·科研论著·

睡眠呼吸障碍儿童的心理健康状况与定量脑电图频谱功率的关联

金玲凛[1]，翟丰[1]，王广海[2,3,4,5]，陈洁[1]

1. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心耳鼻咽喉科，上海　200127；2. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心发育行为儿科；3. 上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心儿科转化医学研究所；4. 上海交通大学医学院附属新华医院环境与儿童健康教育部和上海市重点实验室；5. 上海脑科学与类脑研究中心

摘　要：目的　本研究旨在分析睡眠呼吸障碍(SDB)儿童心理健康状况与定量脑电图(qEEG)频谱特征之间的联系，以便及时发现并诊治 SDB 的情绪并发症，从而保障 SDB 儿童神经心理的健康发育。**方法**　2020 年 12 月－2022 年 10 月期间于上海儿童医学中心对存在 SDB 症状的儿童进行整夜多导睡眠监测(PSG)，同时收集其睡眠 qEEG 数据。受试者父母填写儿童抑郁量表(CDI)，Spence 儿童焦虑量表家长版(SCAS-P)[或学龄前焦虑量表(PAS)]，以及阻塞性睡眠呼吸暂停问卷疾病特异性生活质量调查表(OSA-18)。采用独立样本 t 检验、Wilcoxon 秩和检验和 χ^2 检验和 Fisher 精确检验比较 SDB 儿童各个组别之间的变量，并构建 SDB 儿童心理健康的多重线性回归模型。**结果**　本研究共纳入 105 例 3～12 岁 SDB 患儿。学龄期 SDB 患儿的 CDI 评分[6.50(3.00,9.00)]高于学龄前期组[3.00(1.00,6.00)]，差异有统计学意义($Z=701.00$，$P=0.010$)。相对 δ 和 θ 功率与学龄前 SDB 儿童的社交恐惧症状($\beta=-1.06,-0.62$，$P<0.05$)和学龄儿童的人际关系问题($\beta=-3.62,-2.36$，$P<0.05$)得分均呈负相关。**结论**　PSG 是诊断 SDB 的必要检查手段，PSG 中的 qEEG 特征与 SDB 患儿情绪状况相关，为日后在临床实践中对于 SDB 患儿心理健康问题的早期发现提供了便捷准确的方法。

关键词：　焦虑；抑郁；脑电图；睡眠呼吸障碍；社会交往；儿童

中图分类号：R766　**文献标识码：**A　**文章编号：**1008-6579(2024)10-1055-09　doi:10.11852/zgetbjzz2023-1190

Association between mental health condition and quantitative electroencephalography spectral power in children with sleep disordered breathing

JIN Linglin[1], ZHAI Feng[1], WANG Guanghai[2,3,4,5], CHEN Jie[1]

1. Department of Otolaryngology, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, 200127, China; 2. Department of Developmental and Behavioral Pediatrics, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University; 3. Pediatric Translational Medicine Institution, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University; 4. MOE-Shanghai Key Laboratory of Children's Environmental Health, Xinhua Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University; 5. Shanghai Center for Brain Science and Brain-Inspired Technology

Corresponding author: CHEN Jie, E-mail: 13611715123@163.com

Abstract: Objective　To explore the associations between mental health condition and quantitative electroencephalography (qEEG) in children with sleep disordered breathing (SDB), so as to timely detect and treat the emotional complications of SDB and to ensure the healthy neuropsychological development of children with SDB. **Methods**　From December 2020 to October 2022, an overnight polysomnography (PSG) was conducted at Shanghai Children's Medical Center in children with SDB symptoms, meanwhile their qEEG data were collected. The parents of the subjects completed the Children's Depression Inventory (CDI), the Spence Children's Anxiety Scale-Parental Version (SCAS-P) or the Preschool Anxiety Scale (PAS), along with the Obstructive Sleep Apnea Questionnaire-18 (OSA-18). Two independent-sample t-test, Wilcoxon rank-sum test and χ^2 test and Fisher exact test were employed to compare variables between different groups of SDB children. Finally, multiple linear regression model concerning SDB children's mental health were built. **Results**　A total of 105 cases of 3- to 12-year-old SDB patients were included in this study. The CDI score of school-age SDB children[6.50(3.00,9.00)] were higher than those of preschoolers [3.00(1.00,6.00)], with a statistically significant difference ($Z=701.00$, $P=0.010$). Relative δ and θ power were negatively correlated with social phobia symptoms in preschool SDB children ($\beta=-1.06,-0.62$, $P<0.05$) and with interpersonal problems in school-age children ($\beta=-3.62,-2.36$, $P<0.05$). **Conclusions**

基金项目：国家自然科学基金(81900939)；国家自然科学基金(82071493)；国家科技创新 2030 重大专项(2021ZD0204200)

作者简介：金玲凛(1998-)，女，硕士研究生在读，主要研究方向为儿童睡眠呼吸障碍的情绪损害。

通信作者：陈洁，E-mail:13611715123@163.com

PSG is the essential test for the diagnosis of SDB, from which qEEG can be obtained. qEEG features are linked to the mental state of children with SDB, which promotes the early detection of mental health issues in children with SDB through easily accessible and accurate methods in clinical practice.

Keywords: anxiety; depression; electroencephalography; sleep disordered breathing; social interaction; children

睡眠呼吸障碍(sleep disordered breathing, SDB)指睡眠期间各种类型的呼吸中断,涵盖了从轻型的单纯鼾症(primary snoring, PS)到最严重的阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)等一系列呼吸障碍问题[1]。患有 SDB 的儿童较健康儿童更易罹患抑郁和焦虑等心理合并症[2-4],高达 40%的 SDB 患儿伴有行为问题,其中包括焦虑和抑郁的表现[5]。纵使儿童期的 SDB 最终可能会损害成年时期的心理健康并严重影响其生活质量[6-7],研究者对于 SDB 在儿童中引起的情绪症状仍然缺乏关注。

定量脑电图(quantitative electroencephalography, qEEG)可以清晰地揭示情绪障碍的潜在神经生物学机制[8]。现有研究已证明 qEEG 特征与儿童和青少年包括抑郁和焦虑在内的各类精神障碍存在相关性[9-13],而且 qEEG 是一个精确而易于获取的工具,但现有研究仍鲜有涉足关于 SDB 儿童情绪障碍与 qEEG 特征关联的探索。OSA 儿童的情绪健康受损是由间歇性缺氧(intermittent hypoxia, IH)和睡眠碎片化(sleep fragmentation, SF)引起的,这两种病理因素是不同于前文中的原发性精神障碍的致病因素[14]。由于导致 SDB 患儿情绪障碍的神经生物学机制与原发性精神疾病并不完全一致,所以有必要开展对于 SDB 患儿情绪障碍相关的 qEEG 特征研究。

本研究的主要目的是探究 qEEG 特征与 SDB 儿童心理健康之间的联系,继而从 qEEG 中找到可以作为 SDB 患儿精神状态指标的潜在标志物。此外,考虑到不同年龄、性别以及睡眠呼吸障碍严重程度儿童的各项研究变量可能具有差异[15-18],本研究旨在了解不同儿童群体的心理健康状况的区别。

1 资料和方法

1.1 *受试者与研究流程* 2020 年 12 月—2022 年 10 月在上海儿童医学中心开展了一项横断面研究。耳鼻咽喉科门诊中出现阻塞性睡眠呼吸暂停症状,如打鼾、睡眠不安、口呼吸和/或有腺样体或扁桃体肥大体征的儿童均会由耳鼻咽喉专家进行初步评估[1,19]。随后,部分儿童在医院接受整夜多导睡眠监测(polysomnography, PSG)。这些儿童及其看护者会在专业研究人员的指导下完成关于儿童抑郁、焦虑和睡眠呼吸障碍症状的 3 份问卷。在将儿童纳入研究之前,会取得其看护者对儿童信息使用的知情同意。本研究获得了上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心伦理委员会的批准(批件号:SCMCIRB-K2023105-1)。本研究依据年龄、性别和睡眠呼吸障碍严重程度把受试者分成学龄前/学龄期,男性/女性,单纯鼾症/阻塞性睡眠呼吸暂停组。纳入标准:患儿具有 SDB 症状或体征,完成了 PSG 检测、情绪症状和睡眠呼吸障碍症状的问卷。排除标准:心脏疾病、呼吸系统疾病急性感染期(如 COVID-19、流感)、精神或心理障碍(如癫痫、抑郁、焦虑)、SDB 手术或药物治疗史、年龄>12 岁或<3 岁。

本研究最初招募了共计 132 名受试者,其中 24 人因既往影响研究结果的病史或 SDB 治疗史而被排除。3 人由于超出了设定的年龄范围(3~12 岁)而被排除。最终纳入了 105 名受试儿童。

1.2 *多导睡眠监测* 多导睡眠监测是诊断 SDB 的金标准[1,20] PSG 使用一系列传感器收集数据,协同诊断和评估包括 SDB 在内的各种睡眠障碍。所有受试者均在医院接受整夜 PSG。本研究采用的 PSG 设备为德国 SOMNO medics 公司生产的监测睡眠、呼吸事件和血氧饱和度的 13 导联设备 SOMNOtouch RESP。PSG 将由持有资格证书的技术人员操作和分析。他们会依照美国睡眠医学会制定的标准记录和评估各项睡眠宏观结构变量[21]。总记录时间定义为灯灭和灯亮之间的持续时间。总睡眠时间(total sleep time, TST)为总记录时间中去除所有清醒时间的时间段。睡眠效率代表在整个记录时间内总睡眠时间的百分比。低睡眠效率是根据总体数据分布的第 25 个百分位数(P_{25})来确定,低于该阈值的受试者被归类为低睡眠效率。长入睡后清醒时间(wake after sleep onset, WASO)的阈值设置在总体数据分布的第 75 个百分位数(P_{75}),超过该阈值的时长为长 WASO。长 WASO 和低睡眠效率均提示了睡眠碎片化(sleep fragmentation, SF)[22]。睡眠潜伏期(sleep onset latency, SOL)定义为受试者入睡所需的时间[23]。快速眼动(rapid eye movement, REM)睡眠比例代表 REM 睡眠占总睡眠时间的百分比。

本研究还记录了各项 SDB 指标,如阻塞性呼吸暂停低通气指数(obstructive apnea-hypopnea in-

dex，OAHI）、氧减指数（oxygen desaturation index，ODI）、平均氧饱和度、最低氧饱和度等。OAHI 为每夜睡眠中平均每小时发生阻塞型呼吸暂停事件、混合型呼吸暂停事件与阻塞型低通气的次数之和[1]。OSA 的诊断标准是具备打鼾、口呼吸等相关症状且 OAHI≥1 次/h[1]。TS90%表示氧饱和度低于 90%的情况占总睡眠时间的百分比。间歇性缺氧定义为 TS90%≥1%[24]。ODI 是指平均每小时血氧饱和度下降≥3%的次数[19]。

1.3　脑电预处理和特征提取　从 PSG 中获取双通道 EEG 数据（Fp1，Fp2），采样频率为 256Hz。采用 MATLAB（R2021b 版本）中的“EEGLAB”工具箱（来源：https://sccn.ucsd.edu/eeglab/index.php）[25] 对儿童整夜睡眠脑电数据进行预处理和特征提取。先在 0.2～35Hz 范围内进行带通滤波。随后，技术人员对伪迹进行去除，伪迹类别包括心电图伪迹、肌肉伪迹和眼动伪迹等[26]。删除了伪迹占总 EEG 数据>10%的脑电数据（N=12，9.09%），并对其进行多重插补填充。同时，还做了独立成分分析和平均重参考处理。最后，采用基于 Hann 窗的快速傅里叶变换（30s epochs）提取每个脑波的绝对功率。随后，计算它们的相对功率和脑电减慢率[=(δ+θ)/(α+σ+β)][27]。每个波段的频率定义如下：δ（0.5～4Hz）；θ（4～8Hz）；α（8～12Hz）；σ（12～14Hz）；β（14～30Hz）[28]。

1.4　调查问卷

1.4.1　儿童抑郁量表　儿童抑郁量表（Children's Depression Inventory，CDI）是儿童青少年中使用最广泛的抑郁症筛查工具[29]，包括 27 个条目，分为 5 个分量表，分别评估快感缺乏、低效感、人际关系问题、负性情绪和低自尊[30]。研究者会向小年龄的儿童（≤8 岁）解释问卷项目，以确保儿童正确理解可能存在歧义的问题[31]。CDI 的所有题目均按 3 分制（0～2 分）打分，总分范围在 0 到 54 分之间。分数越高表明抑郁症状越严重。俞大维等[32]统计的中文版 CDI Cronbach's α 系数在 0.85～0.89 之间，表明具有较高的信效度。16 分为儿童抑郁症筛查兼具最优敏感性和特异性的阈值[29]。本研究中，CDI 的 Cronbach's α 系数为 0.93。

1.4.2　Spence 儿童焦虑量表家长版和学龄前焦虑量表　Spence 儿童焦虑量表家长版（the Spence Children's Anxiety Scale-Parent version，SCAS-P）是专门用于评估儿童焦虑症状严重程度的问卷[33]。该量表评估了焦虑的 6 个维度，包括分离焦虑、躯体伤害恐惧、社交恐惧、强迫-冲动障碍、广泛性焦虑、恐惧症和广场恐惧症。SCAS-P 的最高得分为 114 分。对于“我的孩子很容易担心”、“我的孩子怕黑”这样的陈述，照护者会从“从不=0 分”、“有时=1 分”、“经常=2 分”或“总是=3 分”的选项中做出选择，得分越高表明焦虑症状越严重。中文版的 SCAS-P 具有良好的信效度[33]，相关报道的 SCAS-P 的阈值为 18 分[34]。本研究 SCAS-P 的 Cronbach's α 系数为 0.95。

学龄前焦虑量表（Preschool Anxiety Scale，PAS）与 SCAS-P 类似，但它适用于学龄前儿童（≤6 岁）[35]。每题的得分范围为 0 分（“完全不正确”）至 4 分（“非常正确”），最高分为 112 分，诊断焦虑症的阈值为 48 分[36]。中文版 PAS 的 Cronbach's α 系数为 0.95[35]。本研究 PAS 的 Cronbach's α 系数为 0.94。

1.4.3　儿童阻塞性睡眠呼吸暂停疾病特异性生活质量调查表（OSA-18）　OSA-18 用于评估 SDB 儿童的健康相关生活质量，着重关注其生理问题、机能限制以及疾病带来的情绪问题[37]。问卷包括 18 个项目，分为 5 个分量表：睡眠障碍、身体症状、情绪不佳、白天功能和对患儿监护人的影响程度。问卷每题得分范围为 1 分（“从来没有”）到 7 分（“一直都有”）。总分越高，代表生活质量越低。中文版 OSA-18 具有良好的信效度，Cronbach's α 系数为 0.897[38]。分数≥60 分则表明 OSA 已对健康相关生活质量产生了中至重度的影响[37]。本样本中，OSA-18 的 Cronbach's α 系数为 0.90。

本研究将以连续型变量和二分类变量的形式评估所有问卷的得分。

1.5　统计学方法　使用 Rstudio（version 4.1.3）对所有数据进行统计分析。首先对所有变量的分布进行评估，正态分布变量采用 $\bar{x}\pm s$ 表示，偏态分布变量采用 $M(P_{25},P_{75})$ 表示。随后，通过独立样本 t 检验、Wilcoxon 秩和检验、χ^2 检验和 Fisher 精确检验对不同年龄、性别、睡眠呼吸障碍严重程度群体之间的变量进行比较。最后，构建 SDB 儿童心理健康的多重线性回归模型。所有的 EEG 特征值为自变量，儿童基本情况、睡眠宏观结构和睡眠呼吸障碍变量为回归模型的协变量。检验效能≥80%的回归模型为可靠的模型。双侧 P 值<0.05 为差异有统计学意义。

2　结　果

2.1　人口统计学结果以及睡眠情况　学龄前期儿童与学龄期儿童的 BMI 标准分数和性别分布性差异

无统计等意义($P>0.05$)。然而,学龄前期儿童的脑电减慢较学龄期儿童严重($P<0.05$)。此外,与学龄期儿童相比,学龄前期儿童的睡眠潜伏期较短,但 REM 睡眠潜伏期较长($P<0.05$)。见表 1。

表 1 学龄前期和学龄期儿童的基本信息,睡眠情况,SDB 情况和情绪症状($\bar{x}\pm s$)

Tab. 1 Basic information, sleep status, SDB condition, and emotional symptoms in preschool and school-age children($\bar{x}\pm s$)

特征值	学龄前期($n=77$)	学龄期($n=28$)	$t/\chi^2/Z$ 值	P 值
基本信息				
BMI 标准分数	0.20±1.13	0.47±1.10	−1.10[a]	0.276
女性 (n,%)	34 (44.16)	12 (42.86)	0[b]	1.000
睡眠微观变量				
相对 δ 功率	0.904±0.030	0.899±0.033	0.73[a]	0.468
相对 θ 功率	0.065±0.021	0.065±0.024	0.03[a]	0.976
相对 α 功率	0.017±0.009	0.020±0.009	−1.74[a]	0.027
相对 σ 功率	0.003±0.002	0.004±0.002	−2.23[a]	0.004
相对 β 功率	0.009±0.003	0.010±0.004	−1.26[a]	0.337
脑电减慢	39.115±16.508	32.968±15.196	1.79[a]	0.042
睡眠宏观变量				
WASO(min)	63.09±51.62	67.71±48.90	−0.42[a]	0.381
长 WASO (n,%)	19 (24.68)	7 (25.00)	0[b]	1.000
睡眠效率(%)	86.95±8.80	85.11±9.16	0.92[a]	0.226
低睡眠效率 (n,%)	16 (20.78)	10 (35.71)	1.72[b]	0.189
TST(min)	477.30±67.15	472.46±71.54	0.31[a]	0.757
睡眠潜伏期(min)	10.05±8.40	14.66±10.98	−2.02[a]	0.001
REM 睡眠潜伏期(min)	155.72±65.96	121.39±59.49	2.54[a]	0.014
REM 睡眠时间(min)	73.65±26.72	76.84±26.45	−0.54[a]	0.589
REM 睡眠比例(%)	15.20±4.58	16.17±4.57	−0.96[a]	0.343
SDB 相关变量[$M(P_{25},P_{75})$]				
OAHI	0.70 (0.40,1.00)	0.55 (0.40,1.13)	1 037.50[c]	0.771
OSA (n,%)	23 (29.87)	11 (39.29)	0.46[b]	0.499
TS90%	0 (0,0)	0 (0,0)	1 158.00[c]	0.400
间歇性缺氧 (n,%)	1 (1.30)	0 (0.00)		1.000[d]
ODI	0.30 (0.10,0.90)	0.25 (0.10,0.63)	1 204.00[c]	0.360
平均氧饱和度(%)	99.00 (99.00,99.00)	99.00 (98.75,99.00)	1 133.00[c]	0.578
最低氧饱和度(%)	93.00 (91.00,94.50)	94.00 (92.00,95.00)	841.50[c]	0.085
OSA-18 评分	61.50 (46.00,73.00)	51.00 (43.50,65.00)	1 236.50[c]	0.100
低生活质量 (n,%)	41 (53.25)	11 (40.74)	0.91[b]	0.340
CDI[$M(P_{25},P_{75})$]				
抑郁症状 (n,%)	4 (5.19)	3 (10.71)		0.386[d]
总分	3.00 (1.00,6.00)	6.50 (3.00,9.00)	701.00[c]	0.010
快感缺乏	1.00 (0,3.00)	2.00 (1.00,4.00)	904.50[c]	0.273
低效感	0 (0,1.00)	1.00 (0,2.00)	816,00[c]	0.050
人际关系问题	0 (0,1.00)	1.00 (0,1.25)	700.50[c]	0.004
负性情绪	0 (0,1.00)	1.00 (0,2.25)	797.50[c]	0.038
低自尊	0 (0,1.00)	1.00 (0,2.00)	687.50[c]	0.002
焦虑问卷[$M(P_{25},P_{75})$]	PAS (≤6 岁)	SCAS-P (>6 岁)		
焦虑症状 (n,%)	3 (3.90)	9 (37.50)		
总分	23.00 (9.50,35.00)	13.50 (10.75,22.00)		
强迫-冲动障碍	3.50 (0,5.00)	0.50 (0,4.25)		
社交恐惧	5.00 (2.00,6.75)	3.00 (1.75,5.25)	—	—
分离焦虑	4.00 (1.00,6.00)	2.00 (1.00,2.25)		
躯体伤害恐惧	8.00 (4.00,11.00)	5.00 (3.00,7.00)		
广泛性焦虑	4.00 (1.00,6.00)	3.00 (1.75,5.00)		
恐惧症和广场恐惧症	—	0 (0,2.25)		

注:[a]t 值,[b]χ^2,[c]Z 值,[d]Fisher 精确检验。

2.2 SDB 儿童抑郁和焦虑情况 学龄期 SDB 儿童在 CDI 评分以及人际关系问题、负性情绪、低自尊等方面的得分均高于学龄前期儿童。见表 1。在学龄前期组中,男童的 CDI 与 PAS 得分均较女童高($P<0.05$)。见表 2。但学龄期 SDB 儿童的情绪状况在性别间差异无统计学意义($P>0.05$)。学龄前

期，阻塞性睡眠呼吸暂停的儿童较单纯鼾症的儿童具有更强的低效感（$P<0.05$），其余情绪相关症状差异无统计学意义（$P>0.05$）。见表 3。

表 2　学龄前期和学龄期的男童和女童的情绪症状比较[$M(P_{25},P_{75})$]

Tab. 2　Comparison of emotional symptoms between boys and girls at preschool and school age[$M(P_{25},P_{75})$]

问卷	男童	女童	Z 值	P 值
学龄前期				
例数	43	34		
CDI				
抑郁症状（n，%）	2（4.88）	2（5.88）		1.000[a]
总分	4.00（2.00，7.00）	2.00（1.00，4.00）	883.50	0.046
快感缺乏	2.00（1.00，4.00）	1.00（0，2.00）	875.50	0.053
低效感	0（0，1.00）	0（0，0.75）	807.50	0.168
人际关系问题	0（0，1.00）	0（0，1.00）	700.00	0.976
负性情绪	0（0，1.00）	0（0，1.00）	766.00	0.404
低自尊	0（0，1.00）	0（0，0.75）	714.50	0.822
PAS（≤6 岁）				
焦虑症状（n，%）	2（6.45）	1（2.94）		1.000[a]
总分	27.00（18.50，37.00）	13.00（8.00，30.00）	603.50	0.031
强迫-冲动障碍	4.00（1.00，5.00）	1.00（0，4.00）	602.00	0.022
社交恐惧	5.00（3.00，7.00）	5.00（1.00，6.00）	530.00	0.233
分离焦虑	5.00（2.50，6.00）	3.00（1.00，6.00）	550.50	0.135
躯体伤害恐惧	9.00（6.00，12.50）	6.00（2.00，9.00）	618.00	0.019
广泛性焦虑	5.00（2.50，8.00）	3.00（1.00，5.00）	595.00	0.031
学龄期				
例数	16	12		
CDI				
抑郁症状（n，%）	2（12.50）	1（8.33）		1.000[a]
总分	7.00（3.75，9.50）	6.50（1.75，7.25）	114.50	0.402
快感缺乏	2.50（1.00，4.25）	1.50（0，3.00）	119.50	0.280
低效感	0.50（0，2.00）	1.00（0，2.00）	90.00	0.786
人际关系问题	1.00（0.75，2.00）	1.00（0，1.00）	110.50	0.487
负性情绪	1.00（0，2.25）	1.00（0，2.25）	94.50	0.961
低自尊	1.00（0，2.00）	1.00（0，1.00）	110.00	0.510
SCAS-P（>6 岁）				
焦虑症状（n，%）	5（38.46）	4（36.36）		1.000[a]
总分	14.00（10.00，22.00）	13.00（11.00，19.50）	69.00	0.648
恐惧症和广场恐惧症	0（0，2.00）	0（0，3.50）	68.00	0.850
分离焦虑	2.00（2.00，3.00）	2.00（1.00，2.00）	86.00	0.392
躯体伤害恐惧	6.00（3.00，7.00）	3.00（3.00，6.00）	82.50	0.517
社交恐惧	2.00（1.00，5.00）	4.00（3.00，5.50）	46.00	0.122
强迫-冲动障碍	1.00（0，2.00）	0（0，5.00）	67.00	0.804
广泛性焦虑	3.00（2.00，5.00）	3.00（1.50，4.00）	75.00	0.928

注：[a]Fisher 精确检验。

2.3　SDB 儿童心理健康状况的回归模型　不同年龄群体中 CDI、PAS、SCAS-P 的各项有统计学意义的决定因素见表 4。相对 δ 和 θ 功率与学龄前期 SDB 儿童社交恐惧水平呈负相关（$P<0.05$），与学龄期 SDB 儿童人际关系问题得分呈负相关（$P<0.05$）。学龄期 SDB 儿童中，相对 σ 功率与 CDI 评分呈正相关（$P<0.05$），脑电减慢与人际关系问题呈正相关（$P<0.05$）。

3　讨　论

3.1　研究结果概览及研究意义　本研究首次探讨了 3～12 岁 SDB 儿童的睡眠 qEEG 功率与其心理健康状况的关系。本研究结果表明，与学龄前期的儿童相比，学龄期 SDB 儿童更易出现抑郁症状。在学龄前期儿童中，患有 SDB 的男性较女性表现出更高的抑郁和焦虑倾向。患有 OSA 的儿童较 PS 儿童而言感知到了更强的低效感。此外，本研究揭示了 SDB 儿童的睡眠 qEEG 特征与抑郁和焦虑症状的相关性。相对 δ 和 θ 波功率越小，则表明学龄前期 SDB 儿童的焦虑症状以及学龄期 SDB 儿童的抑郁症状越严重。这些发现强调了临床医生对于 SDB 患儿情绪健康进行密切监测的重要性。qEEG 是临

表 3 学龄前期和学龄期儿童的单纯鼾症组和阻塞性睡眠呼吸暂停组的情绪症状比较[M(P_{25},P_{75})]

Tab. 3 Comparison of emotional symptoms between primary snoring group and obstructive sleep apnea group in preschool and school-age children[M(P_{25},P_{75})]

问卷	单纯鼾症(PS)组	阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)组	Z 值	P 值
学龄前期				
例数	54	23		
CDI				
抑郁症状（n,%）	3 (5.56)	1 (4.35)		1.000[a]
总分	3.00 (1.00,5.00)	3.00 (0.50,10.00)	560.00	0.938
快感缺乏	1.50 (0,3.00)	1.00 (0,4.00)	539.00	0.740
低效感	0 (0,1.00)	1.00 (0,1.00)	394.00	0.017
人际关系问题	0 (0,1.00)	0 (0,1.00)	625.50	0.433
负性情绪	0 (0,1.25)	0 (0,1.00)	646.50	0.286
低自尊	0 (0,0)	0 (0,1.50)	425.50	0.134
PAS（≤6 岁）				
焦虑症状（n,%）	3 (5.56)	0 (0)		0.551[a]
总分	24.00 (11.00,35.00)	22.00 (8.50,32.00)	411.00	0.329
强迫-冲动障碍	4.00 (0,5.00)	2.00 (0,4.50)	418.00	0.385
社交恐惧	5.00 (2.00,7.00)	4.00 (1.00,6.00)	416.00	0.409
分离焦虑	5.00 (2.00,6.00)	3.00 (1.00,5.00)	455.00	0.142
躯体伤害恐惧	7.00 (4.00,11.00)	8.00 (3.00,12.00)	362.00	0.865
广泛性焦虑	4.00 (1.00,8.00)	4.00 (2.00,6.00)	370.00	0.947
学龄期				
例数	17	11		
CDI				
抑郁症状（n,%）	1 (5.88)	2 (18.18)		0.543[a]
总分	5.00 (2.50,8.50)	7.00 (4.00,13.00)	68.00	0.238
快感缺乏	2.00 (1.00,4.00)	2.00 (0,6.00)	92.00	0.962
低效感	0 (0,1.50)	1.00 (0,2.00)	69.50	0.239
人际关系问题	1.00 (0,1.00)	1.00 (1,3.00)	64.50	0.152
负性情绪	1.00 (0,1.50)	2.00 (0,4.00)	62.50	0.133
低自尊	1.00 (0,1.00)	1.00 (0,2.00)	76.00	0.400
SCAS-P（>6 岁）				
焦虑症状（n,%）	6 (35.29)	3 (27.27)		0.423[a]
总分	14.00 (10.50,22.00)	12.00 (6.00,26.00)	82.00	0.932
恐惧症和广场恐惧症	0 (0,3.00)	0 (0,3.00)	71.00	1.000
分离焦虑	2.00 (1.50,2.50)	2.00 (1.00,5.00)	75.00	0.854
躯体伤害恐惧	6.00 (3.00,7.00)	3.00 (2.00,6.00)	89.50	0.258
社交恐惧	3.00 (2.00,5.50)	3.00 (0,6.00)	75.50	0.945
强迫-冲动障碍	1.00 (0,4.50)	0 (0,6.00)	70.00	0.951
广泛性焦虑	3.00 (2.00,5.00)	2.00 (0,5.00)	84.00	0.846

注：[a]Fisher 确切概率法值。

表 4 学龄前期和学龄期儿童心理健康状况的多重线性回归模型

Tab. 4 Multiple linear regression models for the mental health status of preschool and school-age children

项目	自变量标准回归系数	检验效能	经调整的模型回归系数	t 值	P 值
学龄前期					
社交恐惧	—	1.00	0.38	—	0.004
相对 δ 功率	−1.06	—	—	−2.69	0.011
相对 θ 功率	−0.62	—	—	−2.03	0.049
学龄期					
CDI	—	1.00	0.94	—	0.002
相对 σ 功率	0.77	—	—	4.32	0.008
人际关系问题	—	1.00	0.91	—	0.005
相对 δ 功率	−3.62	—	—	−3.53	0.017
相对 θ 功率	−2.36	—	—	−2.83	0.037
脑电减慢	2.18	—	—	4.81	0.005

床实践中易于获得且较为精确的诊断工具，本研究的结论扩展了既往研究中对于心理健康状况与睡眠 qEEG 关联性的认知，为 SDB 儿童神经行为问题的预防和干预提供新思路。

3.2　不同年龄、性别、SDB 严重程度的儿童情绪状况存在差异　本研究结果表明，学龄期 SDB 儿童较学龄前儿童更易出现抑郁症状，这与此前的研究结果一致，即年龄较大的儿童面临着更高的心理健康风险[15-16]。本研究的学龄 SDB 儿童抑郁风险高于既往文献中 4～9 岁的健康儿童，学龄前期的 SDB 儿童则低于对照组[39]。既往文献认为 OSA 越严重，则患者的抑郁症状越严重[40]；而本次研究的群体主要为 SDB 严重程度较低的 PS 和轻度 OSA 患者，其情绪较其他文献中的对照组而言并未表现出明显的抑郁症状，也较为符合既往结论。即便本次儿童受试者的抑郁症状不明显，抑郁症仍是 SDB 患者严重且普遍的并发症[41-42]，需要临床医生和家长的共同关注。此外，在学龄前期组，男性 SDB 患者的抑郁和焦虑倾向均高于女性。这与 Essau 等[17]研究结果相反。Essau 等[17]研究称，与男童相比，女性青少年罹患重度抑郁障碍的比例更高。这种差异可能是由于研究群体的不同导致的，本研究关注的是 SDB 人群的心理健康状况，而既往研究则偏向于普通人群的状况。此外，本研究还发现，OSA 儿童较 PS 儿童具有更强的低效感，该结论将 SDB 疾病谱中最轻型的 PS 纳入了比较，补充了既往对于 PS 儿童情绪研究的空缺。现有的按照年龄、性别等对 SDB 儿童进行分层比较的研究十分缺少，本研究强调了不同性别、年龄、SDB 严重程度儿童情绪状况的差异性，并呼吁照护者以及专科医生对于患有 OSA 的男童以及学龄期儿童予以更多关注，因为他们更易产生抑郁或焦虑症状。

3.3　EEG 特征与 SDB 患儿焦虑及抑郁情绪具有相关性　在整夜睡眠中，相对 δ 和 θ 功率与学龄前期 SDB 患儿的社交恐惧程度以及学龄期 SDB 患儿抑郁水平呈负相关。本研究结果与先前报道类似，即存在负面情绪症状（如广泛性焦虑障碍）的 7～11 岁儿童，较健康对照组表现出更少的慢波活动（slow wave activity，SWA，0.75～4.50Hz）[43]。考虑到 SWA 往往反映了皮质的成熟程度，本研究中，该信号的降低与焦虑抑郁风险的增加之间的关联则显得较为合理[44-45]。值得注意的是，不同于以往只使用二分类变量评估情绪的研究，本研究还纳入了抑郁和焦虑的连续型变量结果，这能够探究 SDB 儿童潜在心理障碍的阈下症状并了解相关趋势。此外，相对 σ 功率与学龄期儿童抑郁倾向呈正相关的结论与既往研究结果不同。例如，Wilhelm 等[46]报道，在 9～17 岁的儿童中，社交焦虑障碍患者快速梭形波活动（即 σ 功率）较健康对照而言反而广泛减少。而 Meers 等[47]则发现，7～11 岁儿童的焦虑症与睡眠梭形波之间不存在关联。可能的解释是既往报道中的研究人群具有较严重的心理障碍，而本研究的 SDB 儿童抑郁症状相对较轻微，所以导致了不同的 qEEG 特征与关联。与之前的研究相比，本研究缩小了受试儿童的年龄分组范围，并在 SDB 患儿这一特殊群体中探究了情绪状况与 qEEG 特征的关联，而家长和社会对于这一人群潜在的心理健康问题常常缺乏关注。

qEEG 常用于探究 OSA 患者异常的神经认知水平和自主神经控制，却很少用于研究 SDB 儿童的情绪损害以及其预测手段。根据本研究，脑电减慢与学龄期 SDB 患儿的人际关系问题有关。OSA 人群的脑电减慢比健康人群普遍，且这种情况对于前者的神经认知功能有着不良影响[48-49]。SDB 的情绪障碍往往易忽视却难探查，本研究揭示了脑电减慢和抑郁症状之间的联系，为识别 SDB 儿童的心理问题提供了潜在的标志物。

3.4　研究的局限性　首先，横断面研究并不能揭示变量间的因果关系，但它仍为后续研究提供了具有临床价值的线索。其次，本研究并未纳入健康儿童作为对照组，但也找到了近似年龄段的人群数据作为对比，未来的研究应增设对照组以减少人群误差。由于 PSG 设备的局限性，本次研究只能评估额叶的 EEG 功率。后续研究应探讨 SDB 儿童不同脑区的脑电功率与情绪状况的关系。最后，本研究是在新冠疫情期间开展的，这一时期的居家隔离和病毒感染可能会影响儿童的睡眠和情绪。但本研究已经排除了新型冠状病毒感染的儿童，尽可能减少了这种潜在影响。

综上所述，本研究首次在 3～12 岁 SDB 儿童中发现了睡眠 qEEG 功率与情绪状况之间的联系。研究还发现，患有 SDB 的男童对抑郁和焦虑易感性较女童更高，学龄期儿童较学龄前期儿童更易产生抑郁症状。本研究结果为 SDB 儿童潜在情绪症状的发现提供了在日常临床实践中较为常用且易于获取的生物标志物，即睡眠 qEEG。一旦发现异常，临床医生可以针对 SDB 儿童的情绪问题进行及时的心理咨询干预或药物治疗，从而为儿童群体的心理健康保驾护航。未来研究应着重评估 qEEG 特征在 SDB 儿童心理障碍筛查中的特异性和敏感性。

志谢　对所有参与这项研究的儿童及他们的父母表示感谢。此外，感谢上海儿童医学中心耳鼻咽喉科王俊豪和虞丽倩提供的 PSG 技术支持以及发育行为儿科缪宇铃和荣听雨提供的 EEG 理论指导

参考文献

[1] Kaditis AG, Alonso Alvarez ML, Boudewyns A, et al. ERS statement on obstructive sleep disordered breathing in 1-to 23-month-old children[J]. Eur Respir J, 2017, 50(6): 1700985.

[2] Liu J, Liu X, Ji X, et al. Sleep disordered breathing symptoms and daytime sleepiness are associated with emotional problems and poor school performance in children[J]. Psychiatry Res, 2016, 242: 218-225.

[3] Liu SJ, Liu ZZ, Wang ZY, et al. Sleep disordered breathing symptoms are associated with depressive symptoms: A longitudinal study of Chinese adolescents[J]. J Affect Disord, 2021, 293: 492-501.

[4] Park KM, Kim SY, Sung D, et al. The relationship between risk of obstructive sleep apnea and other sleep problems, depression, and anxiety in adolescents from a community sample[J]. Psychiatry Res, 2019, 280: 112504.

[5] Mitchell RB, Archer SM, Ishman SL, et al. Clinical practice guideline: Tonsillectomy in children (update)[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2019, 160(1_suppl): S1-S42.

[6] Malhi GS, Mann JJ. Depression[J]. Lancet, 2018, 392(10161): 2299-2312.

[7] Scaini S, Belotti R, Ogliari A, et al. A comprehensive meta-analysis of cognitive-behavioral interventions for social anxiety disorder in children and adolescents[J]. J Anxiety Disord, 2016, 42: 105-112.

[8] Lee S, Zhao X, Davis KA, et al. Quantitative EEG predicts outcomes in children after cardiac arrest[J]. Neurology, 2019, 92(20): e2329-e2338.

[9] Hamann C, Rusterholz T, Studer M, et al. Association between depressive symptoms and sleep neurophysiology in early adolescence[J]. J Child Psychol Psychiatry, 2019, 60(12): 1334-1342.

[10] Mcvoy M, Lytle S, Fulchiero E, et al. A systematic review of quantitative EEG as a possible biomarker in child psychiatric disorders[J]. Psychiatry Res, 2019, 279: 331-344.

[11] Toenders YJ, Van Velzen LS, Heideman IZ, et al. Neuroimaging predictors of onset and course of depression in childhood and adolescence: A systematic review of longitudinal studies[J]. Dev Cogn Neurosci, 2019, 39: 100700.

[12] Umemoto A, Panier LYX, Cole SL, et al. Resting posterior alpha power and adolescent major depressive disorder[J]. J Psychiatr Res, 2021, 141: 233-240.

[13] Poole KL, Schmidt LA. Frontal brain delta-beta correlation, salivary cortisol, and social anxiety in children[J]. J Child Psychol Psychiatry, 2019, 60(6): 646-654.

[14] Rosenzweig I, Glasser M, Polsek D, et al. Sleep apnoea and the brain: a complex relationship[J]. Lancet Respir Med, 2015, 3(5): 404-414.

[15] Chang CH, Chen SJ, Liu CY. Pediatric sleep apnea and depressive disorders risk: A population-based 15-year retrospective cohort study[J]. PLoS One, 2017, 12(7): e0181430.

[16] Oldehinkel AJ, Verhulst FC, Ormel J. Mental health problems during puberty: Tanner stage-related differences in specific symptoms. the trails study[J]. J Adolesc, 2011, 34(1): 73-85.

[17] Essau CA, Lewinsohn PM, Seeley JR, et al. Gender differences in the developmental course of depression[J]. J Affect Disord, 2010, 127(1-3): 185-190.

[18] Janssen X, Martin A, Hughes AR, et al. Associations of screen time, sedentary time and physical activity with sleep in under 5s: A systematic review and meta-analysis[J]. Sleep Med Rev, 2020, 49: 101226.

[19] 倪鑫. 中国儿童阻塞性睡眠呼吸暂停诊断与治疗指南(2020)[J]. 中国循证医学杂志, 2020, 20(8): 883-900.
Ni X. Chinese guideline for the diagnosis and treatment of childhood obstructive sleep apnea (2020)[J]. Chin J Evid Based Med, 2020, 20(8): 883-900. (in Chinese)

[20] Kaditis AG, Alonso Alvarez ML, Boudewyns A, et al. Obstructive sleep disordered breathing in 2-to 18-year-old children: diagnosis and management[J]. Eur Respir J, 2016, 47(1): 69-94.

[21] Young T, Peppard PE, Gottlieb DJ. Epidemiology of obstructive sleep apnea: A population health perspective[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 165(9): 1217-1239.

[22] Bertisch SM, Li W, Buettner C, et al. Nightly sleep duration, fragmentation, and quality and daily risk of migraine[J]. Neurology, 2020, 94(5): e489-e496.

[23] Walia HK, Mehra R. Practical aspects of actigraphy and approaches in clinical and research domains[J]. Handb Clin Neurol, 2019, 160: 371-379.

[24] Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: Update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. deliberations of the sleep apnea definitions task force of the american academy of sleep medicine[J]. J Clin Sleep Med, 2012, 8(5): 597-619.

[25] Delorme A, Makeig S. EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis[J]. J Neurosci Methods, 2004, 134(1): 9-21.

[26] Walter LM, Tamanyan K, Weichard AJ, et al. Age and autonomic control, but not cerebral oxygenation, are significant determinants of EEG spectral power in children[J]. Sleep, 2019, 42(9): zsz118.

[27] Li J, You J, Yin G, et al. Electroencephalography theta/beta ratio decreases in patients with severe obstructive sleep apnea[J]. Nat Sci Sleep, 2022, 14: 1021-1030.

[28] Yang JS, Nicholas CL, Nixon GM, et al. Determining sleep quality in children with sleep disordered breathing: EEG spectral analysis compared with conventional polysomnography[J]. Sleep, 2010, 33(9): 1165-1172.

[29] Timbremont B, Braet C, Dreessen L. Assessing depression in youth: Relation between the children's depression inventory and a structured interview[J]. J Clin Child Adolesc Psychol, 2004, 33(1): 149-157.

[30] Sokratis S, Christos Z, Despo P, et al. Prevalence of depressive symptoms among schoolchildren in Cyprus: A cross-sectional descriptive correlational study[J]. Child Adolesc Psychiatry Ment Health, 2017, 11: 7.

[31] Shomaker LB, Tanofsky-Kraff M, Stern EA, et al. Longitudinal study of depressive symptoms and progression of insulin resistance in youth at risk for adult obesity[J]. Diabetes Care, 2011, 34(11): 2458-2463.

[32] 俞大维, 李旭. 儿童抑郁量表(CDI)在中国儿童中的初步运用[J]. 中国心理卫生杂志, 2000, 14(4): 225-227.
Yu DW, Li X. Preliminary use of the children's depression inventory in China[J]. Chin Ment Health J, 2000, 14(4): 225-227. (in Chinese)

[33] Wang M, Meng Q, Liu L, et al. Reliability and validity of the spence children's anxiety scale for parents in mainland chinese children and adolescents[J]. Child Psychiatry Hum Dev, 2016, 47(5): 830-839.

[34] Evans R, Thirlwall K, Cooper P, et al. Using symptom and interference questionnaires to identify recovery among children with anxiety disorders[J]. Psychol Assess, 2017, 29(7): 835-843.

[35] Wang M, Zhao J. Anxiety disorder symptoms in Chinese preschool children[J]. Child Psychiatry Hum Dev, 2015, 46(1): 158-166.

[36] Hu H, Wu T, Wang S, et al. Association between family structure and anxiety disorder among pre-schoolers: A cross-sectional study in urban Chongqing, China[J]. Front Psychiatry, 2021, 12: 626377.

[37] Franco RA, Rosenfeld RM, Rao M. First place-resident clinical science award 1999. quality of life for children with obstructive sleep apnea[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2000, 123(1 Pt 1): 9-16.

[38] Huang YS, Hwang FM, Lin CH, et al. Clinical manifestations of pediatric obstructive sleep apnea syndrome: Clinical utility of the Chinese-version obstructive sleep apnea questionaire-18[J]. Psychiatry Clin Neurosci, 2015, 69(12): 752-762.

[39] Lee CH, Kim YJ, Lee SB, et al. Psychological screening for the children with habitual snoring[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2014, 78(12): 2145-2150.

[40] Edwards C, Mukherjee S, Simpson L, et al. Depressive symptoms before and after treatment of obstructive sleep apnea in men and women[J]. J Clin Sleep Med, 2015, 11(9): 1029-1038.

[41] Bahammam AS, Kendzerska T, Gupta R, et al. Comorbid depression in obstructive sleep apnea: An under-recognized association[J]. Sleep Breath, 2016, 20(2): 447-456.

[42] Douglas N, Young A, Roebuck T, et al. Prevalence of depression in patients referred with snoring and obstructive sleep apnoea[J]. Intern Med J, 2013, 43(6): 630-634.

[43] Palmer CA, Alfano CA. Sleep architecture relates to daytime affect and somatic complaints in clinically anxious but not healthy children[J]. J Clin Child Adolesc Psychol, 2017, 46(2): 175-187.

[44] Kurth S, Ringli M, Geiger A, et al. Mapping of cortical activity in the first two decades of life: A high-density sleep electroencephalogram study[J]. J Neurosci, 2010, 30(40): 13211-13219.

[45] Campbell IG, Feinberg I. Longitudinal trajectories of non-rapid eye movement delta and theta EEG as indicators of adolescent brain maturation[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2009, 106(13): 5177-5180.

[46] Wilhelm I, Groch S, Preiss A, et al. Widespread reduction in sleep spindle activity in socially anxious children and adolescents[J]. J Psychiatr Res, 2017, 88: 47-55.

[47] Meers JM, Ferri R, Bruni O, et al. Sleep spindle density is associated with worry in children with generalized anxiety disorder and healthy controls[J]. J Affect Disord, 2020, 260: 418-425.

[48] Appleton SL, Vakulin A, D'rozario A, et al. Quantitative electroencephalography measures in rapid eye movement and nonrapid eye movement sleep are associated with apnea-hypopnea index and nocturnal hypoxemia in men[J]. Sleep, 2019, 42(7): zsz092.

[49] Gosselin N, Baril AA, Osorio RS, et al. Obstructive sleep apnea and the risk of cognitive decline in older adults[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2019, 199(2): 142-148.

收稿日期: 2023-11-13　**修回日期**: 2024-03-20　**本文编辑**: 杨媛媛

声　明

为适应我国信息化建设，扩大本刊及作者知识信息交流渠道，本刊已被 CNKI 中国期刊全文数据库收录，其作者文章著作权使用费与本刊稿酬一次性给付(已经抵扣稿件处理费)，不再另付。如作者不同意文章被收录，请在来稿时向本刊声明，本刊将做适当处理。

《中国儿童保健杂志》编辑部