

基于鼾声分析技术的手机软件在成人阻塞性睡眠呼吸暂停筛查中的应用价值研究

陈媛媛^{1,2}, 彭茂桓², 董霄松^{1,2}, 赵 瑞², 孙铭泽², 顾家慧², 张雪丽²,
赵 龙², 周 兵², 伍斓博², 王韦涵², 韩 芳²

基金项目: 北京大学人民医院研究与发展基金资助项目(编号:RDL2022-02)

作者单位: 1. 北京大学医学技术研究院, 北京 100083; 2. 北京大学人民医院呼吸睡眠医学科, 北京 100044

第一作者: 陈媛媛, 在读理学硕士研究生, 研究方向: 睡眠呼吸障碍。E-mail: chenyuanyuan86400@163.com

通信作者: 董霄松, 医学博士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 睡眠呼吸障碍。E-mail: dongxiaosong@pkuph.edu.cn



董霄松, 北京大学人民医院呼吸睡眠医学科副主任, 主任医师、副教授, 内科学和医学技术学研究生导师。北京大学医学博士。长期工作于睡眠医学的临床一线, 致力于睡眠呼吸障碍及其他睡眠疾病的临床与科研工作。熟悉呼吸与睡眠常见疾病的诊疗与临床管理, 承担院内疑难病例会诊工作。近年来专注于中枢嗜睡性疾病的易感基因研究、睡眠呼吸障碍的远程诊疗以及可穿戴技术的临床应用研究。研究工作获得国家自然科学基金委、北京市科委的资助。参编、参译医学专著多部, 发表论文数十篇。学会兼职: 中华医学会呼吸病学分会呼吸治疗学组委员, 中国研究型医院学会睡眠医学专业委员会副主任委员, 中国医疗保健国际交流促进会睡眠医学分会副主任委员, 中国睡眠研究会理事, 中国睡眠研究会医学教育委员会副主任委员, 中国睡眠研究会睡眠呼吸障碍分会常务委员, 中国医师协会睡眠医师专业委员会睡眠呼吸障碍(呼吸)学组委员, 北京市医学会呼吸病学分会睡眠学组委员。

[摘要] **目的** 评价基于鼾声分析技术的智能手机软件“睡好了么”(Sleepok)在成人阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)筛查中的应用价值, 并与常用 OSA 筛查量表进行比较。**方法** 纳入 2022 年 7 月至 2023 年 4 月因打鼾就诊于北京大学人民医院呼吸睡眠医学科进行多导睡眠监测(PSG)的成人受试者 173 例, 在行 PSG 时同步使用 Sleepok 监测鼾声, 受试者于监测当晚在研究者指导下填写纸质问卷(包括基本信息和常用 OSA 筛查量表)。**结果** Sleepok 与 PSG 测得呼吸暂停低通气指数(AHI)差异无统计学意义($P>0.05$)。Pearson 相关分析结果显示, Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 具有较好的相关性($r=0.80, P<0.001$)。Bland-Altman 一致性检验结果显示, Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 有较高的一致性($P=0.118$), 两者之间的平均差异仅为 -1.82 次/h。ROC 曲线分析结果显示, Sleepok_AHI 对 OSA、中重度 OSA 和重度 OSA 均有较好的诊断价值, 其最佳截断值分别为 16.6 次/h、18.9 次/h 和 28.0 次/h。单纯鼾症组与 OSA 组 6 种量表(No-Apnea, GOAL, NoSAS, STOP, STOP-Bang, CNCQ-OSA)的评分值以及 Sleepok_AHI 水平比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。ROC 曲线分析结果显示, 6 种量表均有诊断 OSA 的应用价值($P<0.05$)。**结论** 基于鼾声分析技术的智能手机软件 Sleepok 能有效识别睡眠中的呼吸事件, 对于 OSA 高风险患者有较好的灵敏度和特异度, 可用于 OSA 筛查。

[关键词] 阻塞性睡眠呼吸暂停; 鼾声分析; 多导睡眠监测; 筛查量表

[中图分类号] R 563 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2024)01-0019-06

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2024.01.04

A study on the application value of smartphone software based on snoring analysis technology in adult obstructive sleep apnea CHEN Yuanyuan^{1,2}, PENG Maohuan², DONG Xiaosong^{1,2}, ZHAO Rui², SUN Mingze², GU Jiahui², ZHANG Xueli², ZHAO Long², ZHOU Bing², WU Lanbo², WANG Weihuan², HAN Fang². 1. Institute of Medical Technology, Peking University, Beijing 100083, China; 2. Department of Respiratory and Sleep Medicine, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China

[Abstract] **Objective** To evaluate the application value of smartphone software Sleepok based on snoring analysis technology in adult obstructive sleep apnea (OSA), and to compare its predictive value with the commonly used OSA screening scales for OSA. **Methods** One hundred and seventy-three adult subjects who came to the clinic in the Department of Respiratory and Sleep Medicine of Peking University People's Hospital from July 2022 to April 2023 due to snoring and underwent polysomnography (PSG) were enrolled. Sleepok was used to monitor snoring during PSG monitoring. On the night of monitoring, the subjects completed a paper questionnaire (including basic information and commonly used OSA screening scales) under the guidance of the researchers. **Results** There was not significant difference between apnea hypopnea index (AHI) obtained by Sleepok and that obtained by PSG ($P > 0.05$). The results of Pearson regression analysis showed that Sleepok_AHI had a good correlation with PSG_AHI ($r = 0.80$, $P < 0.001$). Bland-Altman consistency test results showed that Sleepok_AHI and PSG_AHI had higher consistency ($P = 0.118$), and their average difference was only -1.82 events/hour. The results of receiver operating characteristic (ROC) curve analysis showed that Sleepok_AHI had better diagnostic value in OSA, moderate to severe OSA and severe OSA, and their cut-off values were 16.6 events/hour, 18.9 events/hour and 28.0 events/hour, respectively. There were significant differences in the scoring values of 6 scales (No-Apnea, GOAL, NoSAS, STOP, STOP-Bang, CNCQ-OSA) and Sleepok_AHI level between the simple snoring group and the OSA group ($P < 0.05$). The results of ROC curve analysis showed that all the 6 scales had application value in diagnosing OSA ($P < 0.05$). **Conclusion** The smartphone software Sleepok based on snoring analysis technology can effectively identify respiratory events during sleep, and has better sensitivity and specificity for the patients at high risk of OSA, and can be used for OSA screening.

[Key words] Obstructive sleep apnea (OSA); Snoring analysis; Polysomnography (PSG); Screening scale

阻塞性睡眠呼吸暂停 (obstructive sleep apnea, OSA) 是一组因上气道完全或部分塌陷导致睡眠过程中反复出现呼吸暂停或者低通气, 并引起慢性间歇性低氧和睡眠片段化等一系列病理生理改变的临床综合征, 是最常见的睡眠呼吸障碍^[1]。未经治疗的 OSA 患者发生心血管疾病^[2]、代谢性疾病^[3]和认知障碍^[4]的风险显著增加, 甚至与癌症^[5]有一定的相关性。此外, OSA 导致的日间嗜睡和疲劳对患者的家庭、工作也会造成不良影响, 并增加交通事故的发生风险^[6]。有研究显示, 我国 OSA 患者数量已达 1.76 亿人^[1]。由于大多数 OSA 患者未得到及时诊断, 这将严重危害公众健康, 并造成巨大的社会经济负担^[7]。公众对该病认识不足导致未及时就医是重要的原因之一, 因此迫切需要家庭化技术对 OSA 进行监测及初步筛查。随着科技的发展, 数字医疗在医学领域中的应用也越来越广泛^[8]。美国睡眠医学会 (American Academy of Sleep Medicine, AASM) 于 2015 年首次提出应用远程医疗对睡眠障碍进行诊断和治疗的建议^[9]。在新型冠状病毒感染疫情出现后, 远程医疗模式在睡眠医学领域中得到了快速发展^[10]。大部分 OSA 患者有打鼾的症状, 其鼾声中包含大量的信息, 通过收集和提取分析鼾声的特征, 可以估算患者的呼吸暂停低通气指数 (apnea hypopnea index, AHI), 用于 OSA 患者的筛查。2021 年发布的《成人阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征远程医疗临床实践专家共识》^[11]中提出了互联网传输、5G 通信技术

是具有卫生经济学价值的远程睡眠呼吸暂停管理模式发展的核心, 并且肯定了智能手机上添加内置低成本血氧探头或鼾声采集器的应用前景。基于鼾声分析的智能手机监测软件是一种相对简单、舒适、患者可及的筛查工具, 对于提高患者对疾病的重视、及时就医有重要意义。但这类电子产品的信号采集以及呼吸事件判读的准确度需要进一步临床验证^[12]。本研究旨在探讨一款基于鼾声分析技术的智能手机软件 Sleepok 在成人 OSA 诊断中的应用价值, 并与常用的 OSA 筛查量表 (No-Apnea、GOAL、NoSAS、STOP、STOP-Bang、CNCQ-OSA、ESS) 进行比较。

1 对象与方法

1.1 研究对象 纳入 2022 年 7 月至 2023 年 4 月因打鼾就诊于北京大学人民医院呼吸睡眠医学科进行多导睡眠监测 (polysomnography, PSG) 的成人受试者 173 例, 在行 PSG 时同步使用智能手机软件 Sleepok 监测鼾声。纳入标准: (1) 以夜间打鼾、呼吸暂停等睡眠障碍为主诉; (2) 年龄 > 18 岁。排除标准: (1) 精神心理疾病, 不能配合检查者; (2) 因睡眠呼吸暂停正在接受无创正压通气者; (3) 患有其他睡眠呼吸疾病或睡眠疾病, 包括中枢性睡眠呼吸暂停、睡眠相关低通气、发作性睡病、异态睡眠等; (4) 临床情况不稳定, 如 1 个月内曾有急性心肌梗死、急性心力衰竭、支气管哮喘急性发作、慢性阻塞性肺疾病急性加重等; (5) 同屋有陪护者。本研究获北京大学人民医院伦理委员会批准 (批号: 2022PHB359-001),

并取得患者知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集 收集每位受试者的年龄、性别、身高、体重等资料。

1.2.2 监测方法 (1)PSG 及结果判读。受试者于北京大学人民医院呼吸睡眠医学科进行整夜 PSG。根据 AASM 推荐,记录信号包括脑电图(F3M2、F4M1、C3M2、C4M1、O1M2、O2M1)、双侧眼电图(electro-oculogram, EOG)、下颌肌电图(electromyogram, EMG)、心电图(electrocardiogram, ECG)、下肢肌电图、口鼻热敏信号、鼻压力气流、胸腹运动、血氧饱和度(oxygen saturation, SpO₂)、鼾声、体位、心率。PSG 结果由专业睡眠技师根据 AASM 2020 年制定的《睡眠及相关事件判读手册 2.6》进行人工判读:呼吸暂停定义为口鼻气流消失,或较基线下降≥90%,持续时间≥10 s;低通气定义为鼻气流水平较基线下降≥30%,且伴 SpO₂ 降低≥3%或伴觉醒,持续时间≥10 s。计算患者 AHI,记为 PSG_AHI,并对患者进行诊断及严重程度分级: AHI≥5 次/h 诊断为 OSA,其中 5 次/h≤AHI<15 次/h

为轻度,15 次/h≤AHI<30 次/h 为中度,AHI≥30 次/h 为重度。(2)睡好了么智能手机软件[道博医疗科技(苏州)有限公司]的应用。睡好了么(Sleepok)是一款基于智能手机的睡眠呼吸监测软件,通过终端 APP 收录受试者睡眠过程中发出的鼾声音频数据,通过软件中的智能算法对录制的音频数据进行分析。通过短时能量,动态基线算法对鼾声信号里的非鼾声(睡眠打鼾过程中的呼吸暂停状态,即呼吸暂停相关事件)和鼾声(睡眠打鼾过程中呼吸时发出呼噜声,即低通气相关事件)进行呼吸暂停和低通气事件识别和分析。该 APP 对呼吸事件判断的原理见图 1。最后,通过呼吸暂停低通气计算规则进行综合计算,得出 AHI,记为 Sleepok_AHI。Sleepok_AHI = 有效时间段内的呼吸事件数/有效时间。有效时间是指根据音频质量统计数据把包含异常声音的时间段进行剔除后的时间。常用 OSA 筛查量表包括 No-Apnea、GOAL、NoSAS、STOP、STOP-Bang、CNCQ-OSA 及 ESS 等 7 种量表。

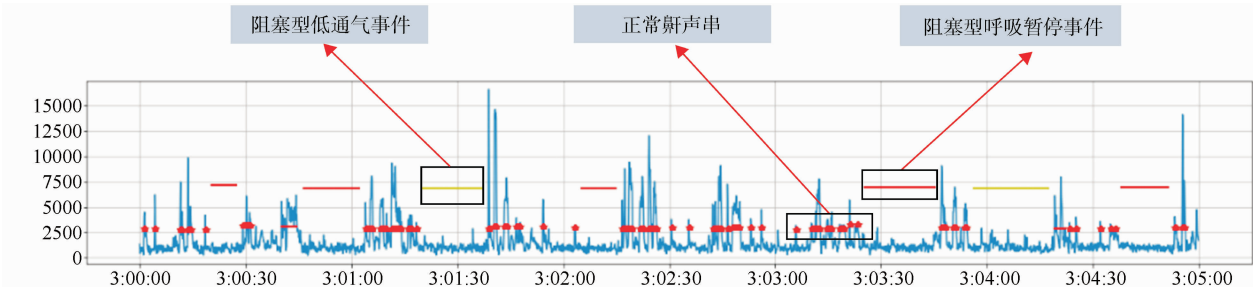


图 1 Sleepok 呼吸事件判断原理示意图

1.2.3 试验流程 受试者于监测当晚在研究者指导下完成纸质问卷的填写(包括基本信息及以上 7 种量表),在开始 PSG 时同步开始 Sleepok 鼾声监测,手机放置在距离头部 30~50 cm 处。次日结束 PSG 监测时同步结束 Sleepok 鼾声监测,采集软件自动分析 AHI 等数据。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。不符合正态分布的计量资料以中位数(下四分位数,上四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,组间比较采用成组设计的秩和检验。计数资料以例数(百分率)[$n(\%)$]表示。对同一受试者 Sleepok 监测获得的睡眠呼吸参数与 PSG 监测获得的 AHI 等相关指标进行配对设计的秩和检验,以及 Pearson 相关分析和 Bland-Altman 一致性检验(MedCalc 20),评估

PSG 和 Sleepok 测得 AHI 间的一致性。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析各筛查工具诊断 OSA 的效能。采用 Z 检验比较各筛查工具的曲线下面积(area under the curve, AUC)。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

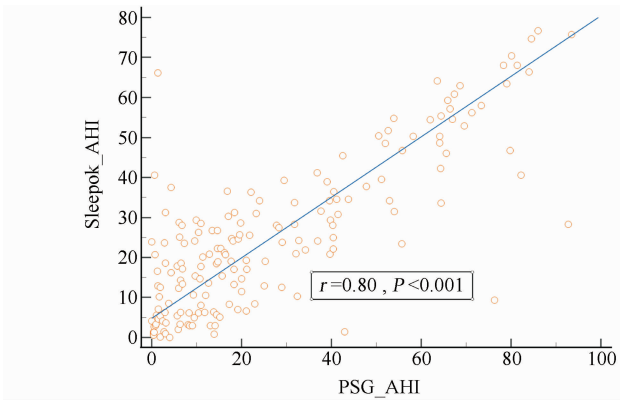
2.1 受试者特征资料 173 例受试者均完成同步 PSG 和鼾声监测,数据采集正常。其中男性 119 例(68.79%),女性 54 例(31.21%)。年龄为(45.6±14.3)岁,体质量指数(body mass index, BMI)为(26.6±4.6)kg/m²,AHI 为(27.2±25.3)次/h。其中 AHI<5 次/h 的单纯鼾症 33 例(19.08%),轻度 OSA 44 例(25.43%),中度 OSA 35 例(20.23%),重度 OSA 61 例(35.26%)。在 PSG 期间,参与者睡眠时间为(6.7±1.0)h,睡眠效率为(85.5±10.7)%。

2.2 Sleepok 与 PSG 测得指标水平比较 两种方法测得 TRT、TRT/TST 比较差异有统计学意义($P < 0.05$),测得 AHI 比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 Sleepok 与 PSG 测得指标水平比较 [$n = 173, M(P_{25}, P_{75})$]

参 数	Sleepok	PSG	Z	P
TRT (min)	504.00 (453.00, 534.00)	474.00 (445.90, 499.95)	-6.505	<0.001
TRT/TST (min)	504.00 (453.00, 534.00)	415.50 (372.60, 446.90)	-10.785	<0.001
AHI (次/h)	22.30 (8.95, 35.45)	17.80 (6.60, 41.35)	-1.658	0.097

注:TRT 为总记录时间(total recording time);TST 为总睡眠时间(total sleep time);TRT/TST 在此处指用 Sleepok 的 TRT 与 PSG 的 TST 进行 Wilcoxon 符号秩检验



2.3 Sleepok_AHI 和 PSG_AHI 的相关性和一致性 分析结果 Pearson 相关分析结果显示,Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 具有较好的相关性($r = 0.80, P < 0.001$)。Bland-Altman 一致性检验结果显示,Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 有较高的一致性($P = 0.118$),两者之间的平均差异仅为 -1.82 次/h(95% $CI: -31.77 \sim 28.13$ 次/h),见图 2。

2.4 Sleepok_AHI 对 OSA 诊断效能分析结果 ROC 曲线分析结果显示,Sleepok_AHI 对 OSA、中重度 OSA 和重度 OSA 均有较好的诊断价值,其最佳截断值分别为 16.6 次/h、18.9 次/h 和 28.0 次/h,见图 3、表 2。

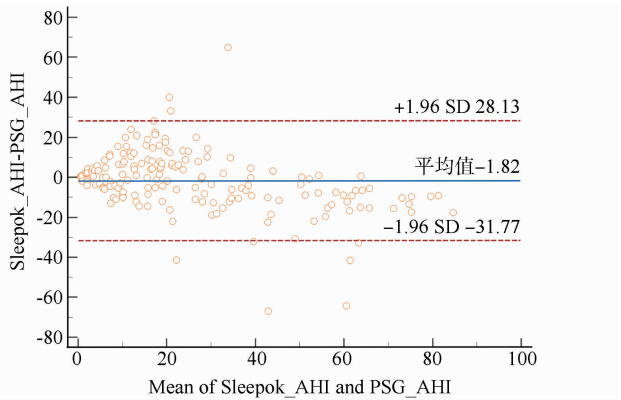
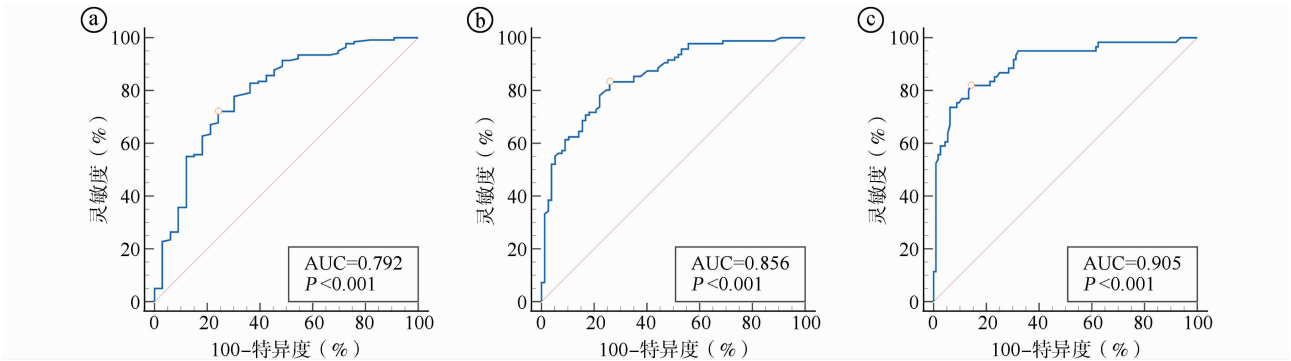


图 2 Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 的散点图和 Bland-Altman 分析结果图



①为 Sleepok_AHI 诊断 OSA 的 ROC 曲线图;②为 Sleepok_AHI 诊断中重度 OSA 的 ROC 曲线图;③为 Sleepok_AHI 诊断重度 OSA 的 ROC 曲线图

图 3 Sleepok_AHI 诊断不同严重程度 OSA 的 ROC 曲线图

表 2 Sleepok_AHI 对不同严重程度 OSA 的诊断效能				
诊断疾病	AUC(95% CI)	cut-off (次/h)	灵敏度 (%)	特异度 (%)
OSA	0.792(0.724 ~ 0.850)	16.6	72.14	75.76
中重度 OSA	0.856(0.795 ~ 0.905)	18.9	83.33	74.03
重度 OSA	0.905(0.851 ~ 0.944)	28.0	81.97	85.71

2.5 Sleepok_AHI 与常用 OSA 筛查问卷诊断 OSA 的效能对比 单纯鼾症组与 OSA 组 6 种量表(No-Apnea、

GOAL、NoSAS、STOP、STOP-Bang、CNCQ-OSA)的评分值以及 Sleepok_AHI 水平比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。ROC 曲线分析结果显示,6 种量表(No-Apnea、GOAL、NoSAS、STOP、STOP-Bang、CNCQ-OSA)均有诊断 OSA 的应用价值($P < 0.05$)。Z 检验显示,Sleepok_AHI 的 AUC 比 ESS 大,差异有统计学意义($P = 0.009$),与其余 6 种 OSA 筛查量表的 AUC 比较差异不显著($P > 0.05$),见图 4、表 4。

表 3 两组患者 Sleepok_AHI 与 7 种筛查量表测量结果比较[$M(P_{25},P_{75})$]

组 别	例数	No-Apnea (分)	GOAL (分)	NoSAS (分)	STOP (分)	STOP-Bang (分)	CNCQ-OSA (分)	ESS (分)	Sleepok_AHI (次/h)
单纯鼾症组	33	1.00 (0.00,3.00)	2.00 (1.00,2.00)	4.00 (2.00,6.50)	1.00 (0.50,2.00)	2.00 (1.00,3.00)	9.70 (8.50,11.65)	9.00 (3.50,12.50)	5.60 (2.05,17.60)
OSA 组	140	3.00 (2.00,6.00)	2.00 (2.00,3.00)	7.00 (5.00,11.00)	2.00 (2.00,3.00)	4.00 (3.00,5.00)	12.10 (10.80,14.98)	11.00 (6.00,14.00)	25.05 (14.40,39.20)
Z		-5.389	-4.683	-5.199	-4.203	-5.680	-4.727	-1.860	-5.218
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.063	<0.001

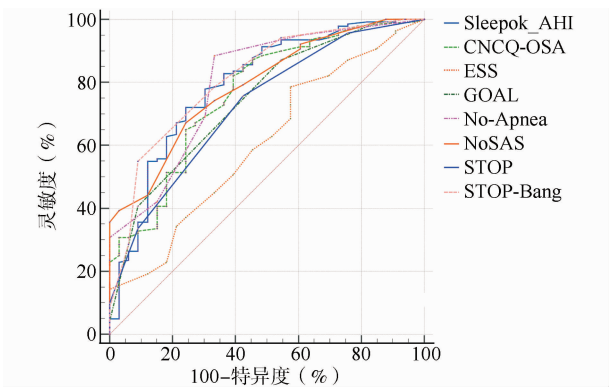


图 4 8 种筛查工具诊断 OSA 的 ROC 曲线图

表 4 Sleepok_AHI 与 7 种筛查量表 OSA 的诊断效能

工 具	AUC(95% CI)	P	cut-off	灵敏度 (%)	特异度 (%)
Sleepok_AHI	0.792 (0.724~0.850)	<0.001	16.6 次/h	72.14	75.76
CNCQ-OSA	0.765 (0.694~0.826)	<0.001	10.3 分	82.14	60.61
ESS	0.604 (0.527~0.677)	0.057	5.0 分	78.57	42.42
GOAL	0.744 (0.672~0.807)	<0.001	1.0 分	87.14	45.46
No-Apnea	0.798 (0.730~0.855)	<0.001	1.0 分	88.57	66.67
NoSAS	0.789 (0.720~0.847)	<0.001	6.0 分	67.14	75.76
STOP	0.725 (0.652~0.790)	<0.001	1.0 分	75.71	57.58
STOP-Bang	0.812 (0.746~0.868)	<0.001	3.0 分	55.00	90.91

3 讨论

3.1 本研究的结果表明,Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 之间的平均差异仅为 -1.82 次/h,且两者之间相关性较好($r=0.80,P<0.001$),两者比较无显著差异($P=0.097$)。Bland-Altman 一致性检验结果显示,Sleepok_AHI 与 PSG_AHI 一致性好。Sleepok_AHI 诊断 OSA 的灵敏度为 72.14%,特异度为 75.76%。Z 检验结果显示,Sleepok_AHI 的 AUC 比 ESS 大,差异有

统计学意义($P=0.009$),与其余 6 种 OSA 筛查量表的 AUC 比较差异不显著。表明 Sleepok 在筛查 OSA 高危者中有较好的应用价值。

3.2 目前临床上使用的经典便携式监测设备灵敏度在 80%~100%,特异度在 60%~90%^[13-16],其中 Nox-T3^[16]表现较好,灵敏度为 97%~100%,特异度为 75%~94%。Sleepok 筛查 OSA 的灵敏度能达到与这些常规的便携式监测设备相似的水平,作为一款无需医生处方的智能手机软件,其应用场景更多是面向尚未就医、对 OSA 认识不足人群的自我筛查,高灵敏度能提高患者的重视,促使其主动就医。但由于该软件特异度较低,应在使用者界面提示患者其与 PSG_AHI 不能等同,以免造成患者过度焦虑。一些应用程序仅仅检测患者打鼾情况^[17-18],未对患者呼吸暂停的损害作出分析和评估,这对于部分独居患者来说可能有一定意义。临床上,无共患疾病的中重度 OSA 患者也应予以治疗,避免缺氧带来的心血管影响以及对全身各个系统的影响。本研究结果表明,以 Sleepok_AHI 18.9 次/h 作为诊断中重度 OSA 患者的最佳截断值时,灵敏度(83.33%)和特异度(74.03%)均比较理想,这对于辅助临床医师早期识别中重度患者以及进一步诊疗有重要意义。与同类产品 Sara 相比^[10],Sleepok 诊断中重度 OSA 的灵敏度和特异度略低,但这种差异可能是由研究设计或研究人群不同带来的差异,同时 Sara 除了鼾声分析技术,还纳入了量表评估的部分。这也提示结合客观的鼾声分析技术和主观的量表评估或许能取得更好的效果。

3.3 打鼾是 OSA 最常见症状,当上气道发生完全阻塞或部分阻塞时,气流在狭窄的上呼吸道流动过程中冲击软组织发生轻微震荡而产生了鼾声。有研究表明,鼾声的振动模式可以识别呼吸暂停事件,并与阻塞的程度和部位相关^[19-20]。但仅应用鼾声评估患者的 OSA 严重程度比较片面。在标准 PSG 中,呼吸暂停或低通气需要通过气流信号、血氧、脑电觉醒、胸腹呼吸运动等多个生理参数来共同判定,特别

是血氧的降低对提示 OSA 严重程度和预后具有非常重要的意义。另外,与其他便携式监测设备相同,在不能评估睡眠状态的情况下,此类软件只能用 TRT 代替 TST 计算 AHI,而 TRT 通常大于 TST,因而会低估患者的 AHI 及严重程度。但鼾声分析软件具有使用成本低、操作便捷的特点,可进行自我筛查。基于其特点,Sleepok 或同类基于鼾声监测睡眠呼吸事件的软件,目前主要应用于以下两类场景:一是为普通人群提供自我筛查机会,提高重视,促进及时就医;二是在睡眠医学诊疗资源相对紧张的地区,为临床医师提供参考^[21],辅助医师及早发现中重度 OSA,合理利用医疗资源,安排进一步诊疗。

3.4 本研究是对怀疑有 OSA 的患者进行的一项队列研究,存在一定的局限性:(1)研究人群仅从一家睡眠中心招募,因此该软件在社区人群中的临床应用需要进一步评估。(2)本研究在睡眠中心进行,环境条件、设备放置等由研究人员控制,未评估其用于家庭监测时的可靠性。(3)本研究纳入的研究人群为就诊于睡眠中心的 OSA 高危人群,人群选择上有一定偏倚,对于在普通人群中的应用需要进一步研究。

基于鼾声分析技术的智能手机软件 Sleepok 能有效识别睡眠中的呼吸事件,对于 OSA 高风险患者有较好的灵敏度和特异度,同时具有操作简单、成本低、容易普及等特点,可以作为大规模人群的 OSA 筛查工具。

参考文献

- [1] Benjafield AV, Ayas NT, Eastwood PR, et al. Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis[J]. *Lancet Respir Med*, 2019,7(8):687–698.
- [2] Redline S, Azarbarzin A, Peker Y. Obstructive sleep apnoea heterogeneity and cardiovascular disease[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2023,20(8):560–573.
- [3] Huang J, Chen L, Li X, et al. Association between metabolic-associated fatty liver disease and obstructive sleep apnea: a cross-sectional study [J]. *Nat Sci Sleep*, 2023,15:49–57.
- [4] Wang J, Tian Y, Qin C, et al. Impaired glymphatic drainage underlying obstructive sleep apnea is associated with cognitive dysfunction [J]. *J Neurol*, 2023,270(4):2204–2216.
- [5] 房怡菲,代丽萍,欧阳松云.阻塞性睡眠呼吸暂停合并肺癌的研究进展[J]. *中国临床新医学*,2022,15(1):17–21.
- [6] Terán-Santos J, Jiménez-Gómez A, Cordero-Guevara J. The association between sleep apnea and the risk of traffic accidents. Cooperative Group Burgos-Santander[J]. *N Engl J Med*,1999,340(11):847–851.
- [7] 苏琳凡,肖毅.睡眠呼吸障碍年度进展 2022[J]. *中华结核和呼吸杂志*,2023,46(2):182–186.
- [8] 张迎伟,杨涵,宋淑超,等.数字医疗在老年医学领域中的应用:技术与产业进展[J]. *中国临床新医学*,2023,16(12):1219–1224.
- [9] Singh J, Badr MS, Diebert W, et al. American Academy of Sleep Medicine(AASM) position paper for the use of telemedicine for the diagnosis and treatment of sleep disorders[J]. *J Clin Sleep Med*, 2015, 11(10):1187–1198.
- [10] 梁瑞玲,李晨阳,赵瑞,等.智能手机鼾声分析软件对阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征的筛查价值研究[J]. *中国全科医学*,2022,25(17):2061–2066.
- [11] 中国医师协会呼吸医师分会睡眠呼吸障碍工作委员会,“华佗工程”睡眠健康项目专家委员会.成人阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征远程医疗临床实践专家共识[J]. *中华医学杂志*, 2021,101(22):1657–1664.
- [12] 中华医学会呼吸分会睡眠呼吸障碍学组,中国医学装备协会呼吸病学装备技术专业委员会睡眠呼吸设备学组.成人阻塞性睡眠呼吸暂停高危人群筛查与管理专家共识[J]. *中华健康管理学杂志*,2022,16(8):520–528.
- [13] Morales CR, Hurley S, Wick LC, et al. In-home, self-assembled sleep studies are useful in diagnosing sleep apnea in the elderly[J]. *Sleep*, 2012,35(11):1491–1501.
- [14] Chai-Coetzer CL, Antic NA, Rowland LS, et al. A simplified model of screening questionnaire and home monitoring for obstructive sleep apnoea in primary care[J]. *Thorax*, 2011,66(3):213–219.
- [15] Gjevre JA, Taylor-Gjevre RM, Skomro R, et al. Comparison of polysomnographic and portable home monitoring assessments of obstructive sleep apnea in Saskatchewan women[J]. *Can Respir J*, 2011, 18(5):271–274.
- [16] Xu L, Han F, Keenan BT, et al. Validation of the Nox-T3 portable monitor for diagnosis of obstructive sleep apnea in Chinese adults[J]. *J Clin Sleep Med*, 2017,13(5):675–683.
- [17] Chiang JK, Lin YC, Lin CW, et al. Validation of snoring detection using a smartphone app[J]. *Sleep Breath*, 2022,26(1):81–87.
- [18] Klaus K, Stummer AL, Ruf S. Accuracy of a smartphone application measuring snoring in adults—how smart is it actually? [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021,18(14):7326.
- [19] Solà-Soler J, Fiz JA, Morera J, et al. Multiclass classification of subjects with sleep apnoea-hypopnoea syndrome through snoring analysis [J]. *Med Eng Phys*, 2012,34(9):1213–1220.
- [20] Pires GN, Arnardóttir ES, Islind AS, et al. Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy[J]. *J Sleep Res*, 2023,32(4):e13819.
- [21] Hathorn T, Byun YJ, Rosen R, et al. Clinical utility of smartphone applications for sleep physicians[J]. *Sleep Breath*, 2023,27(6):2371–2377.

[收稿日期 2023-12-18][本文编辑 吕文娟 余军]

本文引用格式

陈媛媛,彭茂桓,董霄松,等.基于鼾声分析技术的手机软件在成人阻塞性睡眠呼吸暂停筛查中的应用价值研究[J]. *中国临床新医学*, 2024,17(1):19–24.