

• 论著——研究报告 •

减重手术对肥胖合并睡眠呼吸暂停患者的咽腔结构改变研究

赵宇亮¹ 李涛² 王艳霞¹ 梁晓荣¹ 马建刚¹

[摘要] 目的:研究减重手术是否以及如何改变肥胖合并阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)患者的咽腔结构。方法:招募42例腹腔镜下袖状胃切除术的患者,在术前以及术后3、6、12个月评估形态学指标(BMI、颈围和腰围)、PSG指标和咽声反射指标。结果:包括形态学、咽腔结构和OSA严重程度在内的所有指标在手术后均发生了显著变化,其中,BMI、颈围、腰围和AHI值显著降低($P < 0.001$),而咽腔容积、咽体积、口咽结合处面积、声门面积和LSaO₂显著增加($P < 0.001$)。多重比较结果显示,BMI、颈围和腰围在6个月前显著下降,6~12个月时变化不显著;AHI和LSaO₂的降低主要发生在0~3个月,3个月与6个月、6个月与12个月之间差异无统计学意义;术后口咽结合处面积在0~3个月内显著增加,而咽腔容积和声门区面积在术后6、12个月显著增加。结论:减重手术可以显著降低体重,减少颈部脂肪堆积;扩大咽腔容积和横截面积,改善上气道阻塞情况,可以在一定程度上减轻肥胖合并OSA患者的睡眠呼吸暂停症状。

[关键词] 减重手术;睡眠呼吸暂停,阻塞性;咽声反射;口咽

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2021.06.012

[中图分类号] R766 **[文献标志码]** A

Study on the structural changes of pharyngeal cavity after bariatric surgery in obese patients with obstructive sleep apnea

ZHAO Yuliang¹ LI Tao² WANG Yanxia¹ LIANG Xiaorong¹ MA Jiangan¹

(¹Department of Otorhinolaryngology, the Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, 050000, China; ²Department of Minimally Invasive Surgery, the Second Hospital of Hebei Medical University)

Corresponding author: MA Jiangan, E-mail: mjgent79@163.com

Abstract Objective: To study whether and how bariatric surgery changes the structure of the pharyngeal cavity in obese patients with obstructive sleep apnea(OSA). **Methods:** Forty-two patients who underwent laparoscopic sleeve gastrectomy were recruited. Morphological indicators(BMI, neck and waist circumference), PSG and acoustic pharyngometry indicators were evaluated pre-operatively and 3, 6, and 12 months post-operatively. **Results:** All indicators including morphology, pharyngeal cavity structure and OSA severity changed significantly after surgery. Among them, BMI, neck circumference, waist circumference and AHI value were significantly reduced($P < 0.001$), while pharyngeal cavity volume, pharynx volume, oropharyngeal junction area, glottis area and LSaO₂ increased significantly($P < 0.001$). The results of multiple comparisons showed that BMI, neck and waist circumference decreased significantly in the first 6 months, and no further decline occurred during 6 to 12 months postoperatively. The decrease in AHI and LSaO₂ mainly occurred within the first 3 months postoperatively, while there was no statistically significant difference in these two indicators between 3 months vs. 6 months, 6 months vs. 12 months postoperatively. The area of the oropharyngeal junction increased significantly within 0 to 3 months after surgery, while the volume of the pharyngeal cavity and the area of the glottis increased at 6 months and 12 months after surgery. **Conclusion:** Bariatric surgery can significantly reduce body weight and reduce fat accumulation in the neck. It can also enlarge the volume and cross-sectional area of the pharyngeal cavity, and improve upper airway obstruction, therefore reduce the symptoms of sleep apnea in obese patients with OSA to a certain extent.

Key words bariatric surgery; sleep apnea, obstructive; acoustic pharyngometry; oropharynx

阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)主要症状是睡眠期间反复出现呼吸道部分或完全阻塞。身体对呼吸道阻塞的反应导致大脑微觉醒、交感神经激活,

伴有打鼾、睡眠结构紊乱、频繁发生血氧饱和度下降等。OSA在普通人群(男性约4%,女性约2%)和疾病相关人群(9%~38%)中普遍存在^[1-2]。大量研究表明,OSA与各种疾病密切相关,包括高血压、冠心病、心律失常、脑血管疾病、2型糖尿病、非酒精性脂肪肝、肾脏损害、青光眼、性功能障碍等多

¹河北医科大学第二医院耳鼻咽喉科(石家庄,050000)

²河北医科大学第二医院微创外科

通信作者:马建刚,E-mail:mjgent79@163.com

器官和多系统损害。OSA 的风险因素包括肥胖、男性、高龄、种族、吸烟、饮酒、遗传易感性和上呼吸道解剖异常,其中肥胖是最大的风险因素之一^[3]。多项横断面研究发现体重指数(BMI)和 OSA 之间存在相关性^[1,4-5]。减重手术(bariatric surgery)也称为代谢手术,是治疗肥胖的有效方法之一,也是肥胖合并 OSA 患者唯一长期有效的治疗方法^[6]。纵向研究表明,减重手术能有效减轻体重,并显著改善或解决睡眠呼吸暂停^[2,7]。然而,过去的研究都集中在手术引起的体重减轻、糖脂代谢障碍改善以及相关心脑血管疾病的治疗上。耳鼻喉科医生更关注于减重手术能否和如何引起上呼吸道结构改变,以及这种改变对 OSA 的影响。咽声反射(acoustic pharyngometry)利用声反射技术测量咽腔容积和横截面积,是美国食品和药物管理局(FDA)批准的睡眠呼吸暂停无创诊断方法^[8]。本研究使用咽声反射探究减重手术前后肥胖合并 OSA 患者咽腔结构的形态变化,并与 PSG 结果相比较,旨在确定减重手术是否以及如何通过改变咽部解剖形态以改善 OSA 症状。

1 资料与方法

1.1 研究对象和实验设计

选择 2018 年 3 月—2019 年 5 月在我院耳鼻喉科和微创外科住院的肥胖合并 OSA 患者。纳入和排除标准基于《中国肥胖及 2 型糖尿病外科治疗指南(2019 版)^[9]和《成人 OSA 多学科诊疗指南^[10]》。纳入标准:①年龄 18~65 岁;②BMI ≥ 28 kg/m² 或男性腰围 ≥ 90 cm、女性 ≥ 85 cm;③经 PSG 诊断为 OSA;④无创正压通气治疗后动脉血气分析结果在正常范围内(PaCO₂<45 mmHg, HCO₃⁻<2 mmol/L)。排除标准:①年龄<18 岁或>65 岁;②BMI<28 kg/m²;③高碳酸血症(PaCO₂ ≥ 45 mmHg);④头面部骨骼畸形或严重上呼吸道结构异常(如严重的鼻中隔偏曲,扁桃体和/或腺样体 III 度以上肥大,舌根 II 度以上肥厚,会厌软骨半遮声门等);⑤妊娠期或哺乳期;⑥1 个月内急性上呼吸道感染,包括鼻塞、打喷嚏、流涎等;⑦明确诊断为非肥胖型 1 型糖尿病;⑧妊娠糖尿病及某些特殊类型糖尿病患者;⑨滥用药物或酒精成瘾或患有难以控制的精神疾病;⑩智力障碍或智力不成熟,行为不能自控者;⑪对手术预期不符合实际者或不愿承担手术潜在并发症风险者;⑫不能配合术后饮食及生活习惯的改变,依从性差者;⑬全身状况差,难以耐受全身麻醉或手术者;⑭未取得受试者知情同意。

测量受试者形态学指标,包括身高、体重,并用于计算 BMI(BMI=体重/身高²),测量颈围和腰围,收集 PSG 和咽声反射结果用于术前评估。术前佩戴呼吸机行无创正压通气治疗至少 7 d 以纠

正血氧浓度至满足减重手术要求。之后由我院微创外科减重手术组同一专业医师团队协助完成手术。术后遵医嘱保持合理的饮食及生活习惯,定期复查。在减重手术后第 3、6 和 12 个月,受试者复查上述指标。

本研究经河北医科大学第二医院伦理委员会批准(批准号 2018-R251),参与者的健康、权利和隐私得到充分保护,对参与者的潜在风险最小且可控。

1.2 PSG 监测

使用 16 通道 PSG 监测仪(Compumedics 公司,澳大利亚)做不少于 7 h 的整夜睡眠监测。监测结果由同一专业医师根据中国医师协会睡眠医学专业委员会^[10]和美国睡眠医学学会^[11]公布的标准手动评分。其中呼吸暂停定义为:鼻压力信号较基线值下降 $>90\%$,且持续时间不少于 10 s;低通气定义为:鼻压力信号较基线值下降 $\geq 50\%$,持续时间不少于 10 s 并伴有血氧饱和度较基线值下降 $\geq 3\%$ 或者微觉醒;AHI 定义为:睡眠时每小时发生的呼吸暂停及低通气次数的总和。AHI ≥ 5 即诊断为 OSA。

1.3 咽声反射检测

声反射仪(GM 公司,英国)用于进行咽声反射检测。所有测量操作由同一位经验丰富的技师使用标准操作程序完成。系统自动得出一条面积-距离曲线,即为咽声反射曲线。每次操作重复 4 次,取平均值,相对变异系数控制在 10% 以内。曲线所示为自口腔、咽腔及往下部分喉腔。本研究观察范围为口咽结合处至声门区,对应横坐标上 7~17 cm 范围,该区域的面积即为咽腔容积;纵坐标表示对应位置的咽腔横截面积,例如在横坐标约 7 cm 处(对应口咽结合处)的纵坐标数值,即为口咽结合处横截面积;在横坐标约 17 cm 处(对应声门区)的纵坐标数值,即为声门区横截面积。基于我们以前的研究^[12],选择口咽结合处横截面积、声门区横截面积和咽腔容积作为咽声反射参数。

1.4 减重手术

本研究采用的减重手术方式是腹腔镜下袖状胃切除术(laparoscopic sleeve gastrectomy),该手术在保持原有胃肠道解剖位置不变的情况下,切除部分胃组织从而减小胃容积。所有研究对象的减重手术均由我院微创外科减重手术组同一专业医师团队协助完成。

1.5 统计分析

采用 IBM SPSS 25 软件进行数据统计分析。 $\bar{x} \pm s$ 用于表示连续变量。非正态分布数据在分析前进行对数变换。如果方差相等,则使用重复测量方差分析进行组间参数比较;如果方差不相等,则使用 Welch 检验。使用 LSD 法(假设方差相等)或

Games-Howell(假设方差不等)进行多重比较。采用 pearson 相关系数 r 对定量资料之间的相关性进行分析。以 $\alpha=0.05$ 为检验水准, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。所有图采用 Graphpad 6.0 软件绘制。

2 结果

共纳入 42 例受试者,男 19 例,女 23 例;年龄 (34.38 ± 10.25) 岁。术前和术后 3、6、12 个月各个指标的变化见图 1。结果表明,包括形态学、咽腔结构和 OSA 严重程度在内的所有指标在手术后均发生了显著变化,其中,BMI、颈围、腰围和 AHI 值

显著降低($P<0.001$),而咽腔容积、咽体积、口咽结合处面积、声门面积和 $LSaO_2$ 显著增加($P<0.001$)。

不同时间点各项指标之间的多重比较结果见表 1。结果显示,BMI、颈围和腰围在 6 个月前显著下降,6~12 个月时变化不显著;AHI 和 $LSaO_2$ 的降低主要发生在 0~3 个月,3 个月与 6 个月、6 个月与 12 个月之间差异无统计学意义;术后口咽结合处面积在 0~3 个月内显著增加,而咽腔容积和声门区面积在术后 6、12 个月显著增加。

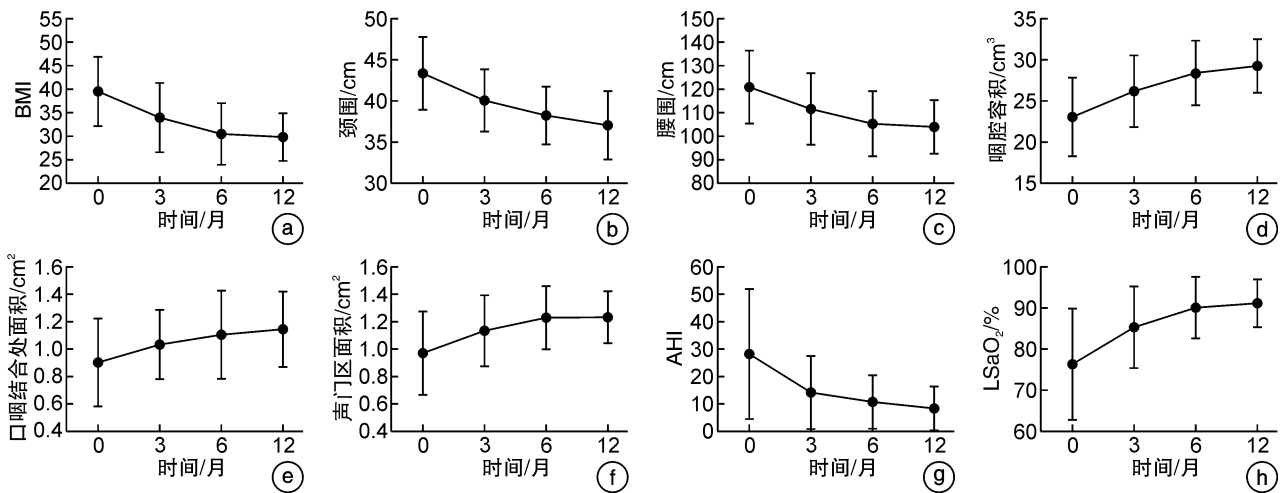


图 1 术前和术后 3、6、12 个月 BMI(a)、颈围(b)、腰围(c)、咽腔容积(d)、口咽结合处面积(e)、声门区面积(f)、AHI(g)、 $LSaO_2$ (h) 的变化

表 1 术前及术后 3、6、12 个月各项指标之间的多重比较结果

指标	术前	3 个月	6 个月	12 个月	F	P
形态学指标						
BMI	39.35 ± 7.50	33.99 ± 7.36 ¹⁾	30.83 ± 6.62 ¹⁾²⁾	29.71 ± 5.08 ¹⁾²⁾	17.39	<0.01
颈围/cm	43.37 ± 4.35	40.01 ± 3.77 ¹⁾	38.32 ± 3.49 ¹⁾	36.93 ± 4.05 ¹⁾²⁾	20.96	<0.01
腰围/cm	119.54 ± 13.55	110.57 ± 13.91 ¹⁾	104.55 ± 12.82 ¹⁾²⁾	102.86 ± 10.93 ¹⁾²⁾	14.43	<0.01
PSG 指标						
AHI ^{a)}	28.45 ± 23.58	14.56 ± 13.27 ¹⁾	11.15 ± 9.55 ¹⁾	8.40 ± 7.96 ¹⁾	15.01	<0.01
$LSaO_2$ ^{a)}	0.76 ± 0.14	0.85 ± 0.09 ¹⁾	0.90 ± 0.07 ¹⁾	0.91 ± 0.11 ¹⁾²⁾	20.76	<0.01
咽声反射指标						
咽腔容积 ^{a)} /mL	23.02 ± 4.78	26.17 ± 4.25 ¹⁾	28.40 ± 3.92 ¹⁾	29.17 ± 3.17 ¹⁾²⁾	19.26	<0.01
口咽结合处面积/cm ²	0.91 ± 0.32	1.04 ± 0.25 ¹⁾	1.11 ± 0.32 ¹⁾	1.15 ± 0.27 ¹⁾	5.40	0.01
声门区面积 ^{a)} /cm ²	0.98 ± 0.30	1.14 ± 0.26	1.24 ± 0.22 ¹⁾	1.24 ± 0.19 ¹⁾	10.16	<0.01

与术前比较,¹⁾ $P<0.01$;与术后 3 个月比较,²⁾ $P<0.01$ 。

注:^{a)}方差不齐,采用 Welch 检验结果。

3 讨论

OSA 是一种常见的疾病,其特征是睡眠期间上呼吸道部分或完全变窄,导致反复发作的呼吸暂停、血氧饱和度下降和睡眠中断。多项研究已经确定肥胖是其主要风险因素。近几十年来,发达国家

所有年龄组的超重和肥胖患病率显著增加,从而增加了睡眠呼吸暂停的发病率^[13]。已有多种主动或被动减肥方法来减少肥胖引起的 OSA 症状,包括疾病预防、生活方式和行为改变、药物治疗等,但這些减肥方法很难维持。而外科手术如减重手术,可

以使严重肥胖的患者实现持久的体重减轻达15年以上^[14],还可以改善血糖,降低心血管风险和肥胖相关死亡率^[15]。

本研究结果显示,术后12个月受试者的肥胖症状显著缓解,BMI从40左右降至30以下,已不再符合WHO对“肥胖”的定义。此外,颈围和腰围也显著减小(至少在早期),表明减重手术显著消除了过多的体重和脂肪。减重手术可以缓解或改善大多数病态肥胖患者的OSA症状,但其机制尚不清楚,一般认为是通过减少脂肪沉积^[16]和胰岛素抵抗^[17]实现的。然而,耳鼻喉科医生更关注手术前后咽腔结构的改变,因为咽腔是上呼吸道狭窄的关键部位。在肥胖个体中,呼吸道周围的脂肪组织沉积减少了上呼吸道的截面积,增加了气流阻力^[18]。因此,与正常人相比,这些患者的口咽部更窄,更易发生塌陷。假设气流恒定,根据伯努利原理,呼吸道变窄会导致肺内负压增加,进而发生呼吸衰竭。如果这种情况发生在松软的呼吸道,一方面可造成组织顺应性增加,另一方面使得上呼吸道肌肉松弛,从而发生气道塌陷,阻塞通气,出现呼吸暂停。因此,评估咽腔结构可以为揭示肥胖和OSA的内在机制和潜在关系提供新的方法与思路。

咽声反射是FDA批准的一项新型非侵入性睡眠呼吸暂停诊断方法。这项技术使用声反射测量咽腔容积和横截面积,能够识别OSA中的上呼吸道阻塞部位。Kamal^[19]使用咽声反射对350名正常志愿者进行分析,表明咽腔容积和最小咽腔横截面积可以作为诊断OSA的“金标准”。口咽结合处面积也被认为是OSA严重程度的可靠指标^[20]。咽声反射已通过计算机轴向断层扫描和磁共振成像的验证,是一种简易、快速、无辐射的评估咽腔结构和诊断OSA的方法。咽声反射结果表明,术后口咽结合处面积在0~3个月内显著增加,而咽腔容积和声门区面积在术后6、12个月显著增加。这些结果表明,肥胖患者经减重手术之后,体重及颈部脂肪堆积显著减少,可缓解咽腔外部压迫,恢复咽腔肌肉的顺应性,从而扩大咽腔容积,增加声门区横截面积;解除了上气道阻塞情况,改善了OSA症状。

PSG分析显示,在0~3个月,AHI显著降低,LaSO₂显著增加,但在后期,这些指标几乎保持不变。因此,AHI的降低可能与口咽结合处面积扩大有关。PSG可以揭示手术前后睡眠的变化^[21]。尽管包括BMI和AHI在内的各种指数显著下降,但体重减轻对睡眠的影响是复杂且难以解释的,尤其是部分受试者在术后评估时仍然属于“肥胖”。很少有研究探讨由于体重减轻引起的口咽部结构变化。咽腔结构和肌肉顺应性被认为是OSA发病

的一个重要因素^[22]。OSA的主要病理涉及口咽部软组织的塌陷,导致呼吸无效或缺失。口咽结合处作为咽腔入口,进一步分析其解剖学意义发现,这个横截面包含悬雍垂、淋巴组织(如扁桃体和腺样体)及增生的软组织。声门横截面通常是咽部最狭窄的平面。肥胖患者最有可能在这两个区域出现狭窄和阻塞。软组织增生是上呼吸道狭窄的主要原因,并影响舌、悬雍垂、扁桃体、软腭、血管、淋巴组织、咽脂肪垫、肌肉和咽黏膜等。还应考虑打鼾期间组织振动引起的慢性创伤^[23]和胃食管反流和/或咽喉反流^[24]引起的炎症。减重手术可以通过调节机体代谢,改善失衡的血糖、血脂、血压情况,从而抑制全身或部分区域的慢性炎症或应激反应,使得增生肥厚的黏膜组织和淋巴组织逐渐恢复正常,减少上气道阻塞程度。

总之,本研究发现减重手术可以在相对较短的时间内(约3个月)减轻肥胖合并OSA患者的体重,减少颈部脂肪堆积,并使咽部(特别是口咽结合处面积)变宽,在一定程度上缓解睡眠呼吸暂停症状。但同时也注意到,6个月之后,虽然体重仍在下降,但AHI并没有继续显著降低,表明肥胖是OSA的危险因素,但可能不是唯一的危险因素,OSA患者还需要进行其他治疗。今后需要进一步的研究来验证这些发现,同时进一步阐明肥胖引起的OSA机制,期望为肥胖合并OSA的个体化治疗提供新的思路和诊疗手段。

参考文献

- [1] Senaratna CV, Perret JL, Lodge CJ, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: A systematic review[J]. *Sleep Med Rev*, 2017, 34: 70-81.
- [2] Cano-Pumarega I, Barbé F, Esteban A, et al. Sleep Apnea and Hypertension: Are There Sex Differences? The Vitoria Sleep Cohort[J]. *Chest*, 2017, 152(4): 742-750.
- [3] Grewal G, Joshi GP. Obesity and Obstructive Sleep Apnea in the Ambulatory Patient[J]. *Anesthesiol Clin*, 2019, 37(2): 215-224.
- [4] Pannain S, Mokhlesi B. Bariatric surgery and its impact on sleep architecture, sleep-disordered breathing, and metabolism[J]. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, 2010, 24(5): 745-761.
- [5] Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, et al. Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline[J]. *J Clin Sleep Med*, 2017, 13(3): 479-504.
- [6] Ashrafian H, le Roux CW, Rowland SP, et al. Metabolic surgery and obstructive sleep apnoea: the protective effects of bariatric procedures[J]. *Thorax*, 2012, 67(5): 442-449.

- [7] Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, et al. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis [J]. *JAMA*, 2004, 292(14): 1724-1737.
- [8] Molfenter SM. The Reliability of Oral and Pharyngeal Dimensions Captured with Acoustic Pharyngometry [J]. *Dysphagia*, 2016, 31(4): 555-559.
- [9] 王勇, 王存川, 朱晒红, 等. 中国肥胖及 2 型糖尿病外科治疗指南(2019 版) [J]. *中国实用外科杂志*, 2019, 39(4): 6-11.
- [10] 中国医师协会睡眠医学专业委员会. 成人 OSA 多学科诊疗指南 [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98(24): 1902-1914.
- [11] Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, et al. Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline [J]. *J Clin Sleep Med*, 2017, 13(3): 479-504.
- [12] 荣婷, 马建刚, 赵宇亮, 等. 不同体位咽声反射对 OSAHS 病情评估的影响及其对 OSAHS 治疗效果评估的初探 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2019, 33(2): 118-122, 127.
- [13] Flegal KM, Carroll MD, Ogden CL, et al. Prevalence and trends in obesity among US adults, 1999-2008 [J]. *JAMA*, 2010, 303(3): 235-241.
- [14] Sjöström L, Narbro K, Sjöström CD, et al. Effects of bariatric surgery on mortality in Swedish obese subjects [J]. *N Engl J Med*, 2007, 357(8): 741-752.
- [15] Santos S, Caramujo C, Silva M, et al. Impact of bariatric surgery on OSAS in obese individuals [J]. *Sleep Medicine*, 2013, 14(Suppl 1): 273.
- [16] Al-Jumaily AM, Ashaat S, Martin B, et al. A pilot study on the biomechanical assessment of obstructive sleep apnea pre and post bariatric surgery [J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2018, 250: 1-6.
- [17] Soin D, Kumar PA, Chahal J, et al. Evaluation of obstructive sleep apnea in metabolic syndrome [J]. *J Family Med Prim Care*, 2019, 8(5): 1580-1586.
- [18] Katz SL, Blinder H, Naik T, et al. Does neck circumference predict obstructive sleep apnea in children with obesity? [J]. *Sleep Med*, 2021, 78: 88-93.
- [19] Kamal I. Normal standard curve for acoustic pharyngometry [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2001, 124(3): 323-330.
- [20] Jung DG, Cho HY, Grunstein RR, et al. Predictive value of Kushida index and acoustic pharyngometry for the evaluation of upper airway in subjects with or without obstructive sleep apnea [J]. *J Korean Med Sci*, 2004, 19(5): 662-667.
- [21] Lettieri CJ, Eliasson AH, Greenburg DL. Persistence of obstructive sleep apnea after surgical weight loss [J]. *J Clin Sleep Med*, 2008, 4(4): 333-338.
- [22] Corda L, Redolfi S, Montemurro LT, et al. Short-and long-term effects of CPAP on upper airway anatomy and collapsibility in OSAH [J]. *Sleep Breath*, 2009, 13(2): 187-193.
- [23] Sabato R, Guido P, Salerno FG, et al. Airway inflammation in patients affected by obstructive sleep apnea [J]. *Monaldi Arch Chest Dis*, 2006, 65(2): 102-105.
- [24] Stardelova Grivcheva K, Popova Jovanova R, Deriban G, et al. Relationship between Gastroesophageal Reflux Disease (GERD) and Obstructive Sleep Apnea (OSA) in adult population in Macedonia [J]. *Physioacta*, 2014, 8(1): 1-8.

(收稿日期: 2020-12-30)

(上接第 537 页)

- [8] Casanova JM, Sanmartín V, Martí RM, et al. Evaluating clinical dermatology practice in medical undergraduates [J]. *Actas Dermosifiliogr*, 2014, 105(5): 459-468.
- [9] Singleton GT. Sudden deafness and round window rupture [J]. *Laryngoscope*, 1997, 107(5): 577-579.
- [10] 张季蕾, 方璇, 李水静, 等. 突发性聋不同分型的发病与季节及气温参数相关性分析 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2019, 33(8): 692-695.
- [11] Bramhall NF, Kallman JC, Verrall AM, et al. A novel WFS1 mutation in a family with dominant low frequency sensorineural hearing loss with normal VEMP and EcochG findings [J]. *BMC Med Genet*, 2008, 9: 48.
- [12] Ciorba A, Hatzopoulos S, Bianchini C, et al. Idiopathic sudden sensorineural hearing loss: cardiovascular risk factors do not influence hearing threshold recovery [J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2015, 35(2): 103-109.
- [13] Yasmin S, Purcell DW, Veeranna SA, et al. A novel approach to investigate subcortical and cortical sensitivity to temporal structure simultaneously [J]. *Hear Res*, 2020, 398: 108080.
- [14] 杨建仲, 温计萍, 马爱梅, 等. 应用脑干听觉诱发电位和 40 Hz 听觉事件相关电位对听力减退进行评价 [J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2007, 5(1): 90-90.
- [15] Jalaei B, Shaabani M, Zakaria MN. Mode of recording and modulation frequency effects of auditory steady state response thresholds [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2017, 83(1): 10-15.
- [16] 冀飞. 听觉诱发电位临床应用进展 [J]. *中华耳科学杂志*, 2017, 15(2): 138-146.
- [17] 郑周数, 陈淑飞, 李倩, 等. ABR、40 Hz-AERP 和 AS-SR 与主观纯音听阈测定的相关性研究 [J]. *中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志*, 2019, 27(3): 165-167, 177.
- [18] 韩德民, 许时昂. 听力学基础与临床 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 343-355.

(收稿日期: 2021-01-07)