



SleepImage 简介

版权所有

由 MyCardio LLC 于 2022 年 1 月 3 日发布
REF D-6.00285 - Rev. 22

 MyCardio LLC dba SleepImage
3513 Brighton Blvd, Suite 530
Denver, CO. 80216 USA
support@sleepimage.com
www.sleepimage.com

 欧洲代表

Emergo Europe
Prinsessegracht 20
2514 AP The Hague
The Netherlands

澳大利亚赞助

Emergo Australia Level 20
Tower II, Darling Park 201 Sussex Street
Sydney, NSW 2000
Australia

中国及东南亚赞助

BMEC Sleep Care Ltd
82 Ubi Avenue 4
#08-03 Edward Boustead Centre
Singapore 408832

非洲代表

SleepFit Pty Ltd
323 Lynnwood Road
Menlo Park, Pretoria, Gauteng 0102
South Africa

版权提示

在获得 MyCardio 书面同意之前，本出版物的任何部分不得以任何形式或以任何方式、电子、机械、光学、化学、手册或其他方式复制、传输、转录、储存在检索系统中，或翻译成任何语言或计算机语言。版权所有 © 2022 MyCardio 。MyCardio™和 SleepImage®是 MyCardioLLC 的注册商标。

免责声明

本文档可能包含技术不准确或印刷错误。所提供的信息基于美国食品和药物管理局（FDA）的许可 [K182618](#)。适用的要求和报告可能因国家或地区而异。请咨询您当地的 SleepImage 代表，了解您所在国家或地区的详细适用性。此类信息将会定期更改；这些更改将纳入本文档的未来修订版中。MyCardio 对直接或间接使用或误用本产品不承担任何责任。对于从 SleepImage 软件获得的数据或由此得出的任何结果，用户必须承担全部责任。基于本产品使用而做出的所有临床结论和决策均由用户负责。MyCardio 对因使用或无法使用 SleepImage 睡眠记录分析系统而造成的损害不承担任何责任。

目录

简介	4
了解 SleepImage 的好处	4
了解 SleepImage 科学	6
SleepImage 输出参数	10
SleepImage 在睡眠（障碍）管理中的应用	14
预期值—睡眠质量及睡眠病理学	15
SleepImage 睡眠图谱解读	19
全视角图谱	19
稳定睡眠或高频耦合-HFC	20
不稳定睡眠或低频耦合-LFC	20
觉醒及 REM 睡眠或极低频耦合- vLFC	20
查阅 SleepImage 图表及报告	21
查看 SleepImage 报告输出	22
临床注释	23
3D 睡眠图谱—阻塞性睡眠呼吸暂停	26
3D 睡眠图谱—中枢性睡眠呼吸暂停	26
3D 睡眠图谱—混合型睡眠呼吸暂停	27
CPC 相关出版物	28
参考文献	35
术语	43

简介

SleepImage 睡眠记录分析系统是一个已获得美国食品和药品管理局（FDA）许可的软件型医疗设备（SaMD），用以建立睡眠质量。该系统基于心肺耦合（CPC）技术。SleepImage 算法通过分析睡眠期间记录的心电图（ECG）或光电容积脉搏波描记法（PPG）传感器记录推导的数据，建立睡眠质量，测量睡眠持续时间和侦测睡眠片段化，周期性睡眠和心率的循环变化（CVHR）。SleepImage 睡眠记录分析系统可选择分析血氧饱和度数据（SpO₂），测量血氧去饱和度，并计算 SleepImage 呼吸暂停低通气指数（sAHI），经 FDA 许可的可辅助临床诊断儿童和成人睡眠呼吸障碍（SDB）。SleepImage 睡眠记录分析系统可选择绘制加速度计数据，如果在躯干上记录了这些信号，可从体动记录中显示打鼾和体位信息。

SleepImage 睡眠记录分析系统是获得专利的、基于云数据的，符合 HIPAA 法案。SleepImage 睡眠记录分析系统供医疗保健专业人员使用或按其要求使用，用以辅助评估睡眠障碍，以及诊断和管理儿童和成人睡眠呼吸障碍。

SleepImage 睡眠记录分析系统已被世界上其他许多国家批准使用。本文档供已被批准使用的所有国家/地区的临床用户使用，并用于一般教育目的。本文件不是 SleepImage 睡眠记录分析系统的使用说明，使用说明请参阅 SleepImage 睡眠记录分析系统使用说明。有关 SleepImage 睡眠记录分析系统获批可用的国家/地区的信息，请联系 support@sleepimage.com。

了解 SleepImage 的好处

良好的睡眠质量对良好的身心健康至关重要。使用 SleepImage 系统的主要好处之一是，不同于大多数临床睡眠测量，它不局限于评估 SDB。SleepImage 是一个基于采集和分析自主神经系统(ANS)控制的信号的综合测量。睡眠由中脑控制，在睡眠期间，信号被发送到大脑表面，脑电图(EEG)信号的变化使得我们可以通过多导睡眠图(PSG)利用大脑表面来估计睡眠阶段。不同的睡眠阶段，脑电波的变化同时也会导致 ANS 输出的变化，因此，我们可以估计睡眠阶段(图 1)。

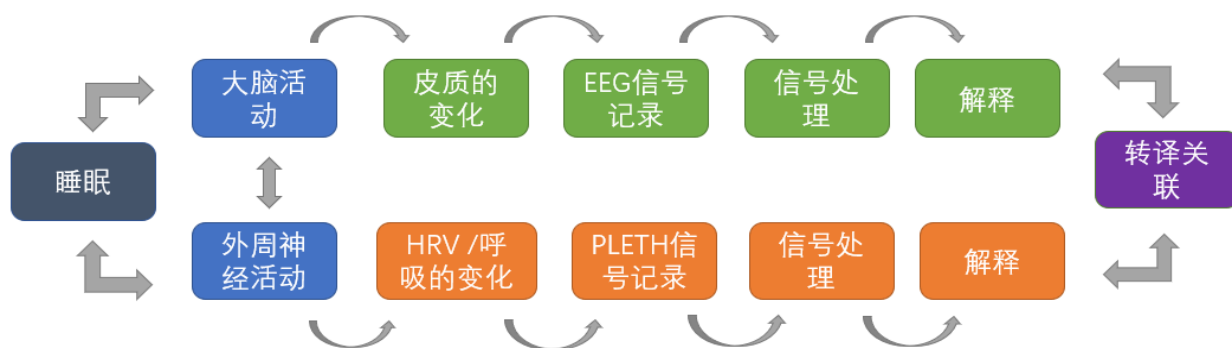


图 1 睡眠期间大脑和外周神经活动变化

SleepImage 系统是基于在睡眠期间采集的心率变异性 (HRV) 和呼吸数据的耦合，两种生物信号都深受自主神经系统 ANS (交感神经和副交感神经) 的影响。观察睡眠期间心血管和呼吸系统 (耦合)，用于测量睡眠和睡眠分期。SpO2 数据与 CPC 数据一起使用计算 SleepImage 呼吸暂停低通气指数 (sAHI) 和 SleepImage 呼吸障碍指数 (sRDI)。数据是自动计算的，输出通过易于理解的生物标记显示，并配有每个生物标志物的预期标准阈值和颜色编码结果。SleepImage FDA 的许可声明 (1) SleepImage 以睡眠质量指数 (SQI) 为基础建立了睡眠质量，SQI 是睡眠健康的一个总结生物标志物，以 0 - 100 的刻度表示。SQI 与临床健康结果有直接关系。(2) SleepImage 呼吸暂停低通气指数 (sAHI) 已被临床验证，fda 已批准用于儿童、青少年、成人睡眠呼吸障碍 (SDB) 的诊断和管理。

SleepImage 睡眠记录分析系统的特点和优势总结如下：

		SleepImage 睡眠分析记录 系统	PSG 多导睡眠图	HSAT 家庭睡眠呼 吸暂停测试
患者群体	无症状的	☑		
	有症状的	☑	☑	☑
	儿童	☑	☑	
	成人	☑	☑	☑
测试类型	睡眠障碍的评估	☑		
	睡眠障碍的筛查	☑		
	儿童阻塞性睡眠呼吸暂停诊断	☑	☑	
	成人阻塞性睡眠呼吸暂停诊断	☑	☑	☑
	治疗效果跟踪	☑		
测试输出	睡眠质量	☑	☑	
	睡眠时长	☑	☑	
	非快速眼动 及 快速眼动睡眠	☑	☑	
	阻塞性及中枢性睡眠呼吸暂停表型	☑	☑	

- 1 临床评估确定失眠或睡眠呼吸暂停症状。
 3 OSA =阻塞性睡眠呼吸暂停;CSA =中枢/复杂睡眠呼吸暂停

出于睡眠呼吸障碍诊断的目的，SleepImage 的 FDA 许可中声明如下：“临床评价证实 SleepImage 系统算法自动评分计算生成的 SleepImage 呼吸暂停低通气指数 (sAHI) 与多导睡眠图 (PSG) 的报告中使用的美国睡眠医学会发布评分指南为儿童和成人患者人工评分得出的呼吸暂停低通气指数 (AHI) 有着类似的输出。”

了解 SleepImage 科学

SleepImage 心肺耦合 (CPC) 分析是基于连续和均匀取样数据从心电图 (ECG) 或光电容积脉搏波描记法 (PPG) 传感器生成报告，报告中的睡眠质量，睡眠时长和睡眠片段化数据用于帮助评估睡眠障碍，可能通知或推动临床管理。

SleepImage 系统为临床用户提供了获取原始数据的途径，这些原始数据是为了对测试结果进行人工解释而收集的。收集的数据包含心率、心率 (脉搏) 变异性 (HRV/PRV) 作为自主驱动力的测量，以及呼吸的潮气量波动，分别称为心电图推导呼吸 (EDR) 和体积描记器推导呼吸 (PDR)。CPC 是 HRV (PRV) 和 EDR (PDR) 的耦合 (图 2)。

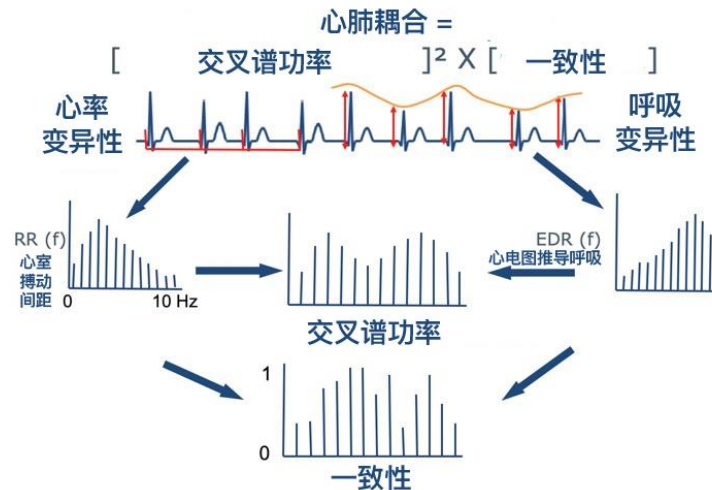


图 2 心肺耦合

心肺耦合分析基于睡眠研究人员开发和验证的专利算法，使用连续、均匀采样的正常正心律心电图或 PLETH (PPG 传感器的光电容积图) 作为唯一的输入要求。

CPC 的验证采用临床多导睡眠图 (PSG) 作为比较标准。同时执行、验证和发布 SleepImage 和 PSG 记录，两个系统的睡眠期数据显示高相关性。请参阅我们的[出版物参考列表](#)，可在本文档的最后几页找到。

HRV/PRV 和呼吸都受到自主睡眠调节机制（交感神经-迷走神经平衡）的强烈调节。CPC 软件利用数学和频率分析来计算 HRV/PRV 和呼吸之间的同步，以提供可视化的睡眠状态和睡眠病理。睡眠图谱表明，从副交感神经支配（稳定睡眠或高频耦合（HFC））到交感神经支配（不稳定睡眠或低频耦合（LFC）），然后是快速眼动（REM）睡眠和觉醒）的睡眠阶段过渡存在明显的界限。睡眠图谱提供了一个清晰的观点，睡眠期间的睡眠健康和睡眠障碍的评估是有用的。SleepImage 是诊断睡眠障碍和监测针对任何可影响睡眠的疾病或状况的治疗成功与否的有用工具，它显示了稳定睡眠的相对增加和不稳定睡眠的相对减少。（图 3）

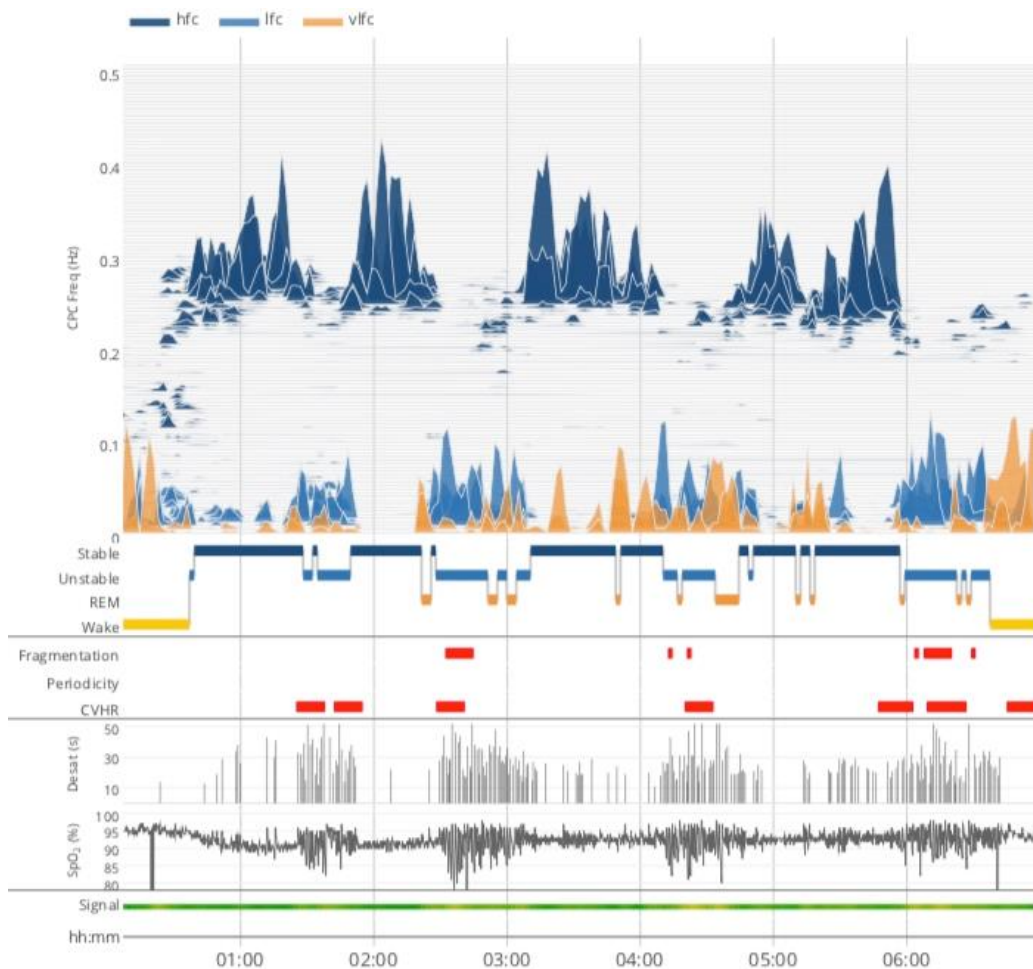


图 3. 睡眠图谱显示，NREM 睡眠具有独特的双模态结构，其特征是高频和低频心肺耦合（分别为 HFC 和 LFC）的交替和突然变化期。这些 CPC 状态在信号空间中广泛分离，没有重叠，也就是说，边界是干净的。

医学文献将睡眠分为 NREM 睡眠和 REM 睡眠，NREM 睡眠分为四个阶段，后来被缩减为三个阶段（通过合并阶段 3 和 4）。阶段 1 发生在非常短的时间段内，因为一个人正在入睡。阶段 3 来表示"深度睡眠"或"慢波睡眠"阶段，大脑几乎完全产生缓慢的 δ 波。阶段 1 常是一个短暂的阶段，介于清醒和睡眠之间的过渡阶段。阶段 2 定义为当脑电波减速及眼睛运动停止，偶尔会爆发较快的脑电波。NREM 睡眠的生物作用与 δ 波功率的关系尚不清楚。限制该阶段睡眠会产生不良后果类似于完全睡眠剥夺，包括嗜睡和代谢紊乱。在 NREM 睡眠的初始周期中， δ 波功率占总脑电图功率的比例最高。它在夜间逐渐下降，并在一段时间的睡眠剥夺后显示反弹效应。

请务必注意，CPC 不依赖于与 PSG 相同的数据输入流。不同于 PSG 主要依赖对脑电图形态的解释，CPC 利用睡眠时发生的生理变化，经由自主神经系统（ANS）通过"低位"脑中心和网络（包括丘脑、下丘脑、和海马体）。它整合了来自大脑的电活动、呼吸和自主驱动的信息，捕捉了睡眠的本质，使传统的"睡眠分期"相比之下成为误用。该方法基于心率和呼吸周期的同步，不依赖于脑电图的绝对振幅。这种同步的程度随着睡眠阶段的变化而发生显著的变化，提供了睡眠阶段作为稳定和不稳定的 NREM 睡眠和 REM 睡眠的识别。这种同步/耦合在健康儿童中最为突出。从青春期开始，这种耦合减少，但在整个成年期都保持相对稳定，这表明睡眠调节对心肺耦合的影响要比衰老大得多。因此，心肺耦合提供了一种更有意义的方法来正确评估老年人的睡眠，这种方法不受慢波睡眠依赖的限制，而慢波睡眠在通过皮层脑电图测量时随年龄增长而恶化。

PSG 需要从脑电图形态学上解释观察结果（手动或自动）来确定 NREM 睡眠的阶段，而 SleepImage 显示的自主神经系统调节具有这种独特的双模态结构，这表明睡眠只有两种不同的类型，由交感神经或副交感神经支配驱动。这一概念得到了各种生物系统行为的支持，比如睡觉时的觉醒或睡着，非快速眼动睡眠(NREM)或快速眼动睡眠（REM）。

因此，与传统的基于脑电形态学解释的 NREM 阶段 1、2、3 的分级分类不同，SleepImage 是基于 ANS 形态学（交感神经-迷走神经平衡）来代表 NREM 睡眠。软件生成的输出是完全自动化的，并直接报告不同的交替和突然变化的强高频和低频心肺耦合作为稳定的睡眠（高频耦合，HFC）和不稳定的睡眠（低频耦合，LFC）。

将使用 SleepImage 的稳定非快速眼动睡眠与 PSG 的传统睡眠分期相比较，稳定非快速眼动睡眠相当于 PSG 推导的非快速眼动睡眠（NREM）阶段 2 的一部分和阶段 3 全部。研究已经证明了稳定睡眠（HFC）和深度睡眠（ δ 波）之间的相关性。在这种状态下，理想的睡眠特征占主导地位，包括高迷走神经张力/窦性心律失常，血压下降，高慢波功率和稳定的呼吸。不稳定睡眠（LFC）等同于非快速眼动睡眠（NREM）中不稳定的部分，即非快速眼动睡眠阶段 1 全部和阶段 2 的部分。在这一阶段，通常不太理想的特征占主导地位，如心率的周期性变化、血压没有下降、潮气量波动（睡眠呼吸暂停的程度超过临床阈值）和低 δ 波功率。REM 睡眠及觉醒通过 CPC 的频谱功率分析（极低频率耦合 vLFC）进行检测及区分。在 REM 睡眠期间，人几乎一动不动或处于"骨骼肌肉瘫痪"状态，主要的机械运动是眼睛。REM 睡眠和觉醒生理学从 PSG 的角度与眼电（EOG）紧密联系在一起，眼电记录（EOG）是区分两种状态的主要工具。SleepImage 根据对占主导地位的频率带宽分析，将 REM-睡眠定义为稳定-REM 和不稳定-REM，由于片段化 REM 睡眠通常伴随着升高的低频耦合，被归类为 vLFC。

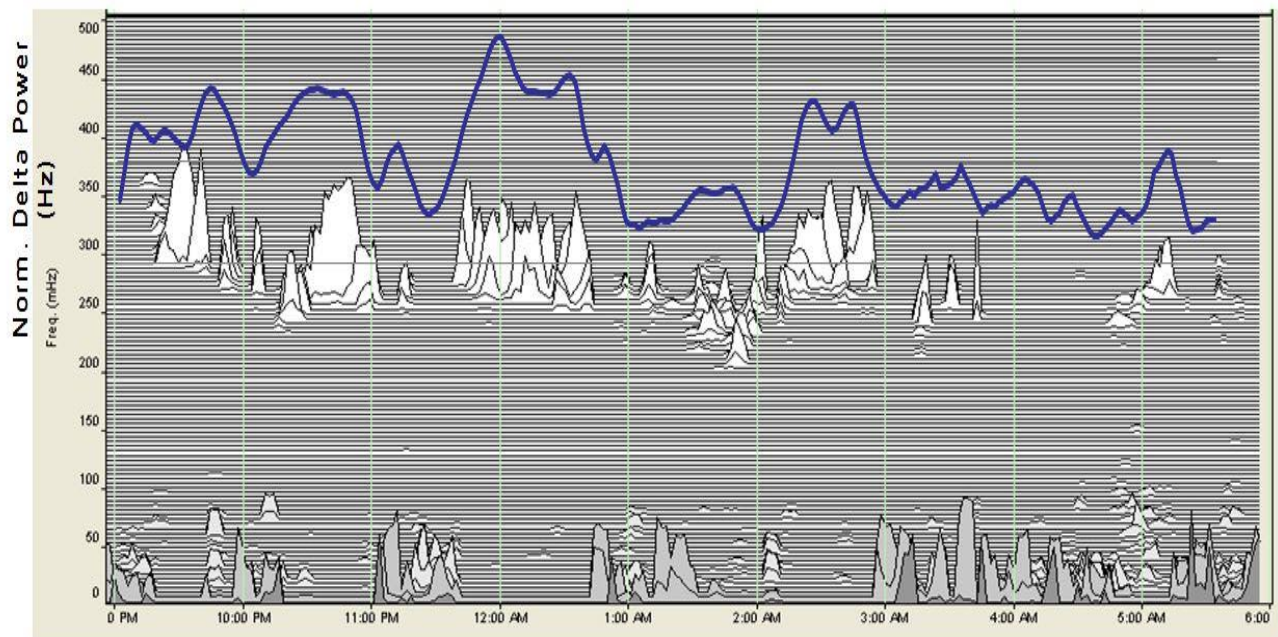


图 4. 上图揭示了 HFC 与规范化 δ 波功率（蓝线）在使用 CPC 和 PSG 同时收集数据时之间的关系，如“ δ 波功率与心电图衍生的 CPC 图谱之间的关系”一文中讨论的那样：评估睡眠有效性的可能影响”。

“Relationship between delta power and the electrocardiogram-derived CPC Spectrogram: possible implications for assessing the effectiveness of sleep”. Dr. Robert Joseph Thomas et al. Sleep Med. 2014 Jan; 15 (1); 125-131.

在 SleepImage 技术的验证过程中，对数以万计的 PSG 测试进行了输出比较，并确定了与 PSG 睡眠功率映射的高度相关性。慢波功率的衰变和流动是人类和非人类物种睡眠动力的公认标志。从表面脑电图测量的 δ 波功率与 ECG-或 PLETH 衍生的心肺耦合高频功率相关（图 4，蓝线），进一步支持了皮质脑电活动与脑干相关心肺功能之间的联系。

虽然 SleepImage 和 PSG 从不同的方向分析和呈现了睡眠中的生物活动（分别为自主神经系统调节和皮层脑电波调节），但它们都反映了睡眠。睡眠调节是复杂的，主要由两种平行机制调节，即稳态调节和昼夜节律调节，分别由光、昼夜节律钟、视交叉上核（SCN）、丘脑结构、腺苷积累和神经体液控制。因此，如图 5 所示，这两种方法（CPC 和 PSG）的差异其实并不像乍看起来那么大。

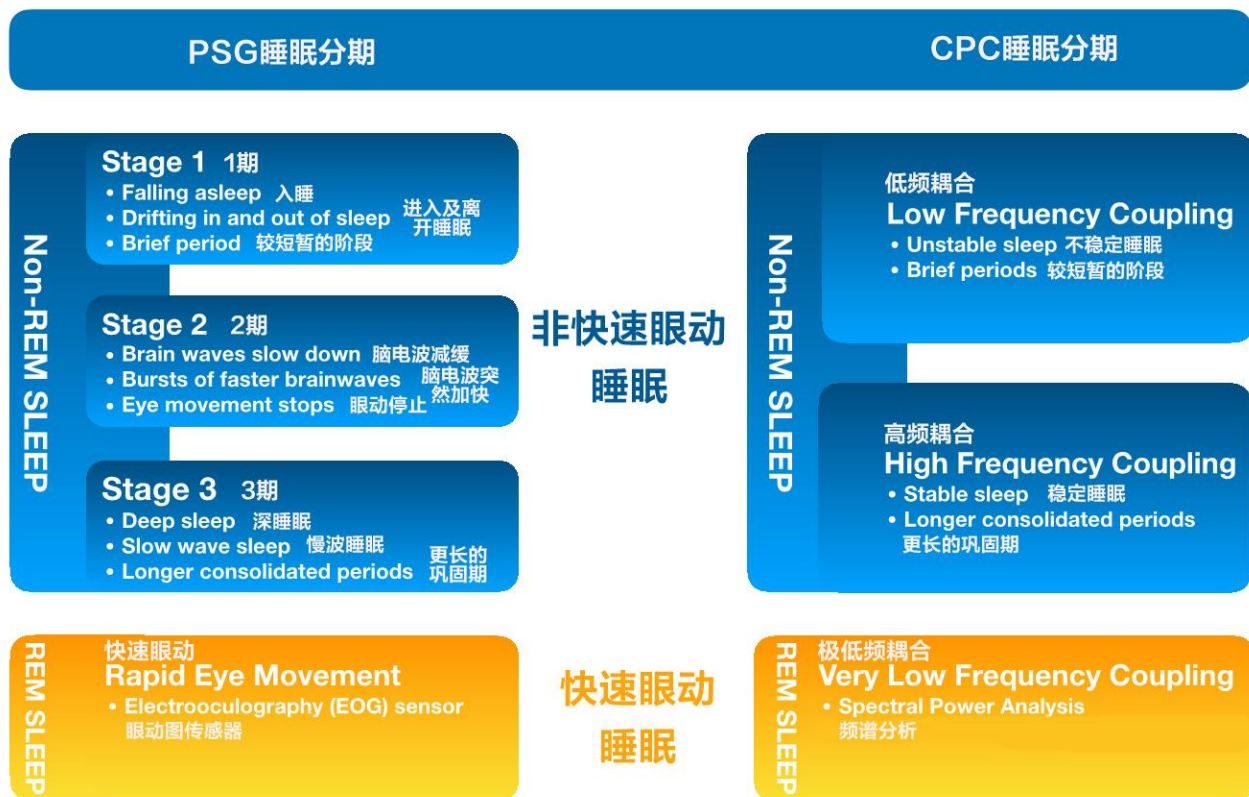


图 5. 传统睡眠计分系统与心肺耦合（CPC）评分系统的关系。

SleepImage 和 PSG 都是评估睡眠能力的工具，二者有一些重要的区别。CPC 睡眠图谱和软件生成的睡眠质量，睡眠病理，睡眠持续时间，睡眠效率，入睡潜伏期等，提供了一个新的和实用的方法，将睡眠作为健康的重要标志。SleepImage 在跟踪睡眠健康随时间的变化，确定睡眠质量的相对变化方面特别有用，无论是用于失眠还是睡眠呼吸障碍的个体疾病管理都十分有效。通过在患者的自然睡眠环境中重复测试多个夜晚和多个时间点，优化疾病管理，简单的界面提供了将 SDB 像其他慢性疾病那样治疗的潜力。

关于心肺耦合技术的进一步描述和信息可以在睡眠医学的医学教科书，《睡眠医学的原则和实践》，（Kryger-Roth -Dement）第六版，第 166 章，心肺耦合睡眠图谱中进行了解。

SleepImage 输出参数

稳定睡眠（高频耦合；0.1-0.5Hz）是稳定的 NREM 睡眠的生物标志物，其特征是稳定呼吸、高迷走神经张力、脑电图（EEG）上的非循环交替模式（n-CAP）、高相对 δ 波功率和血压下降。此状态可被视为"有效"NREM 睡眠。有效的睡眠使睡眠的正常功能，跨多个维度（如神经网络健康，代谢等），因此，此阶段可以进行恢复和修复过程。

不稳定睡眠（低频耦合；0.01-0.1Hz）是不稳定 NREM 睡眠的生物标志物，其特征与稳定睡眠正好相反：低频潮气量波动、心率周期性变化、循环交替模式（CAP），脑电图（EEG）相对 δ 波功率低，血

压不降低，多变的觉醒阈值。此状态可能被视为“无效”NREM 睡眠。无效睡眠不能完成健康睡眠的正常功能。低频耦合的子集称为升高的低频耦合（e-LFC）；周期性睡眠的指征（升高的低频窄频带；e-LFC_{NB}）和片段化睡眠的指征（升高的低频耦合宽频带；e-LFC_{BB}）。

睡眠片段化刺激增加不稳定的睡眠（低频耦合）所占的比例，睡眠巩固刺激增加稳定的睡眠（高频耦合）所占的比例，从而可以在健康和疾病人群中动态跟踪睡眠的生理和病理。

片段化（升高的低频耦合宽频带（e-LFC_{BB}））是 NREM 睡眠期间低频耦合的子集，是睡眠病理（如疼痛）或呼吸障碍模式（如阻塞性睡眠呼吸暂停（OSA）和上气道阻力综合征（UARS））的指征。

周期性（升高的低频窄频带 e-LFC_{NB}）是低频耦合的一个子集，由可能发生在 NREM 和/或 REM 期间的周期性呼吸模式组成，表明持续的中枢性睡眠呼吸暂停（CSA）和周期性呼吸，或周期性肢体运动（PLM's）导致的“生理性”周期性。

睡眠质量指数（SQI）是 CPC 生物标志物即睡眠质量、睡眠稳定性、睡眠片段化和周期性的汇总指标，提供了一个有意义的测量睡眠健康的度量单位。SQI 以 0-100 的整数显示，提供儿童和成人的预期值。SQI 可用于跟踪睡眠健康状况，无论是确定需要进一步临床研究还是跟踪治疗。SQI 易于沟通，适合患者或其他非专业人员，基于临床验证可作为睡眠健康的汇总度量。

呼吸暂停低通气指数（sAHI）是一种自动测量呼吸暂停/低通气事件的指标，经 FDA 批准可用于儿童和成人睡眠呼吸紊乱（SDB）的诊断，根据 AASM 分类（轻度、中度、重度），如表 1 所示。sAHI 是通过结合 SpO₂ 分析、CPC 分析和通过 SpO₂ 信号检测到的缺氧事件来计算的，其中一个限定事件的特征是持续时间至少为 10 秒，并基于以下因素显示：

(1) 血氧饱和度下降 3% 和 4% (2) 作为“总”，“阻塞”和“中枢”事件，(3) sAHI，类似于呼吸暂停指数（AHI），报告在睡眠期间暂停呼吸事件的数量，根据睡眠医学学会发布指南事件规则计算得分。

呼吸障碍指数（sRDI）旨在帮助表征睡眠中的呼吸事件。sAHI 包括符合呼吸暂停或低通气定义的事件，sRDI 还包括与呼吸努力相关的微觉醒（RERAs）。在不需要同时出现 3% 或更多的氧饱和度的情况下，可以从自主唤醒和片段化中检测到 RERAs。当将 sRDI 与 SDB 的患者症状放在一起时，可以为临床医生提供额外的相关信息，以帮助临床评估 SDB 并跟踪治疗效果。

睡眠呼吸暂停指标（SAI）提供 SDB 的测量值，基于在不稳定呼吸期间（潮气量波动）的心率周期性变化（CVHR）检测与睡眠呼吸暂停周期相关的心脏间隔振荡。在每个呼吸暂停事件期间，血氧减少，并伴有心动过缓的生理反应，当呼吸恢复时，相对心动过速；因此，低氧血症会反映在 SleepImage 的输出上。当睡眠呼吸暂停指标（SAI）与睡眠质量指数（SQI）以及片段化和周期性的生物标志物一同显示时，使用 SAI 不仅可以帮助检测呼吸暂停，而且还有助于区分阻塞性睡眠呼吸暂停和中枢性/复杂型睡眠呼吸暂停。

SAI 总是显示在 SleepImage 报告中, 不管是否记录了 SpO₂。CVHR 可以在稳定的睡眠中被检测到, 反映的事件通常被认为是轻度的低通气事件, 但也可能被其他的疾病如周期性肢体运动 (PLMS) 或不宁腿综合征 (RLS) 所触发。对于临床评估, 重要的是要考虑 SAI 和 CVHR, SAI 可能反映了呼吸暂停事件干扰了睡眠, 降低了 SQI, CVHR 可能反映了轻度呼吸暂停和低通气, 这可能影响或不影响睡眠, 降低 SQI。

表 1: 美国睡眠医学学会 (AASM) 对成人和儿童睡眠呼吸暂停的分类 (事件/小时)				
	无睡眠呼吸暂停	轻度睡眠呼吸暂停	中度睡眠呼吸暂停	重度睡眠呼吸暂停
成人	AHI/REI < 5.0	AHI/REI ≥5.0 to < 15.0	AHI/REI ≥15.0 to < 30.0	AHI/REI ≥30.0
儿童	AHI < 1.0	AHI ≥1.0 to < 5.0	AHI ≥5.0 to < 10.0	AHI ≥10.0

在查阅 sAHI 和 sRDI 评分时, 建议在评估和确定疾病类别和严重程度时考虑并发 CPC 睡眠状态的 SDB 事件 (sAHI 稳定、sAHI 不稳定和 sAHI 快速眼动)。进一步建议在解释诊断研究结果时考虑病理生物标志物片段化 (与阻塞相关) 和周期性 (与周期性呼吸相关)。

通过将全自动软件生成的 SleepImage 呼吸暂停低通气指数 (sAHI) 与目前被认为是“参考标准”的实验室 PSG - 睡眠研究中手工提取的 AHI 进行比较, 验证了其性能。这些数据是在包括儿童和成人的前瞻性临床试验中收集的。此外, 在成人中, sAHI 与家庭睡眠呼吸暂停测试 (HSAT) 收集的前瞻性临床试验的呼吸事件指数 (REI) 进行了比较。所有的比较都是基于美国睡眠医学学会 (AASM) 定义的睡眠呼吸暂停的疾病严重程度分类, 见表 1。

sAHI 与 AHI 的比较基于美国睡眠医学学会 (AASM) 发布的指南, “用于中心外 (OOO) 测试的阻塞性睡眠呼吸暂停设备: 技术评估”。该指南旨在“帮助临床医生决定哪些中心外 (OOO) 测试设备适合诊断阻塞性睡眠呼吸暂停 (OSA)”, 并基于强调灵敏度和正可能性比率。此外, 美国儿科医生学会 (AAP) 发布的指南, 呼吁将检测结果与多导睡眠图测试结果进行比较, 评估用于临床诊断的测试时, 让医生能够熟悉敏感性、特异性和预测值等信息。扁桃体切除术是小儿阻塞性睡眠呼吸暂停 (POSA) 的主要干预手段, 美国耳鼻喉科学会的临床指南 - 头颈部外科基金会已经成立 (表 2)。

在儿童组中, 从总共 1334 个 PSG 测试中的 AHI 与软件生成的 sAHI 进行了比较。39% 的儿童没有疾病 (n=518), 45% 的儿童有轻度睡眠呼吸暂停 (n=601), 9% 有中度睡眠呼吸暂停 (n=123), 7% 有重度睡眠呼吸暂停 (n=92)。

在成人组中, 对来自 PSG (n=189) 和 HSAT (n=572) 共计 839 项测试进行分析, 其中 12% 的人没有睡眠呼吸暂停 (n=102), 30% 有轻度睡眠呼吸暂停 (n=251), 37% 的中度睡眠呼吸暂停 (n=313) 和 21% 重度睡眠呼吸暂停 (n=173)。

性能测试，比较两个指标 sAHI（CPC 输出）和 AHI（PSG 输出），在定义事件/小时和在成人和儿童人群识别 SDB 类别（无病，轻度睡眠呼吸暂停，中度睡眠呼吸暂停，重度睡眠呼吸暂停）上确实显示了强相关性。结果汇总在表 3 中。可能性比率和预测值之间的差异可以解释如下：

可能性比率（LR）用于评估用于诊断测试的值，并用以确定测试结果是否有益地改变了疾病状态存在的概率。AASM 指南将通过结果定义为至少 82.5% 的灵敏度，LR+ 至少为 5，实验室 AHI 至少为 5，80%的测试前疾病概率预示 95%的测试后疾病概率。

预测值（PV）反映测试的诊断能力，取决于敏感性、特异性和疾病患病率，根据阳性/阴性测试结果报告患者为阳性/阴性的概率。AASM 和 AAP 都不需要报告总体协议，尽管在实际应用中，AASM 和 AAP 是决定测试准确性最常用的方法，因此需要报告。AAP 没有关于哪些值足以生成诊断疾病的传递结果的指南。

SleepImage 呼吸暂停低通气指数（sAHI）旨在帮助医疗保健专业人员诊断和管理儿童、青少年和成人的 SDB。使用带有 AHI 输出的 SleepImage 系统的好处是，它提供了一个事件计数（AHI）来帮助量化睡眠呼吸障碍（SDB），同时还根据 SleepImage 图谱对呼吸暂停事件进行分类。它概述了睡眠周期，SleepImage 生物标志物测量了睡眠稳定性、睡眠质量以及片段化和周期性，包括区分阻塞性睡眠呼吸暂停（e-LFC_{BB}）和中枢性/复杂性睡眠呼吸暂停（e-LFC_{NB}）的能力。

sAHI vs AHI		轻度	中度	重度
一致性	成人	96.3%	90.5%	98.9%
	CI95%	[.936, .990]	[.863, .947]	[.975, 1.000]
	儿童	89.1%	95.2%	98.1%
	CI95%	[.875, .908]	[.941, .964]	[.974, .989]
敏感性	成人	98.7%	92.6%	95.1%
	CI95%	[.970, 1.000]	[.869, .983]	[.835, .994]
	儿童	90.7%	89.3%	91.3%
	CI95%	[.887, .927]	[.852, .934]	[.855, .971]
特异性	成人	84.8%	88.9%	100%
	CI95%	[.726, .971]	[.830, .948]	[.975, 1.000]
	儿童	86.7%	96.3%	98.6%
	CI95%	[.834, .895]	[.951, .974]	[.978, .992]
正可能性比率	成人	6.52	8.33	280 ¹
	儿童	6.81	24.37	66.71
负可能性比率	成人	0.015	0.083	0.060
	儿童	0.107	0.111	0.088
正预测值	成人	96.9%	86.2%	100%
	儿童	91.5%	82.4%	83.2%
负预测值	成人	93.3%	94.1%	98.7%
	儿童	85.5%	97.9%	99.4%

sAHI、sRDI 和 SAI 是旨在帮助儿童和成人睡眠呼吸暂停的临床评估、诊断和管理的指标。sAHI 是每小时睡眠中暂停呼吸事件的事件计数，使用与实验室 PSG 研究得出的 AHI 相同的分级标准和报告指标。sRDI 在 sAHI 中增加了自主觉醒检测，与 PSG 研究中的 AHI 使用相同分级标准。SAI 是基于不稳定睡眠期间对暂停呼吸(CVHR)的心血管反应，评分范围为 0 - 100。由于 sAHI/sRDI 与 SAI 基于不同的缩放规则，它们不会有相同的数值输出。

SAI 可以与 PSG 报告中的 AHI 进行数值比较，尽管它们基于不同的生理信号及不同的用以量化睡眠呼吸暂停的度量单位。SAI 可被视为指示 SDB 严重性的生物标志物，由 CPC 推导参数得出，而 AHI 实际上是对每小时睡眠呼吸暂停事件计数的度量。尽管如此，利用 CPC 分析的 SDB 分级同样是基于美国睡眠医学学会（AASM）指南中，依照常见生物标志物 AHI 将 SDB 的严重程度量化为轻度、中度和重度来进行的。表 1 分别演示了儿童和成人轻度、中度和重度睡眠呼吸暂停的 SAI 和 CVHR 值阈值水平，与多导睡眠图（PSG）测试中的 AHI 进行比较。SAI 和 CVHR 都是有用的指标，用于提示和指导睡眠障碍的临床管理，当与随时间跟踪的 SQI 值配合使用时，具有临床效用，可以指导 SDB 干预的时机，指导儿童和成人的治疗和跟踪疾病管理。

表 3. SleepImage自动生成的呼吸暂停指标（SAI/CVHR）与人工评分的AHI（PSG）输出的结果比较

SAI/CVHR 及 AHI		轻度	中度	重度	
一致性	成人	SAI	79%	79%	87%
		CVHR	83%	81%	89%
	儿童	SAI	88%	87%	96%
		CVHR	88%	85%	94%

睡眠呼吸暂停与心血管发病率和死亡率的风险显著增加。在心脏自主神经功能障碍患者中，表现为心率变异性（HRV）下降，最终由于心脏交感神经系统渐进功能障碍而导致心率固定。在睡眠呼吸暂停患者亚组中，睡眠呼吸暂停指标是一个检测呼吸暂停的无效工具，因为他们并没有表现出心率振荡动力学，但 CPC e-LFC 生物标志物（片段化和周期性）和 sAHI 是有用的生物标志物来帮助诊断睡眠呼吸障碍的患者人群。在慢性房颤患者中，复杂的模式不能被识别，自主神经系统的混乱导致 CPC 输出不太有意义，因此在解释时需要谨慎。

SleepImage 在睡眠（障碍）管理中的应用

SleepImage 操作简单，低成本，它提供了跟踪睡眠随时间变化的机会，作为睡眠健康管理的一部分，也有助于睡眠障碍的诊断和管理。在使用 PPG 传感器（也称为脉搏血氧仪）进行测试之前，要确保传感器的大小适合患者。这对于 CheckMe O2 设备使用的环形传感器尤为重要。当使用带有指尖传感器的 Nonin 3150 BLE 时，需告知患者这些传感器不能与人造指甲或指甲油一起使用，因为它可能会妨碍正常的功能。SleepImage 建议医护人员针对不同的患者，熟悉最适合该患者的采集方法和传感器类型。

睡眠质量指数 (SQI) 是 SleepImage 输出的总结性指数, 表明各个年龄段的人的睡眠健康状况。健康老化伴随着 HRV 和呼吸变异性的降低, 会导致预期的 SQI 值逐渐降低, 成为健康老化的正常部分。虽然 SQI 值在个体之间具有可比性, 但最大的价值是跟踪每个个体的睡眠质量随时间的变化。

识别多夜睡眠变异性, 随着睡眠障碍 (睡眠病理) 增加或存在合并症的情况, 预计此变异性会增加。随着时间的推移, 由于环境条件、生活方式的改变或其他因素差异也应该被考虑到, 这些因素可能会导致夜间睡眠的变化, 从而影响记录结果。同行审评的临床出版物中有很好的文献证明, 睡眠呼吸暂停的严重程度可能在不同的夜晚存在很大的差异, 正如 SDB 患者在连续夜间或间隔一个月进行 PSG 测试中所报告的那样, AHI 的变化被观察到在 18%-65% 的范围内。当怀疑有睡眠障碍时, 重要的是要将其作为其他慢性疾病来治疗, 随着时间的推移会出现不同程度的症状。在患者正常的睡眠环境中测量多个夜晚和多个时间点的睡眠, 以捕捉睡眠生理和病理的动态变化是非常重要的。获取和减少每晚的可变性, 尊重睡眠障碍的慢性本质, 改善诊断过程, 疾病管理和患者治疗效果。

任何一个 SleepImage 生物标志物的值都不应被认为是绝对阈值; 当使用相同的传感器类型时, 它们通常是相似的。虽然没有信号特异性禁忌症, 但心血管疾病和动脉硬化等特定情况可以导致心电图和 PPG 传感器之间变异性信号产生特异性差异。对于某些患者, 不同传感器类型之间的差异可能更大, $\pm 10\%$ 是正常的。对于临床应用, 建议在患者的自然睡眠环境中始终使用相同类型的传感器。

预期值—睡眠质量及睡眠病理学

预期值	成人	儿童
睡眠质量指数 (SQI)	>55	>70
睡眠呼吸暂停指标 (SAI) 轻度/重度/重度阈值	$\geq 5 / \geq 15 / \geq 30$	$\geq 1 / \geq 5 / \geq 10$
呼吸暂停低通气指数 (sAHI) 轻度/重度/重度阈值	$\geq 5 / \geq 15 / \geq 30$	$\geq 1 / \geq 5 / \geq 10$
升高的低频耦合, 宽频带 (e-LFC _{BB}) - 片段化	<15	<8
升高的低频耦合, 窄频带 (e-LFC _{NB}) - 周期性	≤ 2	0

表 4. CPC 生物标志物的预期值不是绝对阈值, 需要考虑患者主诉、合并症和病史。

儿童

儿童睡眠呼吸障碍 (SDB) 的临床诊断指南强调, 试图明确 SDB 的严重程度, 仅根据呼吸事件指数 (REI) 或呼吸暂停低通气指数 (AHI) 和最低氧饱和度来制定治疗决策, 可能会导致错误的分类。

最常见的类型是阻塞性睡眠呼吸障碍（oSDB），以睡眠过程中非正常的呼吸和通气模式为特征，在儿童中是一个非常普遍的情况，疾病严重程度从习惯性打鼾（6-25%）到阻塞性睡眠呼吸暂停（OSA），诊断依据为夜间多导睡眠图（PSG）呼吸暂停低通气指数（AHI） ≥ 1.0 。扁桃体肥大和肥胖是儿童阻塞性睡眠呼吸暂停最常见的危险因素，扁桃体切除术被推荐作为儿童扁桃体肥大和阻塞性睡眠呼吸暂停的一线治疗。

儿童症状表现的巨大变异性使得 OSA 难以诊断，要求临床医生提高对儿童 SDB 的认识。过度的日间嗜睡在儿童中并不常见，睡眠片段化和睡眠结构紊乱通常表现为多动、难以集中注意力、注意力-行为-情绪问题、遗尿、持续的口呼吸、口干和早间头痛。

儿童 OSA 的疾病管理更加复杂，自发性多导睡眠图改善很常见，46%有文件证明手术后残留的疾病，只有不到三分之一的儿童 OSA 患者通过手术得到完全解决。此外，手术可能导致严重的短期手术并发症和长期明显增加的迟发性呼吸、过敏和传染性后遗症。虽然已经开发了一些筛查问卷来确定儿童是否患有 OSA，但它们并没有被证明是准确的，护理人员的症状报告与 PSG 的发现相关性很差，而且对扁桃体大小的主观临床评估并不是需要进行手术或手术成功的可靠指标。

美国儿科学会（AAP）和美国睡眠医学学会（AASM）都推荐进行 PSG 测试，以便在术前客观评估和诊断 OSA，因为单凭调查问卷并不能对儿童 OSA 提供很好的诊断预判。这些在手术前建立阻塞性睡眠呼吸暂停客观证据的学术指南经常会被忽略。这可能是由于使用儿科睡眠实验室的机会有限，增加父母较高的自付检测费用，或对孩子和他们的照顾者来说带来不便。

当检测输出用于帮助诊断或管理儿童的 SDB 时，应考虑临床指南：

1) 临床医生在确定是否需要进行另一项检测之前，需要确定检测结果是否不足以确诊，并评估由于处理不当而导致不良治疗结果的风险。

2) 根据儿童及其照顾者的需要做出个性化决定。

SDB 的非结论性诊断需要临床和客观的睡眠数据，儿童 SDB 的诊断定义为 AHI > 1 /每小时睡眠。然而，AHI 必须考虑到儿童的健康状况、症状和日间功能障碍，以最准确地评估 SDB 的重要性、严重性和影响。由于与年龄有关的气道生长，尤其是儿童将受益于一段时间内客观和临床症状的评估。儿童阻塞性睡眠呼吸暂停（OSA）的大多数治疗相关的结果变化并不是由多导睡眠图分辨率或严重程度的变化引起的，这一事实需要额外的睡眠指标，可以随着时间的推移进行跟踪。

FDA 许可 SleepImage 基于 sAHI 诊断儿童睡眠呼吸暂停综合征 OSA。该系统显示了睡眠时间、睡眠质量、片段化和周期性等睡眠生物标志物。SleepImage 测试成本低，使用简单，对孩子没有干扰。这也提供了测量多个夜晚睡眠的可能性，用以捕捉儿童 SDB 的动态，这可能是一个更合适的方法，而不是从症状的表现和对一个特定时间点的客观测量做出治疗决定。SleepImage 生物标志物包括：

1. 睡眠质量（睡眠质量指数- SQI）
2. 心率的周期性变化（由睡眠呼吸暂停指标- SAI 捕捉）
3. 片段化，暗示觉醒（由 eLFC_{BB} 捕捉）

4. 周期性，指示周期性呼吸/中枢性睡眠呼吸暂停（由 e-LFC_{NB} 捕捉）
5. 血氧饱和度在 90%和 88%以下的时间
6. 睡眠状态（快速眼动及稳定/不稳定的非快速眼动）
7. 入睡潜伏期和睡眠时长。

由于儿童 OSA 的症状多变性以及该疾病的复杂性，要求在治疗前进行仔细的数据驱动的临床决策过程，包括手术前。此外，实施跟踪治疗后干预，进行纵向护理的客观评价，改善临床管理是非常重要的。如果不及时治疗，随着时间的推移，这种疾病可能会对儿童的神经认知、行为、心血管和心脏代谢健康产生不利影响。

成人

成人睡眠管理使用同样的方法很重要，PSG 和 HSAT 通常不会提供诊断前重复测试或跟踪治疗效果的机会。目前，未确诊的 SDB 的比例估计占患者人数的 85%左右，估计有超过 9.36 亿人患有这种疾病。长期治疗依从性较低，并且存在问题，因为治疗的有效性在很大程度上取决于持续使用。治疗缺乏依从性可能是由于患者自己主观评估，即没有感受到治疗的好处有超过治疗所带来的负担，或由于 CPAP 治疗对睡眠质量（SQI）的负面影响。因此，可作为基线的睡眠质量评估以及追踪治疗效果的重复测试对于患者及其临床医生来说都是非常可取的，有助于改善睡眠障碍的临床管理。

只有通过这种重复性客观的测试，在睡眠障碍的临床管理以及研究的设计和传导中，获得更全面的型特征分析的机会，才能使睡眠障碍管理变得与其他慢性疾病如糖尿病或高血压那样得到管理。临床规程的改变可以对患者的结果和研究质量产生有意义和可衡量的积极影响，以便深入了解健康和疾病中的睡眠。睡眠障碍管理的改善只有在获得准确且可操作的临床睡眠测试的情况下才能实现，这种临床睡眠测试应是基于证据的、简单的、低成本的、可扩展的，并且可以使患者在自己的自然睡眠环境中进行自我管理。

SleepImage 系统提供完全自动化且经严格验证的输出，对于患者和临床医生来说都简单易用，为睡眠调节提供了独到的见解：

1) 稳定睡眠跟踪慢波功率以及重复测试的结果可以为多夜间睡眠静息机制提供新的见解。

2) 失眠和 OSA 的症状表现有明显重叠。这就提出了在做出诊断决定和开始治疗之前，需要一个新的视角和方法来捕捉失眠和阻塞性睡眠呼吸暂停。为那些目前被认为不适合 PSG 或 HSAT 测试的睡眠问题患者提供客观、医学验证的测试，可能会填补睡眠障碍临床管理的空白。

3) sAHI 可用于检测并分型睡眠呼吸暂停。CPC -生物标志物周期性(e-LFC_{NB})和片段化(e-LFC_{BB})将区分阻塞性、中枢性和复杂/混合性睡眠呼吸暂停变得简单。该方法在疾病评估和治疗效果跟踪方面提供了改进，包括检测持续性或出现高循环增益特征，所有这些都来自单个传感器的信号记录和自动分析。一般来说，周期性呼吸和低通气中枢性呼吸暂停是 NREM 主导的，在 REM 睡眠中不会发生（充血性心力衰竭患者除外，他们可以在清醒时表现出周期性呼吸），是特发性中枢性睡眠呼吸暂停、鸦片

类药物诱发的睡眠呼吸暂停和高海拔周期性呼吸的特征。复杂的睡眠呼吸暂停患者使用持续气道正压治疗，治疗可以诱导或放大呼吸不稳定性，坚持治疗的中枢性睡眠呼吸暂停病人，循环增益高于短周期性呼吸或治疗诱发中枢性睡眠呼吸暂停患者。

4) SAI 记录了呼吸和血氧饱和度改变的自主反应，与 AHI 有很好的相关性。SAI (CVHR) 应该与其他 SleepImage 生物标志物结合使用，并作为跟踪参数。

5) 在患者的自然睡眠环境中记录至少一晚睡眠，可为改善睡眠障碍的临床管理提供机会。改变临床方案，在开始任何治疗前，对所有有睡眠问题的患者进行至少一晚的客观测试(失眠、睡眠呼吸暂停等)，可对疾病管理和公共卫生产生有意义和可衡量的积极影响。

SleepImage 睡眠图谱解读

SleepImage 睡眠记录分析系统以图形方式显示了心（脉搏）率变异性（HRV/PRV）和呼吸活动（EDR/PDR）在睡眠图谱中的耦合关系。在正面视角图谱上，水平轴显示时间（小时：分钟），垂直轴显示频率（Hz 赫兹）。当两个数据流（HRV/EDR 或 PRV/PDR）处于相位（耦合）时，将在图上生成峰值，以形成记录期间收集的频率的可视化表示。

全视角图谱

全视角图谱以时间序列显示 HFC、LFC 和 vLFC 的峰值和振荡模式。垂直轴频率范围从 0.004Hz 到 0.5Hz，水平轴上的时间以小时为单位。

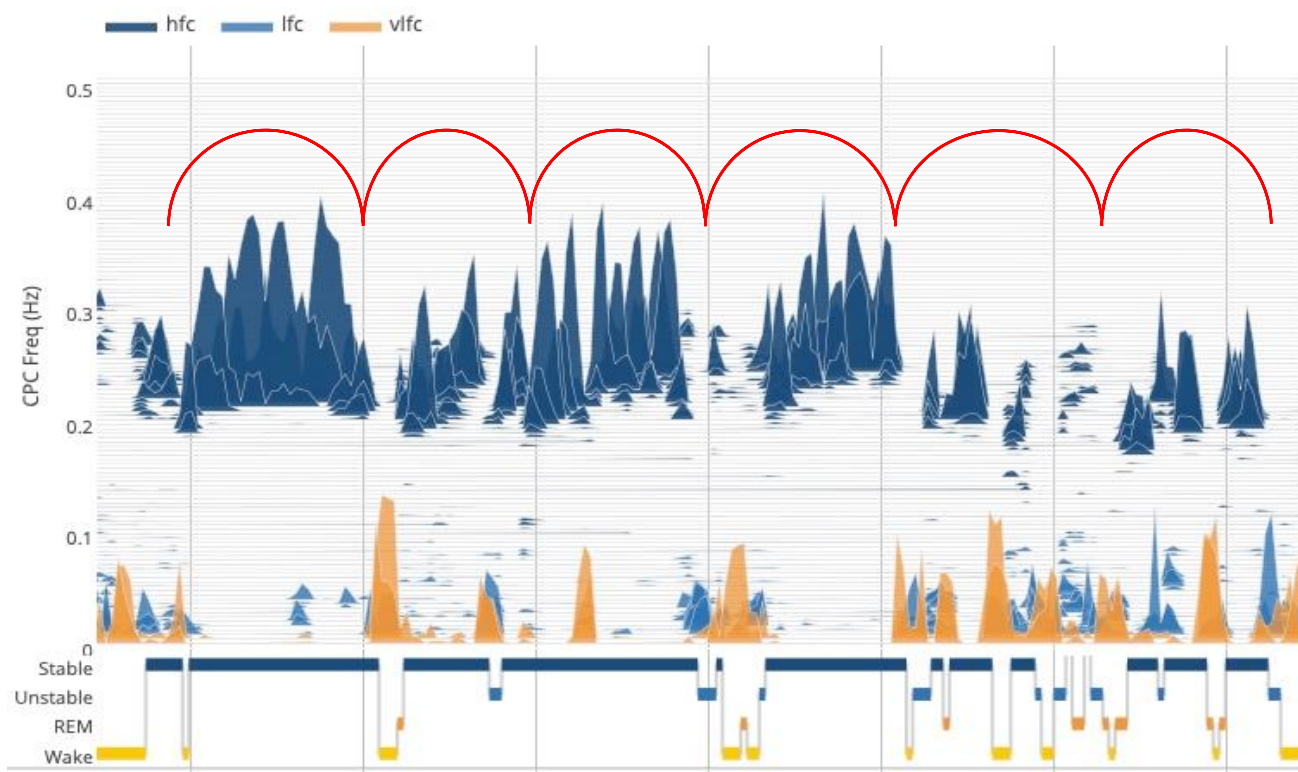


图 5. 稳定睡眠和不稳定睡眠之间的交替预计在 30-90 分钟的周期内调节，成人 8 小时的健康睡眠内 4-8 个周期，对应于 NREM 和 REM 睡眠的交替周期。当睡眠中断（睡眠呼吸暂停、失眠、压力、疼痛和各种其他因素）时，健康的睡眠节奏被打乱。

HFC 峰值幅值与耦合活动产生的曲线之间的耦合或同步量有关。耦合越强，振幅峰值越高。低振幅峰值是由心率（脉搏）变异性与呼吸频率活动产生的曲线之间重叠较少造成的。这两个输入数据流之间缺乏耦合将导致零值和无峰值生成。

稳定睡眠或高频耦合-HFC

稳定睡眠（高频耦合）在图谱上显示为 0.1 - 0.5Hz 频率范围内的深蓝色峰值。大多数稳定的睡眠发生在 NREM 阶段-2 和 NREM 阶段-3 的一部分，特别是脑电图形态中的非循环交替模式（n-CAP）和 δ 波。稳定睡眠是稳定 NREM 睡眠的生物标志物，该阶段特征为稳定呼吸、高迷走神经张力、脑电图上的非循环交替模式、高相对 δ 波功率、生理血压降低和稳定的唤醒阈值。

不稳定睡眠或低频耦合-LFC

不稳定（低频耦合）在图谱上显示为浅蓝色峰值，频率范围为 0.01 - 0.1Hz。不稳定睡眠是不稳定 NREM 睡眠的生物标志物，具有与稳定睡眠相反的功能，发生在 NREM 阶段-1 和 NREM 阶段 2 睡眠的一部分。不稳定的睡眠期间的特征有循环交替模式（CAP）的脑电图活动、波动呼吸模式（潮气量波动）、心率的周期性变化（CVHR）、无血压下降和可变唤醒阈值。片段化的 REM 睡眠具有低频耦合特性。

觉醒及 REM 睡眠或极低频耦合- vLFC

极低频耦合（vLFC）在图谱上显示为频率范围为 0.004 - 0.01Hz 的橙色峰值，表示 REM 睡眠或觉醒。

在一夜的睡眠过程中，稳定和不稳定的睡眠之间自发交替变化。稳定睡眠和不稳定睡眠之间的交替预计将在 30-90 分钟的周期中调节，成人 8 小时的健康睡眠内 4-8 个周期，并对应于 NREM 和 REM 睡眠的交替周期（图 5）。疾病状态对这种模式有负面影响。健康、稳定的睡眠，以高迷走神经张力为主，呈现典型的心率变异性，心率减慢，并随着常规呼吸同步加速。这是正常节奏，与稳定的 NREM 睡眠（HFC）相关。

查阅 SleepImage 图表及报告

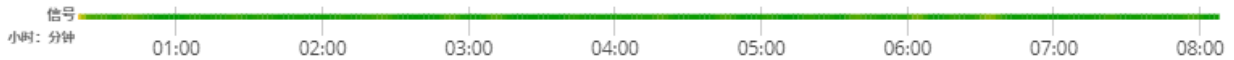


睡眠质量报告

2021年5月26日 | 凌晨12点19分 - 早上8点07分
WhiteRock SH

患者 ID: HPG6AT
患者编号: demo001
出生日期: 1990-11-01 (30 岁)

睡眠质量		睡眠机会	
睡眠质量指数 31 预期值 >55	睡眠效率 80% 预期值 >85%	入睡潜伏期 0小时: 05分钟 预期值 <30 min	睡眠时长 7小时: 42分钟 预期值 7-9 小时
睡眠呼吸暂停		睡眠病理	
呼吸暂停低通气指数4% 0 正常	呼吸暂停低通气指数3% 1 正常	片段化 32% 预期值 <15%	周期性 0% 预期值 ≤2%



稳定 23% - 1小时: 29分钟	心率周期性变化 14%	呼吸暂停低通气指数3% 0	预期值 >50%
不稳定 62% - 4小时: 01分钟	心率周期性变化 36%	呼吸暂停低通气指数3% 1	预期值 <30%
快速眼动 15% - 0小时: 59分钟	心率周期性变化 10%	呼吸暂停低通气指数3% 1	预期值 ≈20%

入睡开始	凌晨12点25分
睡眠结论	早上7点29分
总睡眠时间	6小时: 30分钟
觉醒时间	1小时: 04分钟
觉醒转换	次8
睡眠呼吸暂停指标	24

SpO ₂ (血氧饱和度) <90%	0小时: 0分钟 - 0%
SpO ₂ (血氧饱和度) <88%	0小时: 0分钟 - 0%
SpO ₂ (血氧饱和度) <80%	0小时: 0分钟 - 0%
最小-最大-平均 血氧饱和度	92% - 99% - 96%

	去饱和	
	3%	4%
sAHI 呼吸暂停低通气指数总数	1	0
sAHI 呼吸暂停低通气指数阻塞性	1	0
sAHI 呼吸暂停低通气指数中枢性	0	0
呼吸障碍指数	21	20
ODI氧减指数	1	0

	最小	最大	平均
呼吸暂停时间 (秒)	21	33	26
心率 (次/分)	50	99	63

测试总结:

患者: 30 岁 男

平均信号质量 97 %
睡眠质量 低于 预期值.
睡眠效率 低于 预期值.
睡眠时长 达到 预期值.

睡眠呼吸暂停指标 高于 预期值.
呼吸暂停低通气指数 正常.
睡眠片段化 高于 预期值.
周期性 低于 预期值.

查看 SleepImage 报告输出

1. 检查信号质量。临床决策应只考虑以绿色为主的信号质量。黄色和红色信号应被评价为伪影和失常。

2. 评估睡眠质量。SQT $<$ 55（成人）或 $<$ 70（儿童）表示为睡眠不正常。SQT 是睡眠稳定性、片段化和周期性的汇总，范围为 0~100。睡眠效率是总睡眠时间除以睡眠机会的比例，应为 $>$ 85%。

3. 评估睡眠机会。该机会由分配给睡眠的卧床时间定义，包括入睡潜伏期和睡眠持续时间。睡眠持续时间包括总睡眠时间（TST）和睡眠觉醒时间（WASO）。入睡潜伏期预期通常定义为 $<$ 30 分钟，睡眠持续时间由年龄组定义。虽然失眠不能从一晚睡眠中诊断，但入睡潜伏期和睡眠效率是评估失眠症状最常用的指标。

4. 评估睡眠呼吸暂停。SleepImage 呼吸暂停低通气指数（sAHI）（当 SpO₂ 被记录时）和/或睡眠呼吸暂停指标（SAI）指示睡眠呼吸暂停的存在。sAHI 已被确认，可以帮助诊断睡眠呼吸障碍，并分类为“轻度”“中度”及“重度”；在儿童中，每个类别的值分别为 ≥ 1 ， ≥ 5 及 ≥ 10 ，在成人中，每个类别的值分别为 ≥ 5 ， ≥ 15 和 ≥ 30 。SAI 可以指示 SDB 与 sAHI 值具有良好的一致性，尽管这是检测和量化睡眠呼吸暂停的不同方法，儿童和成人的阈值与 sAHI 的相同。

5. 查看睡眠病理学。睡眠病理学生物标志物为片段化（e-LFC_{BB}）表示睡眠片段化、觉醒和阻塞性呼吸暂停，周期性（e-LFC_{NB}）表示中枢性呼吸暂停。

6. 查看睡眠稳定性。稳定睡眠是恢复性睡眠的最重要指标，在 PSG 记录中与慢波（Delta）睡眠有良好的 consistency，预期值在成人中为 $>$ 50%，儿童为 $>$ 65%。

7. 查看觉醒转换。睡眠稳定性受觉醒转换的影响，应对其进行评估，以加强临床研究。

8. 查看 CVHR。稳定睡眠期间的 CVHR 被排除在睡眠呼吸暂停指标（SAI）的计算中，但它可能表明在 PSG 测试中通常被评分为轻度低通气的事件。在 REM 睡眠期间检查 CVHR，区分 REM 睡眠呼吸暂停。

9. 查看呼吸暂停低通气指数 sAHI 及睡眠障碍指数 sRDI（当有记录时）。观察睡眠阶段（稳定睡眠、不稳定睡眠和快速眼动睡眠），以评估 sAHI 和/或 sRDI 占主导地位的阶段，并观察与 CVHR 的关系。sAHI 和 sRDI 显示基于 3% 和 4% 的去饱和度，并在 sAHI 汇总表中分离为阻塞性和中枢性事件。观察 SQT 与 sAHI（SAI）的关系，评价睡眠呼吸暂停对睡眠质量的影响程度，呼吸暂停事件的最大、最小和平均持续时间，以及事件对心率（BPM）的影响。-

10. 查看血氧饱和度总结（当有记录时）。血氧饱和度 $<$ 90%、 $<$ 88%、 $<$ 80%是睡眠期间低氧血症严重程度的指标，也是睡眠期间动脉血氧饱和度最小、最大、平均的指标。

11. 总结。SleepImage 报告自动汇总 CPC 分析中的关键指标，以帮助临床医生总结临床评估，并提出进一步测试、进一步评估（将患者转介给其他临床医生）或治疗的建议。

12. 临床注释。允许临床医生记录睡眠障碍患者的体征和症状，药物治疗和病史，并记录睡眠障碍诊断。

关闭注释

添加临床医生注释：

公制单位 美制单位

身高： 米 厘米 体重： 公斤 BMI：.....

医疗保险： 确定 不 清除

Epworth嗜睡量表：

主诉睡眠问题：

选择所有适用的选项

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 日间嗜睡 | <input type="checkbox"/> 不规律（睡眠中呼吸暂停） |
| <input type="checkbox"/> 打鼾 | <input type="checkbox"/> 磨牙症/磨牙 |
| <input type="checkbox"/> 晨起头痛 | <input type="checkbox"/> 醒来时气喘或窒息（被憋醒） |
| <input type="checkbox"/> 难以入睡或难以维持睡眠 | |

病史

字符计数: 0 / 1040

已使用药物：

-
-
-

[添加更多](#)

已使用治疗设备：

-
-
-

[添加更多](#)

诊断：

选择所有适用的选项

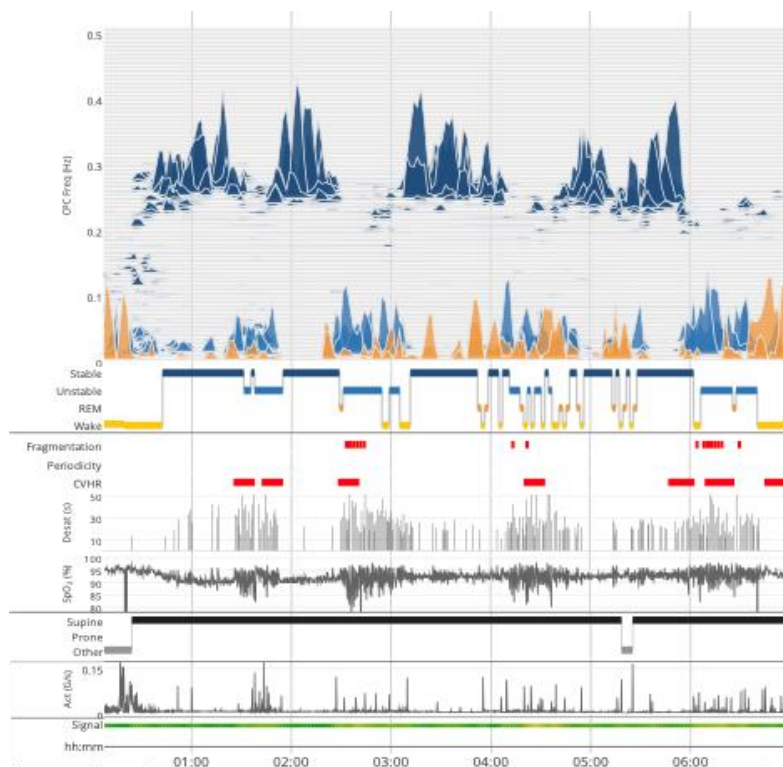
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> G47.33 阻塞性睡眠呼吸暂停 | <input type="checkbox"/> G47.31 原发性中枢性睡眠呼吸暂停 |
| <input type="checkbox"/> G47.32 高原型周期性呼吸 | <input type="checkbox"/> G47.9 睡眠障碍，非特指 |
| <input type="checkbox"/> G47.10 嗜睡症，非特指 | <input type="checkbox"/> F51.01 原发性失眠 |
| <input type="checkbox"/> R06.3 周期性呼吸 | <input type="checkbox"/> R06.83 打鼾 |
| <input type="checkbox"/> R53.83 其他疲劳 | <input type="checkbox"/> 其他 |

建议

字符计数: 0 / 1040

发布

查阅 SleepImage 图表的关联分析和模式



关联分析

1. 睡眠图谱：回顾记录期间 HFC（稳定睡眠）、LFC（不稳定睡眠）和 vLFC（觉醒和快速眼动睡眠）的分布情况，并将其与体位、运动、打鼾（如有记录）和心率的周期性变化（CVHR）联系起来，在报告中显示为 SAI（睡眠呼吸暂停指标）和 sAHI（如有记录）。

2. 睡眠时相序列图：观察稳定睡眠、不稳定睡眠、REM 睡眠、觉醒之间的转换频率。大量的转换表明睡眠更片段化。健康睡眠的显示为在睡眠期的前三分之一，稳定睡眠的比率较高，REM 睡眠在睡眠期的最后三分之一时增加。

3. 睡眠呼吸障碍：寻找片段化和周期性。片段化表示可能由阻塞性呼吸暂停或疼痛引起的事件，称为 e-LFC_{BB}。周期表示可能由中央呼吸暂停或周期性呼吸引起的计量活动，称为 e-LFC_{NB}。

4. CVHR：与图谱、体位、打鼾、运动和血氧饱和度一起评估 CVHR。CVHR 是呼吸暂停期间和停止时心率变化的标志。

5. 打鼾及体位：评估打鼾（当有记录时）与睡眠稳定性、体位（当有记录时）、CVHR 和血氧饱和度（当有记录时）关联起来。仰卧位置的打鼾可能表示体位性睡眠呼吸暂停。检查打鼾轨迹，渐强模式指示上气道阻力（报告显示打鼾计数和持续时间）。

6. 去饱和及血氧饱和度 SpO₂（当有记录时）：检查与稳定睡眠、不稳定睡眠和 REM 睡眠相关的去饱和事件，寻找并发的 CVHR 和与体位和打鼾（当有记录时）的相关性。SpO₂ 信号损耗的区域通常表现为 SpO₂ 突然的大幅下降。SpO₂ 与体位和打鼾（当有记录时）相关联。

7. 体动图：将体动图与并发事件关联起来，评估记录期间的任何模式，并检查体动图——参见下一页。

8. 信号质量：评估记录期间信号的质量。红色表示信号丢失，因此 CPC 算法在信号检测不佳时不能产生准确的数据。如果存在长时间的信号丢失，建议再次进行睡眠测试。

9. 调整报告周期（临床用户）：将绿色和红色标记在睡眠图谱顶部的橙色线上分别拖动到报告的开始和结束，然后点击重新计算按钮。

10. 切换 HFC、LFC 和 vLFC 峰值（临床用户）：通过点击 HFC、LFC 和 vLFC 标记来隐藏/显示峰值，可以通过切换 HFC、LFC 和 vLFC 峰值来分离耦合类型。

3D 睡眠图谱—阻塞性睡眠呼吸暂停

OSA 会导致睡眠片段化。宽频带峰值的出现表明，上呼吸道是导致患者睡眠呼吸障碍的主要病理生理因素。E-LFCBB 在 3D 睡眠图谱上呈现宽的灰色峰。

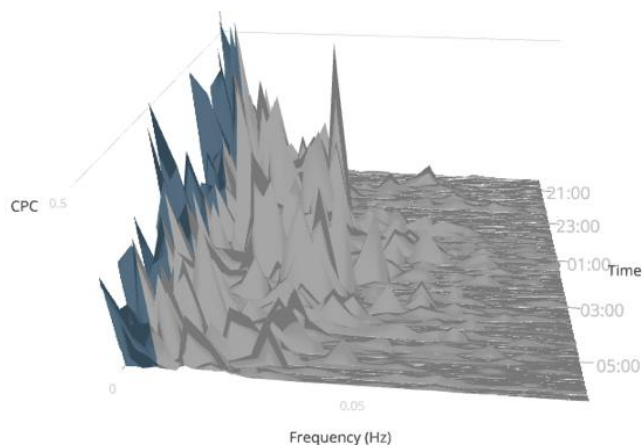


图 7 3 D 视角睡眠图谱—阻塞性睡眠呼吸暂停显示了一个“宽”分布的峰，称为升高的低频耦合宽频带（e-LFC_{BB}）。

3D 睡眠图谱—中枢性睡眠呼吸暂停

中枢性睡眠呼吸暂停或周期性呼吸在 3D 睡眠图谱上用红色的窄峰 e-LFCnb 表示，并识别为有“窄频带”低频耦合轮廓的呼吸或运动模式。

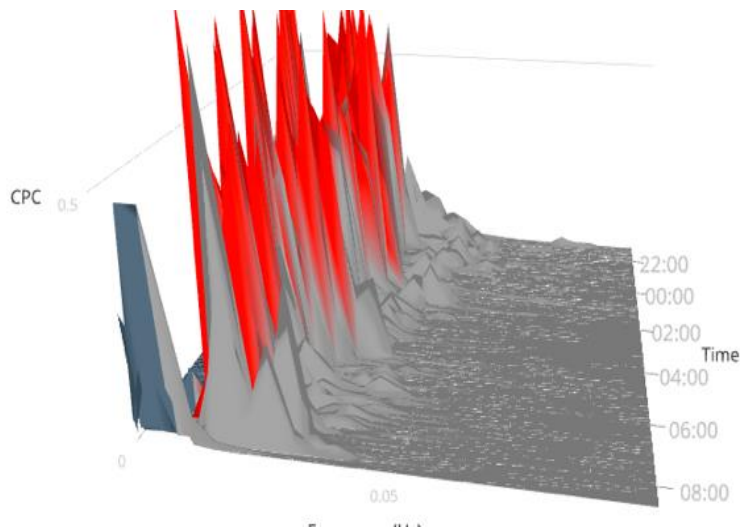


图 8 3D 睡眠图谱—中枢性睡眠呼吸暂停是由一系列狭窄的峰组成的。为方便用户识别周期性系统将这些山峰标记为红色。

3D 睡眠图谱—混合型睡眠呼吸暂停

阻塞性和中枢性睡眠呼吸暂停的结合, 同时显示窄频带 e-LFC ($e-LFC_{NB}$)和宽频带 e-LFC ($e-LFC_{BB}$)。

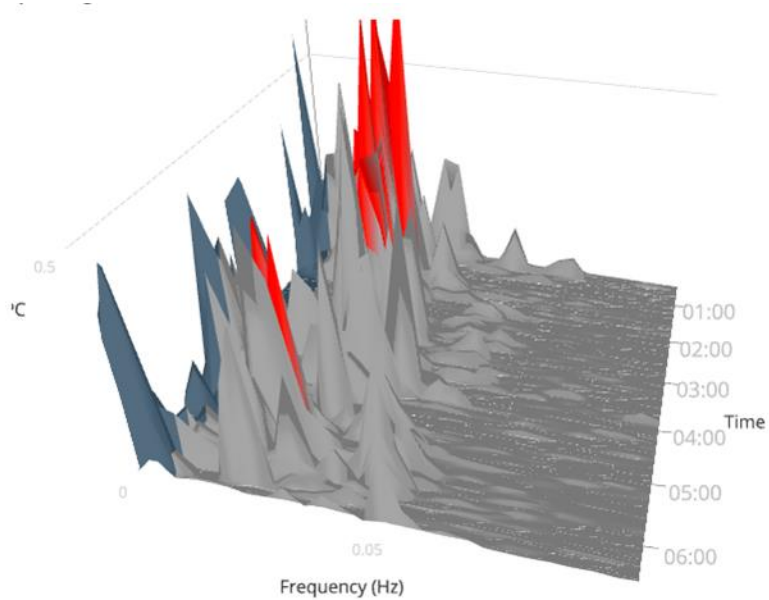


图9 3D 睡眠图谱—混合型睡眠呼吸暂停是阻塞性睡眠呼吸暂停和中枢睡眠呼吸暂停的结合。

CPC 相关出版物

书籍

1. Cardiopulmonary Coupling Spectrograms. In: Kryger MH, Roth T, Dement WC (6th edition). Principles and practice of Sleep Medicine (1615-1623). Philadelphia, PA: Elsevier, Inc.
2. Scoring of Sleep-Related Breathing Events. In: Sudhansu Chokroverty. Sleep Disorders Medicine. Basic Science, Technical Considerations and Clinical Aspects (431-447). New York, NY: Springer Inc.
3. Sleep Stage Classification Based on Heart Rate Variability and Cardiopulmonary Coupling. In: Cyberspace Data and Intelligence, and Cyber-Living, Syndrome, and Health. CyberDI, CyberLife. Communications in Computer and Information Science 2019; Springer CCIS volume 1138.

已发表论文

技术

1. Hilmisson H, Berman S, Magnusdottir S. Sleep Apnea Diagnosis using Software generated Apnea Hypopnea Index Derived from data Recorded with a Single Photoplethysmogram Sensor (PPG): Results from the Childhood Adenotonsillectomy Study (CHAT) based on Cardiopulmonary Coupling analysis. Sleep Breath 2020. DOI: 10.1007/s11325-020-02049-6
2. Thomas R, Wood C, Bianchi M. Cardiopulmonary Coupling spectrogram as an ambulatory clinical biomarker of sleep stability and quality in health, sleep apnea and insomnia. Sleep 2018; 41 (2): 1-11. DOI: 10.1093/sleep/zsx196.
3. Penzel T, Kantelhardt JW, Bartsch RP, et al. Modulations of Heart Rate, ECG, and Cardio-Respiratory Coupling Observed in Polysomnography. Frontiers in Physiology. 2016; 7: 460. doi: 10.3389/fphys.2016.00460
4. Hilmisson H, Lange N, Duntley S. Sleep apnea detection: accuracy of using automated ECG analysis compared to manually scored polysomnography (apnea hypopnea index). Sleep Breath 2018; 23 (1): 125-133. DOI: 10.1007/s11325-018-1672-0
5. Magnusdottir S, Hilmisson H. Ambulatory screening tool for sleep apnea: analyzing a single-lead electrocardiogram (ECG). Sleep Breath 2017; 22 (2): 421-429. DOI: 10.1007/s11325-017-1566-6
6. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. Relationship between delta power and the electrocardiogram-derived cardiopulmonary spectrogram. Possible implications for assessing the effectiveness of sleep. Sleep Med 2014; 15 (1): 125-31 DOI: 10.1016/j.sleep.2013.10.002
7. Y Ma, S Sun A new approach to sleep study: does heart tell us a lot? Sleep Med 2013; e188-e189. DOI: 10.1016/j.sleep.2013.11.446
8. Thomas RJ, Mietus JE. Mapping Sleep Using Coupled Biological Oscillations. IEEE Eng Med Biol Soc 2011;1479-82. DOI: 10.1109/IEMBS.2011.6090361
9. Thomas RJ, Mietus J, Peng C, et al. Differentiating Obstructive from Central and Complex Sleep Apnea Using an Automated Electrocardiogram-Based Method. Sleep 2007; 30 (12): 1756 - 1769. DOI: 10.1093/sleep/30.12.1756
10. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. An Electrocardiogram-Based Technique to Assess Cardiopulmonary Coupling During Sleep. Sleep 2005; 28 (9): 1151 - 1161, DOI: 10.1093/sleep/30.12.1756
11. Mietus JE, Peng CK, Ivanov PC, Goldberger AL. Detection of obstructive sleep apnea from cardiac interbeat interval time series. Comput Cardiol, 2000; 753-758

CPC 与 PSG 之间的关系

1. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. Relationship between delta power and the electrocardiogram-derived cardiopulmonary spectrogram. Possible implications for assessing the effectiveness of sleep. *Sleep Med* 2014; 15 (1) : 125-31 DOI: 10.1016/j.sleep.2013.10.002
2. Thomas RT, Shin C, Bianchi M, Kushida C, Yun CH: Distinct polysomnographic and ECG-spectrographic phenotypes embedded within obstructive sleep apnea. *Sleep Science Practice* 2017; 1 : 11 DOI : 10.1186/s41606-017-0012-9
3. Park YK, Choi SJ, Joo EY. Electrophysiological Difference in Obstructive Sleep Apnea with and without REM sleep Behavior Disorder : Cardiopulmonary Coupling Analysis. *J Sleep Disord Ther* 2017; 6 : 261. DOI : 10.4172/2167-0277.1000261.
4. Park JU, Urtnasan E, Joo EY, Lee KY. Classification of REM sleep behavior disorder based on convolutional neural network using cardiopulmonary coupling spectrogram. *Sleep Med* 2017; 40 (1) : e253. DOI : 10.1016/j.sleep.2017.11.740

睡眠质量

1. Hilmisson H, Magnusdottir S. Beyond the Apnea Hypopnea Index (AHI) : Importance of Sleep Quality in Management of Obstructive Sleep Apnea and Related Morbidity and Mortality in Patients with Cardiovascular Disease. *Sleep medicine* 2019; 64: S155. DOI: 10.1019/j.sleep.2019.11.424
2. Hilmisson H, Lange N, Magnusdottir S. Objective Sleep Quality and Metabolic Risk in Healthy Weight Children Results from the randomized Childhood Adenotonsillectomy Trial (CHAT) . *Sleep Breath* 2019; 23 (4) : 1197-1208. DOI: 10.1007/s11325-019-01802-w
3. Thomas R, Mietus J, Peng C, et al. Relationship between delta power and the electrocardiogram-derived cardiopulmonary spectrogram. Possible implications for assessing the effectiveness of sleep. *Sleep Med* 2014; 15 (1) : 125-31 DOI: 10.1016/j.sleep.2013.10.002
4. Magnusdottir S, Hilmisson H, Sveinsdottir E. Sleep Disorder Screening: Integration of Subjective and Objective Measures. *SM J Sleep Disord* 2017; 3 (2) : 1014 [https : //smjournals.com/sleep-disorders/download.php?file=fulltext/smjsd-v3-1014.pdf](https://smjournals.com/sleep-disorders/download.php?file=fulltext/smjsd-v3-1014.pdf)
5. Kwon AM, Baik I, Thomas RJ et al. The association between leukocyte telomere lengths and sleep instability based on cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Breath* 2015; 19 (3) : 963-8. DOI: 10.1007/s11325-014-1110-x
6. Magnusdottir S. Role of Objectively Measuring Sleep in Drug Research. *International Journal of Drug Research and Technology* May 2018; 8 (2) . [http: //www.ijdr.com/drug-research-and-technology/article/view/163](http://www.ijdr.com/drug-research-and-technology/article/view/163)
7. S. Mariani S, Congiu P, Milioli G, Gioi, et al. ECG-based cardiopulmonary coupling for sleep stability assessment in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Mov Disord* 2016; 31 (2) . [http : //www.mdabstracts.org/abstract/ecg-based-cardiopulmonary-coupling-for-sleep-stability-assessment-in-patients-with-amyotrophic-lateral-sclerosis/](http://www.mdabstracts.org/abstract/ecg-based-cardiopulmonary-coupling-for-sleep-stability-assessment-in-patients-with-amyotrophic-lateral-sclerosis/)
8. Visco D, Niesley M, Hughes A, Lewis M. Incidence of Sleep Disturbance and Evaluation of Sleep Quality in Patients Diagnosed with Cancer. *Clin Res Pulmonol* 2015; 3 (1) : 1030. [https : //pdfs.semanticscholar.org/87b4/ebeffdaa3fbccacbb494ed40b9a131adae4d.pdf](https://pdfs.semanticscholar.org/87b4/ebeffdaa3fbccacbb494ed40b9a131adae4d.pdf)
9. Chien PL, SU HF, Hsieh PC et al. Sleep Quality among Female Hospital Staff Nurses. *Sleep Disord* 2013; Article ID 283490 DOI: 10.1155/2013/283490
10. Yin JH, Ho YC, Lin HS et al. On-Call Duty Effects on Sleep-State Physiological Stability in Male Medical Interns. *PLoS*

睡眠呼吸障碍

1. Seo M, Hwang S, Nam K, Lee S. Significance of sleep stability using cardiopulmonary coupling in sleep disorder breathing. *Laryngoscope* 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/lary.28379>
2. Wu G, Wang D, Roswell L, et al. The Effect of Acute Exposure to Morphine on Breathing Variability and Cardio-Pulmonary Coupling in Men with Obstructive Sleep Apnea - an RCT Study. *J Sleep Res* 2019; 00: e12930. DOI: 10.1111/jsr.12930
3. Ma Y, Sun S., Zhang M. et al. Electrocardiogram-based sleep analysis for sleep apnea screening and diagnosis. *Sleep Breath* (2019). <https://doi.org/10.1007/s11325-019-01874-8>
4. Na J, Kang D, Kim, et al. Sleep-disordered breathing assessed by Holter-monitoring is associated to worsened one-year clinical outcomes in ischemic stroke patients: a cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Medicine* 2019; 64 (1) : S271. DOI: 10.1016/j.sleep.2019.11756
5. Al Ashry HS, Thomas RJ, Hilmisson H. A Combination Index of Low Frequency Cardio-Pulmonary -Coupling and Oxygen Desaturation has a Strong Correlation with the Apnea Hypopnea Index. *Sleep* 2019; 42 (1) . A188. DOI: 10.1093/sleep/zsz067.466
6. Thornton A, Maijjer R, Christie D, Peach H. Personalizing Treatment for OSA: A Pilot Study Comparing Two Mobile Health Technologies. *Sleep* 2019; 42 (Supp_1) : Page A407. DOI: 10.1093/sleep/zsz067.1009
7. Song P, Park YK, Choi SJ, Joo EY. Electrophysiological difference in obstructive sleep apnea with or without REM sleep behavior disorder : cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Med* 2017; 40 (1) : 311-214. DOI : 10.1016/j.sleep.2017.11.917
8. Hilmisson H, Lange N, Duntley S. Sleep apnea detection: accuracy of using automated ECG analysis compared to manually scored polysomnography (apnea hypopnea index) . *Sleep Breath* 2018; 23 (1) : 125-133. DOI : 10.1007/s11325-018-1672-0
9. Magnusdottir S. The Ophthalmologist's Role in identifying Obstructive Sleep Apnea (OSA) . *Ophthalmol Ophthalmic Surg* 2018; 2 (1) : 113 <https://scientificliterature.org/Ophthalmology/Ophthalmology-18-113.pdf>
10. Tseng P-H, Lee P-L, Hsu W-C, Ma Y, Lee Y-C, Chiu H-M, et al. (2017) A Higher Proportion of Metabolic Syndrome in Chinese Subjects with Sleep-Disordered Breathing : A Case-Control Study Based on Electrocardiogram-Derived Sleep Analysis. *PLoS ONE* 12 (1) : e0169394. DOI: 10.1371/journal.pone.0169394
11. Magnusdottir S, Hilmisson H. Ambulatory screening tool for sleep apnea: analyzing a single-lead electrocardiogram (ECG) . *Sleep Breath* 2017; 22 (2) : 421-429. DOI: 10.1007/s11325-017/-1566-6
12. Harrington J, Schramm PC, Davies CR et al. An electrocardiogram-based analysis evaluating sleep quality in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Breath* 2013; 17 (3) : 1071-78 DOI: 10.1007/s11325-013-0804-9
13. Ramar K, Desruets B, Ramar P, Morgenthaler T. Analysis of cardiopulmonary coupling to assess adaptive servo-ventilation success in complex sleep apnea management. *Sleep Breath* 2013; 17 (2) : 861-6 DOI : 10.1007/s11325-012-0780-5
14. Schramm PJ, Thomas RJ. Assessment of therapeutic options for mild obstructive sleep apnea using cardiopulmonary coupling measures. *J Clin Sleep Med* 2012;8 (3) : 315-20 DOI: 10.5664/jcsm.1924
15. Ibrahim LH, Jacono FJ, Patel SR, et al. Heritability of abnormalities in cardiopulmonary coupling in sleep apnea: use of an electrocardiogram-based technique. Heritability of Abnormalities in Cardiopulmonary Coupling in Sleep Apnea: Use of an Electrocardiogram-based Technique. *Sleep* 2010;33 (5) : 643-646, DOI: 10.1093/sleep/33.5.643

16. Robert J. Thomas, M.D. Strong Chemoreflex Modulation of Sleep-Breathing: Some Answers but Even More Questions. Commentary on Javaheri S, et al. The prevalence and natural history of complex sleep apnea. *J Clin Sleep Med* 2009; 5 (3) : 205-211. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles>
17. Thomas R, Mietus J, Peng C, et al. Differentiating Obstructive from Central and Complex Sleep Apnea Using an Automated Electrocardiogram-Based Method. *Sleep* 2007;30 (12) : 1756 - 1769. DOI: 10.1093/sleep/30.12.1756

睡眠呼吸障碍-治疗

1. Hilmisson H, Magnusdottir S. Beyond the Apnea Hypopnea Index (AHI) : Importance of Sleep Quality in Management of Obstructive Sleep Apnea and Related Morbidity and Mortality in Patients with Cardiovascular Disease. *Sleep Medicine* 2019; 64: S155. DOI: 10.1019/j.sleep.2019.11.424
2. Thornton A, Majjer R, Evert C. Multidisciplinary Care for Obstructive Sleep Apnea in the Age of “Personalized” Sleep Medicine. *Sleep Medicine* 2019; 64: S383-S384. DOI: 10.1016/k/sleep/2019.11.1069
3. Thomas R, Wood C, Bianchi M. Cardiopulmonary coupling spectrogram as an ambulatory clinical biomarker of sleep stability and quality in health, sleep apnea and insomnia. *Sleep* 2018; 41 (2) : DOI: 10.1093/sleep/zsx196.
4. Magnusdottir S. Obstructive Sleep Apnea and Chronic Pulmonary Diseases. *J Respir Med* 2017; 1: 2-7. <https://www.omicsonline.org/open-access/obstructive-sleep-apnea-and-chronic-pulmonary-diseases.pdf>
5. Lee W, Hong S, Kim H, et al. A Comparison of Different Success Definitions in Non-Continuous Positive Airway Pressure Treatment for Obstructive Sleep Apnea Using Cardiopulmonary Coupling. *Jour Clin Sleep Med* 2016; 12 (1) : 35-41 DOI: 10.5664/jcsm.5388
6. Cho J, Kim H. The effect of continuous positive airway pressure on cardiopulmonary coupling. *Sleep Breath* 2017; 21 (2) : 341-345. DOI: 10.1007/s11325-016-1419-8
7. Thomas R, Bianchi M. Urgent need to improve PAP management: the devil is in two (fixable) details. *J Clin Sleep Med*. 2017;13 (5) : 657 - 664. DOI: 10.5664/jcsm.6574
8. Penzel T, Kantelhardt J, Bartsch R, et al. Modulations of Heart Rate, ECG, and Cardio-Respiratory Coupling Observed in Polysomnography. *Frontiers in Physiology*. 2016; 7: 460. doi: 10.3389/fphys.2016.00460
9. Choi J, Thomas R, Suh S, et al. Sleep quality changes after upper airway surgery in obstructive sleep apnea. Electrocardiogram-based cardiopulmonary coupling analysis. *Laryngoscope* 2015; 125 (7) : 1737-42. DOI: 10.1002/lary.25101
10. Lee H, Lee K, Jung K, Joo E. Analysis of sleep quality after uvulopalatopharyngoplasty in patients with obstructive sleep apnea based on cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Med* 2015; 16 (1) : S217. DOI: 10.1016/j.sleep.2015.02.1457
11. Song P, Lee H, Lee E, Hone S. *Sleep Med* 2015. Effects of mandibular advancement devices for the treatment of sleep apnea syndrome based on cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Med* 2015; 16 (1) : S367. DOI: 10.1016/j.sleep.2015.02.506
12. Park J, Erdenebayar U, Jeong P, Lee K. Automatic classification of sleep-disordered breathing using cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Med* 2015; 16 (1) : S232. DOI: 10.1016/j.sleep.2015.02.1495
13. Lee W, Ahn J, We J, et al. Cardiopulmonary coupling analysis: changes before and after treatment with mandibular advancement device. *Sleep Breath* 2014; 18 (4) : 891-96. DOI: 10.1007/s11325-014-0961-5

心血管和代谢疾病

1. Magnusdottir S, Hilmisson H, Thomas R. Cardiopulmonary coupling derived sleep quality is associated with improvements in blood pressure in patients with obstructive sleep apnea at high cardiovascular risk. *J Hypertension* 2020. [accepted for publication]
2. Majjer R, Thornton A, Lauffenburger J, Marino J, Tsai M, Stellingwerff T, Peach H. Associations between Subjective and Objective Measures of Sleep Dysfunction and Hemoglobin A1c in Professional Athletes. *Sleep Med* 2019; 64: S239–240. DOI: 10.1016/j.sleep.2019.11.670
3. Hilmisson H. Assessing Risk of Fatality in Chronic Heart Failure Patients, using Nocturnal Periodicity Biomarker of Cardiopulmonary Coupling. *Sleep Medicine* 2019; 64: S154–155. DOI: 10.1016/k/sleep/2019.11.423
4. Kang D, Kim C, Park Y, Jang W, Kim W, Choi J, Choi C, Na J. Impact of sleep-disordered breathing on short-term functional outcomes in ischemic stroke patients: a cardiopulmonary coupling analysis using Holter-monitoring. *European Heart Journal* 2019; 40 (1). DOI: 10.1093/eurheartj/ehz745.05690569
5. Kang D, Kim C, Park Y, Jang W, Kim W, Choi J, Choi C, Na J. Sleep-disordered breathing assessed by Holter-monitoring is associated to worsened one-year clinical outcomes in ischemic stroke patients: a cardiopulmonary coupling analysis. *European Heart Journal* 2019; 40 (1) DOI: 10.1093/eurheartj/ehz746.0684
6. Kim W, Na J, Jang W, Park E, Choi J, Choi C, Kim J, Kim E, Rha S, Park C, Swo H, Lim H. Sleep Quality Change After RFCA In Paroxysmal Atrial Fibrillation & Relation of Sleep Stability To the Recurrence: 24 - hour Holter - based Cardiopulmonary Coupling Analysis. *Sleep* 2018; 41 (Suppl_1): A327. DOI: 10.1093/sleep/zsy061.879
7. Pogach, MS, Punjabi NM, Thomas N, et al. Electrocardiogram-based sleep spectrogram measures of sleep stability and glucose disposal in sleep disordered breathing. *Sleep* 2012; 35 (1): 139–48. DOI: 10.5665/sleep.1604
8. Kim W, Na J. Sleep quality Change After Catheter Ablation in Paroxysmal Atrial Fibrillation and Relation of Sleep Stability to the Recurrence - 24 Hour Holter Based Cardiopulmonary Coupling Analysis. *Circulation* 2017; 136: A19496 https://www.ahajournals.org/doi/abs/10.1161/circ.136.suppl_1.19496
9. Thomas RJ, Weiss MD, Mietus JE, et al. Prevalent hypertension and stroke in the Sleep Heart Health Study: association with an ECG-derived spectrographic marker of cardiopulmonary coupling. *Sleep* 2009; 32 (7): 897–904.
10. Yeh GY, Mietus JE, Peng CK et al. Enhancement of sleep stability with Tai Chi exercise in chronic heart failure: preliminary findings using and ECG-based spectrogram method. *Sleep Med* 2008; 9 (5): 527–36. DOI: 10.1016/j.sleep.2007.06.003

儿科

1. Hilmisson H, Berman S, Magnusdottir S. Sleep Apnea Diagnosis using Software generated Apnea Hypopnea Index Derived from data Recorded with a Single Photoplethysmogram Sensor (PPG): Results from the Childhood Adenotonsillectomy Study (CHAT) based on Cardiopulmonary Coupling analysis. *Sleep Breath* 2020. DOI: 10.1007/s11325-020-02049-6
2. Hilmisson H, Lange N, Magnusdottir S. Objective Sleep Quality and Metabolic Risk in Healthy Weight Children Results from the randomized Childhood Adenotonsillectomy Trial (CHAT). *Sleep Breath* 2019; 23 (4): 1197–1208. DOI: 10.1007/s11325-019-01802-w
3. Cysarz D, Linhard M, Seifert G, Edelhauser F. Sleep Instabilities Assessed by Cardiopulmonary Coupling Analysis Increase During Childhood and Adolescence. *Front Physiol* 2018; 9: 460. DOI: 10.3389/fphys.2018.00468
4. Zhai F, Chen J. The comparison of polysomnography, sleep apnea screening test and cardiopulmonary coupling in the diagnosis of pediatric obstructive sleep apnea syndrome. *Sleep medicine* 2017; 40 (1): e361. DOI: 10.1016/j.sleep.2017.11.1065
5. Y. Ma, J. Yeh, S. Sun, J. Qiao, C. Peng. Detecting pediatric sleep apnea: consistency on cardiopulmonary coupling and oximetry measurement. *Sleep Med* 2013; 14 (1): e189. DOI: 10.1016/j.sleep.2013.11.447

6. Lee SH, Choi JH, Park IH, et al. Measuring sleep quality after adenotonsillectomy in pediatric sleep apnea. *Laryngoscope* 2012; 122 (9) : 2115-21. DOI: 10.1002/lary.23356
7. Guo D, Peng CK, Wu HL, et al. ECG-derived cardiopulmonary analysis of pediatric sleep-disorder breathing. *Sleep Med* 2011; 12 (4) : 384-9 DOI: 10.1016/j.sleep.2010.09.011

失眠/心理健康

1. Sun Q, Xing L, Wang C, Liang W. Cardiopulmonary coupling analysis predicts early treatment response in depressed patients: A pilot study. *Psychiatry Res* 2019; 276. DOI: 10.1016/j.psychres.2019.04.002
2. Hilmisson H, Sveinsdottir E, Lange N, Magnusdottir S. Insomnia symptoms in primary care: A prospective study focusing on prevalence of undiagnosed co-morbid sleep disordered breathing. *Eur J Intern Med* 2019; 63: 19-26. DOI: 10.1016/j.ejim.2019.01.011
3. Ma Y, Yeung A, Yang A, Peng C, Clain A, Alpert J, Fava M, Yeung A. The Effects of Tai Chi on Sleep quality in Chinese American Patients with Major Depressive Disorder. *Behav Sleep Med* 2018; 16 (4) : 398-411. DOI: 10.1080/145002002.2016.1228643
4. Thornton A, Majjer R, Schramm P. Snoring and Insomnia - Neurocognitive consequences in Professional Athletes. *Sleep Medicine* 2017; 40 (Suppl_1) . DOI: 10.1016/j.sleep.2017.11.960
5. Schramm PJ, Zobel I, Monch K, et.al. Sleep quality changes in chronically depressed patients treated with Mindfulness-based Cognitive Therapy or the Cognitive Behavioral Analysis system of Psychotherapy: a pilot study. *Sleep Med* 2016; 17: 57-63 DOI: 10.1016/j.sleep.2015.09.022
6. Park H, Joo E, Hong S. Electrophysiological Characteristics of Obstructive Sleep Apnea Syndrome with Insomnia: Polysomnography and Cardiopulmonary Coupling Analysis *J Sleep Med* 2015;12 (2) : 53-58. DOI: 10.13078/jsm.15010
7. Na G, Choi S, Joo E, Hong S. Objective Sleep Quality in Subjects with Restless Legs Syndrome versus with Psychophysiological Insomnia: Polysomnography and Cardiopulmonary Coupling Analysis. *J Sleep Med* 2015; 12 (1) : 13-17. DOI: 10.13078/jsm.15003
8. Sylvia LG, Salcedo S, Bianchi M. A Novel Home Sleep Monitoring Device and Brief Intervention for Bipolar Disorder: Feasibility, Tolerability, and Preliminary Effectiveness. *Cogn Ther and Res* 2014; 38 (1) : 55-61. DOI: 10.1007/s10608-013-9575-7
9. Schramm PJ, Polland RE, Rao U et al. Bupropion response on sleep quality in patients with depression: implications for increased cardiovascular disease risk. *Eur Neuropsychopharmacol* 2014; 24 (2) : 207-14. DOI : 10.1016/j.euroneuro.2013.09.007
10. Schramm PJ, Thomas R, Feige B, et.al. Quantitative measurement of sleep quality using cardiopulmonary coupling analysis: a retrospective comparison of individuals with and without primary insomnia. *Sleep Breath* 2013; 17 (2) : 713-21. DOI: 10.1007/s11325-012-0747-6
11. Yang AC, Yang CH, Hong CJ et al. Sleep state instabilities in major depressive disorder: Detection and quantification with electrocardiogram-based cardiopulmonary coupling analysis. *Psychophysiology* 2011; 48 (2) : 285-91. DOI: 10.1111/j.1469-8986.2010.01060.x

疼痛

1. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. Impaired sleep quality in fibromyalgia: Detection and quantification with ECG-based cardiopulmonary coupling spectrograms. *Sleep Med* 2010; 11 (5) : 497-8. DOI : 10.1016/j.sleep.2009.09.003
2. Chen L, Liu C, Ye Z, Wang B, He S. Assessment of sleep quality using cardiopulmonary coupling analysis in patients with Parkinson's disease. *Brain Behavior* 2018 May; 8 (5) : e00970. DOI: 10.1002/brb3.970
3. Jackson ML; Bruck D. Sleep abnormalities in chronic fatigue syndrome/myalgic encephalomyelitis: a review. *J Clin Sleep Med* 2012;8 (6) : 719-728. DOI: 10.5664/jcsm.2276

其他

1. Bianchi, M. Sleep devices: wearables and nearables, informational and interventional, consumer and clinical. *Metabolism* 2018; 84: 99-108. DOI: 10.1016/j.metabol.2017.10.008
2. Heckman EJ, Salazar R, Hardy S, Manders E, Liu Y, Au R, et al. Wearable sleep epidemiology in the Framingham heart study. *Sleep* 2017; 40 (suppl_1): A289, <https://doi.org/10.1093/sleepj/zsx050.779>
3. Verbraecken J. Applications of evolving technologies in sleep medicine. *Breathe* 2013; 9: 442-455. DOI: 10.1183/20734735.012213
4. Bianchi MT, Thomas RJ. Technical advances in the characterization of the complexity of sleep and sleep disorders. *Proc Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2013; 1 (45): 277-86. DOI: 10.1016/j.pnpbp.2012.09.017
5. Liu D, Yang X, Wang G et al. HHT based cardiopulmonary coupling analysis for sleep apnea detection. *Sleep Med* 2012 13 (5): 503-9 DOI: 10.1016/j.sleep.2011.10.035

参考文献

1. FDA US. Software as a Medical Device (SaMD). May 31, 2021. Accessed May 31, 2021. <https://www.fda.gov/medicaldevices/digital-health-center-excellence/software-medical-device-samd>
2. Thomas R. Cardiopulmonary coupling sleep spectrograms. In: Kryger M RT, Dement W, ed. *Principles and practices of sleep medicine*. Elsevier, Inc; 2016:chap 166.
3. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, et al. Relationship between delta power and the electrocardiogram-derived cardiopulmonary spectrogram: possible implications for assessing the effectiveness of sleep. *Sleep Med*. Jan 2014;15(1):125-31. doi:10.1016/j.sleep.2013.10.002
4. Bartsch RP, Schumann AY, Kantelhardt JW, Penzel T, Ivanov P. Phase transitions in physiologic coupling. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Jun 26 2012;109(26):10181-6. doi:10.1073/pnas.1204568109
5. Penzel T, Kantelhardt JW, Bartsch RP, et al. Modulations of Heart Rate, ECG, and Cardio-Respiratory Coupling Observed in Polysomnography. *Front Physiol*. 2016;7:460. doi:10.3389/fphys.2016.00460
6. Hilmisson H, Magnusdottir S. Beyond the Apnea Hypopnea Index (AHI): Importance of Sleep Quality in Management of Obstructive Sleep Apnea and Related morbidity and Mortality in Patients with Cardiovascular Disease. *Sleep Medicine*. 2019;64(1):S155. doi:10.1016/j.sleep.2019.11.424
7. Magnusdottir S, Hilmisson H, Thomas RJ. Cardiopulmonary coupling-derived sleep quality is associated with improvements in blood pressure in patients with obstructive sleep apnea at high-cardiovascular risk. *J Hypertens*. Nov 2020;38(11):2287-2294. doi:10.1097/HJH.0000000000002553
8. Hilmisson H, Lange N, Magnusdottir S. Objective sleep quality and metabolic risk in healthy weight children results from the randomized Childhood Adenotonsillectomy Trial (CHAT). *Sleep Breath*. Dec 2019;23(4):1197-1208. doi:10.1007/s11325-019-01802-w
9. FDA US. SleepImage System (K182618) Indications for Use. May 31, 2021. Accessed May 31, 2021. https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf18/K182618.pdf
10. Pogach MS, Punjabi NM, Thomas N, Thomas RJ. Electrocardiogram-based sleep spectrogram measures of sleep stability and glucose disposal in sleep disordered breathing. *Sleep*. Jan 1 2012;35(1):139-48. doi:10.5665/sleep.1604
11. Thomas RJ, Weiss MD, Mietus JE, Peng CK, Goldberger AL, Gottlieb DJ. Prevalent hypertension and stroke in the Sleep Heart Health Study: association with an ECG-derived spectrographic marker of cardiopulmonary coupling. *Sleep*. Jul 2009;32(7):897-904.
12. Hilmisson H. Assessing Risk of Fatality in Chronic Heart Failure Patients, using Nocturnal Periodicity Biomarker of Cardiopulmonary Coupling. *Sleep Medicine*. 2019;64(S154-155)doi:10.1016/j.sleep.2019.11.423
13. Maijer R, Thornton A., Lauffenburger J., Marion J., Tsai M., Stellingwerff T., Peach H. Associations between subjective and objective measures of sleep quality and hemoglobin a1c in professional athletes. *Sleep Medicine*. 2019;64(1):S239-S240. doi:10.1016/j.sleep.2019.11.670
14. Schramm PJ, Zobel I, Monch K, Schramm E, Michalak J. Sleep quality changes in chronically depressed patients treated with Mindfulness-based Cognitive Therapy or the Cognitive Behavioral Analysis System of Psychotherapy: a pilot study. *Sleep Med*. Jan 2016;17:57-63. doi:10.1016/j.sleep.2015.09.022
15. Schramm PJ, Poland RE, Rao U. Bupropion response on sleep quality in patients with depression: implications for increased cardiovascular disease risk. *Eur Neuropsychopharmacol*. Feb 2014;24(2):207-14. doi:10.1016/j.euroneuro.2013.09.007
16. Wood C, Bianchi MT, Yun CH, Shin C, Thomas RJ. Multicomponent Analysis of Sleep Using Electrocardiogram, Respiratory, Autonomic and Hemodynamic Signals Reveals Distinct Features of Stable and Unstable NREM and REM Sleep. *Front Physiol*. 2020;11:592978. doi:10.3389/fphys.2020.592978
17. Thomas RJ, Mietus JE, Peng CK, Goldberger AL, Crofford LJ, Chervin RD. Impaired sleep quality in fibromyalgia: Detection and quantification with ECG-based cardiopulmonary coupling spectrograms. *Sleep Med*. May 2010;11(5):497-8. doi:10.1016/j.sleep.2009.09.003
18. Magnusdottir S, Thomas R., Hilmisson H. Can improvements in sleep quality affect serum adiponectin-levels in patients with obstructive sleep apnea? *Sleep Medicine*. 2021;doi:10.1016/j.sleep.2021.05.032
19. Hilmisson H, Berman S, Magnusdottir S. Sleep apnea diagnosis in children using software-generated apneahypopnea index (AHI) derived from data recorded with a single photoplethysmogram sensor (PPG) : Results from the Childhood Adenotonsillectomy Study (CHAT) based on cardiopulmonary coupling analysis. *Sleep Breath*. Dec 2020;24(4):1739-1749. doi:10.1007/s11325-020-02049-6

20. Al Ashry HS, Hilmisson H, Ni Y, Thomas RJ. Automated Apnea Hypopnea Index from Oximetry and Spectral Analysis of Cardiopulmonary Coupling. *Ann Am Thorac Soc*. Jan 20 2021;doi:10.1513/AnnalsATS.202005-510OC
21. Rasch B, Born J. About sleep's role in memory. *Physiol Rev*. Apr 2013;93(2):681-766. doi:10.1152/physrev.00032.2012
22. Schmidt MH. The energy allocation function of sleep: a unifying theory of sleep, torpor, and continuous wakefulness. *Neurosci Biobehav Rev*. Nov 2014;47:122-53. doi:10.1016/j.neubiorev.2014.08.001
23. Hilmisson H, Lange N, Duntley SP. Sleep apnea detection: accuracy of using automated ECG analysis compared to manually scored polysomnography (apnea hypopnea index). *Sleep Breath*. Mar 2019;23(1):125-133. doi:10.1007/s11325-018-1672-0
24. Thomas RM, J.; Peng C.; Gilmartin, G.; Daly, R.; Goldberger, A.; Gottlieb, D. Differentiating Obstructive from Central and Complex Sleep Apnea Using an Automated Electrocardiogram-Based Method. *Sleep*. 2007;30(12):1756-1769. doi:10.1093/sleep/30.12.1756
25. Magnúsdóttir S, Hilmisson H. Ambulatory screening tool for sleep apnea: analyzing a single-lead electrocardiogram signal (ECG). *Sleep Breath*. May 2018;22(2):421-429. doi:10.1007/s11325-017-1566-6
26. Penzel T. Prospective Cohort Studies of Major Disorders Can Facilitate Phenotyping for Sleep Apnea. *Am J Respir Crit Care Med*. Jan 21 2021;doi:10.1164/rccm.202012-4414ED
27. Mazzotti DR, Lim DC, Sutherland K, et al. Opportunities for utilizing polysomnography signals to characterize obstructive sleep apnea subtypes and severity. *Physiol Meas*. Sep 13 2018;39(9):09TR01. doi:10.1088/1361-6579/aad5fe
28. Pack AI. Application of Personalized, Predictive, Preventative, and Participatory (P4) Medicine to Obstructive Sleep Apnea. A Roadmap for Improving Care? *Ann Am Thorac Soc*. Sep 2016;13(9):1456-67. doi:10.1513/AnnalsATS.201604-235PS
29. Collins FS, Varmus H. A new initiative on precision medicine. *N Engl J Med*. Feb 26 2015;372(9):793-5. doi:10.1056/NEJMp1500523
30. Thomas RJW, C.; Bianchi, M. Cardiopulmonary Coupling spectrogram as an ambulatory clinical biomarker of sleep stability and quality in health, sleep apnea and insomnia. *Sleep*. 2018;41(2):1-11. doi:10.1093/sleep/zsx196
31. Hilmisson H, Sveinsdóttir E, Lange N, Magnúsdóttir S. Insomnia symptoms in primary care: A prospective study focusing on prevalence of undiagnosed co-morbid sleep disordered breathing. *Eur J Intern Med*. May 2019;63:19-26. doi:10.1016/j.ejim.2019.01.011
32. Collop NA, Tracy SL, Kapur V, et al. Obstructive sleep apnea devices for out-of-center (OOC) testing: technology evaluation. *J Clin Sleep Med*. Oct 15 2011;7(5):531-48. doi:10.5664/JCSM.1328
33. Marcus CL, Brooks LJ, Draper KA, et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*. Sep 2012;130(3):576-84. doi:10.1542/peds.2012-1671
34. Thomas RJ, Chen S, Eden UT, Prerau MJ. Quantifying statistical uncertainty in metrics of sleep disordered breathing. *Sleep Med*. Jan 2020;65:161-169. doi:10.1016/j.sleep.2019.06.003
35. White LH, Lyons OD, Yadollahi A, Ryan CM, Bradley TD. Night-to-night variability in obstructive sleep apnea severity: relationship to overnight rostral fluid shift. *J Clin Sleep Med*. Jan 15 2015;11(2):149-56. doi:10.5664/jcsm.4462
36. Punjabi NM, Patil S, Crainiceanu C, Aurora RN. Variability and Misclassification of Sleep Apnea Severity Based on Multi-Night Testing. *Chest*. Jul 2020;158(1):365-373. doi:10.1016/j.chest.2020.01.039
37. Levendowski DJ, Zack N, Rao S, et al. Assessment of the test-retest reliability of laboratory polysomnography. *Sleep Breath*. May 2009;13(2):163-7. doi:10.1007/s11325-008-0214-6
38. Honaker SM, Meltzer LJ. Sleep in pediatric primary care: A review of the literature. *Sleep Med Rev*. Feb 2016;25:31-9. doi:10.1016/j.smr.2015.01.004
39. Dayyat E, Kheirandish-Gozal L, Sans Capdevila O, Maarafeya MMA, Gozal D. Obstructive sleep apnea in children: relative contributions of body mass index and adenotonsillar hypertrophy. *Chest*. Jul 2009;136(1):137-144. doi:10.1378/chest.08-2568
40. Paruthi S. Evaluation of suspected obstructive sleep apnea in children. UpToDate. May 31, 2021. Updated Februar 18 2021. Accessed May 31, 2021. <https://www.uptodate.com/contents/evaluation-of-suspected-obstructive-sleep-apnea-inchildren>
41. Lloyd R, Kirsch DB, Carden KA, Malhotra RK, Rosen IM, Ramar K. Letter to the Editor Regarding the Updated American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery Foundation Clinical Practice Guideline on Tonsillectomy in Children. *J Clin Sleep Med*. Feb 15 2019;15(2):363-365. doi:10.5664/jcsm.7650
42. Patel HH, Straight CE, Lehman EB, Tanner M, Carr MM. Indications for tonsillectomy: a 10 year retrospective review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. Dec 2014;78(12):2151-5. doi:10.1016/j.ijporl.2014.09.030
43. Goldstein NA, Post JC, Rosenfeld RM, Campbell TF. Impact of tonsillectomy and adenoidectomy on child behavior. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. Apr 2000;126(4):494-8. doi:10.1001/archotol.126.4.494

44. Lumeng JC, Chervin RD. Epidemiology of pediatric obstructive sleep apnea. *Proc Am Thorac Soc*. Feb 15 2008;5(2):242-52. doi:10.1513/pats.200708-135MG
45. Abraham EJ, Bains A, Rubin BR, Cohen MB, Levi JR. Predictors of a Normal Sleep Study in Healthy Children with Sleep Disordered Breathing Symptoms. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. Feb 5 2021;3489421990156. doi:10.1177/0003489421990156
46. Marcus CL, Moore RH, Rosen CL, et al. A randomized trial of adenotonsillectomy for childhood sleep apnea. *N Engl J Med*. Jun 20 2013;368(25):2366-76. doi:10.1056/NEJMoa1215881
47. Bhattacharjee R, Kheirandish-Gozal L, Spruyt K, et al. Adenotonsillectomy outcomes in treatment of obstructive sleep apnea in children: a multicenter retrospective study. *Am J Respir Crit Care Med*. Sep 1 2010;182(5):676-83. doi:10.1164/rccm.200912-1930OC
48. Suri JC, Sen MK, Venkatachalam VP, et al. Outcome of adenotonsillectomy for children with sleep apnea. *Sleep Med*. Oct 2015;16(10):1181-6. doi:10.1016/j.sleep.2015.02.539
49. Mitchell RB, Kelly J. Outcome of adenotonsillectomy for obstructive sleep apnea in obese and normal-weight children. *Otolaryngol Head Neck Surg*. Jul 2007;137(1):43-8. doi:10.1016/j.otohns.2007.03.028
50. Cote CJ, Posner KL, Domino KB. Death or neurologic injury after tonsillectomy in children with a focus on obstructive sleep apnea: houston, we have a problem! *Anesth Analg*. Jun 2014;118(6):1276-83. doi:10.1213/ANE.0b013e318294fc47
51. Goldman JL, Baugh RF, Davies L, et al. Mortality and major morbidity after tonsillectomy: etiologic factors and strategies for prevention. *Laryngoscope*. Oct 2013;123(10):2544-53. doi:10.1002/lary.23926
52. Byars SG, Stearns SC, Boomsma JJ. Association of Long-Term Risk of Respiratory, Allergic, and Infectious Diseases With Removal of Adenoids and Tonsils in Childhood. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. Jul 1 2018;144(7):594-603. doi:10.1001/jamaoto.2018.0614
53. Erichsen D, Godoy C, Granse F, Axelsson J, Rubin D, Gozal D. Screening for sleep disorders in pediatric primary care: are we there yet? *Clin Pediatr (Phila)*. Dec 2012;51(12):1125-9. doi:10.1177/0009922812464548
54. Chervin RD, Weatherly RA, Garetz SL, et al. Pediatric sleep questionnaire: prediction of sleep apnea and outcomes. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. Mar 2007;133(3):216-22. doi:10.1001/archotol.133.3.216
55. Borgstrom A, Nerfeldt P, Friberg D. Questionnaire OSA-18 has poor validity compared to polysomnography in pediatric obstructive sleep apnea. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. Nov 2013;77(11):1864-8. doi:10.1016/j.ijporl.2013.08.030
56. Villa MP, Pietropaoli N, Supino MC, et al. Diagnosis of Pediatric Obstructive Sleep Apnea Syndrome in Settings With Limited Resources. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. Nov 2015;141(11):990-6. doi:10.1001/jamaoto.2015.2354
57. Pierce B, Brietzke S. Association of Preoperative, Subjective Pediatric Tonsil Size With Tonsillectomy Outcomes: A Systematic Review. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. Sep 1 2019;145(9):854-859. doi:10.1001/jamaoto.2019.1842
58. Machado Junior AJ, Crespo AN. Pediatric obstructive sleep apnea: beyond adenotonsillectomy. *Sleep Med*. Feb 2020;66:282-283. doi:10.1016/j.sleep.2019.09.011
59. Friedman NR, Perkins JN, McNair B, Mitchell RB. Current practice patterns for sleep-disordered breathing in children. *Laryngoscope*. Apr 2013;123(4):1055-8. doi:10.1002/lary.23709
60. Isaiah A, Pereira KD, Das G. Polysomnography and Treatment-Related Outcomes of Childhood Sleep Apnea. *Pediatrics*. Oct 2019;144(4)doi:10.1542/peds.2019-1097
61. Benjafield AV, Ayas NT, Eastwood PR, et al. Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis. *Lancet Respir Med*. Aug 2019;7(8):687-698. doi:10.1016/S2213-2600(19)30198-5
62. Sawyer AM, Gooneratne NS, Marcus CL, Ofer D, Richards KC, Weaver TE. A systematic review of CPAP adherence across age groups: clinical and empiric insights for developing CPAP adherence interventions. *Sleep Med Rev*. Dec 2011;15(6):343-56. doi:10.1016/j.smr.2011.01.003
63. Patil SP, Ayappa IA, Caples SM, Kimoff RJ, Patel SR, Harrod CG. Treatment of Adult Obstructive Sleep Apnea With Positive Airway Pressure: An American Academy of Sleep Medicine Systematic Review, Meta-Analysis, and GRADE Assessment. *J Clin Sleep Med*. Feb 15 2019;15(2):301-334. doi:10.5664/jcsm.7638
64. Krakow B, McIver ND, Ulibarri VA, Krakow J, Schrader RM. Prospective Randomized Controlled Trial on the Efficacy of Continuous Positive Airway Pressure and Adaptive Servo-Ventilation in the Treatment of Chronic Complex Insomnia. *EClinicalMedicine*. Aug 2019;13:57-73. doi:10.1016/j.eclinm.2019.06.011

术语

AAP: 美国儿科学会

AASM: 美国睡眠医学学会

CAP: 循环交替模式

CPAP: 持续正压通气

CPC: 心肺耦合—心率变异性与呼吸活动同步性

CSA: 中枢性睡眠呼吸暂停

CVHR: 心率的周期性变化。指的是在呼吸暂停期间和停止时发生的特征性心率模式。

DSAT: 去饱和事件

e-LFC_{BB}: 升高的低频耦合, 宽频带——睡眠病理指标(如疼痛)或气道异常呼吸模式(如阻塞性睡眠呼吸暂停、上呼吸道阻力)。(参见 SleepImage 图谱)。

e-LFC_{NB}: 升高的低频耦合, 窄频带——周期性呼吸模式的指标, 如中枢性睡眠呼吸暂停(参见 SleepImage 图谱)。

ECG (EKG): 心电图——记录一段时间内心脏的电活动

EDR: 心电图推导的呼吸曲线

EEG: 脑电图——记录大脑沿着头皮的电活动

HFC: 高频耦合——稳定睡眠的标志(参见 SleepImage 图谱)

HRV: 心率变异性

LFC: 低频耦合——不稳定睡眠的标志(参见 SleepImage 图谱)

N-CAP: 非循环交替模式

NREM: 非快速眼动

OSA: 阻塞性睡眠呼吸暂停

PDR: 全胸图推导呼吸曲线

PRV: 脉搏速率变异性

PSG: 多导睡眠图——一种实验室睡眠研究, 每 30 秒的时间窗手工评分。

REM: 快速眼动

SA: 睡眠呼吸暂停

SAI: 睡眠呼吸暂停指标。在记录期间, 通过自动检测在睡眠呼吸障碍期间心血管系统发生的已知变化, 以数字显示记录呼吸暂停事件。

sAHI: SleepImage 呼吸暂停低通气指数

SaMD: 软件型医疗设备

SDB: 睡眠呼吸障碍——指大量与睡眠有关的呼吸异常。

SpO₂: 血氧饱和度

sRDI: 睡眠障碍指数

SQI: 睡眠质量指数。根据 CPC 指标, 以数字显示整体睡眠健康质量。

睡眠图谱: 可视化的心肺耦合频率频谱

UARS: 上气道阻力综合征

vLFC: 极低频耦合——觉醒期/REM 快速眼动期睡眠(参见 SleepImage 图谱)