32(4): 198-201.
SHI Yuxin, ZHOU Zhiyuan, LEI Yang, et al. Growth and development of upper airway size in a cone-beam CT study[J]. *Chinese Journal of Orthodontics*, 2025, 32(4): 198-201.
- [14] 沈薇,金晨曦,李娜,等.儿童三维颅颌面及上气道结构与呼吸暂停低通气指数的相关性[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2025, 63(7): 44-53.
SHEN Wei, JIN Chenxi, LI Na, et al. Correlation

- between 3D craniofacial and upper airway structures and apnea hypopnea index in children [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2025, 63(7): 44-53.
- [15] Grauer D, Cevidanes LS, Styner MA, et al. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: relationship to facial morphology[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(6): 805-814.
- [16] 李丁洋, 曹闪闪, 郭涇. 成年女性舌骨位置与牙颌面相关指标的三维分析[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2018, 56(5): 85-90.
- LI Dingyang, CAO Shanshan, GUO Jing. Three-dimensional analysis of the hyoid bone position in the dental and maxillofacial complex in adult women[J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2018, 56(5): 85-90.
- [17] Kang Y, Lee S, Gong Y, et al. Three-dimensional morphologic evaluation of the changes in the pharyngeal airway and hyoid bone after bimaxillary surgery in patients with skeletal Class III malocclusion with facial asymmetry: a preliminary study[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(1): 42-50.
- [18] Kim MA, Kim BR, Choi JY, et al. Three-dimensional changes of the hyoid bone and airway volumes related to its relationship with horizontal anatomic planes after bimaxillary surgery in skeletal Class III patients [J]. *Angle Orthod*, 2013, 83(4): 623-629.
- [19] Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*[M]. 2nd. London: Routledge, 1988.
- [20] Chen FJ, Terada K, Hanada K. A cephalometric evaluation of the pharyngeal airway space in patients with mandibular retrognathia and prognathia, and normal subjects [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2008, 37(3): 228-231.
- [21] Battagel JM, Johal A, L'Estrange PR, et al. Changes in airway and hyoid position in response to mandibular protrusion in subjects with obstructive sleep apnoea (OSA) [J]. *Eur J Orthod*, 1999, 21(4): 363-376.
- [22] Park JH, Kim HS, Choi SH, et al. Changes in position of the hyoid bone and volume of the pharyngeal airway after mandibular setback; three-dimensional analysis[J]. *Br J Oral Maxillofac Surg*, 2019, 57(1): 29-35.
- [23] Tan SK, Leung WK, Tang ATH, et al. Effects of mandibular setback with or without maxillary advancement osteotomies on pharyngeal airways: an overview of systematic reviews [J]. *PLoS One*, 2017, 12(10): e0185951. doi:10.1371/journal.pone.0185951
- [24] El H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 139(6): e511-e521.
- [25] Aldhorae K, Ishaq R, Alhaidary S, et al. Impact of maxillomandibular sagittal variations on upper airway dimensions: a retrospective cross-sectional CBCT evaluation[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2024, 25(10): 955-962.
- [26] Lin XZ. Orthognathic surgery improves compromised natural head position and pharyngeal airway in patients with Skeletal Class II or III malocclusion[J]. *J Oral Rehabil*, 2024, 51(9): 1778-1784.
- [27] Sittavornwong S, Waite PD, Shih AM, et al. Computational fluid dynamic analysis of the posterior airway space after maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea syndrome[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2013, 71(8): 1397-1405.

(编辑:徐苗蓁)