

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202221042

· 论 著 ·

中重度阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患儿二氧化碳的监测与分析

郑莉¹, 吴云肖², 许志飞³

(国家儿童医学中心 首都医科大学附属北京儿童医院 1. 耳鼻咽喉头颈外科; 2. 儿童耳鼻咽喉头颈外科疾病北京市重点实验室; 3. 呼吸科, 北京 100045)

摘 要: **目的** 探讨中重度阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征(OSAHS)患儿睡眠期 CO₂ 波动趋势特点, 分析其变化与多导睡眠监测(PSG)指标的相关性。**方法** 选取经 PSG 同时联合经皮二氧化碳分压(TcpCO₂)监测确诊的中重度 OSAHS 患儿 21 例(OSAHS 组), 同期选取健康体检儿童 25 例作为对照组。比较两组儿童的一般情况、呼吸事件及睡眠期 TcpCO₂ 趋势的特点, 并将 TcpCO₂ 平均值及最高值与各变量进行相关性分析。**结果** OSAHS 组患儿与对照组的体重指数(BMI)分别为(27.9 ± 6.8)、(16.8 ± 2.9) kg/m²; 呼吸暂停低通气指数(AHI)分别为(21.6 ± 17.2)、(1.3 ± 1.0) 次/h; 阻塞型呼吸暂停指数(OAI)中位数分别为 1.1、0.0 次/h; 阻塞型呼吸暂停低通气指数(OAHI)中位数分别为 19.2、0.2 次/h; 氧减指数(ODI)分别为(19.5 ± 16.9)、(1.1 ± 1.0) 次/h; TcpCO₂ 平均值分别为(46.8 ± 3.8)、(44.7 ± 2.5) mmHg; TcpCO₂ 最高值分别为(54.8 ± 5.3)、(48.9 ± 3.3) mmHg; 非快速眼动(NREM)TcpCO₂ 分别为(47.0 ± 3.8)、(45.1 ± 2.4) mmHg; 快速眼动(REM)TcpCO₂ 分别为(48.0 ± 5.2)、(44.4 ± 2.8) mmHg; OSAHS 组患儿与对照组中 BMI、AHI、OAI、OAHI、ODI、TcpCO₂ 平均值及最高值、NREM TcpCO₂、REM TcpCO₂ 均高于对照组。OSAHS 组患儿与对照组的平均 SaO₂ 分别为(96.5 ± 1.2)%、(97.6 ± 0.9)%; 最低 SaO₂ 分别为(82.6 ± 8.7)%、(92.2 ± 2.9)%。OSAHS 组患儿平均 SaO₂、最低 SaO₂ 均低于对照组。两组间 BMI、AHI、OAI、OAHI、ODI、平均 SaO₂、最低 SaO₂、TcpCO₂ 平均值及最高值、NREM TcpCO₂、REM TcpCO₂ 比较, 差异具有统计学意义(*P* 均 < 0.05)。两组间 TcpCO₂ 平均值和最高值均与 BMI、OAHI、ODI 无相关性。**结论** TcpCO₂ 监测可以反映整夜 CO₂ 动态变化, OSAHS 患儿睡眠期 CO₂ 有升高趋势, 且 REM 睡眠 CO₂ 水平较 NREM 睡眠亦有升高。CO₂ 水平不能根据 PSG 指数判断, 需要进行客观检查进行评估。

关 键 词: 睡眠呼吸暂停, 阻塞性; 儿童; 多导睡眠监测; 经皮二氧化碳
中图分类号: R766.4

Carbon dioxide monitoring in children with moderate and severe obstructive sleep apnea hypopnea syndrome

ZHENG Li¹, WU Yunxiao², XU Zhifei³

(1. Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China; 2. Beijing Key Laboratory for Pediatric Diseases of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China; 3. Department of Respiratory Medicine, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, National Center for Children's Health, Beijing 100045, China)

Abstract: **Objective** To explore the fluctuation trend of carbon dioxide (CO₂) during sleep in children with moderate and severe obstructive sleep apnea hypopnea syndrome (OSAHS), and to analyze the correlation between CO₂ and polysomnographic (PSG) indexes. **Methods** Twenty-one children with moderate and severe OSAHS confirmed by PSG and transcutaneous partial pressure of carbon dioxide monitoring (TcpCO₂) (OSAHS group) and 25 healthy children (control

基金项目: 国家自然科学基金(82070092); 北京市医院管理中心儿科学科协同发展中心(XTYB201807)。
第一作者简介: 郑莉, 女, 主管技师。
通信作者: 许志飞, Email: zhifeixu@aliyun.com

group) were selected. The general situation, respiratory events and TcpCO_2 trend during sleep were compared between the two groups. The correlations between variables of TcpCO_2 and PSG were analyzed. **Results** There were no significant differences in gender and age between the OSAHS group and the control group. The body mass index (BMI) [$(27.9 \pm 6.8) \text{ kg/m}^2$ vs $(16.8 \pm 2.9) \text{ kg/m}^2$], apnea hypopnea index (AHI) [$(21.6 \pm 17.2) \text{ times/h}$ vs $(1.3 \pm 1.0) \text{ times/h}$], obstructive apnea index (OAI) (1.1 times/h vs 0.0 time/h), obstructive apnea hypopnea index (OAHI) (19.2 times/h vs 0.2 times/h), oxygen desaturation index (ODI) [$(19.5 \pm 16.9) \text{ times/h}$ vs $(1.1 \pm 1.0) \text{ times/h}$], the average and highest values of TcpCO_2 [$(46.8 \pm 3.8) \text{ mmHg}$ vs $(44.7 \pm 2.5) \text{ mmHg}$, $(54.8 \pm 5.3) \text{ mmHg}$ vs $(48.9 \pm 3.3) \text{ mmHg}$], TcpCO_2 in non-rapid eye movement (NREM) [$(47.0 \pm 3.8) \text{ mmHg}$ vs $(45.1 \pm 2.4) \text{ mmHg}$] and TcpCO_2 in rapid eye movement (REM) [$(48.0 \pm 5.2) \text{ mmHg}$ vs $(44.4 \pm 2.8) \text{ mmHg}$] stage of OSAHS children were higher than those of the control group. The averages of oxygen saturation (SaO_2) [$(96.5 \pm 1.2) \%$ vs $(97.6 \pm 0.9) \%$] and lowest SaO_2 [$(82.6 \pm 8.7) \%$ vs $(92.2 \pm 2.9) \%$] in OSAHS children were lower than those in the control group. The differences in BMI, AHI, OAI, OAHI, ODI, average and lowest SaO_2 , average and highest TcpCO_2 , NREM TcpCO_2 and REM TcpCO_2 between the two groups were all statistically significant (all $P < 0.05$). There were no correlations among the average and highest TcpCO_2 and the BMI, OAI, ODI. **Conclusions** TcpCO_2 monitoring can reflect the dynamic changes of CO_2 in the whole night. CO_2 in OSAHS children has a rising trend during sleep, and the level of CO_2 in REM sleep is also higher than that in NREM sleep. CO_2 level can not be judged according to the PSG indexes, but needs to be evaluated by objective inspection.

Keywords: Sleep apnea, obstructive; Children; Polysomnography; Transcutaneous carbon dioxide

儿童阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征 (obstructive sleep apnea hypopnea syndrome, OSAHS) 是严重危害儿童身体健康的一种疾病。以睡眠时反复发生严重打鼾、呼吸暂停、低通气为主要临床特征,往往伴有夜间不同程度的低氧血症和高碳酸血症^[1],导致增加心肺功能的损害,而中重度 OSAHS 对患儿的影响更为显著。OSAHS 患儿清醒时通气和换气正常,入睡后逐渐出现间断呼吸暂停或低通气,引起慢性间歇低 O_2 和 CO_2 潴留,虽然醒后短时间内就会逆转,但仍有部分重度患儿可出现日间高碳酸血症,甚至引起慢性呼吸衰竭^[2]。睡眠呼吸障碍合并急性呼吸衰竭及围手术期的风险发生均与 CO_2 潴留相关^[3,4]。目前 CO_2 监测除了用于睡眠呼吸障碍的诊断和鉴别诊断外,还可用于睡眠相关肺泡低通气疾病、压力滴定及呼吸衰竭防控和治疗评估等。

经皮二氧化碳分压 (transcutaneous partial pressure of carbon dioxide, TcpCO_2) 监测技术是一种无创、动态、连续的检测方式,在生理状态下与动脉血二氧化碳分压 (arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO_2) 有很好的相关性,被美国睡眠医学会认为可以替代 PaCO_2 进行夜间 CO_2 的监测^[5],近年来已经被广泛应用于临床。我们通过对中重度 OSAHS 患儿进行整夜多导睡眠监测 (polysomnography, PSG) 和 TcpCO_2 的同步监测,初步探讨 OSAHS 患儿睡眠期 CO_2 波动趋势特点,分析其变化与 PSG 监测指标的相关性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集 2019 年 7 月—2019 年 12 月就诊于北京儿童医院睡眠中心的 OSA 儿童和来自北京地区学校或社区的健康儿童,于北京儿童医院睡眠中心完成 PSG 和 TcpCO_2 的同步监测,根据《中国儿童阻塞性睡眠呼吸暂停诊断与治疗指南(2020)》^[6] 的诊断标准,分别纳入 OSAHS 组和对照组。OSAHS 组 21 例,男 15 例,女 6 例;年龄 4.5 ~ 16.5 岁,平均年龄 (10.1 ± 2.9) 岁。对照组 25 例,男 16 例,女 9 例;年龄 5.2 ~ 14.6 岁,平均年龄 (8.7 ± 3.0) 岁,两组患儿年龄、性别差异均无统计学意义。OSAHS 组患儿体重指数 (body mass index, BMI) 高于对照组,两组间比较差异具有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 1。

1.2 纳入标准

① OSAHS 组:行 PSG 确诊的 OSAHS 儿童,满足 $\text{OAHI} > 5$ 次/h,符合中重度的诊断标准;② 对照组:同时期根据年龄和性别匹配原则随机从本市招募无打鼾的健康儿童作为对照组,行 PSG 除外 OSAHS 的儿童。本研究已经医院伦理学委员会批准,研究对象监护人均知情同意。

1.3 排除标准

① 2 周内无上呼吸道感染病史;② 曾有腺样体、扁桃体、喉、气管、肺部,胸廓、心脏手术史;③ 颅面发育异常:如唐氏综合征、Crouzon 综合征、下颌骨颜面

发育不全等;④睡眠监测时间 < 7 h,睡眠有效率 < 60%;⑤与进行 TcpCO₂ 监测相关体表位置的皮肤疾病及血管疾患。

表 1 两组儿童一般资料比较 (例, $\bar{x} \pm s$)

指标	OSAHS 组(<i>n</i> = 21)	正常组(<i>n</i> = 25)	<i>t</i>	<i>P</i>
性别(男/女)	15/6	16/9	0.287	0.592
年龄(岁)	10.1 ± 2.9	8.7 ± 3.0	1.685	0.099
BMI(kg/m ²)	27.9 ± 6.8	16.8 ± 2.9	7.409	<0.001

1.2 方法

1.2.1 PSG 监测 所有患儿均做标准的整夜 PSG,采用澳大利亚 Compumedics 公司 E-Series、Graef 型号睡眠监测仪或美国飞利浦伟康公司 Alice5、Alice6 型号睡眠监测仪。患儿在自然状态下入睡,入睡前禁用咖啡、茶、可乐及镇静催眠剂,有效监测时间超过 7 h。脑电电极安装按照国际 10-20 标准。睡眠监测导联包括脑电(6 导,分别为额区、中央区 and 枕区导联各 2 导)、眼电、下颌肌电、鼾声、鼻气流(使用热敏、压力传感器)、胸部运动、腹部运动(使用 RIP 胸腹传感器)、腿动、血氧饱和度等。依据美国睡眠医学会(American academy of sleep medicine, AASM)睡眠监测指南 2.4 版本的标准,由 2 名睡眠技师对 PSG 结果进行人工分析及校对。

1.2.2 OSAHS 诊断标准 依据《中国儿童阻塞性睡眠呼吸暂停诊断与治疗指南(2020)》诊断儿童 OSAHS。每夜睡眠过程中,阻塞型呼吸暂停低通气指数(obstructive apnea hypopnea index, OAHl) > 1 次/h 可以诊断 OSAHS。轻度:1 次/h < OAHl ≤ 5 次/h;中度:5 次/h < OAHl ≤ 10 次/h;重度:OAHl > 10 次/h。

1.2.3 TcpCO₂ 监测仪 采用丹麦雷度 TCM4 型号监测仪。监测前先将仪器进行气体校正,然后将信号传输系统通过拓展通道整合到 PSG 系统,信号及

数据可实现同步记录。以患儿手臂中下 1/3 处为体表采集点,进行皮肤消毒后安置电极,温度设定在 43 ℃。

1.3 统计学分析

统计分析采用 JMP 11.0 完成,如数据符合正态分布,采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验。如数据不符合正态分布,数据以 *M*[*P*₂₅, *P*₇₅] 表示,两组间比较采用秩和检验。儿童 TcpCO₂ 相关因素分析采用线性回归分析,均采用双侧检验,以 *P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 PSG 和 TcpCO₂ 数据比较

OSAHS 组患儿呼吸暂停低通气指数(apnea hypopnea index, AHI)、阻塞型呼吸暂停指数(obstructive apnea index, OAI)、OAHl、氧减指数(oxygen desaturation index, ODI)、TcpCO₂ 平均值及最高值、非快速眼动(non-rapid eye movement, NREM)TcpCO₂、快速眼动(rapid eye movement, REM)TcpCO₂ 均高于对照组。OSAHS 组患儿平均 SaO₂、最低 SaO₂ 均低于对照组。两组间 AHI、OAI、OAHl、ODI、平均 SaO₂、最低 SaO₂、TcpCO₂ 平均值及最高值、NREM TcpCO₂、REM TcpCO₂ 比较,差异具有统计学意义(*P* 均 < 0.05),见表 2。

2.2 TcpCO₂ 平均值和最高值与各变量的相关性分析

避免共线性,选取在 PSG 指标中,对 OSAHS 儿童具有直接诊断意义的关键指标 OAHl 作为变量进行相关性分析。两组间 TcpCO₂ 平均值和最高值均与 BMI、OAHl、ODI 无相关性,见表 3、4。

表 2 两组儿童 PSG 和 TcpCO₂ 数据比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	OSAHS 组(<i>n</i> = 21)	正常组(<i>n</i> = 25)	<i>t</i> (<i>Z</i>)	<i>P</i>
AHI(次/h)	21.6 ± 17.2	1.3 ± 1.0	5.908	<0.001
OAI(次/h, <i>M</i> [<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅])	1.1[0.0, 2.7]	0.0[0.0, 0.0]	(-4.178)	<0.001
OAHl(次/h, <i>M</i> [<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅])	19.2[5.8, 25.4]	0.2[0.0, 0.7]	(-5.820)	<0.001
ODI(次/h)	19.5 ± 16.9	1.1 ± 1.0	5.439	<0.001
平均血氧(%)	96.5 ± 1.2	97.6 ± 0.9	-3.804	<0.001
最低 SpO ₂ (%)	82.6 ± 8.7	92.2 ± 2.9	-5.164	<0.001
平均 TcpCO ₂ (mmHg)	46.8 ± 3.8	44.7 ± 2.5	2.305	0.026
最高 TcpCO ₂ (mmHg)	54.8 ± 5.3	48.9 ± 3.3	4.629	<0.001
NREM TcpCO ₂ (mmHg)	47.0 ± 3.8	45.1 ± 2.4	2.100	0.042
REM TcpCO ₂ (mmHg)	48.0 ± 5.2	44.4 ± 2.8	2.953	0.005

表 3 TcpCO₂ 平均值相关因素回归分析

变量	β	t	P
BMI	0.117	0.648	0.520
OAHl	-0.703	-0.605	0.548
ODI	0.770	0.657	0.515

3 讨论

呼吸系统的主要功能在于为机体提供 O₂、排出 CO₂,并参与酸碱平衡调节。机体主要通过以下途径实现呼吸调控:一是大脑皮层参与的行为调节系统,与睡眠-觉醒相关的醒觉刺激即属于此系统;二是与低 O₂、高 CO₂ 等化学性刺激有关的代谢性调节系统^[7]。进入睡眠状态后,随着醒觉刺激的减弱或消失,呼吸调节功能发生重要变化,不同睡眠时相对呼吸调节功能影响不一^[8]。正常人在 NREM 睡眠,行为调节功能几乎丧失,中枢及外周化学感受器对低 O₂ 及高 CO₂ 敏感性降低,对呼吸阻力负荷增加的代偿能力下降。潮气量及呼吸频率均下降,通气量减少。进入 REM 睡眠,通气量进一步减低,呼吸节律极不规则,呼吸频率、潮气量波动较大,偶有短暂中枢性呼吸暂停。在此期内,大脑皮层活动活跃,行为性调节可发挥一定作用,但代谢性调节系统的敏感性及中枢对呼吸负荷增加的代偿能力进一步下降^[9]。

呼吸调控稳定性是决定 OSAHS 严重程度的重要因素。清醒与睡眠是两个截然不同的生理状态,健康儿童在入睡后,每分钟通气量减低,对低 O₂、高 CO₂ 的反应能力较清醒时减低,即在健康儿童可以有轻度的 CO₂ 潴留和 O₂ 下降。而 OSAHS 患儿,上气道肌肉的控制与睡眠状态密切相关^[10-12]。入睡后其全身肌肉松弛、上气道阻力增加,加之体位等因素,在睡眠时通气更加不足,则低 O₂ 和 CO₂ 潴留进一步加重^[13]。本研究结果显示,OSAHS 患儿睡眠期 TcpCO₂ 平均值、最高值均高于对照组。另外,重度 OSAHS 患儿夜间呼吸暂停持续时间长,期间所蓄积的 CO₂ 不足以被较短的呼吸周期清除^[14]。

OSAHS 组不仅平均和最高 TcpCO₂ 高于对照组,而且 REM 睡眠 TcpCO₂ 水平较 NREM 睡眠亦有升高趋势,这与 REM 睡眠呼吸驱动进一步减弱,上气道扩张肌进一步松弛^[10],导致阻塞型呼吸事件发生频繁,低 O₂ 及高 CO₂ 表现更为明显。CO₂ 升高往往同时伴有低氧的发生,本研究显示 OSAHS 组患

表 4 TcpCO₂ 最高值相关因素回归分析

变量	β	t	P
BMI	0.100	0.603	0.550
OAHl	0.228	1.460	0.151
ODI	0.252	1.621	0.112

儿平均和最低 SaO₂ 低于对照组,提示 OSAHS 患儿夜间存在严重的低氧状态。虽然 OSAHS 组 OAHl、ODI、BMI 要高于对照组,但与平均和最高 TcpCO₂ 并无相关性,表明 OAHl、ODI 可以反映呼吸事件的发生频率及缺氧程度,而不能由此判断夜间 CO₂ 变化水平。重度 OSAHS 患儿由于夜间长期慢性间歇低 O₂ 和高 CO₂ 相互作用使得呼吸中枢的化学感受器敏感性下降,反应阈值适应性升高,出现了呼吸调节钝化现象^[14]。觉醒阈值升高,导致单次呼吸事件持续时间延长,而反应呼吸事件指数的 OAHl 并不升高。

TcpCO₂ 监测有效避免了重复采血造成的睡眠片段化,可以持续监测夜间 CO₂ 水平,反映整夜 CO₂ 的变化趋势。TcpCO₂ 通过经皮监测仪的特殊电极(Clark 电极)加热皮下毛细血管,使血流量增加,皮肤透过率增加,毛细血管内的 CO₂ 通过皮肤弥散,使被安放于皮肤表面的电极监测到^[15]。探头安放部位多为耳垂、右胸第 2 肋间与锁骨中线交界处,及手臂中下 1/3 处。要避开浅表大静脉、皮肤破损、水肿及毛发旺盛处,以保证监测数值准确。由于皮肤发热可导致代谢增高,增加局部皮肤 CO₂ 的生成,因此 TcpCO₂ 较 PaCO₂ 增高 4~5 mmHg^[16]。有文献报道称,婴幼儿加热电极保持温度为 42.5℃ 时,可获得灵敏度和特异度较高的测量值,且不会损害皮肤^[17-18]。为避免长时间监测导致婴幼儿皮肤烫伤,可在不同部位贴 2~3 个固定环,每间隔 1~2 h 更换部位。监测结束后,不必立即撕掉固定环,等数小时后皮脂分泌,可轻松撕掉。

综上所述,TcpCO₂ 对分析各睡眠期的 CO₂ 动态变化有一定临床参考意义,但不能依据 OAHl、ODI 指数来判断 CO₂ 的水平。由于 TcpCO₂ 监测值通常较 PaCO₂ 监测变化滞后 2min 或更长,因此主要用于分析 CO₂ 动态趋势。

参考文献:

[1] Ito E, Inoue Y. The International Classification of Sleep Disorders, third ed-ition. American Academy of Sleep Medicine. Includes bibliographies and index[J]. Nihon Rinsho,2015,73(6):

- 916-923.
- [2] Eskandari D, Zou D, Grote L, et al. Independent associations between arterial bicarbonate, apnea severity and hypertension in obstructive sleep apnea[J]. *Respir Res*, 2017, 18(1):130.
- [3] 李庆云, 李宁. 肥胖与阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征-呼吸内科视角[J]. *中华肥胖与代谢病电子杂志*, 2018, 4(2):80-83.
- [4] Raveendran R, Wong J, Singh M, et al. Obesity hypoventilation syndrome, sleep apnea, overlap syndrome: perioperative management to prevent complications[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2017, 30(1):146-155.
- [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] 中国儿童OSA诊断与治疗指南制订工作组, 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会小儿学组, 中华医学会儿科学分会呼吸学组, 等. 中国儿童阻塞性睡眠呼吸暂停诊断与治疗指南(2020)[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 55(8):729-747.
- [7] 韩芳. 阻塞性睡眠呼吸暂停与呼吸调节功能异常[J]. *医学研究通讯*, 2003, 32(6):13-17.
- [8] Carney PR, Berry R, Geyer J. 临床睡眠疾病[M]. 韩芳, 吕长俊, 译. 北京: 人民卫生出版社, 2011:56-57.
- [9] 李庆云, 李宁. 全面认识二氧化碳监测在睡眠呼吸疾病诊疗中的作用[J]. *内科理论与实践*, 2019, 14(1):1-3.
- [10] KuwaKi T, Li A, Nattie E. State-dependent central chemoreception: a role of orexin[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2010, 173(3):223-229.
- [11] Horner RL. The tongue and its control by sleep state-dependent modulators[J]. *Arch Ital Biol*, 2011, 149(4):406-425.
- [12] 张成, 王广发. 呼吸调控与睡眠呼吸暂停[J]. *临床荟萃*, 2013, 28(8):954-958.
- [13] 许志飞, 申昆玲. 儿童低通气综合征[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2014, 29(4):251-253.
- [14] 侯万举, 王彦, 董丽霞, 等. 睡眠低通气在阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征中的特点及影响因素分析[J]. *天津医药*, 2017, 45(12):1292-1296.
- [15] Tonelli AR, Alkukhun L, Cikach F, et al. Are transcutaneous oxygen and carbon dioxide determinations of value in pulmonary arterial hypertension[J]? *Microcirculation*, 2015, 22(4):249-256.
- [16] Stieglitz S, Matthes S, Priegnitz C, et al. Comparison of transcutaneous and capillary measurement of PCO₂ in hypercapnic subjects [J]. *Respir Care*, 2016, 61(1):98-105.
- [17] Hirata K, Nishihara M, Oshima Y, et al. Application of transcutaneous carbon dioxide tension monitoring with low electrode temperatures in premature infants in the early postnatal period[J]. *Am J Perinatol*, 2014, 31(5):435-440.
- [18] 刘巍巍, 马建荣, 邹丽颖. 经皮氧气二氧化碳分压监测在呼吸支持新生儿的应用[J]. *北京医学*, 2020, 42(3):193-196.
- (收稿日期:2021-02-08)
- 本文引用格式:**郑莉, 吴云肖, 许志飞, 等. 中重度阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征患儿二氧化碳的监测与分析[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2022, 28(1):84-88. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202221042
- Cite this article as:** ZHENG Li, WU Yunxiao, XU Zhifei, et al. Carbon dioxide monitoring in children with moderate and severe obstructive sleep apnea hypopnea syndrome [J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2022, 28(1):84-88. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202221042