DOI:10.16016/j.2097-0927.202410073

基于睡眠期体动特征的无感睡眠监测床垫的应用效果评价

张燕春,刘 艳,汪 睿,王飞龙,赵 悦,李 飞,陈图南,鲜继淑 陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院神经外科,重庆

[**摘要**] **目的** 验证基于睡眠期体动特征的无感睡眠监测床垫(non-contact sleep monitoring mattress,NCSMM)在神经外科术前患者睡眠质量评估中的准确性,旨在为临床医护人员提供更加便携有效的评估工具。**方法** 采用单臂研究设计,便利抽样法抽取陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院神经外科住院患者114名,通过NCSMM、多导睡眠图(polysomnography,PSG)、患者报告结局测量信息系统(patient-reported outcomes measurement information system,PROMIS)睡眠障碍简表、理查兹-坎贝尔睡眠量表(Richards-Campbell sleep questionnaire,RCSQ)以及可穿戴设备手表共5种睡眠质量评估工具进行一晚的睡眠监测。以PSG监测的睡眠效率(≤85%)为诊断睡眠障碍的依据,计算NCSMM、PROMIS、ROSQ、可穿戴设备手表受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积(area under the curve,AUC)、敏感度、特异度、阳性预测率、阴性预测率及Youden指数等指标,比较各工具的评估效果。**结果** NCSMM、PROMIS、RCSQ、可穿戴设备手表的AUC分别为0.788[95%*CI*(0.687,0.888),*P*<0.001]、0.664[95%*CI*(0.543,0.784),*P*=0.020]、0.723[95%*CI*(0.600,0.846),*P*=0.001]、0.750[95%*CI*(0.654,0.846),*P*<0.001],诊断准确率分别为0.774、0.559、0.742、0.602,Youden指数分别为0.488、0.321、0.456、0.459。NCSMM的AUC、诊断准确率、Youden指数均优于其他3种工具。**结论** NCSMM在神经外科术前住院患者睡眠质量评估中表现出一定的的准确性,可作为便携有效的评估工具。

[**关键词**] 睡眠障碍、可穿戴设备、住院患者;护理评估
[**中图法分类号**] R338.6;R473.74;R741.041 [**文献标志码**] A

Application effect of a non-contact sleep monitoring mattress based on body movement characteristics during sleep

ZHANG Yanchun, LIU Yan, WANG Rui, WANG Feilong, ZHAO Yue, LI Fei, CHEN Tunan, XIAN Jishu
Department of Neurosurgery, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, China

[**Abstract**] **Objective** To verify the accuracy of a Non-Contact Sleep Monitoring Mattress (NCSMM) based on body movement during sleep in assessing sleep quality of patients before neurosurgery in order to provide a more portable and efficient assessment tool for clinical staff. **Methods** A single-arm trial was conducted on 114 inpatients admitted in our department selected with convenience sampling. Sleep quality data of 1 night were collected through 5 sleep quality assessment tools, including NCSMM, polysomnography (PSG), Patient-Reported Outcome Measurement Information System (PROMIS) Sleep Disturbance scale,

[**通信作者**] 鲜继淑,Email:xianjishu@tmmu.edu.cn

2097-0927/Copyright © 2025,陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
引用格式:张燕春,刘艳,汪睿,等.基于睡眠期体动特征的无感睡眠监测床垫的应用效果评价[J].陆军军医大学学报,2025,47(04):326-334.DOI:10.16016/j.2097-0927.202410073.
Citation:ZHANG Y C,LIU Y,WANG R,*et al*. Application effect of a non-contact sleep monitoring mattress based on body movement characteristics during sleep[J]. J Army Med Univ,2025,47(04):326-334. DOI:10.16016/j.2097-0927.202410073.

Richards-Campbell Sleep Scale (RCSQ), and a wearable device (smart watch for body movements and sleep quality monitoring). The sleep efficiency (≤85%) obtained by PSG was used as the diagnostic standard for sleep disorders. The area under the receiver operating characteristic curve (AUC), sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and Youden index were calculated for the other 4 tools to evaluate and compare their diagnostic effectiveness. **Results** The AUC value for NCSMM, PROMIS, RCSQ and smart watch was 0.788 (95%*CI*: 0.687~0.888, *P*<0.001), 0.664 (95%*CI*: 0.543~0.784, *P*=0.02), 0.723 (95%*CI*: 0.600~0.846, *P*=0.001) and 0.750 (95%*CI*: 0.654~0.846, *P*<0.001), respectively. The diagnostic accuracy rate was 0.774, 0.559, 0.742 and 0.602, with corresponding Youden index value of 0.488, 0.321, 0.456, and 0.459. NCSMM demonstrated the best AUC value, sensitivity and Youden index when compared with the other 3 tools. **Conclusion** NCSMM shows high accuracy in assessing sleep quality in pre-neurosurgery inpatients, and it is a viable portable and efficient assessment tool in clinical practice.

[**Key words**] sleep disorder; wearable devices; inpatients; nursing assessment

Corresponding author: XIAN Jishu, E-mail: xianjishu@tmmu.edu.cn

睡眠问题在神经外科住院患者中普遍存在且危害显著。研究表明,约30%~70%的神经外科住院患者存在睡眠问题[1-4],术前睡眠障碍增加患者术后认知功能紊乱的风险[5],而认知功能紊乱将显著增加患者发生术后并发症、长期认知障碍、痴呆甚至死亡的风险[6]。因此,重视并及时评估患者术前睡眠质量,制定有效的干预措施,对降低术前睡眠障碍带来的风险具有重要意义。

当前,国内外临床常用睡眠质量评估工具种类繁多,主要包括主观评估量表和客观评估工具。然而,主观评估量表通常存在信度和效度低的局限性,而作为金标准的多导睡眠图(polysomnography,PSG)具有较高的准确性,但成本昂贵,数据分析需要专业人员,且患者在检查过程中需要佩戴多种导联装置,可能影响正常睡眠,从而导致数据与实际情况存在偏差[7]。欧洲睡眠指南甚至建议不将PSG用于常规筛查和睡眠监测[8]。近年来,体动记录仪等可穿戴设备逐渐流行,因其体积小、非侵入性等优点,在多种场景下广泛使用[9]。美国睡眠医学会也推荐使用体动记录仪评估睡眠障碍[10]。但在某些患者群体(如痴呆患者)中的应用仍存在争议[11],部分患者可能因不理解监测目的而自行拆除设备,影响数据的准确性[9]。在临床实践中,亟待一种方便、客观且具备高准确性的评估工具。基于此,本研究开发了一种操作便携的无感睡眠监测床垫(non-contact sleep monitoring mattress,NCSMM),并通过与临床常用睡眠质量评估工具进行比较,验证其监测效能。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2022年10月-2024年10月,采取便利抽样的方法,抽取陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院神经外科住院患者114名。纳入标准:①神经外科术前住院患者;②年龄18~65岁;③无躯体移动障碍及肢体活动障碍;④格拉斯哥昏迷评分量表(Glasgow coma scale,GCS)评分为15分,表明患者意识清楚;⑤疼痛感采用数字等级评定量表(numerical rating scale,NRS)评估,得分≤3分;⑥轻度疼痛病情稳定,且血流动力学稳定;⑦知情同意,自愿参加。排除标准:①因头部包扎、伤口感染等原因无法佩戴脑电电极;②语言沟通障碍,不能正常交流者;③合并严重心、肝、肾血管疾病。剔除标准:睡眠数据缺失≥10%。本研究经陆军军医大学第一附属医院伦理委员会批准[批件号:(A)KY2023003],所有研究对象均签署知情同意书。

1.2 样本量估算

基于ROC曲线下面积(area under the curv,AUC)的诊断实验设计,通过PASS 15软件进行样本量估算[12]。AUC取值为0.75,设定α=0.05、β=0.1,根据文献报道神经外科住院患者睡眠障碍发生率为30%~70%[4],取70%,估算最小样本量为阳性组39例,阴性组17例。考虑到10%的脱落率,最终需纳入样本量为阳性组43例,阴性组19例。

1.3 神经外科住院患者一般情况收集

由研究团队根据调查目的自行设计,包括年龄、性别、体质指数(body mass index,BMI)、民族、学历、婚姻情况、子女数量、吸烟史、饮酒史、医疗付款方式、疾

病种类、既往史(高血压、糖尿病、手术史)及家族史(心脑血管疾病、癌症)等基本信息。

1.4 睡眠质量评估工具

本研究包含5种睡眠质量评估工具:NCSMM、PSG、患者报告结局测量信息系统(patient-reported outcomes measurement information system,PROMIS)睡眠障碍简表、理查兹-坎贝尔睡眠量表(Richards-Campbell sleep questionnaire,RCSQ)及可穿戴设备手表。

1.4.1 无感睡眠监测床垫 NCSMM是基于石墨烯柔性压力传感器的非侵入式睡眠监测床垫,由2048个压力传感点构成(见图1)。该床垫以每间隔4 s记录一次受压点变化个数来反映体动的情况,压力点变化数越大,体动越大。NCSMM具有高灵敏度(可监测小于1 mg的压力变化,响应时间仅为10 ms),适用于监测患者的睡眠期体动情况。本研究将总压力点变化数作为评估睡眠质量的参数,构建ROC曲线。



图1 无感睡眠监测床垫

1.4.2 多导睡眠图 PSG是睡眠障碍监测的金标准,主要参数包括睡眠结构及睡眠进程。睡眠结构分为清醒阶段、包括N1、N2、N3期的非快速眼动期(non-rapid eye movement,NREM),和快速眼动期(rapid eye movement,REM)。NREM期占比、N1、N2、N3期占比和REM期占比正常范围分别为75.0%~80.0%、2.0%~5.0%、45.0%~55.0%、15.0%~23.0%、20.0%~25.0%;睡眠进程包括总记录时间(total record time,TRT)、总睡眠时长(total sleep time,TST)、睡眠效率(sleep efficiency,SE)、睡眠潜伏期(sleep latency,SL)、REM睡眠潜伏期(rapid eye movement sleep latency,REM-SL)、觉醒次数及入睡后清醒时间,总睡眠时长、睡眠效率、睡眠潜伏期的正常范围分别为390分钟、>85.0%、<30分钟[13-15]。本研究将PSG监测的睡眠效率≤85%作为诊断睡眠障碍的金标准[16]。

1.4.3 患者报告结局测量信息系统睡眠障碍简表 PROMIS是目前国际上标准化的患者报告结局测量工具[17-18]。本研究使用PROMIS系统中的6个适用于住院患者睡眠质量评价条目的睡眠障碍简表,按照Likert 5级评分,各条目得分相加为总分(范围为0~24分),由于本研究的时间范围进行了调整,我们没有使用PROMIS的"T"分数算法,而是直接计算了其原始的总分[19]。本研究以PROMIS睡眠障碍简表的总分作为评估睡眠质量的参数,构建ROC曲线。

1.4.4 理查兹-坎贝尔睡眠量表 RCSQ量表由5个条目组成,包括睡眠深度、睡眠潜伏期、重回入睡、夜间觉醒、睡眠质量。每个条目皆采用0~100 mm(1 mm=1分)视觉模拟评分法。量表总分为5个条目得分的平均值,分值越高,睡眠质量越好。RCSQ总分可根据公式计算睡眠效率指数(sleep efficiency index,SEI),SEI=46.88+0.39×RCSQ[20]。研究显示该量表在我国住院患者中的信效度较高(Cronbach's α 系数为0.895)[21]。本研究以RCSQ的总分作为评估睡眠质量的参数,构建ROC曲线。

1.4.5 体动记录仪 研究表明,体动记录仪与PSG监测的运动计数高度相关[22]。根据美国睡眠医学会2018年发布的指南,可使用体动记录仪评估睡眠障碍[10]。本研究使用具有体动监测功能和睡眠监测功能的可穿戴设备手表(型号:HUAWEI WATCH GT2),通过算法评估用户的睡眠效率,并以此作为参数,构建ROC曲线。

1.5 神经外科住院患者一般资料及睡眠资料收集

资料收集前,研究者向患者阐明实验目的和方法,取得知情同意。患者睡前,收集一般资料,同时连接PSG、NCSMM及佩戴手表。患者晨起后,停止PSG和NCSMM记录,取下手表,并在1 h内,完成PROMIS、RCSQ量表的睡眠质量评估。

1.6 研究质量控制方法

①数据收集当晚,安排患者在独立病房,降低多人间病房对患者产生的干扰;②提前与患者沟通好其通常准备入睡的时间,提前30 min开始进行PSG的连接,以降低PSG给患者带来的不适感及保持患者原有入睡时间的习惯;③PSG按照10~20国际标准导联系统放置电极,由专业技术人员操作,数据采集由研究者负责,量表填写由研究者指导确认无误后收回,防止漏项,数据录入后由双人进行核对以保证结果录入的准确性。

1.7 统计学方法

数据录入Excel后,使用SPSS26.0进行统计分析。

计数资料以例数和百分比表示。组间差异比较采用χ^2检验;定量资料正态分布时用$\bar{x}\pm s$描述,组间比较用t检验。非正态分布用$M(P_{25},P_{75})$表示,组间比较采用Mann Whitney U检验。以PSG为金标准,通过AUC评估NCSMM及其他睡眠质量评估工具的诊断效能:AUC≥0.9为高效;0.7≤AUC<0.9为良好,0.6≤AUC<0.7为一般[23]。基于ROC曲线确定最佳截断值,并采用敏感度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及Youden指数综合评价评估方法的性能。双侧检验P<0.05视为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 神经外科住院患者人口学资料

本研究最终纳入神经外科住院患者114例,其中男性占比35.96%(n=41),女性占比64.04%(n=73);年龄为(49.89±10.57)岁,详见表1。

表1 神经外科住院患者人口学资料[n=114,$\bar{x}\pm s$,例(%)]

项目	数据
年龄/岁	49.89±10.57
性别	
男	41(35.96)
女	73(64.04)
BMI/(kg/m^2)	24.31±3.30
体表面积/m^2	1.76±0.17
民族	
汉族	108(94.74)
少数民族	6(5.26)
学历	
初中及以下	82(71.93)
高中/中专/大专	22(19.30)
本科	10(8.77)
婚姻情况	
未婚	5(4.39)
已婚	103(90.35)
离异/丧偶	6(5.26)
子女数量/个	
0	6(5.26)
1	48(42.11)
≥2	60(52.63)
医疗付款方式	
军队医疗	3(2.63)
社会基本医保	102(89.47)
自费	9(7.89)
吸烟史	
否	93(81.58)
是	21(18.42)
饮酒史	
否	92(80.70)
是	22(19.30)

2.2 神经外科住院患者临床资料

本次调查纳入的神经外科住院患者中,颅内肿瘤患者55例(48.3%);既往高血压患者32例(28.1%);糖尿病患者5例(4.4%);手术史患者38例(33.3%);心脑血管疾病家族史12例(10.5%);癌症家族史5例(4.4%)。详见表2。

表2 神经外科住院患者临床资料[n=114,例(%)]

项目	数据
疾病种类	
脊髓疾病	13(11.4)
颅内肿瘤	55(48.2)
脑血管病	37(32.5)
其他	9(7.9)
既往史	
高血压	
否	82(71.9)
是	32(28.1)
糖尿病	
否	109(95.6)
是	5(4.4)
手术史	
无	76(66.7)
有	38(33.3)
家族史	
心脑血管疾病	
无	102(89.5)
有	12(10.5)
癌症	
无	109(95.6)
有	5(4.4)

2.3 5种睡眠质量评估工具评估结果

本研究分析了12个NCSMM监测指标。结果显示,总压力点变化数的中位数为2.89万个;总体动次数的中位数为168次,其中小体动次数的中位数123次;体动时长占总监测时长比例的中位数为7.27%。详见表3。

本研究分析了9个PSG监测指标。结果显示,平均睡眠效率为(69.6±15.7)%,低于正常范围;睡眠潜伏期的中位数为16 min,在正常范围内;总睡眠时间、REM期占比、N3期占比均低于正常范围;NREM期占比为(83.8±7.6)%,高于正常范围,主要体现在N1期占比中位数(10.9%)高于正常高值(5.0%)的2倍;入睡后清醒时间中位数为103 min。详见表4。

表3 NCSMM监测结果[n=114,$M(P_{25},P_{75})$,$\bar{x}\pm s$]

变量	数据
总压力点变化数/万个	2.89(2.14,3.67)
总体动次数/次	168.00(117.00,252.00)
大体动次数/次	19.00(12.00,28.00)
中体动次数/次	27.00(19.00,41.00)
小体动次数/次	123.00(80.00,204.00)
总体动时长/min	33.30(23.50,45.83)
大体动时长/min	7.15(4.50,10.80)
中体动时长/min	7.75(5.05,11.48)
小体动时长/min	17.10(10.75,27.18)
总体动时长占比/%	7.27(4.95,9.80)
总不动时长/min	422.83±44.91
总不动时长占比/%	91.87±3.93

表4 PSG监测结果[n=114,$\bar{x}\pm s$,$M(P_{25},P_{75})$]

变量	数据	正常范围
睡眠效率/%	69.6±15.7	>85.0
总睡眠时间/min	318.6±73.0	390.0
睡眠潜伏期/min	16.0(10.0,25.0)	<30.0
入睡后清醒时间/min	103.0(59.9,175.4)	—
REM期占比/%	16.7(11.5,20.9)	20.0~25.0
NREM期占比/%	83.8±7.6	75.0~80.0
N1期占比/%	10.9(6.1,19.3)	2.0~5.0
N2期占比/%	54.5±15.1	45.0~55.0
N3期占比/%	14.2(8.7,19.8)	15.0~23.0

本研究分析了PROMIS睡眠障碍简表的6项评价条目。结果显示,总得分为10.5分。入睡情况及醒后感觉较好,得分均为1.0分;睡眠问题主要体现在睡得踏实程度低,得分为2.5分。详见表5。

本研究分析了RCSQ评估的6项条目。结果显示,平均睡眠效率为(70.3±6.6)%;总得分为(60.1±16.9)分。清醒时间得分中位数为50分;噪音水平得分为(75.1±16.1)分。详见表6。

表5 PROMIS评估结果[n=114,$M(P_{25},P_{75})$]

变量	数据
主观睡眠质量/分	2.0(1.0,3.0)
睡眠质量满意度/分	2.0(1.0,3.0)
醒后神清气爽/分	1.5(1.0,3.0)
睡得踏实程度/分	2.5(1.0,3.0)
难以入睡程度/分	1.0(0.0,2.0)
醒后感觉很糟糕/分	1.0(0.0,1.0)
总分/分	10.5(5.0,15.0)

表6 RCSQ评估结果[n=114,$\bar{x}\pm s$,$M(P_{25},P_{75})$]

变量	数据
睡眠深浅/分	55.0(40.0,80.0)
清醒时间/分	50.0(40.0,70.0)
主观睡眠质量/分	60.0(40.0,80.0)
入睡时间/分	60.0(50.0,80.0)
醒后再入睡时间/分	60.0(50.0,80.0)
噪音水平/分	75.1±16.1
总分/分	60.1±16.9
SEI/%	70.3±6.6

本研究分析了体动记录仪监测的7项指标。结果显示,平均睡眠效率为(91.5±12.0)%,高于PSG监测结果,差异具有统计学意义(P<0.001);此外,睡眠时长、深睡时长、REM时长均高于PSG监测结果,差异具有统计学意义(P<0.001);浅睡时长为217.2 min,与PSG监测结果无统计学差异(P>0.05);入睡后清醒时长和清醒次数显著低于PSG监测结果,差异具有统计学意义(P<0.001)。详见表7。

2.4 NCSMM与其他3种评估方法对神经外科住院患者术前睡眠质量评估价值的比较

以PSG监测的睡眠效率≤85%为诊断睡眠障碍的金标准,分别构建NCSMM与其他3种睡眠质量评估方法中单个参数(NCSMM以总压力点变化数为参数、

表7 体动记录仪监测结果[n=114,$\bar{x}\pm s$,$M(P_{25},P_{75})$]

变量	数据		t/Z	P值
	可穿戴设备手表	PSG		
睡眠效率/%	91.5±12.0	69.6±15.7	−16.532	<0.001
睡眠时长/min	420.1±65.0	318.6±73.0	−11.083	<0.001
深睡时长/min	121.2±35.6	46.8(24.6,66.0)	−16.675	<0.001
浅睡时长/min	217.2±45.2	217.0±49.9	−0.046	0.963
入睡后清醒时长/min	8.0(3.0,19.3)	103.0(59.9,175.4)	14.753	<0.001
REM时长/min	82.5±28.7	52.8(34.1,73.6)	−7.415	<0.001
清醒次数/次	1.7(1.0,2.0)	9.0(7.0,12.0)	17.943	<0.001

表8　NCSMM与其他3种睡眠质量评估方法的AUC

评估工具	AUC	标准误	95%*CI*	*P*值
NCSMM(总压力点变化数)	0.788	0.052	(0.687,0.888)	<0.001
PROMIS(量表总分)	0.664	0.061	(0.543,0.784)	0.020
RCSQ(量表总分)	0.723	0.063	(0.600,0.846)	0.001
睡眠效率	0.750	0.049	(0.654,0.846)	<0.001

表9　NCSMM与其他3种睡眠质量评估方法的检验指标

评估工具	最佳临界值	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	*Youden*指数
NCSMM-总压力点变化数	2.381	0.774	0.714	0.923	0.417	0.488
PROMIS量表	10.500	0.559	0.762	0.912	0.281	0.321
RCSQ量表	71.500	0.742	0.714	0.920	0.385	0.456
睡眠效率	95.475	0.602	0.857	0.949	0.327	0.459

PROMIS和RCSQ量表以总分为参数、可穿戴手表以睡眠效率为参数)的ROC曲线(图2),比较其*AUC*(表8)、敏感度、特异度、阳性预测率、阴性预测率、Youden指数(表9)。结果显示,NCSMM、PROMIS、RCSQ及体动记录仪对睡眠障碍的诊断均有价值,但NCSMM监测指标的AUC、Youden指数均高于PROMIS、RCSQ和可穿戴手表。

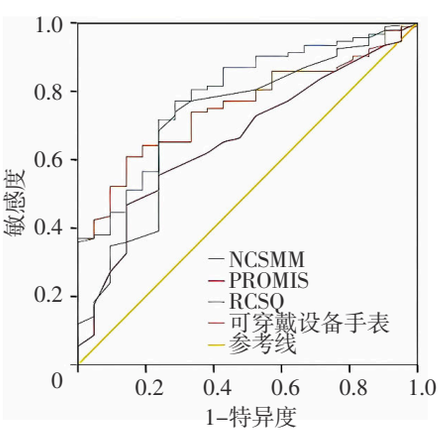


图2　NCSMM与其他3种睡眠质量评估方法的ROC曲线图

2.5　基于最佳临界值的5种睡眠质量评估工具评估结果

以睡眠效率≤85%为诊断睡眠障碍的金标准,PSG监测结果中睡眠障碍患者为93例,睡眠良好患者为21例,样本量符合研究设计中的样本量估算要求。其余4种睡眠质量评估工具根据以上最佳临界值区分睡眠障碍患者和睡眠良好患者,详见表10。

表10　基于最佳临界值的5种睡眠质量评估工具评估结果[例(%)]

评估工具	评估结果	
	睡眠障碍	睡眠良好
金标准-PSG	93(86.84)	21(13.16)
NCSMM	78(68.42)	36(31.58)
PROMIS	57(50.00)	57(50.00)
RCSQ	75(65.79)	39(34.21)
体动记录仪	27(23.68)	87(73.62)

3　讨论

3.1　神经外科住院患者术前睡眠质量普遍低下,具有一定特殊性

3.1.1　神经外科住院患者术前睡眠障碍发生率较高,需引起重视并进行干预　　本研究中,通过PSG监测发现,神经外科住院患者术前睡眠障碍发生率高达81.58%,高于既往研究[3-4]。电极导线可能干扰睡眠,加之患者术前焦虑[24],可能提高了睡眠障碍的检出率。因此,对于术前患者的睡眠质量,应予特别关注,并及时采取相应的干预措施。

3.1.2　神经外科住院患者客观睡眠特征表现为睡眠深度不足　　PSG监测结果显示,本研究对象的睡眠特征主要表现为睡眠效率较低,总睡眠时间缩短,REM期和N3期睡眠减少,而N1期增加,睡眠潜伏期和N2期无明显变化。这表明患者易入睡,但睡眠深度不足,夜间清醒时间延长。REM期和N3期减少可能影响认知功能和疼痛敏感性[25-26],强调了需改善睡眠质量的重要性。因此,改善患者的睡眠质量,特别是增加REM期和N3期睡眠时间,对于预防认知功能

下降和减轻疼痛敏感性具有重要意义。

3.1.3 神经外科住院患者主观睡眠特征表现为睡眠效率及满意度低 既往研究表明,住院患者的睡眠质量普遍较差,许多患者在住院期间的睡眠时间明显低于正常标准[27]。PROMIS评估结果揭示,患者的主要睡眠特征为睡眠不够踏实,主观睡眠质量差和满意度低,与之前报道相符。这些睡眠问题与疼痛强度密切相关,尤其是在神经外科患者中,头痛为术后常见症状,睡眠问题与疼痛相互影响,具有高达50%的共患率[28]。因此提升睡眠质量对于减轻术后头痛具有积极意义。RCSQ评估与PSG结果相符,均指出睡眠效率低下。相比之下,手表监测可能存在高估睡眠质量和低估觉醒的倾向,与之前报道一致[29]。

综上分析,神经外科住院患者术前的共同睡眠特征包括睡眠效率低、睡眠深度不足、REM期和N3期睡眠减少,以及睡眠不踏实和主观睡眠质量差。针对这些特征,可采取以下措施进行干预:①加强术前心理辅导,减轻患者焦虑,以提高睡眠质量;②优化病房环境,保持环境安静、减少夜间光线刺激,集中进行护理操作,尽可能减少对患者的干扰,以促进患者睡眠;③动态监测患者术前睡眠质量,评估睡眠障碍程度,针对睡眠障碍患者,制定个性化的干预措施,包括药物治疗、认知行为疗法等,以改善睡眠结构和质量;④探索NCSMM监测的体动参数与睡眠质量的相关性,为临床提供简便有效的睡眠评估方法。

3.2 NCSMM在睡眠质量评估中优于其他3种评估工具,具有较高的临床应用价值

3.2.1 NCSMM在诊断睡眠障碍方面具有较高的准确性 本研究以PSG为金标准,将NCSMM与PROMIS、RCSQ及手表在睡眠评估中的效能进行了比较。结果显示,NCSMM在各项评估指标中较优,其AUC达到了0.788。这一数据显著高于其他工具,表明NCSMM在诊断睡眠障碍方面具有较高的准确性。NCSMM通过监测睡眠期间的身体活动,实现了对睡眠质量的精准评估,同时其无创性和便捷性为临床医生提供了极大的便利。

3.2.2 临床常用睡眠质量评估工具存在一定的应用局限性 相较之下,可穿戴手表虽然也展现了一定的诊断能力,AUC为0.750,但其敏感度较低,可能导致对睡眠质量的过高评估。这一点提示在使用可穿戴设备时,需考虑到其可能存在的局限性[30-31]。

PROMIS量表在本研究中的敏感度较低,仅为0.559,这可能与量表的文化适应性或样本选择偏差有关。为此,建议未来的研究应采用更为科学和严格的抽样策略,以确保样本的代表性,从而提高量表的适用性和准确性。

RCSQ量表在本研究中显示出中等程度的评估准确性。值得注意的是,RCSQ量表在特异度方面存在局限性,这可能与其主要用于危重症患者有关,而本研究对象多为术前患者,这在一定程度上影响了量表的评估效果。

综上,NCSMM在本研究中展现了优于量表和可穿戴设备手表的睡眠质量评估准确性。且该床垫监测结果不受主观影响,方便采集。因此,NCSMM为克服现有睡眠质量评估工具应用局限性提供了一种可能。

3.3 基于石墨烯柔性薄膜压力传感器的NCSMM提供了无创、高效的睡眠监测解决方案

当前临床实践中,虽然有多种工具用于评估睡眠质量,但每种工具都存在一定局限性[7,32]。例如,量表可能缺乏足够的信效度,体动记录仪的准确性受限,而PSG的成本高昂和操作复杂,其普及性并不高。现有的基于压力传感器的床垫设备在健康人群中表现较好,但在睡眠障碍患者中的有效性尚未得到充分验证[33]。

课题组前期联合中国科学研究院研制了基于石墨烯柔性压力传感器的无感睡眠监测床垫,通过本研究结果发现,采用基于石墨烯柔性薄膜压力传感器的NCSMM,以监测到的总压力点变化数作为评估指标,其在AUC、诊断准确率和Youden指数方面均超越了其他3种评估方法。这表明,该床垫在神经外科住院患者术前睡眠质量的评估中具有一定的预测价值。此外,该床垫能够实现无干扰且客观的睡眠监测,有效克服了传统评估方法的不足,为睡眠质量的评估提供了一种创新手段。

NCSMM利用新一代超灵敏柔性薄膜传感器,通过记录睡眠过程中的身体活动情况来评估睡眠质量。未来的研究可以通过二元Logistic回归分析,探讨体动类型、时长等参数与睡眠质量的相关性,并将相关因素纳入多因素Logistic分析,以提高睡眠质量评估的准确性。

综上,本研究对神经外科住院患者术前的睡眠质量进行了深入分析,并将NCSMM与临床常用睡眠质量评估工具评估效果进行了比较。结果表明,利用基于石墨烯柔性薄膜压力传感技术的NCSMM在评估睡眠质量方面展现出显著的优越性。这一发现为改善现有的睡眠评估方法提供了重要的科学依据,值得进一步推广及普及。

尽管如此,本研究也存在一定的限制,比如样本量较小,监测时间仅限于1晚,且研究对象的代表性有限,这些因素可能会对结果的普遍性产生影响。为了克服这些局限性,未来的研究计划将包括扩大样本量,以及进行更长时间的睡眠监测,同时开展多中心研究,增加研究对象的代表性,以确保研究结果的广泛适用性和可靠性,为神经外科住院患者的睡眠质量评估提供更加精准和实用的工具。

利益冲突 本文所有作者声明不存在利益冲突

参考文献:

[1] ZHANG Q, LIU Y, LIANG Y, *et al*. Exercise intervention for sleep disorders after stroke: a protocol for systematic review and meta-analysis[J]. Medicine, 2021, 100(17): e25730. DOI: 10.1097/MD.0000000000025730.

[2] M K P, LATREILLE V. Sleep disorders[J]. Am J Med, 2019, 132(3): 292-299. DOI: 10.1016/j. amjmed. 2018. 09.021.

[3] BASSETTI C L A, RANDERATH W, VIGNATELLI L, *et al*. EAN/ERS/ESO/ESRS statement on the impact of sleep disorders on risk and outcome of stroke[J]. Eur Respir J, 2020, 55(4): 1901104. DOI: 10.1183/13993003.01104-2019.

[4] STEWART K, SHAKARISHVILI N, MICHALAK A, *et al*. Treating sleep disorders following traumatic brain injury in adults: time for renewed effort?[J]. Sleep Med Rev, 2022, 63: 101631. DOI: 10.1016/j.smrv.2022.101631.

[5] 李仁华, 陈娜, 王锷, 等. 老年患者术前睡眠障碍与术后神经认知恢复延迟的相关性[J]. 中南大学学报(医学版), 2021, 46(11): 1251-1259. DOI: 10.11817/j. issn. 1672-7347.2021.210015.
LI R H, CHEN N, WANG E/E), *et al*. Correlation between preoperative sleep disorders and postoperative delayed neurocognitive recovery in elderly patients[J]. J Cent South Univ Med Sci, 2021, 46(11): 1251-1259. DOI: 10.11817/j. issn.1672-7347.2021.210015.

[6] KUNICKI Z J, NGO L H, MARCANTONIO E R, *et al*. Six-year cognitive trajectory in older adults following major surgery and delirium[J]. JAMA Intern Med, 2023, 183(5): 442-450. DOI: 10.1001/jamainternmed.2023.0144.

[7] 方勇, 李汁青, 黄丽华. COPD病人睡眠障碍评估工具的研究进展[J]. 护理研究, 2022, 36(13): 2338-2342. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2022.13.014.
FANG Y, LI Z Q, HUANG L H. Research progress on assessment tools of sleep disorder in patients with COPD[J]. Chin Nurs Res, 2022, 36(13): 2338-2342. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2022.13.014.

[8] RIEMANN D, BAGLIONI C, BASSETTI C, *et al*. European guideline for the diagnosis and treatment of insomnia[J]. J Sleep Res, 2017, 26(6): 675-700. DOI: 10.1111/jsr.12594.

[9] 杨璇, 乔雨晨, 赵洁, 等. 认知障碍患者睡眠障碍评估工具的应用进展[J]. 中华护理杂志, 2020, 55(12): 1884-1889. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2020.12.022.
YANG X, QIAO Y C, ZHAO J, *et al*. The application of sleep disorder assessment tools in patients with cognitive impairment: a system review[J]. Chin J Nurs, 2020, 55(12): 1884-1889. DOI: 10.3761/j. issn. 0254-1769.2020. 12.022.

[10] SMITH M T, MCCRAE C S, CHEUNG J, *et al*. Use of actigraphy for the evaluation of sleep disorders and circadian rhythm sleep-wake disorders: an American academy of sleep medicine systematic review, meta-analysis, and GRADE assessment[J]. J Clin Sleep Med, 2018, 14(7): 1209-1230. DOI: 10.5664/jcsm.7228.

[11] GUARNIERI B, MUSICCO M, CAFFARRA P, *et al*. Recommendations of the sleep study group of the Italian dementia research association (SINDem) on clinical assessment and management of sleep disorders in individuals with mild cognitive impairment and dementia: a clinical review[J]. Neurol Sci, 2014, 35(9): 1329-1348. DOI: 10.1007/s10072-014-1873-7.

[12] OBUCHOWSKI N A, MCCLISH D K. Sample size determination for diagnostic accuracy studies involving binormal ROC curve indices[J]. Stat Med, 1997, 16(13): 1529-1542. DOI: 10.1002/(sici) 1097-0258 (19970715) 16: 13<1529: aid-sim565>3.0.co;2-h.

[13] OHAYON M, WICKWIRE E M, HIRSHKOWITZ M, *et al*. National sleep foundation's sleep quality recommendations: first report[J]. Sleep Health, 2017, 3(1): 6-19. DOI: 10.1016/j.sleh.2016.11.006.

[14] 中华医学会神经病学分会睡眠障碍学组. 中国成人失眠诊断与治疗指南(2023版)[J]. 中华神经科杂志, 2024, 57(6): 560-584. DOI: 10.3760/cma.j.cn113694-20240406-00209.
Chinese Society of Sleep Disorders. Chinese guideline for diagnosis and treatment of insomnia (2023)[J]. Chin J Neurol, 2024, 57(6): 560-584. DOI: 10.3760/cma. j. cn113694-20240406-00209.

[15] S C. Overview of normal sleep[M]. 4th ed. Sleep Disorders Medicine: Basic Science, Technical Considerations and Clinical Aspects: Springer, 2017:5-27. DOI: 10.1007/978-1-4939-6578-6

[16] SIMOES MARIA M, BÜLA C, SANTOS-EGGIMANN B, *et al*. Sleep characteristics and self-rated health in older persons[J]. Eur Geriatr Med, 2020, 11(1): 131-138. DOI:

10.1007/s41999-019-00262-5.

[17] 皋文君,袁长蓉.患者自我报告结局测量信息系统在国外的应用进展[J].中华护理杂志,2018,53(11):1401-1405. DOI:10.3761/j.issn.0254-1769.2018.11.026.
GAO W J, YUAN C R. Application status of patient reported outcomes measurement information system in foreign countries[J]. Chin J Nurs, 2018, 53(11): 1401-1405. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2018.11.026.

[18] 吴傅蕾.乳腺癌阶段特异性患者报告结局测量系统的构建研究[D].上海:中国人民解放军海军军医大学,2019.
WU F L. The development of a phase-specific patient-reported outcomes measurement system-breast cancer[D]. Shanghai: Naval Medical University, 2019.

[19] WESSELIUS H M, VAN DEN ENDE E S, ALSMA J, *et al*. Quality and quantity of sleep and factors associated with sleep disturbance in hospitalized patients[J]. JAMA Intern Med, 2018, 178(9): 1201-1208. DOI: 10.1001/jamainternmed.2018.2669.

[20] 陈丽霞,纪代红,赵巧玉,等.中文版理查兹-坎贝尔睡眠量表的信效度研究[J].中华护理杂志,2016,51(9):1141-1144. DOI:10.3761/j.issn.0254-1769.2016.09.028.
CHEN L X, JI D H, ZHAO Q Y, *et al*. The reliability and validity of the Chinese version of Richards-Campbell Sleep Questionnaire[J]. Chin J Nurs, 2016, 51(9): 1141-1144. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2016.09.028.

[21] 陈丽霞.中文版理查兹—坎贝尔睡眠量表的信效度研究及临床应用评价[D].大连 大连大学,2017.
CHEN L X, Reliability and validity and clinical practice of the Chinese version of Richards-Campbell Sleep Questionnaire[D]. Dalian: Dalian University, 2017.

[22] KUPFER D J, DETRE T P, FOSTER G, *et al*. The application of Delgado's telemetric mobility recorder for human studies[J]. Behav Biol, 1972, 7(4): 585-590. DOI: 10.1016/s0091-6773(72)80220-7.

[23] NAHM F S. Receiver operating characteristic curve: overview and practical use for clinicians[J]. Korean J Anesthesiol, 2022, 75(1): 25-36. DOI: 10.4097/kja.21209.

[24] 张晓红,于文君,宗薇,等.神经外科择期手术患者围手术期焦虑的现况调查和危险因素分析[J].中华现代护理杂志,2019,25(28):3611-3616. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2019.28.011.
ZHANG X H, YU W J, ZONG W, *et al*. Current status and risk factors analysis of perioperative anxiety in patients undergoing neurosurgery[J]. Chin J Mod Nurs, 2019, 25(28): 3611-3616. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2019.28.011.

[25] WEST N A, JOHNSON D A, LUTSEY P L, *et al*. Cognition and 20-year subsequent sleep disturbances[J]. Sleep Health, 2021, 7(5): 631-637. DOI: 10.1016/j.sleh.2021.01.008.

[26] IRWIN M R, OLMSTEAD R, BJURSTROM M F, *et al*. Sleep disruption and activation of cellular inflammation mediate heightened pain sensitivity: a randomized clinical trial[J]. Pain, 2023, 164(5): 1128-1137. DOI: 10.1097/j.pain.0000000000002811.

[27] BURGER P, VAN DEN ENDE E S, LUKMAN W, *et al*. Sleep in hospitalized pediatric and adult patients - a systematic review and meta-analysis[J]. Sleep Med X, 2022, 4: 100059. DOI.org/10.1016/j.sleepx.2022.100059

[28] 刘柳.睡眠障碍患者主客观睡眠对慢性疼痛影响的研究[D].成都:四川大学,2021. DOI:10.27342/d.cnki.gscdu.2021.002937.
LIU L. The effect of subjective and objective sleep on chronic pain in patients with sleep disorders. Chengdu: Sichuan University, 2021. DOI: 10.27342/d.cnki.gscdu.2021.002937.

[29] 王晓秋,吴文忠,刘成勇,等.体动记录仪与睡眠评价[J].世界睡眠医学杂志,2020,7(4):733-737. DOI:10.3969/j.issn.2095-7130.2020.04.074.
WANG X Q, WU W Z, LIU C Y, *et al*. Actigraphy and sleep assessment[J]. World J Sleep Med, 2020, 7(4): 733-737. DOI: 10.3969/j.issn.2095-7130.2020.04.074.

[30] HAGHAYEGH S, KHOSHNEVIS S, SMOLENSKY M H, *et al*. Performance comparison of different interpretative algorithms utilized to derive sleep parameters from wrist actigraphy data[J]. Chronobiol Int, 2019, 36(12): 1752-1760. DOI: 10.1080/07420528.2019.1679826.

[31] CONLEY S, KNIES A, BATTEN J, *et al*. Agreement between actigraphic and polysomnographic measures of sleep in adults with and without chronic conditions: a systematic review and meta-analysis[J]. Sleep Med Rev, 2019, 46: 151-160. DOI: 10.1016/j.smrv.2019.05.001.

[32] 李荣,罗凤.乳腺癌患者睡眠评估工具的应用研究进展[J].中华内分泌外科杂志,2022,16(5):637-640. DOI:10.3760/cma.j.cn.115807-20220316-00063.
LI R, LUO F. Research progress in the application of sleep assessment tools in breast cancer patients[J]. Chin J Endocr Surg, 2022, 16(5): 637-640. DOI: 10.3760/cma.j.cn.115807-20220316-00063.

[33] ZHAI H F, YAN Y H, HE S Q, *et al*. Evaluation of the accuracy of contactless consumer sleep-tracking devices application in human experiment: a systematic review and meta-analysis[J]. Sensors, 2023, 23(10): 4842. DOI: 10.3390/s23104842.

(**收稿**:2024-10-21;**修回**:2024-11-18)
(编辑 李 玥)