

- tion, 1999, 99: 1385 ~ 1394
- 13 Kitamura H, Ohnishi Y, Okajima K, et al. Onset heart rate of microvolt - level T - wave alternans provides clinical and prognostic value in nonischemic dilated cardio myopathy. J Am Cardiol, 2002, 39: 295 ~ 300
- 14 张开滋、刘海祥、吴杰. 心电信息学. 第1版. 北京: 科学技术文献出版社, 1998. 200 ~ 219
- 15 Bloom field DM, Cohen RJ. Repolarisation alternans. In: Malik M, ed. Risk of arrhythmia and sudden death. London: BMJ Books, 2001: 256 ~ 265
- 16 郭继鸿. 心电图学. 第1版. 北京: 人民卫生出版社, 2002. 1224 ~ 1227
- 17 Nearing BD, Verrier RL. Modified moving average analysis of T - wave alternans to predict ventricular fibrillation with high accuracy. J Appl physiol, 2002, 92(2): 541
- 18 Makarov L, Komoliatova V. Microvolt T - wave alternans during Holter monitoring in children and adolescents. Annals of noninvasive electrocardiology, 2010, 2 (15): 138 ~ 144
- 19 Gunduz H, Arinc H, Karyadi M, et al. Heart rate turbulence and heart rate variability in patients with mitral valve prolapse. Euro Pace, 2006, 8(7): 515 ~ 520
- (收稿: 2010-07-28)

浅谈心率变异性分析的标准化问题

张荃方 王 蔚 陈作元 黄 霞 单信芝

【中图分类号】 R540. 41 【文献标识码】 A 【文章编号】 1008-0740(2010)19-05-0398-03

自1987年Kleiger等报道了心率变异性(HRV)降低可作为心肌梗死后猝死的预测因子以来,国内外掀起了研究HRV的高潮。大量研究结果表明:HRV分析是判断自主神经系统活动的一项有价值的指标,但由于检测方法和仪器设备的标准化问题尚未解决,导致各家研究结果难以比较和验证,有时还会导出错误的结论。为了规范HRV研究,欧洲心脏学会和北美起搏和电生理学会于1996年发布了有关HRV研究的工作指南,中国也于1997年在中华心律失常杂志发表了关于心率变异性检测与分析工作规程的建议。1998年在中华心血管病杂志上刊载了心率变异性检测临床应用的建议,以规范这一领域的研究提高整体研究水平。以下简单的介绍有关HRV分析的标准化问题,现报告如下。

1 HRV的基本概念

HRV是指心率的快慢差异性,HRV分析的概念不同于通常以每分钟为单位的平均心率差别如80次/分或120次/分。HRV是分析逐个心动周期的细微的时间变化及其规律,这种变化在体表记录的常规心电图上常难以测出,或因微小而略去不计。同时常规心电图记录时间过短无法反映整体的规律性,为此常规心电图上习惯描述的规则的窦性心律绝不等于心率没有变异或HRV降低。前者是一正常概念,而后者是一病

理情况绝不能混淆。

HRV的研究对象只是逐次心动周期的时间差别,罗列人体每次心动周期间的差别可显示出一大堆貌似无序的参数,反映了心率连续的瞬时波动。心率的波动并非偶然,而是受体内神经、体液的调控。为适应不同的生理状况或某些病理状态而作出的反应。换言之,心率的波动变异的内涵是十分丰富的。如何从心率波动这一简单现象、从一大堆无序的参数中提取分析出其中有序的规律,以说明人体的生理或病理变化是HRV分析的实质所在,也是有别于其他心电检测技术的关键。

2 HRV检测的方法学

HRV检测实际上是心动周期变异的检测,各项HRV指标的测量都是建立在NN间期(即R-R间期)测量的基础上。从方法学上可分为时域方法、频域方法及非线性(混沌)方法。

2.1 时域方法(Time Domain Methods)

可分为统计法与图解法,目前文献上所见到的时域分析的指标甚多,其中有一些意义相同且重复。有一些又是定义不明确或是计算十分繁杂。但总的说来时域分析的各种指标都是用定量的方法,对心动周期(R-R间期)的直方图或R-R间期差值的直方图的形状的描述。

2.1.1 推荐使用的HRV时域指标中,SDNN、HRV三角指数用于评估24h长程HRV总体变化的大小;SDANN反映HRV中慢变化成分;RMSSD反映HRV中快变化成分。

2.1.2 使用时域指标的注意事项

①长时程(总体)HRV分析以24h为宜;短程分析则以5min时段为宜,分析长、短程的指标不能相互取代。

②HRV三角指数的计算结果与时间单位(bins)直接相关,国际上推荐使用1/128s(7.8125ms)作为时间单位,如果时间单位不同则计算出来的三角指数不能进行比较。

③分析不同时程的HRV的结果不能直接比较。

④应该注意区分选用的指标是直接测定R-R间期的差别还是测定相邻R-R间期的差别,或是测定瞬时心率变化因为各自所得的结果不能直接比较。

2.2 频域方法(Frequency Domain Methods)

任何形状的曲线(包括瞬时心率变化趋势图)都可以分解为数目不等的不同频率、不同幅度、不同相位的正弦曲线,也就是说任何复杂的混乱的曲线都可以转换归纳成不同的正弦曲线的组合。根据各种正弦曲线的功率分布,绘制出频谱曲线,从而可揭示某些规律,这种分析方法称之为频谱或频域分析。

将心率变化曲线转变为频谱常用的方法有快速傅立叶变换法(FFT算法)和自回归分析法(AR算法)。两种算法所绘制的图形不相同,但其数量的结果是可比的。FFT算法简单运行快速;AR算法的优点是其频谱图中各频段的曲线平滑,频谱峰的中心频率容易识别,易为临床医生所接受。

关于频域分析的功率谱密度(PSD)

单位,有的采用 ms/Hz 反映 R-R 间期变异;有的采用 Beats/Hz 反映瞬间心率变化。尽管从理论上都是反映心搏活动的变化,但前者对反映各频谱变化的敏感性远远高于后者,故推荐使用 ms/Hz。

2.2.1 推荐使用的频域指标和定义

与 HRV 的时域分析不同,频率分析对短时间和长时间分析结果的意义有很大差别,5min 短程的分析应取平卧休息状态,控制好病人及环境条件,避免各种暂时影响自主神经活动的因素。诸如兴奋活动、深呼吸、吸烟、饮酒后等等,使所得出的结果各频段反映出被检查者固有的自主神经活动情况,而 24h 长程的频域分析不可能做到控制上述各种因素,因而其结果只能反映总体的综合情况。

①对 5min 的分析建议采用以下指标:5min 总功率密度(ms)、VLF(ms)。

② LF (ms)、LFnorm (nu)、HF (ms)、HFnorm (nu)、LF/HF 以上必须说明的是 LFnorm 和 HFnorm 两者分别为低频段功率与高频段功率归一化的值,其单位为(nu),其计算方法是用所测得的 LF 或 HF 功率的绝对值除以总的功率减去 VLF(极低频),再乘以 100。归一化的 LF 及 HF 值更能直接反映迷走交感神经调节的变化。

对于 24h 长程分析不宜采用 LFnorm、HFnorm 及 LF/HF 等指标而 ULF(超低频段)与时域指标 SDANN 相当,有一定的价值,可以采用。

2.2.2 频域分析的注意事项

①短程和长程分析应严格区分应根据研究内容的不同正确选用长程或短程分析,两者不能相互取代。对于用短程分析所得到的结果不能与长程所得者相比,反之亦然。

②短程分析采样过程中最好避免有早搏、漏搏等情况,不可避免时应在软件设计中设有人工编辑功能,以确认窦性心搏分类的正确性,并可选择性剔除伪差和早搏、插入 QRS 检出时漏掉的心搏。

③采用 FFT 方法的频谱分析除应提供频谱曲线及各谱段的具体数据外,应说明所分析的样本数及所使用的频谱窗(目前较多用的是 Hann Hamm-ing Triangular 等)。采用 AR 分析则应标明所使用的数学模型计算时使用的数据个

数 LF 和 HF 等频段的中心频率以及相应的测试要求。

2.2.3 频域分析和时域分析的比较

同一段短时稳定记录的心电信号,从频域分析中可以得到比时域分析更多或更准确的有关自主神经活动的信息。24h 长程 HRV 的频域和时域分析指标在很多方面是高度相关的;按具体参数来看:时域指标中的 SDNN 三角指数 TINN 与频域中的总功率相当;SDANN 与 ULF 相当;SDNNIndex 与每 5min 总功率的平均值相当;其余的 RMSSD、SDSD、PNN₅₀ 差异指数均与频域分析的 HF 所代表的意义相同。为此,除非有特别目的,采用 24h 时域分析不必要作频域分析。

2.3 非线性方法(Nonlinear Methods)

心率变异的产生肯定存在非线性现象。它取决于血流动力、电生理、体液及自主神经调控之间复杂的相互影响。应用非线性的动态方法来分析 HRV 可能取得更有价值的信息这一设想是对的,目前非线性分析方法也很多,但均涉及十分复杂的数学问题。近几年,非线性系统理论及分析方法(例如相关维算法 Lorenz 散点图、李雅普诺夫指数的应用)取得了进展,展现了在这一领域中 HRV 分析的潜在价值。不过由于缺乏临床对照比较标准,其所得结果的意义尚不明确,仍有待于深入探究和做更多的工作方能得出结论。

3 HRV 分析仪器的要求

3.1 HRV 检测分析仪器最好同时具备采用自回归分析法(AR)和傅立叶转换法(FFT)短程 HRV 频域分析的功能,并按对 HRV 频谱分析的要求打印报告。

3.2 能完成 SDNN、SDANN、RMSSD、HRV 三角指数 4 个标准的长程记录的时域指标的分析。

3.3 用于 HRV 检测和分析的数据采集和处理应按下列流程图来进行;心电图数据经数字化后进入计算机首先进行伪差的识别在 R-R 数据编辑中,识别异位搏动心搏,下一步剔除坏点(包括伪差、异位搏动等)产生 NN 间期数据。在这个阶段中,应包括有人工编辑功能、产生可靠的 NN 间期数据后可以计算时域指标,经过插值和重新采样之后进行频域分析。

3.4 对于固态的 Holter 记录器在信

号复原时其幅度和相位畸变应很小对于磁带式记录器应带有锁相的时标跟踪信号。

3.5 记录器的采样频率一般应在 250 ~ 500Hz 范围内。如果采样频率在 100 ~ 250Hz 之间时,在计算 R 波的位置时应采用抛物线插值算法以提高 NN 间期计算的精度。

3.6 对商品 HRV 分析仪器的评价 对 HRV 仪器的性能的检测评价是比较复杂的工作,欧洲心脏学会和北美起搏和电生理学会于 1996 年发布的有关 HRV 研究的工作指南附录中提出了对商品 HRV 仪器的检测方法和要求,可供参考。

4 HRV 的临床应用

4.1 HRV 的临床评价

目前 HRV 用于临床的研究范围非常广泛,包括了很多的心血管疾病乃至非心血管疾病。但迄今为止,在实践中 HRV 有肯定价值的只有两个方面。

①HRV 降低是急性心肌梗死后死亡危险的预测指标 高危患者 SDNN < 50ms,三角指数 < 15;中度危险 SDNN < 100ms,三角指数 < 20。急性心肌梗死后 HRV 的变化是一动态过程:急性心肌梗死后早期 2 ~ 3 天 HRV 均降低,但此后在数周内逐渐恢复 6 ~ 12 月后绝大多数但也不是完全恢复。至于什么时间进行 HRV 分析最具预测价值的问题,目前尚缺乏认真的研究。当前普遍接受的作为急性心肌梗死预后的预测指标应取心梗后 1 ~ 3 周的 HRV 分析;急性心肌梗死后 1 年复查 HRV 可进一步预测死亡危险。

②HRV 可用于评估患者自主神经系统损害 HRV 多数表现为所有频带功率均降低;倾斜试验时 LF 不升高提示交感神经受损或压力反射灵敏度降低;总功率异常降低而 LF/HF 比值不变;LF 的中心频率左移(其生理意义尚待研究)。对其他方面的研究如心力衰竭、高血压病、扩张性心脏病及其它有猝死倾向的心脏病等,已发现其发生或病程进展可能与自主神经失衡有关,但其具体机制尚待阐明。

4.2 HRV 的正常参数值

由于对大样本正常人群的 HRV 分析尚未进行,同时由于各国各地区医院

所采用的仪器软件及分析方法均无统一标准,所以也无法进行多中心协作研究。为此,目前不可能提供有权威性的正常值。欧美专家委员会参考了大量文献,提供了一组供参考的正常值。计算机测算 HRV 的参数值是轻而易举的,但对这些计算出来的参数的确切涵义所代表的生物系统及病理生理反应尚未完全搞清楚。严格地讲,目前有关 HRV 的生理基础、各种指标的生物相关性很大程度上还存在认识上的空白。要使 HRV 分析逐步成为一项常规临床检查方法,还需解决以下几方面的问题。

①对不同的病理状态下 HRV 下降的病理生理机制尚需进行更深层的探究。

②规范 HRV 检测仪器和分析

软件。

③确定各种方法测定的 HRV 正常值。HRV 测量标准和正常变异均较复杂虽已初步测得一些正常值,还观察到健康人 HRV 值随年龄增长而下降,但还需进行更大样本研究以获得稳定的正常值。

④设计和建立有关的 HRV 心电图数据库(例如经过临床证实的心肌梗死数据库)通过数据库来客观评估 HRV 的价值和建立相应疾病的诊断参数,并且对各种方法进行比较研究,包括改进和优化不同的技术方法。

随着 HRV 研究的规范化和标准化,在此基础上临床医生、基础医学研究人员和生物医学工程人员密切合作,进行

多中心协作研究,才能促使 HRV 研究的深入健康发展^[1,2]。

HRV 分析是一种无创的反映自主神经对心脏和血管调节动态平衡的检查方法之一。在心血管疾病研究中,HRV 展示出广泛的应用前景。但影响 HRV 的因素很多,如年龄、运动、体位变化、呼吸、药物都可以影响其结果。因此,HRV 的分析技术有待进一步改进和统一。

参考文献

- 1 中华心血管病杂志编委会心率变异性对策专题组. 心率变异性检测临床应用的建议. 中华心血管病杂志, 1998, 26: 252
- 2 Barron HV, Lesh MD, San Francisco F. et al. Autonomic nervous system and sudden cardiac death, J Am Carhol, 1996, 27: 1053
(收稿: 2010-08-23)

· 病例分析 ·

不完全性房内阻滞中的韦登斯基现象 1 例

贾永章 卢扬辉 张云

【中图分类号】 R541.7 【文献标识码】 A 【文章编号】 1008-0740(2010)19-05-0400-01

患者男性, 65 岁。反复胸骨后压榨性疼痛, 以劳累后为甚, 加重 2d 入院。查体: 血压 158/83mmHg, 心率 74 次/分, 心律不齐, 第一心音减弱, 心脏超声及 X 胸片未见心脏肥大。临床诊断: 冠心病, 不稳定型心绞痛。入院行动态心电图(图 1)示: 为 MV₅ 连续记录, P-P 间距规律出现, QRS-T 波时

限、形态正常, 前 5 个 P 波顶端有切迹, 第 6、7 个 P 波提前出现, 重叠在前一 T 波之中, 使 T 波形态发生改变, 其后代偿不完全, 成对房性早搏后出现 3 个形态和时限正常的窦性 P 波, 以后 P₁₁~P₁₃ 又出现伴有切迹的 P 波, 呈不完全性心内阻滞韦登斯基现象。

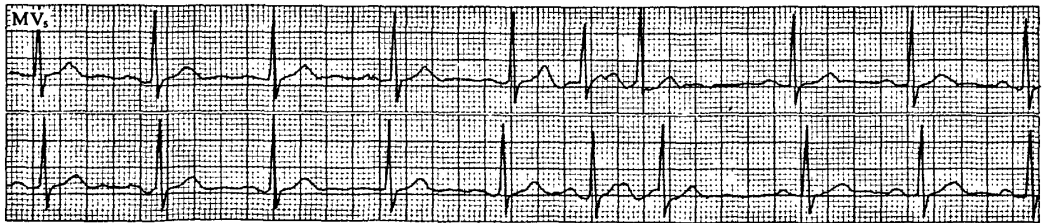


图 1 不完全性房内阻滞中的韦登斯基现象

讨论 心肌细胞的传导性或自律性处于抑制状态中, 可通过不同的机制使其抑制状态得到暂时性的改善, 这种现象称韦登斯基现象。它常用于解释房室阻滞。随着心电生理的进展, 可用于解释束支阻滞和房内阻滞的特殊现象。

正常的窦性激动经三条结间束下传, 其中任何一条或多条的病损均可引起传导延缓或阻滞, 出现 P 波形态异常。房内阻滞大多见于器质性心脏病, 如冠心病、风湿性心脏病、肺源性心脏病、病态窦房结综合征等, 其出现提示心房内广泛

的病变, 病理基础常为房内结间束变性, 纤维化或供血不足。韦登斯基效应则是当阻滞区受到强刺激作用后, 应激阈值降低, 使紧随在强刺激后原来不能下传的激动可以通过阻滞区。本文韦登斯基现象的异位刺激为房性搏动, 可能为房性早搏逆传的强刺激使结间束的传导障碍得以改善。致随后的数个窦性激动顺利通过原有的房间束阻滞区, 产生正常的窦性 P 波。房性早搏前后的 P-P 间距相等, 故可排除位相性房内阻滞。

(收稿: 2010-06-17)