

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202423219

· 鼻-鼻窦疾病专栏 ·

# 下鼻道填充术对下鼻甲继发性缺失患者 鼻腔容积影响的对照研究

罗元博<sup>1</sup>, 江晨艳<sup>1</sup>, 史方泽<sup>1</sup>, 孙与幸<sup>1</sup>, 陈斌<sup>1</sup>, 阎小军<sup>1</sup>, 易彬<sup>1</sup>, 石润杰<sup>1,2</sup>

(1. 上海交通大学医学院附属第九人民医院耳鼻咽喉头颈外科, 上海 200011; 2. 上海市耳鼻疾病转化医学重点实验室, 上海 200011)

**摘要:** **目的** 基于CT的3D建模方法探讨下鼻甲缺失患者行下鼻道填充术(IMAP)手术前后鼻腔容积相关物理量的变化。**方法** 回顾性收集20例伴有特殊症状的下鼻甲继发性缺失(SITL)患者的空鼻症6项量表(ENS6Q)评分及CT影像,通过3D建模的方式估算鼻腔容积及鼻腔黏膜表面积,计算其鼻腔下部容积比,与ENS6Q评分进行相关性分析;通过SITL患者手术前后的CT影像计算鼻腔容积及鼻腔黏膜表面积,并进行对比分析,将接受IMAP患者术前估算鼻腔下部容积减去术中填充物体积计算推测鼻腔下部容积及容积比,并与20例无鼻窦疾病的对照组进行对比,据此尝试对术中填充物的体积给出建议。**结果** SITL且伴有特殊症状患者在IMAP术后的ENS6Q总分显著下降,且均低于11分( $P=0.003$ ),但仍显著高于对照组。在容积方面,IMAP显著降低了SITL且伴有特殊症状患者的估算鼻腔下部分容积比( $P=0.021$ ),IMAP术后的SITL且伴有特殊症状患者与对照组无明显差异。在黏膜表面积方面,IMAP术后的SITL且伴有特殊症状患者的估算鼻腔下部分黏膜表面积显著降低( $P=0.021$ ),但其黏膜表面积大小与对照组比较具有显著差异,且该差异与术前差异相仿。估算的鼻腔下部容积比与实际术后的鼻腔下部容积比存在一定相关性。**结论** ①SITL且伴有特殊症状患者的鼻腔容积与其ENS6Q评分有显著相关性;②IMAP对鼻腔的作用不仅仅在于缩窄容积,更在于重新恢复了鼻腔黏膜的功能;③应用下鼻甲部分鼻腔容积的容积比来估算术后鼻腔的情况或许可以进一步改进IMAP手术。

**关键词:** 下鼻甲继发性缺失;CT影像建模;鼻腔容积;下鼻道填充术

中图分类号:R765.9

## Effect of inferior meatus augmentation procedure on the nasal volume in patients with special inferior turbinate loss: A case-control study

LUO Yuanbo<sup>1</sup>, JIANG Chenyan<sup>1</sup>, SHI Fangze<sup>1</sup>, SUN Yuxing<sup>1</sup>, CHEN Bin<sup>1</sup>, YAN Xiaojun<sup>1</sup>, YI Bin<sup>1</sup>, SHI Runjie<sup>1,2</sup>

(1. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China; 2. Shanghai Key Laboratory of Translational Medicine for Ear and Nose Diseases, Shanghai 200011, China)

**Abstract:** **Objective** To explore the changes in nasal cavity volume-related physical parameters before and after the inferior meatus augmentation procedure (IMAP) in patients suffering from secondary inferior turbinate loss with special nasal symptoms (SITL) using a computed tomography (CT)-based three-dimensional (3D) modeling approach. **Methods**

A retrospective collection of empty nose syndrome 6-item questionnaire (ENS6Q) scores and CT images was obtained from 20 SITL patients. Nasal cavity volume and nasal mucosal surface area were estimated using 3D modeling, and the estimated lower nasal cavity volume ratio was calculated and its correlation with ENS6Q score was analyzed. Furthermore, CT images of 11 SITL patients undergoing IMAP were analyzed before and after surgery. Nasal cavity volume and mucosal surface area were compared before and after IMAP, and the estimated lower nasal cavity volume and volume ratio were calculated by subtracting the intraoperative filler volume from the preoperative estimated nasal cavity volume.

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助(YG2021ZD16);上海市耳鼻疾病转化医学重点实验室资助(14DZ2260300)。

第一作者简介:罗元博,男,在读硕士研究生,住院医师。

通信作者:石润杰,Email:runjieshi@hotmail.com

Recommendations for intraoperative filler volume were recommended based on these calculations. **Results** After IMAP surgery, the total ENS6Q scores of SITL patients were significantly decreased, and all less than 11 points ( $P = 0.003$ ), but remained significantly higher than those of the healthy control group. In terms of volume, IMAP significantly reduced the estimated lower nasal cavity volume ratio in SITL patients ( $P = 0.021$ ), and the postoperative volume ratio was significantly indifferent from the healthy control group. Regarding mucosal surface area, the estimated lower nasal cavity mucosal surface area significantly decreased after IMAP ( $P = 0.021$ ). However, the difference of mucosal surface area between the postoperative SITL patients and the healthy control group remained significant, similar to the preoperative one. There was a certain correlation between the estimated and actual postoperative lower nasal cavity volume ratios.

**Conclusions** There is a significant correlation between nasal cavity volume and ENS6Q scores in SITL patients. The effect of IMAP on the nasal cavity is not only in reducing volume but also in restoring nasal mucosal function. Using the volume ratio of the lower nasal cavity volume in the inferior turbinate area to estimate the postoperative nasal cavity may further improve IMAP surgery.

**Keywords:** Special inferior turbinate loss; Computed tomographic image modeling; Nasal volume; Inferior meatus augmentation procedure

临床上会遇到患者鼻甲因事故或手术等原因而完全或部分缺失,鼻腔因鼻甲缺失而变得更为宽敞,但却诉有鼻塞、鼻痛等不适。国外将这一类情况归为综合征看待,而国内因考虑其发病原因涉及解剖性、心因性及社会性原因,暂未有统一的定义及诊断,最新的相关综述也提出这类患者或许更加偏向高度共病性心理健康障碍<sup>[1-4]</sup>。

虽然这类特殊类型的下鼻甲继发性缺失(special inferior turbinate loss, SITL)患者往往伴有心理障碍,但其鼻部不适的症状及扩大了鼻腔容积的表现也是不争的事实,所以通过填充鼻道来改善SITL患者症状的下鼻道填充术(inferior meatus augmentation procedure, IMAP)被提出,且IMAP在缩窄鼻腔以及改善患者心理方面是有效的<sup>[5-6]</sup>。计算流体力学可以对鼻腔进行精细的气流分析,在研究IMAP前后鼻腔情况的变化时候,临床中不光是应用空鼻症6项量表(empty nose syndrome 6-item questionnaire, ENS6Q)进行评分,也会通过计算流体力学来进行气流分析<sup>[1,7-8]</sup>。然而,最直观的IMAP前后的鼻腔容积变化却并没有相关的研究。

目前,对鼻腔容积的客观评估主要有鼻声反射和电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)两大方法。鼻声反射耗时短,操作方便,然而难以分段评估鼻腔容积,并且易受环境温度、鼻腔分泌物及潜在的鼻塞漏气等情况影响<sup>[9]</sup>。相比较,CT的误差更小,测量鼻腔容积也更精确,还可以通过辅助软件对鼻腔黏膜表面积的计算等,并可以进一步对IMAP术中所用的填充物体积进行术前预估,以精细化IMAP。本研究旨在回顾性研究SITL患者鼻腔容积及鼻腔黏膜表面积及与ENS6Q之间的关联,并通过

对比IMAP前后SITL患者鼻腔容积及鼻腔黏膜表面积等物理量的变化以及和健康人群的差异来进一步了解IMAP对SITL患者的影响,从而为未来的IMAP术前规划提出更好的建议。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

收集2017年9月—2020年9月在上海交通大学医学院附属第九人民医院耳鼻咽喉头颈外科就诊的SITL患者20例,男19例,女1例;年龄28~48岁,平均年龄( $37.3 \pm 6.8$ )岁。其中11例患者接受IMAP,并完成术后随访6个月鼻腔鼻窦CT及ENS6Q评估。其余9例患者仅接受了术前评估后自愿放弃手术。

纳入标准:①有下鼻甲完全或部分缺失的病史;②未接受过其他鼻腔结构的手术,如鼻中隔矫正术、上颌窦开放术、鼻骨复位术等;③IMAP术前ENS6Q评分大于11分。

同期选取为2020年9月—2021年9月于上海交通大学医学院附属第九人民医院住院接受人工耳蜗植入患者20例作为对照组。男19例,女1例;年龄22~62岁,平均年龄( $42.1 \pm 7.0$ )岁。患者无任何鼻腔鼻窦手术史、现存鼻腔鼻窦疾病及ENS6Q评分0分,并且其颞骨CT需完整包含鼻腔结构。本回顾性研究已通过我院伦理委员会审查及批准(2023-2017-323-T243-1)。

### 1.2 CT扫描及鼻腔三维模型

所有的人组患者均接受1 mm层厚的CT扫描。应用Mimics 19.0(Materialise, Plymouth, Michi-

gan),在颧骨 CT 及鼻窦 CT 的基础上建立了鼻腔三维模型,并进一步依据下鼻甲的位置切分成为鼻腔下部分和鼻腔上部分(图1)。鼻腔三维模型建立完成后,上传入 SpaceClaim 2021 (Ansys, Inc., Canonsburg, PA)做鼻腔容积计算。

### 1.3 评估标准

1.3.1 ENS6Q 评分 所有样本在接受 CT 扫描后均进行 ENS6Q 问卷调查。ENS6Q 评分共由 6 个症状评分组成,每个症状评分最低 0 分(没有症状),最高 5 分(症状极其严重),共计 30 分。6 个症状分别为鼻腔干燥感、鼻腔灼烧感、过度通气感、窒息感、鼻腔结痂以及对空气的感知减弱。

1.3.2 IMAP 及 IMAP 填充物体积 本次研究所涉及的 IMAP 手术均由同一位、从事 IMAP 手术十年余的耳鼻咽喉科医生进行。患者常规全麻、收缩鼻腔后,依据下鼻甲缺损情况,自下鼻甲头端或鼻底切口,做鼻黏骨膜瓣,形成鼻腔外侧壁植入腔,将填充物进行修剪后填充植入腔内,最后以可吸收线缝合切口(图2)。本研究所用的填充物为组织工程骨,来自于患者的自体骨髓基质干细胞诱导成骨,复合脱钙骨支架形成的自体组织工程骨,该组织工程骨已应用于上、下颌骨缺损修补术,疗效稳定,考虑到下鼻甲和上颌骨同源,且其排异性远远低于既往应用的高分子聚乙烯材料,故选择其应用至 IMAP 中<sup>[10-12]</sup>。

每次 IMAP 所使用的填充物手术前后的残余体积均由排水法测得。通过将术前填充物体积减去术后残余体积测得术中填充体积。见图3。

1.3.3 估算鼻腔容积 本次研究中的 IMAP 仅针对的是下鼻道及下鼻道附近总鼻道区域,将自下鼻甲头部作为起始,至下鼻甲尾端结束这段区域单独抽离出作为估算鼻腔容积进行测量,且进一步参考下鼻甲的位置,将这一鼻腔容积范围切分为估算鼻腔下部容积及估算鼻腔上部容积<sup>[13-15]</sup>。见图1、4。

1.3.4 估算鼻腔容积、鼻腔上部容积及鼻腔下部容积 应用 SpaceClaim 软件,自下鼻道起始部分做一平面,该平面同时垂直于鼻底平面及鼻中隔平面,再于下鼻甲末端做一平面与之平行,估算鼻腔容积便为两平面之间鼻腔容积。其外侧壁为上颌窦和筛窦的内侧壁。估算鼻腔容积完整涵盖了本次研究中的 IMAP 术区。应用 Mimics 软件可以进一步将鼻腔按下鼻甲进行切分为上半部分及下半部分,注意此处的估算鼻腔下部分容积为下鼻道部分合并下鼻甲内侧的总鼻道部分,估算鼻腔上部分容积为中上鼻道部分合并中上鼻甲内侧的总鼻道部分。见图4。鼻

腔模型最后上传至 SpaceClaim 软件进行鼻腔容积测量,其精确率可达 0.01%。

1.3.5 估算鼻腔黏膜面积 估算鼻腔黏膜面积为估算鼻腔容积处的鼻黏膜表面积。应用 SpaceClaim 软件,可以在计算鼻腔容积的同时,进行模型表面积的计算。因本研究所使用的鼻腔模型不涉及鼻窦,故还需减去鼻窦开口处的面积才能得到估算鼻黏膜面积。鼻腔上部分及鼻腔下部分处所对应的表面积分别为估算鼻腔上部黏膜表面积及估算鼻腔下部黏膜表面积。

1.3.6 估算鼻腔容积比 考虑到本次为小样本研究,不同人群间的鼻腔容积存在差异,故新增容积比的概念来描述鼻腔各部分的容积大小。容积比的计算为用各部分估算鼻腔容积除以总的估算鼻腔容积。估算鼻腔下部容积比,由估算鼻腔下部容积/估算鼻腔容积计算而得。

1.3.7 估算 IMAP 术后鼻腔容积 预估 IMAP 术后鼻腔容积是理论上 IMAP 术后应该达到的鼻腔容积,其计算方式为术前的鼻腔容积减去术中填充物体积。同样,估算鼻腔下部容积及预估下鼻部容积比也据此进行计算。理论上,估算鼻腔上部不在 IMAP 术区范围内,不应受到明显的容积变化影响。

### 1.4 统计学方法

使用 SPSS 23.0 (IBM, Armonk, NY) 进行统计学分析, $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。曼惠特尼  $U$  检验被用来评估 IMAP 术前的 SITL 组与对照组的区别,IMAP 术后的 SITL 组与对照组的区别,以及对照组与 IMAP 术后鼻腔估算值的区别。威尔科克森秩和检验被用于检验 IMAP 前后 SITL 组的变化差异,以及预估的 IMAP 术后的 SITL 鼻腔容积变化与 IMAP 后的 SITL 组的变化差异。IMAP 手术前后的鼻腔容积变化与 IMAP 手术前后的 ENS6Q 评分变化则应用斯皮尔曼相关性研究进行评估。SITL 组患者的数据用  $[M(P_{25}, P_{75})]$  表示,对照组的数据用  $\bar{x} \pm s$  表示。

## 2 结果

### 2.1 IMAP 手术前后及对照组的 ENS6Q 评分比较

IMAP 术前的 SITL 患者与对照组相比 ENS6Q 总分( $P = 0.000$ )更高,在 IMAP 术后,SITL 患者的 ENS6Q 评分有显著降低( $P = 0.003$ ),且均低于 11 分的诊断标准,但仍显著高于对照组( $P = 0.000$ )。见表1。

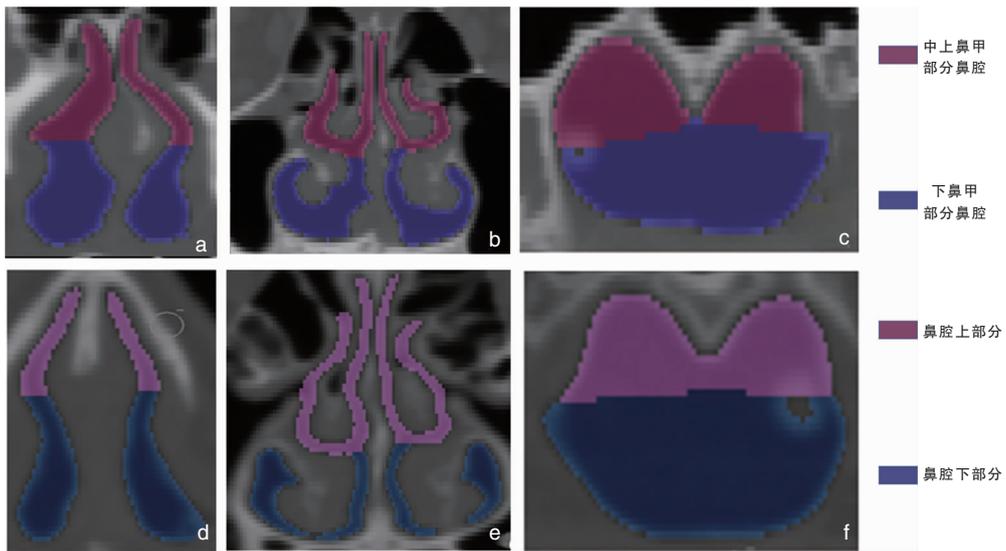


图1 参照下鼻甲的位置将鼻腔分为鼻腔下部分及鼻腔上部分 a: SITL 患者的下鼻甲头端处分层; b: SITL 患者的窦口鼻道复合体处分层; c: SITL 患者的下鼻甲尾端处分层; d: 对照组的下鼻甲头端处分层; e: 对照组的窦口鼻道复合体处分层; f: 对照组的下鼻甲尾端处分层 注: SITL(下鼻甲继发性缺失)。下同。

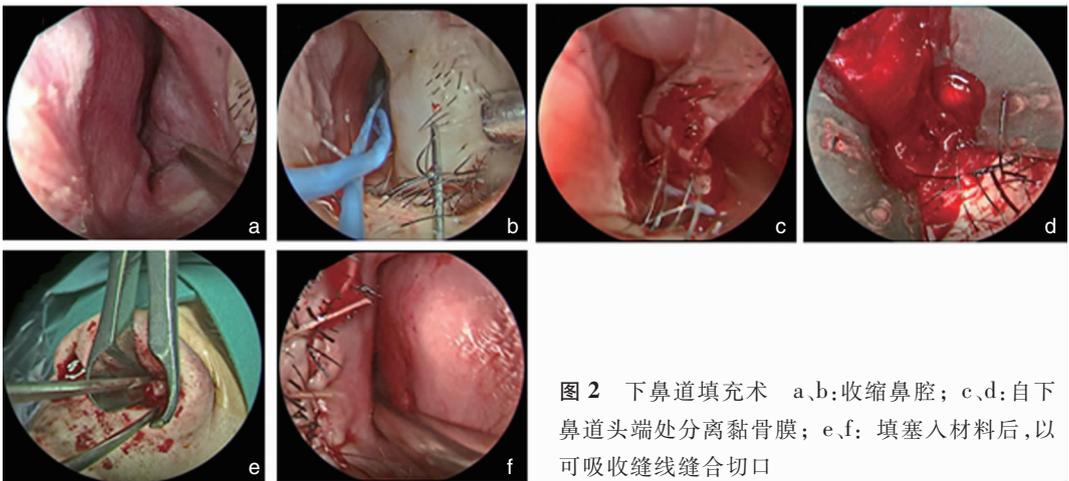


图2 下鼻道填充术 a、b: 收缩鼻腔; c、d: 自下鼻道头端处分离黏骨膜; e、f: 填塞入材料后, 以可吸收缝线缝合切口



图3 排水法测量患者手术前后的残余体积 3a: 组织工程骨; 3b: 填塞后残余组织工程骨

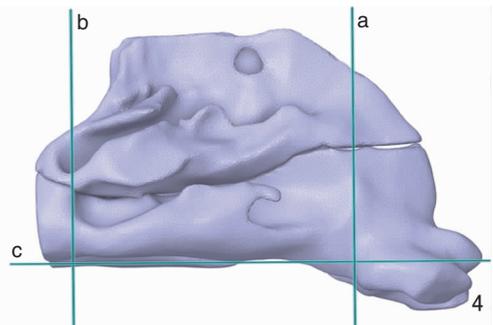


图4 鼻腔分段平面示意图

平面 a 为下鼻甲头端处截面, 平面 b 为下鼻甲尾端处截面, 平面 a、b 均垂直于鼻中隔及鼻底部平面, 平面 c 为鼻底部平面

## 2.2 IMAP 术前术后及对照组的鼻腔容积及容积比比较

IMAP 术前的 SITL 患者与对照组相比其估算鼻腔容积( $P=0.002$ )、估算鼻腔下部容积( $P=0.000$ )

及估算鼻腔下部容积比更大( $P=0.000$ )。IMAP 术后, SITL 患者呈现出显著降低的估算鼻腔下部容积比( $P=0.021$ )。IMAP 术后的 SITL 患者在鼻腔容积方面与对照组未见明显差异。见表 1。

### 2.3 IMAP 术前术后及对照组的患者鼻腔黏膜面积比较

IMAP 术前的 SITL 患者与对照组相比在估算鼻腔黏膜表面积( $P=0.001$ )及估算鼻腔下部黏膜表面积上更小( $P=0.001$ ),但在估算鼻腔上部黏膜表面积上却显著更大( $P=0.007$ )。IMAP 术后,SITL 患者呈现出了显著降低的估算鼻腔下部黏膜表面积( $P=0.021$ )。IMAP 术后的 SITL 患者与对照组相比能显示估算鼻腔黏膜表面积的最小值( $P=0.010$ )和估算鼻腔下部黏膜的表面积( $P=0.000$ ),以及估算鼻腔上部黏膜表面积的最大值( $P=$

0.025)。见表 1。

### 2.4 ENS6Q 评分及与 SITL 患者鼻腔容积的相关性

在 IMAP 术前的 SITL 患者中,鼻腔下部容积被发现与鼻腔窒息感呈负相关( $r=-0.458, P=0.042$ ),估算鼻腔黏膜表面积与估算鼻腔上部黏膜表面积被发现与鼻腔干燥感呈正相关( $r=0.479, P=0.032; r=0.444, P=0.049$ )。见表 2。

说明鼻腔黏膜在保证鼻腔一定的容积下,能通过调节自身的大小来平衡各鼻甲所能接触的空气流量,能缓解 SITL 患者鼻部症状。见图 5、6。

表 1 SITL 患者与对照组的 ENS6Q 评分及鼻腔容积相关测量数据 [ $M(P_{25}, P_{75}), \bar{x} \pm s$ ]

变量	SITL 组		$P^b$	对照组 ( $n=20$ )	$P^c$	$P^d$
	IMAP 术前 ( $n=20$ )	IMAP 术后 ( $n=11$ )				
ENS6Q(分)	20.00 (14.75-23.75)	5.00 (3.00-7.00)	0.003	0.00 ± 0.00	0.000	0.000
估算鼻腔容积 - 相关变量						
估算鼻腔容积 ( $\text{mm}^3$ )	18.423 (15.471, 22.853)	18.761 (16.077, 20.014)	0.248	15.657 ± 4.395	0.002	0.087
估算鼻腔黏膜表面积 ( $\text{mm}^2$ )	13.421 (12.061, 14.994)	12.620 (11.919, 14.334)	0.062	15.858 ± 2.001	0.001	0.010
估算鼻腔下部容积 ( $\text{mm}^3$ )	10.907 (8.179, 12.654)	8.915 (7.926, 9.904)	0.091	7.622 ± 2.669	0.000	0.060
估算鼻腔下部黏膜表面积 ( $\text{mm}^2$ )	6.051 (5.583, 6.513)	5.411 (4.477, 6.299)	0.021	7.194 ± 1.238	0.001	0.000
估算鼻腔上部容积 ( $\text{mm}^3$ )	8.664 (6.791, 10.125)	9.831 (7.715, 10.555)	0.534	6.219 ± 1.528	0.231	0.113
估算鼻腔上部黏膜表面积 ( $\text{mm}^2$ )	7.441 (6.538, 8.483)	7.270 (6.718, 8.923)	0.657	6.397 ± 1.028	0.007	0.025
估算鼻腔下部容积比	0.561 (0.501, 0.584)	0.476 (0.450, 0.520)	0.021	0.481 ± 0.046	0.000	0.699

注:ENS6Q(空鼻症 6 项评分);IMAP(下鼻道填充术);b:IMAP 手术前后数据比较;c:对照组与 IMAP 术前的 SITL 组比较;d:对照组与 IMAP 术后的 SITL 组比较。下同。

表 2 IMAP 术前 SITL 组鼻腔容积相关变量与 ENS6Q 各项评分的相关性

变量	ENS6Q 总分		干燥感		对气流的感知减弱		窒息感		过度通气感		结痂		灼烧感	
	$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$	$r$	$P$
IMAP 术前														
估算鼻腔容积	0.023	0.925	0.259	0.269	0.091	0.703	-0.311	0.182	-0.135	0.570	0.250	0.287	-0.138	0.561
估算鼻腔黏膜表面积	0.238	0.312	0.479	0.032	0.234	0.321	-0.219	0.354	0.085	0.722	0.348	0.133	-0.104	0.663
估算鼻腔下部容积	-0.083	0.728	0.161	0.497	-0.144	0.546	-0.458	0.042	-0.080	0.737	0.171	0.471	-0.002	0.992
估算鼻腔上部黏膜表面积	-0.149	0.530	0.016	0.947	-0.410	0.072	-0.390	0.089	-0.101	0.670	-0.016	0.948	0.194	0.412
估算鼻腔上部容积	0.097	0.683	0.298	0.201	0.236	0.316	-0.172	0.468	-0.181	0.445	0.368	0.110	-0.167	0.481
估算鼻腔上部黏膜表面积	0.265	0.260	0.444	0.049	0.399	0.081	-0.059	0.805	0.206	0.383	0.278	0.235	-0.360	0.119
估算鼻腔下部容积比	-0.173	0.465	-0.125	0.601	-0.356	0.123	-0.373	0.106	0.205	0.387	-0.228	0.333	0.091	0.702

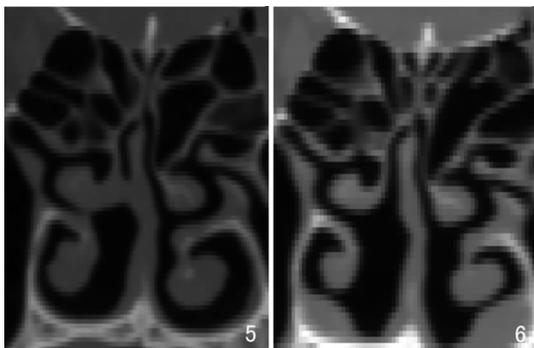


图 5 术前窦口鼻道复合体处层面 CT 图 图 6 术后复查时窦口鼻道复合体处层面 CT 图

### 2.5 估算 IMAP 术后鼻腔容积与对照及实际 IMAP 术后鼻腔容积的对比

IMAP 术后的鼻腔下部容积估算值显著小于对照组( $P=0.016$ ),而术后的鼻腔下部容积比估算值与对照组比较无显著差异( $P=0.079$ )。威尔科克森检验显示,IMAP 术后的鼻腔下部容积估算值与实际的 IMAP 术后无显著关联性( $P=0.424$ ),而术后的鼻腔下部容积比估算值与 IMAP 术后的容积比呈显著相关( $P=0.041$ )。

## 2.6 估算 IMAP 术前与术后 6 个月鼻腔容积比

进一步对估算的鼻腔容积比与 IMAP 术后 6 个月的鼻腔容积比进行研究,显示两者存在一定的线性关系,并且大部分患者的术后容积比小于估算的术后容积比,提示 IMAP 对鼻腔的作用并不是单纯在于缩窄了鼻腔的容积,而是更体现在上、中、下鼻道之间的容积再分配上。为保证填充后容积比可达到健康人群的鼻腔容积比水平是最为保守且合理的,根据两者的线性关系,填充后的下鼻道容积比大约占总容积的 45.0%,这样术后的容积比可以达到健康人群的平均水平。见图 7。

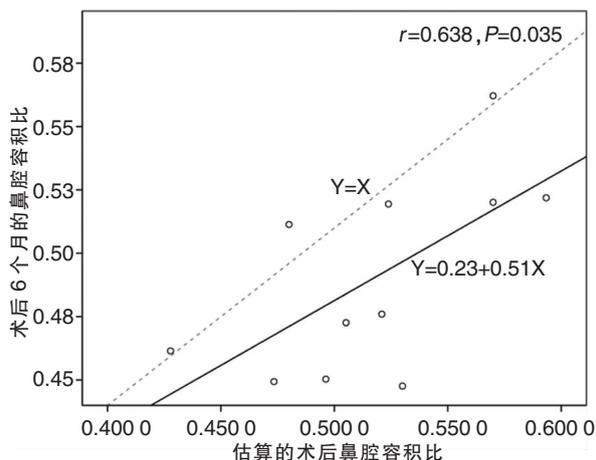


图7 估算术后鼻腔下部容积比与实际术后鼻腔下部容积比的线性关系图 注:虚线表示两者相等时的方程图,低于虚线处的点表示实际术后的鼻腔下部容积比小于估算术后鼻腔下部容积比。

## 3 讨论

IMAP 可以一定程度上弥补因鼻甲缺损而造成的鼻腔扩大,改变下鼻道及总鼻道容积,提高鼻腔阻力,进而增加每单位面积下鼻黏膜和气流的接触<sup>[8]</sup>。IMAP 的疗效已经得到了诸多研究的验证,但至今没有学者能够阐明 IMAP 真正的作用<sup>[5-6,16]</sup>。本临床研究显示,IMAP 确实改善了 SITL 患者的症状,降低其 ENS6Q 评分,但并非每一个接受 IMAP 的患者均在半年的随访时表现出显著减小的鼻腔容积(表 1)。通过随访这些 IMAP 患者术后鼻腔容积的变化,或许可以进一步量化 IMAP 填充物的选择,增效其对鼻腔症状的缓解,乃至治愈。

研究探究了 SITL 患者术前的鼻腔容积及黏膜表面积与 ENS6Q 评分之间的相关性。结果显示鼻腔下部容积与鼻腔窒息感呈负相关,估算鼻腔黏膜

表面积及估算鼻腔上部黏膜表面积与鼻腔干燥感呈正相关。SITL 患者中,鼻腔容积越大,窒息感越强,这点十分契合矛盾性鼻塞的症状。有趣的是其鼻腔黏膜表面积与干燥度呈正相关。既往针对 SITL 的病理学研究显示,相较于正常人群,这类患者鼻黏膜用于分泌液体的腺体更少<sup>[17]</sup>。一般来说,越大的黏膜残余对应越久空气-鼻黏膜接触时间,而在黏膜本身出现分泌物减少的情况下,越久的空气-鼻黏膜接触往往会令鼻腔更加干燥,因为鼻腔本身分泌液体速度已经比不上空气流动带走鼻腔液体的速度,致使患者鼻腔的干燥感会进一步增加。既往的气流研究也能佐证,研究显示,SITL 患者相较正常人群,其大部分的鼻腔气流主要通过中鼻道,而非一般认知上的因为下鼻甲缺失导致气流都从下鼻道通过<sup>[8,13-14]</sup>。一方面鼻黏膜黏液分泌量减少,另一方面,鼻腔气流又大部从中鼻道通过,两种因素叠加,致使了 SITL 患者干燥感增加。

IMAP 术后,SITL 患者的鼻腔对比术前仅有黏膜表面积和容积比的变化,而没有单纯容积方面的显著差异。除了填充物外,能对患者鼻腔容积起作用的仅有鼻腔黏膜,这或许说明 IMAP 术后鼻腔黏膜对鼻腔容积进行了再调整。既往的气流研究显示 SITL 患者的壁面剪应力相较正常人群显著降低,而 IMAP 术后壁面剪应力则会升高,或许正是壁面剪应力的升高重新刺激了鼻黏膜,促使鼻黏膜可以对鼻腔容积进行调整<sup>[8,13-14,18]</sup>。较低的壁面剪应力意味着鼻腔气流对鼻腔黏膜较低的沿壁面方向的拉力,在血流动力学中,肝脏、心脏以及肺脏的纤维化往往伴随着紊乱及减少的血管壁面剪应力<sup>[19]</sup>。先前研究发现,相较于正常人群,SITL 患者的鼻腔黏膜表现出更多的黏膜下纤维化现象,或许这一纤维化与降低的壁面剪应力关联<sup>[17]</sup>。Malik 等<sup>[8]</sup>发现,经过 IMAP 重塑鼻腔气流动力学,整体鼻腔气流的壁面剪应力明显升高。有可能升高的壁面剪应力再次给予了鼻黏膜适当的刺激,逆转了黏膜下的纤维化,使得鼻黏膜重新恢复了一定的自我调节性。

为进一步显示 IMAP 术后气流的平均分配可以调整鼻腔下部分和上部分容积所带来的容积变化,本次研究引入了容积比的概念。通过 IMAP 手术前后鼻腔容积的对比可以发现,是鼻腔容积比而非单纯的鼻腔容积显示出显著差异。综上所述,这或许说明鼻腔黏膜在保证了一定的容积下,对于缓解 SITL 患者鼻部症状起到了很大的作用。这点与针对 IMAP 术后患者鼻腔的气流研究结论相符,Ma-

lik 等<sup>[8]</sup>发现,IMAP 术后 SITL 患者的鼻腔气流均匀分布于各鼻道之中,而非像术前一样集中于中鼻道。不过究竟是气流的变化引起了鼻腔容积的改变,还是鼻腔容积的改变引起了气流的变换需要后续进一步的研究。

在此基础上,本次研究希望能通过研究手术前后鼻腔容积比的变化,来进一步量化 IMAP 术中填充物的选择。至今为止,尚未见相关研究探讨过术中填充物的体积应该如何选择。术前 SITL 患者的鼻腔下部容积及鼻腔下部容积比均与健康人群存在显著差异,而术后患者与健康人群均未见显著差异,其次,术后患者的 ENS6Q 评分均小于 11 分,这说明或许应用 IMAP 将患者鼻腔的容积及容积比重新填充至健康人群范围是改善 SITL 患者的症状的必要条件之一。为探讨对鼻腔进行填充后鼻腔容积的改变规律,研究计算了理论上 IMAP 术后患者鼻腔应达到的容积与鼻腔容积比,然后将两者与健康人群进行对比,结果显示术后预估的鼻腔下部容积与健康人群存在显著差异,而术后预估的鼻腔下部容积比则不存在差异,这一结果与 SITL 患者 IMAP 术前术后鼻腔容积无明显差异,而鼻腔下部分容积比却存在显著差异的结果相符(表 1)。这说明,在针对 SITL 患者的 IMAP 填充中,鼻腔容积比相较单纯的容积大小或许更具有临床应用价值。SITL 患者的鼻腔容积与其 ENS6Q 评分有显著相关性,意味着鼻腔的解剖结构和患者的症状存在关联;IMAP 对鼻腔的作用不仅仅在于缩窄容积,更在于重新恢复了鼻腔黏膜的功能;应用鼻腔下部的鼻腔容积的容积比来估算术后鼻腔的情况或许可以进一步优化 IMAP 手术。

本项研究仍就存在不少缺点。首先,研究使用的是估算的鼻腔容积,而非实际的鼻腔容积进行分析。其次,本次研究的样本量仅有 11 例,且 IMAP 手术中对填充物的位置定位没有非常好的量化标准。Chang 等<sup>[20]</sup>建议填充物应距离鼻中隔保持 2 mm 的距离,但在 Malik 等<sup>[21]</sup>的棉球试验中,紧靠鼻中隔及下鼻甲前端放置的棉球也能起到很好缓解症状的作用,标准化下鼻道填充物的位置还需要后续研究继续探讨。最后,本次研究对鼻腔的分区全依靠人工进行,难免会产生一定的人工误差。

#### 参考文献:

[1] Hong HR, Jang YJ. Correlation between remnant inferior turbinate

volume and symptom severity of empty nose syndrome[J]. *Laryngoscope*, 2016, 126(6):1290-1295.

- [2] Amanian A, Hari K, Habib AR, et al. The empty nose syndrome 6-item questionnaire (ENS6Q): a diagnostic tool to distinguish empty nose syndrome from primary nasal obstruction[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2021, 11(7):1113-1115.
- [3] Kuan EC, Suh JD, Wang MB. Empty nose syndrome[J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2015, 15(1):493.
- [4] Kanjanawasee D, Campbell RG, Rimmer J, et al. Empty nose syndrome pathophysiology: A systematic review [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2022, 167(3):434-451.
- [5] Dholakia SS, Yang A, Kim D, et al. Long-term outcomes of inferior meatus augmentation procedure to treat empty nose syndrome [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(11):E2736-E2741.
- [6] Lee TJ, Fu CH, Wu CL, et al. Surgical outcome for empty nose syndrome: Impact of implantation site [J]. *Laryngoscope*, 2018, 128(3):554-559.
- [7] 刘小涵,雷齐鸣,张小兵. 计算流体力学在鼻腔疾病临床应用中的进展[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2021, 56(5):528-531.
- [8] Malik J, Dholakia S, Spector BM, et al. Inferior meatus augmentation procedure (IMAP) normalizes nasal airflow patterns in empty nose syndrome patients via computational fluid dynamics (CFD) modeling [J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2021, 11(5):902-909.
- [9] Uzzaman A, Metcalfe DD, Komarow HD. Acoustic rhinometry in the practice of allergy [J]. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2006, 97(6):745-751.
- [10] Hanna I, Tran H, Swope J, et al. Tissue engineering techniques for the reconstruction of the atrophic and local maxillary defect [A]//Melville JC, Shum JW, Young S et al. *Regenerative strategies for maxillary and mandibular reconstruction: A practical guide* [M]. Cham:Springer International Publishing, 2019:87-108.
- [11] 石润杰,吴晴伟,赵影颖,等. 自体骨髓基质干细胞构建下鼻甲[J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2009, 16(1):13-16.
- [12] 石润杰,柴岗,崔磊. 人骨髓基质干细胞体外诱导和鉴定 [J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2009, 16(3):144-146.
- [13] Malik J, Li C, Maza G, et al. Computational fluid dynamic analysis of aggressive turbinate reductions: is it a culprit of empty nose syndrome? [J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2019, 9(8):891-899.
- [14] Li C, Farag AA, Leach J, et al. Computational fluid dynamics and trigeminal sensory examinations of empty nose syndrome patients [J]. *Laryngoscope*, 2017, 127(6):E176-E184.
- [15] Gill AS, Said M, Tollefson TT, et al. Update on empty nose syndrome: disease mechanisms, diagnostic tools, and treatment strategies [J]. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg*, 2019, 27(4):237-242.
- [16] Li C, Farag AA, Maza G, et al. Investigation of the abnormal nasal aerodynamics and trigeminal functions among empty nose syndrome patients [J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2018, 8(3):444-452.

- [17] Wu CL, Fu CH, Lee TJ. Distinct histopathology characteristics in empty nose syndrome[J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(1):E14 – E18.
- [18] Maza G, Li C, Krebs JP, et al. Computational fluid dynamics after endoscopic endonasal skull base surgery-possible empty nose syndrome in the context of middle turbinate resection[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2019, 9(2):204 – 211.
- [19] Long Y, Niu Y, Liang K, et al. Mechanical communication in fibrosis progression[J]. *Trends In Cell Biology*, 2022, 32(1):70 – 90.
- [20] Chang MT, Bartho M, Kim D, et al. Inferior meatus augmentation procedure (IMAP) for treatment of empty nose syndrome[J]. *Laryngoscope*, 2022, 132(6):1285 – 1288.
- [21] Malik J, Thamboo A, Dholakia S, et al. The cotton test redis-

tributes nasal airflow in patients with empty nose syndrome[J]. *Int Forum Allergy Rhinol*, 2020, 10(4):539 – 545.

(收稿日期:2023 – 07 – 11)

**本文引用格式:**罗元博,江晨艳,史方泽,等. 下鼻道填充术对下鼻甲继发性缺失患者鼻腔容积影响的对照研究[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2024,30(2):32 – 39. DOI:10.11798/j.issn.1007 – 1520.202423219

**Cite this article as:** LUO Yuanbo, JIANG Chenyan, SHI Fangze, et al. Effect of inferior meatus augmentation procedure on the nasal volume in patients with special inferior turbinate loss: A case-control study[J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2024,30(2):32 – 39. DOI:10.11798/j.issn.1007 – 1520.202423219