

## 家用睡眠监测技术的研究进展

张金健<sup>1</sup>, 孙锡仕<sup>2</sup>, 成俊芬<sup>1\*</sup> (1. 广东医科大学附属第二医院, 广东湛江 524003; 2. 广东医科大学附属第一医院, 广东湛江 524023)

**摘要:** 睡眠呼吸障碍疾病的发病率呈逐年上升的趋势, 而我国人口基数大, 且逐渐过渡至老龄化阶段。家用睡眠监测技术在疾病筛查、监测及管理中都得到广泛应用。该文主要根据家用睡眠监测技术的监测方式及信号进行分类, 分析了国内外目前最新睡眠监测技术的发展现状, 对各类家用睡眠监测技术的设备及优缺点作一综述。

**关键词:** 阻塞性睡眠呼吸暂停; 睡眠监测技术; 睡眠数据管理平台

**中图分类号:** R 318.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3610 (2023) 03-0344-05

### Advance in consumer sleep technology

ZHANG Jin-jian<sup>1</sup>, SUN Xi-shi<sup>2</sup>, CHENG Jun-fen<sup>1\*</sup> (1. The Second Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524003, China; 2. The Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524023, China)

**Abstract:** The incidence of sleep-disordered breathing is increasing year by year. China has a large population and is gradually entering into the aging stage. The consumer sleep technology has been widely used in disease screening, monitoring and management. This paper classified the consumer sleep technologies according to their monitoring mode and signals, analyzed the status quo of the latest consumer sleep technologies at home and abroad, and finally summarized the equipment of various consumer sleep technologies and the advantages and disadvantages thereof.

**Key words:** obstructive sleep apnea; consumer sleep technology; sleep data management platform

阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)是多种原因造成的上气道完全性或不完全性阻塞性疾病, 可引起各类心脑血管疾病、代谢性疾病等并发症<sup>[1-5]</sup>。目前诊断OSA的“金标准”多导睡眠监测(PSG)<sup>[6]</sup>流程复杂、环境受限及需要专业人员监督, 不利于睡眠呼吸障碍疾病的初筛与管理。在自然睡眠状态, 能连续、高效、可靠、准确地监测睡眠相关生理信号成为睡眠监测技术主流发展方向<sup>[7]</sup>, 家用睡眠监测技术(CST)应运而生<sup>[8-9]</sup>。本文就穿戴式、非接触式家用睡眠监测技术设备的作用原理及优缺点作一综述。

#### 1 穿戴式家用睡眠监测技术

穿戴式家用睡眠监测技术是家用睡眠监测技术中一个重要组成部分<sup>[10]</sup>。根据睡眠信号进行分类, 包括大脑活动、心脏活动、脉搏、呼吸及肢体运动等。

1.1 头戴/入耳方式监测脑电波的家用睡眠监测技术  
在夜间睡眠期间, 大脑活动的变化一般是5个不

同睡眠阶段(入睡期W、浅睡期N1、熟睡期N2、深睡期N3和快速眼动期REM)和睡眠中发生的任何异常的最直接表现<sup>[11]</sup>。因此, 睡眠的研究和评估是通过在睡眠期间用脑电图(EEG)测量脑电波开始<sup>[12]</sup>。在标准PSG中, 由于电极片的数量较多、定位复杂、容易脱落, 电凝胶清洁困难, 需专业人员进行佩戴与维护等缺点。由此, 许多新技术都尝试使用前脑作为替代性定位传感器测量, 这是因为前脑与大脑的物理距离很近, 并且表面皮肤光滑平坦, 不易脱落。例如, 由Dreem Health公司推出的头带产品Dreem 3, 该设备由泡沫和织物组成<sup>[13]</sup>DH, 分别配备3种信号传感器, 分别为EEG干电极片、测量心率的光电容脉搏波描记法(PPG)传感器和测量运动、位置和呼吸频率的三轴加速计。此产品已经批量生产, 可用于家用睡眠监测, 据报道其监测出的结果与PSG相当, 但缺点是没有分析出典型的睡眠波, 如 $\alpha$ 节律纺锤波、 $\delta$ 波或K复合波。除前额外, 最近比较热门测量位置是耳朵<sup>[14]</sup>。耳道的生物信号(尤

收稿日期: 2022-09-06

基金项目: 广东省科技专项资金(“大专项+任务清单”)(重大科技创新平台和项目引进专项)项目(2019A201)

作者简介: 张金健(1991-), 男, 硕士, 医师, E-mail: 345866450@qq.com

通信作者: 成俊芬(1963-), 女, 本科, 主任医师, E-mail: 13729063939@139.com

其在频域方面)与颞电极记录的EEG信号相当。这个技术甚至可以用于的精神障碍方面监测<sup>[15]</sup>。例如,一个名为cEEGrid的设备,是一种柔性薄胶带,带有10个嵌入式电极,使用粘合剂放置在耳朵周围,而内置有1个芯片组(inear EEG Electronic),该芯片组执行硬件滤波、放大和转换为微伏范围内模拟生物信号的数字形式。经过Da Silva Souto等<sup>[16]</sup>发现使用cEEGrid和PSG两个系统相关参数有显著相关性。此产品优点十分明显,其成本低、体积小、舒适性强,同时能够连接到智能手机和平板电脑,但缺点同样显著,所能测量的只有颞叶活动信号。

### 1.2 织物贴片方式监测心电活动的家用睡眠监测技术

人体整个睡眠过程都被交感和迷走神经反复支配,随着睡眠阶段从清醒到N3期,由自主神经支配的血压与心率随之变化<sup>[17]</sup>,因此可以从心电相关参数,如心率变异性(HRV)及其低频(LF)和低频(HF)功率的比率来区分不同睡眠阶段<sup>[18]</sup>。由国外Taewoong医疗(韩国京畿道)出品一款名为T-REX,它是一个基于织物的薄柔性无线贴片式设备,该贴片集成了3个电极,并配备了一个3轴加速计<sup>[19]</sup>。根据测量的心电图和加速度信号,以评估心率、呼吸频率和肢体运动程度,通过sws算法评估觉醒状态,此算法结合R-R间隔的自主信息和运动信息更为准确。目前此产品可用于健康个体和OSA患者的长期客观睡眠监测。另外Zhang等<sup>[20]</sup>开发了一种具有织物电极的可穿戴12导联心电图采集系统,该系统可以同时处理12导联的心电图信号,由于织物电极具有透气、柔韧、可折叠等特点,相比传统电极有助于避免导电膏引起的不适,其特性使其成为临床应用中长期监测生理信号的理想传感器,为临床诊断提供可靠依据。但与传统的金属电极片相比,织物电极采集的信号幅度略有降低,这可能是由于可穿戴系统中皮肤电极接触电阻增加所致。目前该织物贴片技术仍在临床使用阶段,部分工作已获得国家自然科学基金、深圳技术发展基金等支持,相信未来能普及大众。

### 1.3 腕带/指夹方式监测脉搏的家用睡眠监测技术

该技术在目前CST市场占主导地位,是当前最热门的研究方向。其主要技术是光电容积脉搏波描记法(PPG),是一种量化血容量变化的光学技术<sup>[21]</sup>,不仅能测量出脉搏率,甚至通过算法计算出心率与心电图相关参数(如心率变异性HRV),再通过心肺耦合算法和算出呼吸频率。PPG也是一种公认的测量血氧

饱和度的方法<sup>[22]</sup>。大多数腕带/指夹方式的CST内置加速度计,加速度通常记录在3个轴(3轴)上,并以 $g(1g=9.8\text{ m/s}^2)$ 为单位表示,最后进一步处理成计数数据<sup>[23]</sup>。例如,Itamar医疗公司(以色列凯撒利亚)的Watch PAT系列(最新的Watch PAT 300)利用专有外周阻力信号既简单又准确地实现睡眠呼吸相关生理参数的测量,甚至可高精度区分出中枢性睡眠呼吸暂停,经过临床验证,与PSG一致性达89%<sup>[24-25]</sup>。与我们生活最贴近的例子是智能手表,如华为Watch系列、苹果Apple Watch 7、三星Galaxy Watch 4。此类产品的优点在于拥有较低的价格能检测出较多的睡眠生理参数,而且体积小佩戴无感,但也存在使用过程中容易脱落、连续监测时间过长易压迫局部组织红肿等问题。

### 1.4 新型气流感应/胸腹带方式监测呼吸的家用睡眠监测技术

呼吸监测也是一种被广泛应用的睡眠监测方法,主要是检测由睡眠期间异常呼吸行为(包括呼吸暂停、低通气),并评估其严重程度<sup>[26]</sup>。监测睡眠呼吸的最常用方法是在鼻孔附近放置一个传感器来测量鼻腔气流。由Moshizi等<sup>[27]</sup>提出了一种压阻式全聚合物气流传感器。这款基于聚二甲基硅氧烷(PDMS)和迷宫式网络的垂直生长石墨烯纳米片(VGNs)作为导电传感材料开发出来的柔性流量传感器,具有超高的灵敏度和极低的检测频率,它可以检测0.5 Hz的极低频率。因此,此类新型技术能极大提高诊断的准确性。另外一种方法是呼吸感应体积描记法(RIP),简称胸腹带,是通过测量胸部和腹部的扩张来监测睡眠时的呼吸、由Ramírez等<sup>[28]</sup>提出的一个佩戴式呼吸监测系统,其可拉伸传感器是由单层石墨烯、超薄颗粒状钼及基于3,4-乙炔二氧噻吩:苯乙炔磺酸盐(PEDOT:PSS)的导电聚合物组成。PEDOT:PSS是可拉伸导电粘合剂,其提供了高度增强的压阻灵敏度和机械稳定性。这种结构可以检测低至0.001%的应变,拉伸性能高达86%。随着纳米材料的普及,由于其拥有较大面积比等优势,湿度敏感纳米材料已应用于呼吸监测,由Kano等<sup>[29]</sup>总结了各类由纳米材料制成的湿度纳米传感器,这类纳米传感器最短响应和恢复时间可低至8 ms。上述新型的传感器已经逐渐应用在各类家用睡眠监测设备中,甚至运用在医疗机构中的部分医疗产品中。虽然此类传感器的敏感性、反应性很高,但是存在以下问题:(1)由于传感器信号由呼吸空气与环境空气的湿度差决定,容易受环境的影响;(2)仍不能定量测量呼吸空气的量。

## 1.5 腿部贴片系统监测肢体运动的家用睡眠监测技术

在标准的PSG中,用肌电(EMG)信号来监测睡眠期间的肢体运动<sup>[30]</sup>,不仅可识别患者睡眠状态,又可检测出各种睡眠障碍,包括睡眠周期性肢体运动(PLMS)、睡前足震颤(HFT)等。由MC10公司(美国马萨诸塞州)推出一款名为BioStampRC®健康监测系统,是一种无线、灵活的粘合贴片式设备,其通过过滤1-45 Hz范围以外的肌电干扰信号,然后矫正滤波信号的绝对值,把所有振幅都变为正,最后通过包络函数算法计算<sup>[31]</sup>。目前该产品已在市场上发售,但也存在一定的局限性:第一,目前研究关于传感器的粘合剂的临床因素,如身体习惯、药物、神经状况和汗液,这类因素可能影响到测量结果;第二,在家庭情况下无专业人员能否进行监督;第三,关于传感器放置的位置可能会影响结果准确性。相信此产品通过迭代的升级,未来不仅可用于监测睡眠呼吸障碍疾病,也可用于神经病学等方面提供临床诊断依据。

## 2 非穿戴式家用睡眠监测技术

非穿戴式家用睡眠监测技术减轻使用者在监测中的不适感,降低设备对使用者的干扰,提高监测结果准确性,对于危重患者、婴幼儿及不适合穿戴设备的人群优势显著<sup>[32-33]</sup>。

### 2.1 基于雷达的家用睡眠监测技术

最早的生物雷达技术是用于人体生命监测,近些年来由于生物雷达技术具有非侵入性、舒适性高、不易干扰、成本低等优点,越发越受人们的关注<sup>[34]</sup>。由Wei等<sup>[35]</sup>提出的一种称为超宽带生物雷达(UWB)的新型非接触方法,主要由雷达发射主机以及用于监测血氧饱和度的手环构成。经对比验证,UWB在睡眠呼吸暂停低通气指数(AHI)、氧减指数(ODI)、最低血氧饱和度(minSaO<sub>2</sub>)和平均血氧饱和度(meanSaO<sub>2</sub>)方面与PSG监测结果高度一致。Zhou等<sup>[36]</sup>也证实了UWB相对于PSG,使用者更容易接受,且检测出不同AHI的严重程度的特异性与灵敏性与PSG高度一致性。该技术已能满足OSA监测及家庭监测的能力,缺点是缺乏监测脑电图的传感器,取而代之根据监测胸腹运动间接评估与呼吸努力相关的觉醒,其相关性有待探究。

### 2.2 基于热成像的家用睡眠监测技术

由Jakkaew等<sup>[37]</sup>提出基于热成像的非接触式呼吸监测和肢体运动检测。其使用计算方法是采用温度检测和呼吸运动检测相结合的自动计算感兴趣区域

(Automatic Region-of-Interest, ROI)。监测的呼吸运动与胸腹带获取参数具有高度的一致性。此方法可降低佩戴设备对睡眠的干扰因素,适合筛查睡眠的不规则呼吸障碍,也能通过监测肢体运动诊断出PLMS。其优点在于使用者自然睡眠环境中不受睡眠姿势、黑暗环境和毯子覆盖的限制,更重要的是不需要面部标志的可见性,局限性是对于室内温度的变化、被褥、毯子的类型、使用者的夜间出汗可能会影响到结果。目前该技术尚未普及消费市场,但为非接触性家用睡眠监测方案提供新思路。

### 2.3 睡眠数据平台管理技术

由于各地区的医疗资源分配不均,专业人员严重不足,且数据极其庞大,使得数据的管理及科研统计极为不便。越来越多的睡眠中心开始搭建基于云平台的睡眠呼吸监测系统,这方面我国走在世界科技的前沿<sup>[38-39]</sup>。由张萍淑等<sup>[40]</sup>团队与北京博实联创科技有限责任公司共同研制的睡眠健康云平台智能监测分析系统,为用户提供优质的睡眠障碍诊疗方案。此系统可为资料匮乏的地区提供同等优质的睡眠数据管理,我们可以期待这项技术在未来拥有一个良好的发展前景。

## 3 展望

随着市场的不断反馈,穿戴式家用睡眠监测技术发展呈多元化、智能化,并且更加重视人体工程设计与用户的体验,而非穿戴睡眠监测技术鉴于其无感性、无干扰,能还原最真实的睡眠场景而广受备注。但是目前家用睡眠监测技术仍存在各类问题,如脑电类睡眠监测设备的使用者依从性差,非穿戴式设备的热成像监测数据单一,如何快速、有效及准确地检测出相关数据已成为目前睡眠监测技术发展的主流方向。当前的穿戴家用睡眠监测技术与非穿戴家用睡眠监测技术都有各自的局限性,若将两者优势结合,既能保证使用者的舒适性,也能保证结果的准确性。同时结合睡眠数据平台管理技术,使得资源得到合理分配。随着市场的需求日益增大,睡眠监测技术未来将具有极大的发展潜力及应用价值。

## 参考文献:

- [1]GOTTLIEB D J, PUNJABI N M. Diagnosis and management of obstructive sleep apnea: A review[J]. JAMA, 2020, 323(14): 1389.
- [2]LEE J J, SUNDAR K M. Evaluation and management of adults with obstructive sleep apnea syndrome[J]. Lung, 2021, 199(2):



- 87-101.
- [3] YEGHIAZARIANS Y, JNEID H, TIETJENS J R, et al. Obstructive sleep apnea and cardiovascular disease: A scientific statement from the american heart association[J]. *Circulation*, 2021, 144(3): e56-e67.
- [4] SALMAN L A, SHULMAN R, COHEN J B. Obstructive sleep apnea, hypertension, and cardiovascular risk: Epidemiology, pathophysiology, and management[J]. *Cur Cardiol Rep*, 2020, 22(2): 6.
- [5] SCHIPPER S B J, VAN VEEN M M, ELDERS P J M, et al. Sleep disorders in people with type 2 diabetes and associated health outcomes: A review of the literature[J]. *Diabetologia*, 2021, 64(11): 2367-2377.
- [6] GAULD C, MICOULAUD-FRANCHI J. Why could sleep medicine never do without polysomnography?[J]. *J Sleep Res*, 2022, 31(4): e13541.
- [7] CHENG Y, WANG K, XU H, et al. Recent developments in sensors for wearable device applications[J]. *Anal Bioanal Chem*, 2021, 413(24): 6037-6057.
- [8] GOLDSTEIN C. Current and future roles of consumer sleep technologies in sleep medicine[J]. *Sleep Med Clin*, 2020, 15(3): 391-408.
- [9] SCOTT H, LACK L, LOVATO N. A systematic review of the accuracy of sleep wearable devices for estimating sleep onset[J]. *Sleep Med Rev*, 2020, 49: 101227.
- [10] ZAMBOTTI M D, CELLINI N, GOLDSTONE A, et al. Wearable sleep technology in clinical and research settings[J]. *Med Sci Sports Exer*, 2019, 51(7): 1538-1557.
- [11] RENTZ L E, ULMAN H K, GALSTER S M. Deconstructing commercial wearable technology: Contributions toward accurate and free-living monitoring of sleep[J]. *Sensors(Basel)*, 2021, 21(15): 5071.
- [12] HUANG H, ZHANG J, ZHU L, et al. EEG-Based sleep staging analysis with functional connectivity[J]. *Sensors*, 2021, 21(6): 1988.
- [13] ARNAL P J, THOREY V, DEBELLEMANIERE E, et al. The Dreem Headband compared to polysomnography for electroencephalographic signal acquisition and sleep staging[J]. *Sleep*, 2020, 43(11): zsaa097.
- [14] DAVIES H J, WILLIAMS I, PETERS N S, et al. In-Ear SpO<sub>2</sub>: A tool for wearable, unobtrusive monitoring of core blood oxygen saturation[J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20(17): 4879.
- [15] SINTOTSKIY G, HINRICHS H. In-ear-EEG-a portable platform for home monitoring[J]. *J Med Eng Technol*, 2020, 44(1): 26-37.
- [16] DA SILVA SOUTO C F, PÄTZOLD W, WOLF K I, et al. Flex-printed ear-EEG sensors for adequate sleep staging at home[J]. *Front Digit Health*, 2021, 3: 688122.
- [17] SHINAR Z, AKSELROD S, DAGAN Y, et al. Autonomic changes during wake-sleep transition: A heart rate variability based approach[J]. *Auton Neurosc*, 2006, 130(1-2): 17-27.
- [18] ROMERO D, JANE R. Relationship between sleep stages and HRV response in obstructive sleep apnea patients[A]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2021: 5535-5538.
- [19] YOON H, HWANG S H, CHOI S H, et al. Wakefulness evaluation during sleep for healthy subjects and OSA patients using a patch-type device[J]. *Computer Methods Programs in Biomed*, 2018, 155: 127-138.
- [20] ZHANG H S, TIAN L, LU H Y, et al. A wearable 12-lead ECG acquisition system with fabric electrodes[A]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2017: 4439-4442.
- [21] WÓJCIKOWSKI M, PANKIEWICZ B. Photoplethysmographic time-domain heart rate measurement algorithm for resource-constrained wearable devices and its implementation[J]. *Sensors(Basel)*, 2020, 20(6): 1783.
- [22] ALQUDAH A M, QANANWAH Q, M.K DAGAMSEH A, et al. Multiple time and spectral analysis techniques for comparing the photoplethysmography to piezoelectricplethysmography with electrocardiography[J]. *Med Hypotheses*, 2020, 143: 109870.
- [23] BIANCHI M T. Sleep devices: Wearables and nearables, informational and interventional, consumer and clinical[J]. *Metabolism*, 2018, 84: 99-108.
- [24] KÖRKÜYÜ E, DÜZLÜ M, KARAMERT R, et al. The efficacy of Watch PAT in obstructive sleep apnea syndrome diagnosis[J]. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2015, 272(1): 111-116.
- [25] PILLAR G, BERALL M, BERRY R, et al. Detecting central sleep apnea in adult patients using WatchPAT- a multicenter validation study[J]. *Sleep Breath*, 2020, 24(1): 387-398.
- [26] PUNJABI N M. The Epidemiology of adult obstructive sleep apnea[J]. *Proc Am Thorac Soc*, 2008, 5(2): 136-143.
- [27] MOSHIZI S A, ABEDI A, SANAEPPUR M, et al. Polymeric piezoresistive airflow sensor to monitor respiratory patterns[J]. *J R Soc Interface*, 2021, 18 (185): 20210753.
- [28] RAMÍREZ J, RODRÍQUEZ D, URBINA A D, et al. Combining high sensitivity and dynamic range: Wearable thin-film composite strain sensors of graphene, ultrathin palladium, and pedot: PSS[J]. *ACS Appl Nano Mater*, 2019, 2(4): 2222-2229.
- [29] KANO S, JARULERTWATHANA N, MOHD-NOOR S, et al. Respiratory monitoring by ultrafast humidity sensors with nanomaterials: A review[J]. *Sensors (Basel)*, 2022, 22(3): 1251.
- [30] JAFARI B, MOHSENIN V. Polysomnography[J]. *Clin Chest Med*, 2010, 31(2): 287-297.
- [31] JORTBERG E, SILVA I, BHATKAR V, et al. A novel adhesive biosensor system for detecting respiration, cardiac, and limb movement signals during sleep: Validation with

- polysomnography[J]. Nat Sci Sleep, 2018, 10: 397-408.
- [32] MASSARONI C, NICOLÒ A, LO PRESTI D, et al. Contact-based methods for measuring respiratory rate[J]. Sensors(Basel), 2019, 19(4): 908.
- [33] MAURYA L, KAUR P, CHAWLA D, et al. Non-contact breathing rate monitoring in newborns: A review[J]. Comput Biol Med, 2021, 132: 104321.
- [34] 刘怡, 房芳, 魏永祥. 生物雷达技术在阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征中的应用及研究进展[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 56(4): 404-408.
- [35] WEI Z, XU J, LI W, et al. Evaluation of a non-contact ultra-wideband bio-radar sleep monitoring device for screening of sleep breathing disease[J]. Sleep Breath, 2022, 26(2): 689-696.
- [36] ZHOU Y, SHU D, XU H D, et al. Validation of novel automatic ultra-wideband radar for sleep apnea detection[J]. J Thorac Dis, 2020, 12(4): 1286-1295.
- [37] JAKKA EW P, ONOYE T. Non-Contact respiration monitoring and body movements detection for sleep using thermal imaging[J]. Sensors(Basel), 2020, 20(21): 6307.
- [38] 黄炜峻, 易红良. OSA 诊疗中云平台应用的研究进展[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2019, 33(4): 310-312.
- [39] YI H J, SHANG S M, ZHANG Y, et al. Study on adherence to positive airway pressure treatment for patients with obstructive sleep apnea using real-world big data in a telemedicine management system[J]. Methods, 2022, 204: 92-100.
- [40] 张萍淑, 徐斌, 马倩, 等. 睡眠健康云平台智能监测分析系统的构建与评价[J]. 中国健康心理学杂志, 2022, 30(10): 1-15.

## 心率变异性的临床应用价值

陈秀婷<sup>1</sup>, 方凌燕<sup>2</sup>, 陈 灿<sup>2\*</sup> (1. 广东医科大学, 广东湛江 524000; 2. 广东医科大学附属第二医院心血管内科, 广东湛江 524003)

**摘要:** 心率变异性作为无创性评估心脏自主神经功能的指标, 其应用范围包括心肌梗死、心律失常、心力衰竭、糖尿病并发症、非心血管系统疾病。心率变异性降低提示心血管疾病预后不良, 有效应用这一指标有助于早期识别高危人群、减少心血管不良事件发生。该文综述了心率变异性的临床应用价值及其局限性。

**关键词:** 心率变异性; 自主神经系统; 临床应用

**中图分类号:** R 5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3610 (2023) 03-0348-06

### Clinical value of heart rate variability

CHEN Xiu-ting<sup>1</sup>, FANG Ling-yan<sup>2</sup>, CHEN Can<sup>2\*</sup> (1. Guangdong Medical University, Zhanjiang 524000, China; 2. Department of Cardiology, Second Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524003, China)

**Abstract:** Heart rate variability (HRV) serves as a non-invasive indicator for evaluating cardiac autonomic nervous function, and its scope of clinical applications includes myocardial infarction, arrhythmia, heart failure, diabetic complications, and non-cardiovascular diseases. The reduced HRV is suggestive of the poor prognosis for cardiovascular diseases. This indicator can be helpful in early recognition of high-risk population and decrease of cardiovascular adverse events. This article reviews the clinical applications and limitations of HRV.

**Key words:** heart rate variability; autonomic nervous system; clinical application

心率变异性(HRV)是指每次心跳周期的差异性变化, 反映心脏自主神经(ANS)对窦房结频率的控制。ANS是神经体液系统调节心脏电-机械活动的重要结构, 主要由交感神经和副交感神经组成, 正常情况下二

者间保持动态平衡, 对心输出量及局部的血流量进行无意识的调整, 响应机体不同的代谢需求。目前HRV已经成为评价自主神经功能最常用的无创方法之一。越来越多的研究表明HRV的降低与心血管疾病以及

收稿日期: 2022-10-23

作者简介: 陈秀婷(1997-), 女, 在读硕士研究生, 住院医师, E-mail: chen1219255788@163.com

通信作者: 陈 灿(1963-), 男, 博士, 主任医师, E-mail: chencan-21@163.com