

心率变异性 *****

*****测量标准,生理释义与临床应用(一)

Measurement standard Physiological Interpretation and
Clinical Application of Heart-rate Variability

北京红十字朝阳医院心脏中心 (北京 100020) 胡大一 郭成军 李瑞杰

The Heart Centre of the Beijing Red Cross Chaoyang Hospital

Hu Dayi, Guo Chengjun, Li Ruijie

1 引言

过去 20 年的研究,认定自主神经系统(ANS)与心血管疾病死亡率尤其是心性猝死密切相关。实验证明,致命性心律失常的发生率与交感神经(SPS)活性增高、迷走神经(PPS)活性减低相关。这一事实推动了定量 ANS 活性指标的研究进展。

心率变异性(HRV)分析是定量 ANS 活性最有希望的指标之一。HRV 的相对易测性使其应用广为流行。今天,许多商品化仪器可自动测量 HRV,为心脏病学工作者开展科学研究和临床试验提供了貌似简单的工具。然而,测量 HRV 的意义与其原理的复杂程度远超出通常的想象。使用不当常会导致错误结论或无根据的过头推论。

有鉴于此,欧洲心脏病协会(European Society of Cardiology)与北美起搏与电生理协会(North American Society of Pacing and Electrophysiology)联手组成了标准化专题工作队(Task Force),以便规范名称、定义术语、确定测量的标准方法,并与生理和病理学相关联,描述当前恰当的临床应用,确立将来研究的领域。为达此目的,专题工作队抽用了该领域内的数学、工程、生

理和临床专家。所报告的标准和提案不拟成为深入发展的限制,而期望容许合理地对比结果,当场迅速释义并推动该领域的进步。

本文所针对的现象是心脏接连跳动间的间期振荡,或是接连心动间即刻心率的波动。HRV 已成为描述即刻心率和 RR 间期变动的习用术语。为描述心动接连间期的振荡,文献中也采用了其他术语,如周长变异性(cycle length variability)、心动周期变异性(heart period variability)、RR 变异性(RR variability)和 RR 间期速率图(RR interval tachogram)。这些术语更确切地强调了分析的对象事实上是心动的接连间期而不是心率。但它们尚不如 HRV 通俗,因而本文用 HRV 这一术语。

2 背景

早在 1965 年 Hon 和 Lee 已注意到胎儿宫内缺氧时心率明显变化之前先有心动间期的交替变化。20 年前 Sayers 与其他学者着重研究逐次心率信号间隐藏的生理节律。70 年代 Ewing 等设计了许多短时程 RR 差值的简单床边试验,用以探测糖尿病 ANS 病变。1977 年 Wolf 等最先表明 HRV 减低与心肌梗塞后高危死亡相关。1981 年

技术介绍

Akselrod 等引用心率波动的功率谱分析作心血管系统逐次调控的定量评估。这些频域分析促进了对 RR 间期波动中自主神经背景的理解。80 年代确认了 HRV 是心肌梗塞后病死率强有力的独立预报因素, 显现了 HRV 的临床重要性。新型、数字化、高频率、多通道 24h 心电记录仪的发展, 将发挥 HRV 在揭示生理、病理机制和强化危险度分层中的潜在价值。

3 HRV 的测量

3.1 时域方法

可用多种方法评估 HRV。时域测量可能是最易实施的方法。这类方法在时间轴上测定任何一点的心率, 或者心脏正常跳动的接续间期。连续记录心电信号后, 探测每个 QRS 波群, 逐个确定正常心动间期 (NN 间期: 指所有正常窦性心搏相邻 QRS 波群的间期) 或即刻心率。可计算的简单时域变量有: 平均 NN 间期、平均心率、最长与最短 NN 间期之差、日夜心率之差等等。另一项有用的时域测量是即刻心率跟随呼吸、倾斜试验、Valsalva 动作的变动, 或用新福林后的变动。这些变量可用心率之差或周长之差表达。

3.2 统计方法

对于较长时程 (传统为 24h) 所记录的一系列即刻心率或者心动间期, 可作相对更复杂的时域统计测量, 即直接针对即刻心率或 NN 间期的测量和针对 NN 间期之差的测量。两类变量既可由分析全程心电记录所得, 也可由分析某一小节段的心电记录所算取。后一方法便于比较各类日常活动, 如休息、睡眠等的 HRV。

最易算出的变量是 NN 间期的标准差 (SDNN), 亦即方差的均方根。由于数学上方差等于频谱分析的总功率, 因而 SDNN 反应了所记时程中变异度的所有周期性变

化成份。多数研究计算 24h 的 SDNN, 既包含了短时程高频变异成份, 又具有 24h 频率最低的成份。计算的时程缩短时, SDNN 所估量成份的周长也变短。同样必须注意, HRV 的总方差随分析的时程加长而增大。由于 SDNN 的值依附于分析时程的长短, 因而在随意选取的心电记录中 SDNN 并非定义良好的统计量。实用时比较不同时程的 SDNN 是不合理的。当然应标准化 SDNN 及其他 HRV 指标的分析时程。以下将说明短程 5min 记录与长程 24h 记录是合适的选择。从监测总时程中计算的其他常用统计变量还有 SDANN 与 SDNN 指数。SDANN 为短时程平均 NN 间期的标准差, 通常是每 5min 平均 NN 间期的标准差, 它估量周期长于 5min 的心率变化成份。SDNN 指数为每 5min NN 间期标准差的平均值, 它测量周长短于 5min 的心率变化成份。

针对接连 NN 间期之差的最常用测量有 RMSSD、NN50 和 pNN50。RMSSD 为接续 NN 间期均方差值的均方根, NN50 为接续 NN 间期之差 $> 50\text{ms}$ 的间期数, pNN50 为 NN50 除以 NN 间期总数的商。所有这类短时程测量均估量心率的高频变异成份, 相互间高度相关。

3.3 几何方法

系列的 NN 间期可转换为一几何图案, 例如 NN 间期长度的抽样密度分布图、相邻 NN 间期之差的抽样密度分布图、NN 或 RR 间期的 Lorenz 图等。用简单公式表达所得几何型的几何与图形特征, 即可判定 HRV。几何方法有三项通用措施, 其一用几何型的基本测量来测评 HRV, 用测量密度直方图特定水平的宽度; 其二用有数学定义的形状来拟合几何型, 如用三角形来近似密度直方图, 或用指数曲线来近似差值直方图, 然后用这些数学形的参数测评 HRV; 其三将几何图归为几种类型, 以表达 HRV 的

技术介绍

分类,例如椭圆形、线形和三角形的 Lorenz 图。几何方法多数需将系列 RR 或 NN 间期转换为离散等级或针对离散等级做测量。离散等级既不可过细又不可过粗,并需允许构成平滑的直方图。多数经验采用约 8ms 的级栏步长,与当今商品仪器采样频率的精度匹配(精确地讲 $7.8125\text{ms} = 1/128\text{s}$)。

HRV 的三角指数(triangular index)是总密度分布(亦即所有 NN 间期总数)除以最大密度分布之值。如在离散等级上测量 NN 间期,则三角指数可近似为:NN 间期总数/众数级栏中 NN 间期数。该值依附于级栏步长,亦即依附于测量所针对离散等级的精度。因而,在对采样频率与最通用 128Hz 不同的 NN 间期作近似离散等级测量时,应注明级栏步长。NN 间期直方图的三角内插值(triangular interpolation of NN interval histogram; TINN)是近似于 NN 间期直方分布之三角形的底宽,通常用最小方差法来确定这一近似三角形。图 1 示意 HRV 的三角指数与 TINN 的测量方法。HRV 的三角指数与 TINN 表达了 24h 的总体 HRV,低频成份远比高频成份对其影响大。其他一些几何方法仍处于探索、解释阶段。

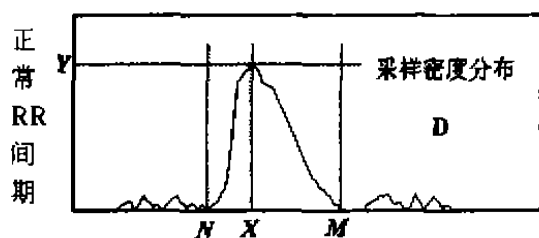


图 1 HRV 三角指数与 TINN 测量方法
图中 $Y = D(x)$ 。Y——NN 间期直方图的最大高度; x——数目最多的 NN 间期的长度; D——NN 间期直方图的抽样密度分布。

HRV 的三角指数 = (NN 间期总数) / Y
TINN = M - N。在 $t \leq N$ 和 $t \geq M$ 时, 函数 $q(t) = 0$, $q(X) = Y$, 选择积分 $\int_0^{+\infty} (D(t) - q(t)) \cdot dt$ 最小的 M 与 N。

最小的 M 与 N。

几何方法的主要优点在于分析时对 NN 间期序列的质量要求不高,但需有足量的 NN 间期方能构成几何型是其主要缺陷。目前的几何方法不适合于估量 HRV 的短时程变化,为确保正确发挥几何方法的作用,实际应用最少需 20min 的记录,24h 的记录更好。

3.4 小结与建议

HRV 的时域测量指标中,由于多数指标密切相关,推荐用下列 4 项指标作 HRV 的时域评估: (1) SDNN 用以估量总体 HRV, 单位: ms, 统计测量所有 NN 间期的标准差。(2) HRV 的三角指数用以估量总体 HRV, 几何测量 NN 间期的总数除以所有 NN 间期的直方图高度(从级栏步长 7.8125ms ($1/128\text{s}$) 的离散等级测量)。(3) SDANN 用以估量 HRV 的长时程成份, 单位: ms, 统计测量全部记录中所有 5min 时段内平均 NN 间期的标准差。(4) RMSSD 用以估量 HRV 的短时程成份, 单位: ms, 统计测量相邻 NN 间期之差平方和均值的平方根。由于 HRV 三角指数只需偶尔作心电信号的预处理,因而推荐了两项估量总体 HRV 的指标。RMSSD 的统计稳定性远较 pNN50、NN50W 为优。

估量总体 HRV 或其长时程与短时程成份的方法不能相互替代。选用的方法应适合于各自研究的目的。适合于临床实践的方法将在 HRV 的临床应用部份予以总结和推荐。应明确区分直接针对 NN 间期或即刻心率的测量与针对 NN 间期之差的测量。比较时程不同的时域测量,尤其是比较估量总体 HRV 的时域测量是不恰当的。

其他实用建议将与对 HRV 的频域分析的建议一同在记录条件中推荐。

(收稿日期: 1997-04-28)