

· 综 述 ·

心率变异性的研究现状与进展

周渝 曹凌云 鲁志刚 佟长青

【关键词】心率变异性；自主神经功能；心血管疾病；高原低氧

心率变异性 (heart rate variability, HRV) 是指逐次心搏期间的微小差异, 它产生于自主神经系统 (autonomic nervous system, ANS) 对心脏窦房结的调节, 即反映交感神经与迷走神经活性及其平衡协调的关系。临床上, 应用 HRV 判断正常人的自主神经活动、心血管疾病患者和某些非心血管疾病患者中的作用进行了广泛的研究。本文旨在综述心率变异性的影响因素及心率变异性的改变对心血管疾病的意义和对自主神经功能的评价。

1 HRV的分析方法

现今HRV分析方法分为线性分析法和非线性分析法, 前者又分为时域分析法和频域分析法。

时域分析指标 HRV的时域分析是以各种统计方法定量描述心动周期的变化特征。在HRV时域分析中, 常选用正常对正常间期(R-R间期即由窦房结除极所致相邻QRS波群之间的所有间期)的变化来表示心率的变异性, 常用指标包括: ①标准差(SDNN): 测量瞬时刺激后数分钟内最大R-R间期与最小R-R间期之差, 用于评估心率总体的变化大小, 单位为ms; ②均值标准差(SDANN): 将全部记录的R-R间期按记录的时间顺序每5 min为1个时间段, 连续地划分若干时间段, 先计算每分钟时间段内R-R间期的平均值, 再计算这若干个平均值的标准差, 单位为ms, 用于评估心率变化中长期慢变化成分; ③RMSSD: 全程相邻R-R间期之差的均方根, 单位为ms, 用于反映快变化成分的大小; ④HRV三角指数: R-R间期的总个数除以R-R间期直方图的高度, 用于评估心率总体变化的大小; ⑤PNN50: 相邻R-R间期相差>50 ms的个数占总心跳次数的百分比。描述心动周期的逐搏变异, 是HRV中快速变化的成分。

频域分析指标 对心电信号经傅利叶变换可得频谱图, 一般将频谱分为: 低频功率(LF) (0.04~0.15 Hz) 和高频功率(HF) (0.15~0.40 Hz)、极低频功率(VLF)、超低频功率(ULF)

四种: ①总功率(TP): 频率范围0.00~0.40 Hz, 代表24 h内HRV的总和; ②高频功率(HF): 频率范围0.15~0.40 Hz, 它反映迷走神经调节功能, 与呼吸性心率不齐有关; ③低频功率: 频率范围0.04~0.15 Hz, 与压力感受器反射系统的活动有关, 反映交感神经和迷走神经的复合调节功能, 某些情况下可反映交感神经系统张力; ④极低频功率: 频率范围0.0033~0.04 Hz, 与外周血管舒缩及肾素-血管紧张素系统活动有关; ⑤超低频功率: 频率范围 ≤ 0.0033 Hz, 可反映人的昼夜周期节律和神经内分泌节律的影响; ⑥LF/HF: 反映交感神经和迷走神经的均衡性。

分线性分析指标 ①分形维数(FD) 吸引子的关联维分形维数表示一个集合的代表点在空间充填的性质。FD能较好地反映心脏激动的复杂度和受控程度, 并能较敏感地反映心脏的储备功能。Iruzun研究关联维的关联积分方法可以清楚地揭示出健康人和室性早搏患者的心脏混沌特性, 并使用关联维 3.40 ± 0.50 和 5.00 ± 0.80 分别区分两类对象。②复杂性测度, HRV序列的复杂性表现了ECC信号R-R间期序列的随机程度, 反映了决定这段ECC序列的信息量的大小, 表现了心脏受交感神经和迷走神经相互调节的有序程度^[1]。

2 运动训练对HRV和ADS的影响

大量研究表明运动训练能提高人体的心率变异性, 而促使HRV产生变化主要运动因素是运动量、运动强度及训练时间。HRV变化能灵敏的反映出以上三种因素变化对人体负荷量的影响。在单次或短期无氧训练为主的实验中, 交感神经功能增强比迷走神经功能增强更易出现, 表明自主神经调节过程中存在强度效应, 良好的迷走神经功能退让是人体对强度适应的调控方式之一^[2]。田开新等^[3]认为有氧耐力会使副交感神经活动增强, 而交感神经活动降低, 且原有ANS平衡转为副交感神经占优势; 无氧耐力训

基金项目: 武警医学院大学生基金 (WYD200913)

作者单位: 300162 天津, 中国人民武装警察部队医学院临床医学系1队 (周渝, 曹凌云, 鲁志刚); 生理学病理生理学教研室 (佟长青)

通信作者: 佟长青, Email: changqingting2003@yahoo.com.cn

中图分类号: R541.7 文献标识码: A 文章编号: 1673-6966(2011)02-0154-03 doi:10.3969/j.issn.1673-6966.2011.02.023

练可维持自主神经功能相对稳定。王春亚^[4]的实验证明,运动训练可改善交感神经与迷走神经的均衡性,提高了机体对运动应激的适应性。当交感神经兴奋后,迷走神经的拮抗作用亦增强。从而减少交感神经过度兴奋的可能性,因而有可能减低运动过程中发生不良心血管应激事件的危险性。另有实验证实长期剧烈的肌肉运动会引起迷走神经张力增强,对心脏交感神经和迷走神经调节的平衡能力提出更高的要求^[4]。加大强度的训练可以增加运动能力和完全的心率变异性^[5]。又有学者提出经过运动训练后,心自主神经进行调节,当达到新的活动水平(稳态)后,此时与运动性心脏重构过程相吻合。参加实验的人员心肌发生重构,导致心率降低,即心肌对迷走神经活动的敏感性增强。也就是说迷走神经活动增强和心肌对其敏感程度互为补充的结果^[6]。

3 HRV变化与心血管疾病

HRV是评价人体自主神经的一项重要指标,具有无创性、方法简单、重复性好的优点。在20世纪90年后成为临床心血管疾病研究的热点。HRV分析中SDNN主要反映的是自主神经功能整体的变化,评价自主神经受损程度;SDANN反映心率缓慢变化,评价交感神经张力的大小,当交感神经张力增高时其值降低。RMSSD、PNN50则反映心率快速变化,是评价迷走神经功能的敏感指标,当迷走神经张力降低时其值降低。大量研究表明,很多心血管疾病会伴有HRV的改变,与正常人体相比,患者的心率变异性降低,交感神经与副交感神经的调节失衡。

糖尿病 长期患糖尿病能导致机体全身动脉硬化、微血管病变及血液高凝状态。通过直接和(或)间接作用,造成植物神经功能损害,交感神经-迷走神经失衡^[7]。毛福荣等^[8]对2型糖尿病患者34例和正常对照组30例进行自主神经功能检测,并进行对比。在早期,2型糖尿病患者尚无心血管自主神经功能紊乱的临床表现,却已有心血管自主神经功能的损伤,其特点是HRV降低、交感与迷走神经对心脏调节作用的双重损害。糖尿病自主神经病变的发生发展与其高血糖、血脂紊乱、胰岛素抵抗等因素密切相关,故及早检测HRV,对早期预防糖尿病严重心血管事件有着重要意义^[9]。同时糖尿病是动脉粥样硬化性血管疾病的重要危险因素,而颈动脉内中膜增厚被认为是早期动脉粥样硬化的标志之一^[10]。高血压合并糖尿病会显著加重患者的心血管自主神经功能损害,使HRV进一步显著降低,预示心血管疾病事件发生率、死亡率增加,尤其使猝死率增加。

高血压 高血压病自主神经系统在原发性高血压发病机制中的地位一直是一个研究的热点。原发性高血压病(EH)者HRV降低可能是由于该病可使压力感受器功能受损,引起心脏自主神经调节的紊乱和HRV正常昼夜节律的消失,而压力感受器功能受损是EH者HRV改变的主要原

因,EH者HRV降低常提示其心脏自主神经功能有不同程度的损坏^[11]。孙文等^[12]研究显示,早期高血压患者以交感神经亢进改变为主,而病程大于5年者交感神经亢进不明显而以迷走神经功能改变为主,时域分析指标随病程延长有逐渐降低趋势,随高血压病程延长,心血管自主神经功能的损害日益加重。原发性高血压患者由于血压增高,特别是收缩压升高,左心室负荷明显增加,这种机械刺激可能是导致原发性高血压患者左心室心尖部早搏发生率显著增高的原因^[13]。

冠心病与心肌梗死 冠心病是由于心肌缺血及心肌电生理紊乱等因素导致心脏自主神经张力异常及均衡性失调。冠心病患者的HRV降低,与死亡率的增高成正相关。HRV降低是导致心源性猝死危险性增加的独立因素。冠心病心肌缺血时,由于心肌缺血直接影响自主神经应激功能,窦房结细胞对神经冲动刺激的敏感性降低,使机体处于应激状态,心交感神经反射活动增强,迷走神经活动减弱,交感神经与迷走神经协调平衡关系遭到破坏,迷走神经功能受损,心率变异性降低^[14]。急性心肌梗死使机体处于应激状态,交感神经反射性增强,迷走神经也受到严重损害,交感神经过度兴奋同时伴有RAA分泌增高,使心脏负荷明显增加,心脏灌注减少,组织缺氧加重,水钠潴留,心肌细胞膜受体密度下降等,导致心脏损害进一步加重,心衰程度加重^[15]。既往研究发现快速心率意味着冠状动脉粥样硬化发展的速度加快。

心律失常 HRV各项时域指标和频域指标中的LF、VLF、HF均有随着室性心律失常(VA)程度的加重而降低的趋势,相关性分析显示时域指标中的SDNN、SDANN、ASDNN、PNN50与VA程度呈弱负相关^[13]。

4 在高原低氧环境,HRV的变化及对ANS的影响

高原低氧环境对人体自主神经功能调节提出更高的要求。机体对于高原低氧环境的适应主要通过依赖呼吸循环功能的增强而实现的,如通气量增强、心率增快、心排量增加、红细胞增多等。于伊研究中,HRV时域分析指出世居藏民的各项指标明显比移居高。认为,常年居住高原的人心率偏慢,主要依靠组织适应性,循环携氧能力增强,对氧的利用更经济有效^[16]。在田开新的研究中我们了解到,急进高原初期HRV下降、ANS调节功能受到抑制,即副交感神经活动和交感神经活动均受抑制,交感神经活动相对增强,故而ANS平衡趋向交感神经相对占优势,而ANS调节能力较小者对急性高原反应(acute mountain sickness, AMS)易感性较高^[17]。隆敏研究表明,男性急进高原第2天非线性指标FD较平原显著下降,并证实急进高原第2天时HRV中时域、频域分析结果下降较大,随后ANS功能呈逐日缓慢恢复至类似平原状态^[18]。

5 现状及存在缺陷

如今,对HRV的研究方兴未艾,然而除对心梗后的预后及危险分析评价的研究较为充分外,对其它心血管疾病的应用尚有大量的工作待于完成。对于判断自主神经活动在正常人和心血管及非心血管疾病中所起的作用,HRV是一项十分有价值的手段。

心率变异性评价正常人、心血管疾病患者及在平原运动均有资料,但在高原低氧环境训练期间自主神经的功能变化未见报道。研究未涉及平原人员、平原人员训练后、急进高原、及入高原高强度训练后四方面的综合比较,无法给与正确的指导训练,以及设计出适应性的训练方案。

关于HRV反映的自主神经紧张度水平还是反映自主神经波动变化的程度,目前学术界还没有一个统一的观点,还有待于进行更深更广的研究验证。同时HRV的研究方法、分析的技术尚有待进一步改进和统一,再加上影响HRV的因素很多,诸如昼夜节律、年龄、性格、情绪、体位、日常活动、呼吸、体温、药物、早搏及房室传导阻滞的漏检都可影响结果,所以极需要改进和统一研究方法。

6 结语

HRV分析是近几年在临床发展起来的一项可重复定量评价心脏自主神经功能的无创性新方法。对于高原低氧及高强度训练的影响下,HRV对于自主神经的评价也有客观性价值。同时,临床大量事实证明,自主神经功能紊乱在心血管疾病的发生、发展及预后等方面起着非常重要的作用。对于医学研究来说,通过HRV的研究,提高对一些生理现象、疾病的病理生理机制的认识以及药物作用的了解。目前迫切的任务是在基础医学专家和生物医学工程专家们的帮助下,提高对有关HRV的认识水平,规范使用仪器和分析软件,统一选用标准,促使HRV的临床研究正常、健康地发展。在武警官兵的日常训练中,耐力训练对自主神经调节能力的影响主要取决于负荷强度,现行军体训练接近极限强度且对机体有潜在危害,所以应对部队施行规范的有氧、无氧耐力训练。探究出合理的军事训练方法,正是值得并有待于我们去研究的方向。

参考文献

- [1] 王步青,王卫东.心率变异性分析方法的研究进展.北京生物医学工程, 2007, 26(5): 551-554.
- [2] Pichot V, Busso T, Roche F, et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. Med Sci Sports Exerc, 2002, 34(10):1660.
- [3] 田开新,覃军,黄岚,等.不同强度耐力训练对新兵自主神经调节功能的影响.解放军预防医学杂志, 2007, 25(4): 242-246.
- [4] 王春亚,郝文辉,张超英.运动习惯对原发性高血压患者运动应激功能的影响.现代中西医结合杂志, 2008, 17(18): 2766-2767.
- [5] 刘亚丽,刘艳霞,余丽芝,等.心脏康复中较大强度训练对运动能力和心率变异性的影响.中国临床康复, 2003, 7(18): 2586-2586.
- [6] 刘凌,曹佩江,徐岩,等.摔跤及柔道运动员心率变异性特征.南京医科大学学报, 2007, 27(11): 1264-1266.
- [7] 白晶. 2型糖尿病合并缺血性心脏病35例心率变异性临床分析.中国医药指南, 学术版, 2009, 7(12): 162-163.
- [8] 毛福荣,何冬娟.自主神经功能检测对糖尿病早期自主神经病变的诊断价值.临床医学, 2008, 28(8): 73-74.
- [9] 曾斌,邹晓玲,李玲. 2型糖尿病人心率变异性相关因素分析.宁夏医科大学学报, 2009, 31(2): 207-208.
- [10] 龚玲,陈树春,刘月欣,等. 2型糖尿病一级亲属的心率变异性与颈动脉内中膜厚度的关系.山东医药, 2009, 49(17): 7-9.
- [11] 杜振兰.高血压病患者心率变异的变化及其与室性心律失常的相关性研究.实用心电图学杂志, 2009, 18(3): 180-182.
- [12] 孙文,陈澍,刘世明,等.高血压及合并糖尿病患者自主神经功能改变.广东医学, 2005, 26(3): 361-363.
- [13] 吕聪敏.原发性高血压合并ST-T改变者心律失常检测与心率变异性分析.中国实用神经疾病杂志, 2009, 12(14): 12-15.
- [14] 黄东.冠心病心肌缺血心率变异性分析.当代医学, 2009, 15(7): 57-57.
- [15] 陈勇,赵超美,陈世.急性心肌梗死患者心率变异性的临床观察.中国医学理论与实践, 2001, 14(3): 291-292.
- [16] 于伊,柳茵,栗淑兰,等.高原世居藏族健康成人心率及心率变异性分析.高原医学杂志, 2005, 25(2): 26-28.
- [17] 田开新,覃军,黄岚,等.急进高原自主神经功能变化与急性高原反应的关系.解放军预防医学杂志, 2008, 26(1): 9-13.
- [18] 隆敏,覃军,黄岚,等.男性青年急进高原初期心率变异性的变化及意义.第三军医大学学报, 2008, 30(9): 855-857.

(收稿日期: 2010-03-04)