**家庭睡眠呼吸暂停监测在阻塞性睡眠呼吸暂停诊断中的应用与研究进展**

徐淑桦 朱敏

200011 上海交通大学医学院附属第九人民医院•口腔医学院口腔颅颌面科，国家口腔疾病临床医学研究中心，上海市口腔医学重点实验室，上海市口腔医学研究所

通信作者：朱敏，E-mail：zhum1612@sh9hospital.org，电话：021-23271699

作者：徐淑桦，E-mail：xsh9024@126.com，电话：18818215330

**Application and research progress of home sleep apnea testing in the diagnosis of obstructive sleep apnea**

**Xu Shuhua，Zhu Min**

**Department of Oral and Craniomaxillofacial Surgery, Shanghai Ninth People’s Hospital, College of Stomatology, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine; National Clinical Research Center for Oral Diseases; Shanghai Key Laboratory of Stomatology& Shanghai Research Institute of Stomatology 200011**

**Corresponding author: Zhu Min, E-mail:** zhum1612@sh9hospital.org, Tel: 021-23271699

**Author: Xu Shuhua,** E-mail：xsh9024@126.com, Tel：18818215330

**家庭睡眠呼吸暂停监测在阻塞性睡眠呼吸暂停诊断中的应用与研究进展**

【摘要】 多导睡眠描记（polysomnography , PSG）是诊断阻塞性睡眠呼吸暂停（obstructive sleep apnea , OSA）的金标准，但因导连众多、需要场地及专业医生接入或值守等原因有失方便和经济。家庭睡眠呼吸暂停监测（home sleep apnea testing , HSAT）因其简便、快捷、经济，作为PSG的替代方式，正受到越来越多的关注。本文介绍了HSAT的分类、应用范围、不同种类的可靠性和不同分析方法可能带来的差异，总结了HSAT现存在的问题，和解决问题的研究方向。

【关键词】 阻塞性睡眠呼吸暂停，多导睡眠监测，家庭睡眠呼吸暂停监测

**Application and research progress of** **home sleep apnea testing in the diagnosis of obstructive sleep apnea**

【Abstract】 Polysomnography (PSG) is the gold standard test for the diagnosis of obstructive sleep apnea (OSA). However, PSG is inconvenient and uneconomical because of the large number of electrodes and sensors, the need for venues and professional doctors to attend. As a result, home sleep apnea testing (HSAT) is attracting more and more attention as an alternative to PSG, because of its simplicity, rapidness and economy. This review introduces the classification, application scope, reliability of different types of HSAT and possible differences caused by different analysis methods, summarizes the existing problems and puts forward the prospect.

【Keywords】 Sleep Apnea, Obstructive；Polysomnography；home sleep apnea testing

阻塞性睡眠呼吸暂停（obstructive sleep apnea，OSA）是指睡眠时上气道塌陷阻塞引起的呼吸暂停和低通气，通常伴有打鼾、睡眠结构紊乱、频繁发生血氧饱和度下降、白天嗜睡、注意力不集中等病症，并可导致高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病、糖尿病等多器官多系统损害。OSA可发生于任何年龄阶段，不仅严重影响患者的生活质量和工作效率，还易并发心脑血管疾病，具有潜在的危险性。儿童OSA的常见原因是腺样体和/或扁桃体的病理性肥大对气道的阻塞，严重者可影响生长发育，出现牙颌面畸形。[[[1]](#endnote-1)]

虽然临床工作中诊断OSA 的方法较多，诸如多导睡眠描记（polysomnography，PSG）、家庭睡眠呼吸暂停监测( home sleep apnea testing，HSAT)、以及症状体征、各种评分量表（如Berlin问卷、Epworth 睡眠量表、STOP-BANG问卷等）、各种临床预测模型（如形态学预测模型等）等[[[2]](#endnote-2)]，但目前公认的诊断金标准是PSG。标准PSG记录受试者睡眠过程的心脏呼吸、神经生理、睡眠阶段等参数，包括脑电图（electroencephalogram，EEG）、下颌肌电图（chin electromyograph，chin EMG）、眼电图（electrooculogram，EOG）、气流、呼吸运动、动脉血氧饱和度（SaO2）和心电图（electrocardiogram，ECG）。监测过程需在睡眠室中进行，并有专业人员监测和分析数据。[[[3]](#endnote-3)]

然而，传统PSG存在许多不便。一方面，它需要受试者在睡眠监测室过夜，使得一些受试者不能如在熟悉环境中一样入睡；另一方面，传统PSG导联众多，大部分位于头面部，不适感明显，也会一定程度上影响受试者的睡眠。此外，传统PSG受场地、床位、人工限制，费用较高。因此，人们一直在探索可以替代标准PSG的诊断手段，如前述的家庭睡眠呼吸暂停监测(home sleep apnea testing，HSAT)或称便携式监测仪（portable monitors，PM），亦称中心外监测仪（out-of-center testing devices，OCST）。HSAT具有导连少、舒适、可让患者在熟悉环境中入睡的优势，不需专人值守，简便易行，且对患者来说花费更少，在医疗条件差的地区有更大的需求。[[[4]](#endnote-4)],[[[5]](#endnote-5)]2017年美国AASM新版指南中推荐，对于并不复杂的有症状体征且高度怀疑中－重度OSA的成人患者，推荐使用PSG或设备技术足够的HSAT检查(强烈推荐)。[2]

1. 睡眠监测的分类

应用最广泛的分类是1994年美国睡眠障碍协会（American Sleep Disorders Association，ASDA）分类。该分类方法将睡眠检测仪分为四个等级：

Ⅰ型：标准PSG，含有至少7个参数，包括脑电图、心电图、眼电图、下颌肌电图、气流、呼吸努力、血氧，体位需有记录，腿部运动可由肌电图或运动传感器记录（可选），需专业人员整夜值守，必要时做出调整；

Ⅱ型：全指标便携式PSG，参数要求与I级相同，区别在于不需在睡眠室中进行，无专业人员值守；

Ⅲ型：改良便携式睡眠呼吸暂停检查，含有至少4个参数，包括2个通气参数（呼吸运动和气流）、心率或心电图、血氧，体位需记录，腿动记录非必需，无人值守；

Ⅳ型：单/双参数持续记录，最少含有1个参数（典型为血氧或气流），不记录体位、腿动，也无人值守。 [3]

1. HSAT的适用范围

2007年美国AASM给出的无人值守的便携式睡眠监测仪临床应用指南中提出[[[6]](#endnote-6)]，HSAT最少应能监测气流、呼吸努力，血氧三个方面的参数。当无人值守的HSAT用于阻塞性睡眠呼吸暂停（obstructive sleep apnea，OSA）的诊断时，应同时伴有综合性的睡眠评估。使用HSAT进行临床睡眠评估时，必须在一名有睡眠医学专业资格认定或符合睡眠医学认证考试的资格标准的专业人员监督下进行。HSAT可作为PSG的替代措施，用于高度怀疑为中到重度OSA的患者中。但HSAT不适合诊断有严重并发症的病人的OSA，这可能会降低HSAT的准确性。HSAT也不适合对OSA疑似合并患有其他睡眠障碍，如中枢性睡眠呼吸暂停综合征，周期性肢体运动障碍，失眠症，异态睡眠，昼夜节律睡眠障碍，或发作性睡病的患者进行诊断评估。此外，HSAT不适合对无症状人群进行一般筛查。HSAT可能适用于睡眠室内PSG无法完成的情况，如患者无法移动，或出于某些安全考虑，或者患者患有一些危重疾病。HSAT也可能适用于监测患者对非CPAP的睡眠暂停治疗措施的反应。因此当口腔医生利用口腔矫治器减轻OSAHS的症状时，可利用HSAT进行疗效评估。Wittine LM等的研究表明，HSAT至少需要300分钟的记录时间，才能准确诊断阻塞性睡眠呼吸暂停，并确定阻塞性睡眠呼吸暂停的严重程度。[[[7]](#endnote-7)]Vat S等的研究则发现当HSAT记录使用血氧降低3%并不伴有脉搏波振幅下降作为脑电图觉醒的替代指标，以确定低通气发生时，才能达到最高的精确度。[[[8]](#endnote-8)]

2017年AASM给出的成人OSA诊断指南中，推荐家庭睡眠呼吸暂停测试使用技术上足够的HSAT设备，用于不复杂的成人患者的OSA诊断，即表现出中度至重度的OSA风险增加的症状和体征的患者。但是如果一个单独的家庭睡眠呼吸暂停测试结果是阴性的，不确定的，或者技术上不充分时，还应使用标准PSG来诊断OSA（强烈推荐）。 [3]

而对于儿童，在学龄儿童中，HSAT似乎在技术上是可行的。但对不同层次的研究，以及不同年龄群的研究，HSAT在诊断中度儿童OSAS的特异性上存在着很大的差异。[[[9]](#endnote-9)] Suzuki M等比较了HSAT对成人和儿童的诊断可靠性，发现在成人中，HSAT对于截断点为AHI= 20/h或5/h的诊断是可靠的。然而在儿童中，HSAT的可靠性较低，学龄前儿童尤甚，因此不能单独使用HSAT进行诊断。[[[10]](#endnote-10)]

1. HSAT的应用进展

目前的指南尚未推荐HSAT应用于具有其他并发症的成人患者的诊断中。而Saletu MT 等研究了HSAT对卒中患者住院康复期间OSA的诊断应用的可行性和准确性。这项对265例患者的研究以HSAT所得呼吸事件指数/监测时间（REI/MT）与无人值守的PSG所得呼吸暂停低通气指数/总睡眠时间（AHI/TST）相比较来评价准确性，以评估HSAT的记录质量的可接受度来评价可行性，证实HSAT在卒中患者住院康复期间诊断OSA是可行且足够精确的。因此他们建议指南中在适用范围中加入这类患者。[[[11]](#endnote-11)] Patel N等认为夜间氧气的除氧能力已被证明是卒中的一个强有力的预测因子，并且可能有助于确定哪些低AHI患者应该被提供治疗。当使用一种改进的OSA定义，使用较低的AHI截断点，并在HSAT的设置中加入一个血氧降低的截断点（即使用AHI 5-14.9 /h 且 LSaO2≤88%作为诊断标准以代替AHI≥15的诊断标准），用于中风或短暂性脑缺血发作（TIA）的患者，可以改善其白天嗜睡后的嗜睡症发作，而不显著影响CPAP的依赖性，也不影响自动评分的准确性。[[[12]](#endnote-12)]Cabezas E也将HSAT应用于针对肺癌患者的研究中，以证明OSA在肺癌患者中的流行度。[[[13]](#endnote-13)] Gamaldo CE等将HSAT应用于在神经疾病就诊时临床上被认为有高OSA风险的患者中，从中发现61%的受试者AHI≥5 ，从而使他们得到的及时的治疗和转诊。他们认为专业的睡眠医生和社区神经病学实践应当联合起来，将HSAT应用在这些具有OSA风险的患者身上，以开辟一条更好的睡眠医疗护理的道路。[[[14]](#endnote-14)]Abumuamar AM 等对100例心率不齐的患者比较了含有EEG的HSAT与标准PSG的差异，发现二者在呼吸指数方面并无差异。他们认为，对心率不齐的患者，合并EEG的HSAT是可靠、方便、经济的睡眠监测方法。[[[15]](#endnote-15)]Romem A对患有或不患有心肺并发症的受试者进行了单导连的IV型HSAT(Morpheus Ox)监测，发现无论是否患有心肺并发症，HSAT的结果均与标准PSG有较好的一致性。[[[16]](#endnote-16)]

1. HSAT的可靠性研究进展

HSAT因其追求简便，大部分都省去了EEG导连，因而使入睡-觉醒无法准确判断，在计算AHI时只能以记录时间(TRT)来代替总入睡时间(TST)，而TRT≥TST，故而使AHI被低估。[[[17]](#endnote-17)]在重度患者中，因AHI基数较大，这种低估对诊断结果的干扰不大，而对中轻度患者，尤其是轻度患者，诊断的准确性则受到较大影响。即使HSAT对呼吸事件的侦测与标准PSG一样准确，AHI的低估仍然存在。Bianchi MT等将标准PSG的TST用TRT代替后重新计算AHI，即发现诊断的严重程度被低估，即假阴性（轻度被低估为正常）的出现和严重等级降低（重度低估为中度，中度低估为轻度）。[[[18]](#endnote-18)]此外，如果低通气导致的是觉醒而不伴有血氧降低，则不会被HSAT发现并记录。且HSAT大部分无法区分睡眠分期，因而缺失了患者睡眠结构的判断。

目前已投入临床应用的HSAT种类繁多，对它们的诊断性试验也大都证实了这一点。[[[19]](#endnote-19)]，[[[20]](#endnote-20)]，[[[21]](#endnote-21)] Jonas DE等的系统性综述发现，对诊断OSA（AHI>=5）,III型的灵敏度可达到0.93（对在家中使用的研究的综合估计）和0.96（对在睡眠室使用的研究的综合估计），特异度0.60（对在家中使用的研究的综合估计）和0.76（对在睡眠室使用的研究的综合估计）。IV型灵敏度为0.85以上，特异度则范围较大，可达0.50-1。当诊断轻中度（AHI>=15）或重度（AHI>=30）时，灵敏度增加，而特异度相应降低。[6 ]Lusine Abrahamyan等共囊括2068例受试者的荟萃分析则得出，当以AHI>=5为截断点时，IV型的灵敏度介乎0.675-1之间，而特异度介乎25%-100%之间。[[[22]](#endnote-22)]可见，III型的准确性整体高于IV型。

由此看来，除了不同类型HSAT对呼吸暂停和低通气的判别精确性之外，目前制约HSAT应用的主要原因是缺乏对入睡-觉醒及睡眠结构的有效判断。

为解决这一问题，一些研究者试图将EEG简化。Light MP等在HSAT中加入了一个额叶EEG导连，发现在92%-95%的样本中这种单通道导连和全脑电图在判别睡眠-觉醒时间上一致。[[[23]](#endnote-23)] Chen K等建立了一个利用单信号EEG推断睡眠阶段的模型SleepStageNet。该模型利用多尺度卷积神经网络提取睡眠脑电图特征，然后利用递归神经网络和条件随机场捕捉相邻时点之间的上下文信息，从而推断睡眠阶段的类型，在OSA人群中该模型的准确度可达到(F4-M1，0.8)，Kappa值可达到(F4-M1，0.67)；在健康人群中该模型的平均准确度为(Fpz-Cz, 0.88; Pz-Oz, 0.85) ，Kappa值 (Fpz-Cz, 0.82; Pz-Oz, 0.77)。[[[24]](#endnote-24)]Sabil A等将单信号EEG (FP2-M1)与HSAT探测的其他信号如气流、打鼾、运动、光和呼吸诱导性容积描记结合起来，做出一种自动评分系统，以判断清醒睡眠分期，清醒状态检测的敏感度为0.7651±0.2167，特异度为0.9548±0.0527，阳性预测值为0.8184±0.1542，阴性预测值为0.9385±0.0623，与单独的HSAT信号相比，AHI增加了22.12%。[[[25]](#endnote-25)]但是，包含单导连EEG的HSAT尚未形成成熟的产品，也尚无诊断价值研究。

另外一种方法是抛开EEG，利用其他原理来估计睡眠分期。这其中比较有代表性的是心肺耦合式睡眠监测仪（CardioPulmonary Coupling，CPC），按AASM1994年分类属于IV型睡眠监测设备，仅收集心电信号。其从连续单导联心电信号提取正常窦性心律间期序列，并由心电信号推导出呼吸信号，然后采用希尔伯特-黄和傅里叶变换技术，将这两种信号的相干度与互谱功率生成睡眠期间心肺耦合动力学频谱，从而给出睡眠的分期结果并判定呼吸暂停综合症，能区分中枢型与阻塞型。[[[26]](#endnote-26)]CPC与PSG机制不同，分析结果报告不是基于传统的睡眠分期，而是将睡眠分为浅睡（不稳定睡眠，对应CPC分析的低频部分）、深睡（稳定睡眠，对应CPC分析中的高频部分），以及觉醒或REM期睡眠（对应CPC分析中的极低频部分）。[[[27]](#endnote-27)]Lee SH等一项37例儿童的回顾性研究用传统PSG睡眠分期和CPC比较儿童腺样体/扁桃体切除术后睡眠质量，发现术后CPC指标（高频耦合，低频耦合）、AHI、觉醒指数有明显变化，而PSG指标除了觉醒指数外，其他未表现出术后改变，因此他们认为CPC在睡眠质量的改变方面，比传统的PSG更灵敏[[[28]](#endnote-28)]。Schramm PJ采用CPC技术分析轻度OSAS不同治疗方法（“网球法”体位干预治疗；吸氧；口腔矫正器；吸氧与口腔矫正器并用）对睡眠质量的改善，结果显示，口腔矫正器治疗明显优于体位改变和低流量吸氧等其他保守治疗方法，高频偶联与低频偶联的比值增大[[[29]](#endnote-29)]。对于该型监测仪的诊断价值，谢敏等对44例受试者（诊断为OSA者33例，正常者11例）同样进行了标准PSG和CPC的同时监测，发现当AHI分别>5、15、30次/h时，心肺耦合诊断敏感度分别为0.82、0.96、0.77，特异度分别为0.50、0.72、0.86，阳性预测值分别为0.85、0.83、0.85，阴性预测值分别为0.55、0.93、0.79。ROC曲线下面积分别为0.868、0.915、0.921。[[[30]](#endnote-30)]冯晶等则对292例患者（AHI>5者173例，AHI<5者119例）同时进行了标准PSG和CPC的监测，发现以AHI=5为OSAHS诊断截点时，ROC曲线下面积为 0.81。[[[31]](#endnote-31)]但是，尚无该型监测仪估计的睡眠分期准确性评价的研究。

目前指南中推荐HSAT使用手动分析，但推荐证据强度较弱。为更加实现简化，许多HSAT都带有自动分析的软件。目前，自动分析是否能达到和手动分析一致的效果，尚无共识。Aurora RN等分析了200份两种III型HSAT（ApneaLink Plus [ResMed] 和Embletta [Embla Systems]自动分析和手动分析的结果，发现手动分析可以减少对OSA严重程度的错误分类，特别是对中度患者。[[[32]](#endnote-32)] Labarca G 等198例利用Embletta® MPR [Embla Systems]的研究同样认为自动分析低估了呼吸事件的发生率，改变了疾病的严重程度，并可能改变治疗方法。[[[33]](#endnote-33)]但这几项研究均是仅由一名分析者分析，没有考虑到不同的分析者可能带来的判别不一致。Magalang UJ 等则令9名来自睡眠呼吸暂停全球跨学科联盟（SAGIC）的有经验的技术人员和两种自动分析系统（Remlogic 和 Noxturnal )分别对15份III型设备的记录进行分析，发现AHI的结果在自动和手动分析间有很强的一致性。[[[34]](#endnote-34)]但这项研究的样本量较少，说服力仍显不足。

1. 总结与展望

在发现和诊断这种疾病的过程中，由于条件的限制，家庭睡眠监测因其简便、经济、舒适正受到越来越多的关注，也越来越多地应用在了成人OSA的诊断中。但是，HSAT仍有一些缺点制约了它的应用，如对轻度人群的诊断价值不理想、大部分缺失睡眠结构的信息等，目前尚未推荐使用在儿童患者和患有其他综合征的人群的诊断中。如何提高其对轻度患者的诊断精确性，是目前的一大热门研究方向。在伴有其他综合征人群中的应用，也是一个值得探索的方向。此外，睡眠图谱自动分图的可靠性也仍需进一步研究。如能找到一种可替代脑电图，精确判别睡眠-觉醒状态的方法，或一种可靠的脑电图简化方法，则可以提高HSAT的诊断价值，HSAT的应用将大大扩宽，尤其是在轻度成人患者和更需要简便舒适诊断方法的儿童患者的诊断和排除中。

1. [] 田勇泉. 耳鼻咽喉头颈外科学. 第8版. 北京：人民卫生出版社，2013：152 [↑](#endnote-ref-1)
2. [] Kapur V K, Auckley D H, 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]. Journal of Clinical Sleep Medicine, 2017, 13(3). [↑](#endnote-ref-2)
3. [] Ferber R, Millman R, Coppola M, et al. Portable recording in the assessment of obstructive sleep apnea. ASDA standards of practice.[J]. Sleep, 1994, 17(4):378-92. [↑](#endnote-ref-3)
4. [] Kim RD, Kapur VK, Redline-Bruch J, et al. An Economic Evaluation of Home Versus Laboratory-Based Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea. Sleep. 2015 Jul 1;38(7):1027-37. [↑](#endnote-ref-4)
5. [] Krishnaswamy U, Aneja A, Kumar RM, et al. Utility of portable monitoring in the diagnosis of obstructive sleep apnea. J Postgrad Med. 2015 Oct-Dec;61(4):223-9. [↑](#endnote-ref-5)
6. [] Collop NA, Anderson WM, Boehlecke B, et al. Clinical guidelines for the use of unattended portable monitors in the diagnosis of obstructive sleep apnea in adult patients. Portable Monitoring Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. J Clin Sleep Med. 2007 Dec 15;3(7):737-47. [↑](#endnote-ref-6)
7. [] Wittine LM, Olson EJ, Morgenthaler TI. Effect of recording duration on the diagnostic accuracy of out-of-center sleep testing for obstructive sleep apnea.Sleep. 2014 May 1;37(5):969-75. [↑](#endnote-ref-7)
8. [] Vat S, Haba-Rubio J, Tafti M, et al. Scoring criteria for portable monitor recordings: a comparison of four hypopnoea definitions in a population-based cohort. Thorax. 2015 Nov;70(11):1047-53. doi: 10.1136/thoraxjnl-2014-205982. [↑](#endnote-ref-8)
9. [] Marcus CL, Brooks LJ, Draper KA, et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. Pediatrics. 2012 Sep;130(3):e714-55. [↑](#endnote-ref-9)
10. [] Suzuki M, Furukawa T, Sugimoto A, et al. Comparison of diagnostic reliability of out-of-center sleep tests for obstructive sleep apnea between adults and children. Int J Pediatr Otorhinolaryngol. 2017 Mar;94:54-58. [↑](#endnote-ref-10)
11. [] Saletu MT, Kotzian ST, Schwarzinger A, et al. Home Sleep Apnea Testing is a Feasible and Accurate Method to Diagnose Obstructive Sleep Apnea in Stroke Patients During In-Hospital Rehabilitation. J Clin Sleep Med. 2018 Sep 15;14(9):1495-1501. [↑](#endnote-ref-11)
12. [] Patel N, Raissi A, Elias S, et al. A Modified Definition for Obstructive Sleep Apnea in Home Sleep Apnea Testing after Stroke or Transient Ischemic Attack. J Stroke Cerebrovasc Dis. 2018 Jun;27(6):1524-1532. [↑](#endnote-ref-12)
13. [] Cabezas E, Pérez-Warnisher MT, Troncoso MF, et al. Sleep Disordered Breathing Is Highly Prevalent in Patients with Lung Cancer: Results of the Sleep Apnea in Lung Cancer Study. Respiration. 2018 Sep 27:1-6. [↑](#endnote-ref-13)
14. [] Gamaldo CE, Gamaldo AA, Hou LT, et al. When a private community neurology practice executes home sleep apnea testing: benefits identified and lessons learned in a retrospective observational study. Sleep Health. 2018 Apr;4(2):217-223.. [↑](#endnote-ref-14)
15. [] Abumuamar AM, Dorian P, Newman D, et al. A Comparison of Two Nights of Ambulatory Sleep Testing in Arrhythmia Patients. Sleep Disord. 2018 Jun 3;2018:2394146. [↑](#endnote-ref-15)
16. [] Romem A, Koldobskiy D, Scharf SM. Diagnosis of obstructive sleep apnea using pulse oximeter derived photoplethysmographic signals. J Clin Sleep Med. 2014 Mar 15;10(3):285-90. [↑](#endnote-ref-16)
17. [] Setty AR. Underestimation of Sleep Apnea With Home Sleep Apnea Testing Compared to In-Laboratory Sleep Testing. J Clin Sleep Med. 2017 Apr 15;13(4):531-532. [↑](#endnote-ref-17)
18. [] Bianchi MT, Goparaju B. Potential Underestimation of Sleep Apnea Severity by At-Home Kits: Rescoring In-Laboratory Polysomnography Without Sleep Staging. J Clin Sleep Med. 2017 Apr 15;13(4):551-555. [↑](#endnote-ref-18)
19. [] Chen H, Lowe AA, Bai Y, et al. Evaluation of a portable recording device (ApneaLink) for case selection of obstructive sleep apnea. Sleep Breath. 2009;13:213–9. [↑](#endnote-ref-19)
20. [] Ballester E, Solans M, Vila X, et al. Evaluation of a portable respiratory recording device for detecting apnoeas and hypopnoeas in subjects from a general population.Eur Respir J. 2000 Jul; 16(1):123-7. [↑](#endnote-ref-20)
21. [] Claman D, Murr A, Trotter K. Clinical validation of the Bedbugg in detection of obstructive sleep apnea.Otolaryngol Head Neck Surg. 2001 Sep;125(3):227-30 [↑](#endnote-ref-21)
22. [] Abrahamyan L, Sahakyan Y, Chung S, et al. Diagnostic accuracy of level IV portable sleep monitors versus polysomnography for obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. Sleep Breath. 2018 Sep;22(3):593-611. [↑](#endnote-ref-22)
23. [] Light MP, Casimire TN, Chua C, et al. Addition of frontal EEG to adult home sleep apnea testing: does a more accurate determination of sleep time make a difference[J]? Sleep Breath. 2018 Dec;22(4):1179-1188. [↑](#endnote-ref-23)
24. [] Chen K, Zhang C, Ma J, et al. Sleep staging from single-channel EEG with multi-scale feature and contextual information[J]. Sleep Breath. 2019 Mar 12. [↑](#endnote-ref-24)
25. [] Sabil A, Vanbuis J, Baffet G, et al. Automatic identification of sleep and wakefulness using single-channel EEG and respiratory polygraphy signals for the diagnosis of obstructive sleep apnea[J]. J Sleep Res. 2019 Apr;28(2):e12795. [↑](#endnote-ref-25)
26. [] Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. An electrocardiogram-based technique to assess cardiopulmonary coupling during sleep[J]. Sleep. 2005 Sep;28(9):1151-61. [↑](#endnote-ref-26)
27. [] 樊蕾.心肺耦合分析技术的临床应用与研究进展[J].世界睡眠医学杂志,2017,4(3):169-174. [↑](#endnote-ref-27)
28. [] Lee SH, Choi JH, Park IH, et al. Measuring sleep quality after adenotonsillectomy in pediatric sleep apnea[J]. Laryngoscope. 2012 Sep;122(9):2115-21. [↑](#endnote-ref-28)
29. [] Schramm PJ, Thomas RJ. Assessment of therapeutic options for mild obstructive sleep apnea using cardiopulmonary coupling measures[J]. J Clin Sleep Med. 2012 Jun 15;8(3):315-20. [↑](#endnote-ref-29)
30. [] 谢敏, 雷飞, 郭丹, et al. 心肺耦合分析技术对阻塞性睡眠呼吸暂停的诊断价值[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(20):1565. [↑](#endnote-ref-30)
31. [] 冯晶,吴惠涓,王宗文, 等.心肺耦合技术与多导睡眠图对睡眠呼吸事件判读的一致性分析[J].中华神经科杂志,2017,50(8):606-612. [↑](#endnote-ref-31)
32. [] Aurora RN, Swartz R, Punjabi NM. Misclassification of OSA severity with automated scoring of home sleep recordings. Chest. 2015 Mar;147(3):719-727. [↑](#endnote-ref-32)
33. [] Labarca G, Dreyse J, Salas C, et al. Sleep Med. Differences between manual and automatic analysis in determining the severity of obstructive sleep apnea using home sleep apnea testing.

2018 Jul;47:66-71. [↑](#endnote-ref-33)
34. [] Magalang UJ, Johns JN, Wood KA, et al. Home sleep apnea testing: comparison of manual and automated scoring across international sleep centers. Sleep Breath. 2019 Mar;23(1):25-31. [↑](#endnote-ref-34)