

· 综述 ·

心率变异性

胡桃红 综述 宋育斌 朱俊 审校

R540.4

心率变异性(Heart Rate Variability HRV)分析是通过测量连续正常 P-P 间期变化的变异数,从而反映心率的变化程度。由于 P-P 间期难以准确检测,且一般情况下 P-P 间期=R-R 间期,故目前常用 R-R 间期来作为分析 HRV 的参数^[1]。一般认为心律不规则属病理表现,然而绝对规则的心律也是心脏调节机制异常的一种迹象。60 年代初,Hon 和 Lee 在产程监测中观察到,胎儿心率变化减少提示胎儿宫内窘迫。近二十年 HRV 的研究日益受到重视,已取得了不少成果。业已证实,HRV 可以作为评价心脏植物神经系统功能的一种无创性手段,HRV 是判断多种心血管疾病预防的一个相对独立性较强,且与猝死等相关性较好的指标^[1]。下面就 HRV 的生理学基础、分析方法、临床意义等作一简述。

心率变异性的生理学基础

生理状况下,心脏的节律活动受窦房结的自律性控制,而窦房结自律细胞的活动受交感神经及迷走神经的双重支配。在狗的解剖研究中发现^[2],交感神经在心外膜的表面与冠状动脉相伴而行并沿途发出分枝进入心肌,迷走神经在房室沟处进入心肌然后向心内膜发出分枝支配心肌。窦房结内迷走神经的分布要多于交感神经。支配心脏的植物神经及其递质对心肌生物电活动和电生理特性的影响,主要通过调节离子通道的通透性而实现^[3]。窦房结自律细胞对迷走神经兴奋作用的反应要明显快于对交感神经的反应,这就使得迷走神经能够基本控制心跳节律、交感神经仅起辅助控制作

用^[4]。交感迷走间的相互协调作用,维持着正常的心跳节律及心脏的正常活动。总之,HRV 的生理学基础归因于交感迷走系统,其中迷走神经对 HRV 起着主要的决定作用。所以,迷走神经功能健全时,心率变异程度大;迷走神经功能受损时,心率变异程度小^[2,4]。

心率变异性的检测方法

HRV 的检测方法近二十年进展很快。最早使用的方法较简便,它是用瞬间刺激所诱发的心率突然变化,用这一小段心电图,通过手工方法去计算 R-R 间期,再用 Valsalva 比值=最短 R-R/最长 R-R 或差值=最长 R-R-最短 R-R 来反映 HRV^[5]。随着计算机在医学领域的应用,已经实现了对连续 R-R 间期的自动计算。目前,HRV 和分析方法主要有两种—时域分析法与频域分析法。下面分别作一介绍。

一、时域分析法

运用计算机对 24 小时 Holter 记录所取的电信号 QRS 波进行逐个识别,去除非窦性 QRS 波,将心电信号数字化,再按以下指标计算 HRV 值^[1,2,4,6]。

1. 24 小时连续正常 R-R 间期的标准差(SDNN)。一般认为,SDNN<50 ms 表示 HRV 低;SDNN≥100 ms 则认为 HRV 高。

2. 24 小时内连续 5 分钟节段平均正常 R-R 间期的标准差(SDANN)。通常认为 SDANN<50 ms 表示 HRV 低,若 SDANN>100 ms 则认为 HRV 高。

3. 变异系数(CV),即 SDANN 与 R-R 间期平均数的比值。

4. 三角形指数法(The triangular index)

作者单位:1 中国医学科学院阜外医院,2 心血管病研究所内科

三角形指数法是一种比较新的时域分析法。它是在 24 h Holter 记录的基础上,按下图(图 1)描绘出一个 R-R 间期的频率分析曲线图。通过积分可得出一个近似三角形的曲线图,三角形的底边长即为 HRV⁽⁴⁾。

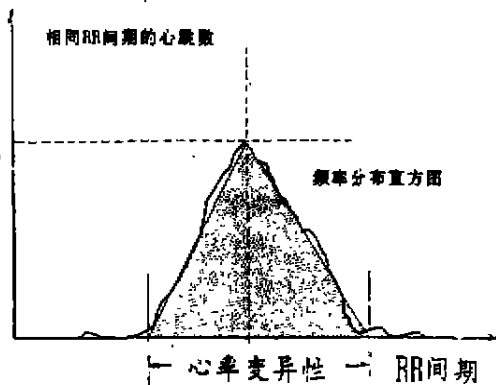


图 1 三角形指数法(The triangular index)

摘自 J Am Heart 1993;125(1):207

通过时域分析法还可得出多个 HRV 指标⁽⁷⁾:如(1) PNN₅₀,两个相邻 R-R 间期差 > 50 ms 的心跳数占所分析信息间期内心搏数的百分比,正常值为 10.25 ± 8.65 ; (2) HRV 指数所分析信息内心跳数与占的比例最大 R-R 间期的心跳数的比,正常值为 18.37 ± 2.02 ; (3) rMSSD 连续正常 R-R 间期差值的均方根,正常值为 28.11 ± 12.98 ,……等等。

自主神经调节的 HRV 呈非线性变化过程,所以最近有人⁽⁸⁾用非线性分析方法得出的 HRV 散点图(Poincaré plots)对 HRV 进行时域分析,图形的变化能反映 HRV 的变化。如正常人的 HRV 散点图呈慧星状(图 3),心衰患者的多呈复合形(图 3)。

二、频域分析法

在 24 h Holter 记录的基础上,通过计算机运用快速富立叶转换将普通心电信号的时域信息变换为多域信息,进行多指标、多变量的综合分析。一般每次分析 256 或 512 个连续正常 R-R 间期,将 R-R 间期按不同的频率特征分门别类,对心率变化的速度与幅度作频域分析,绘出心率频谱图(见图 4.5)^(1,2,3,6)。

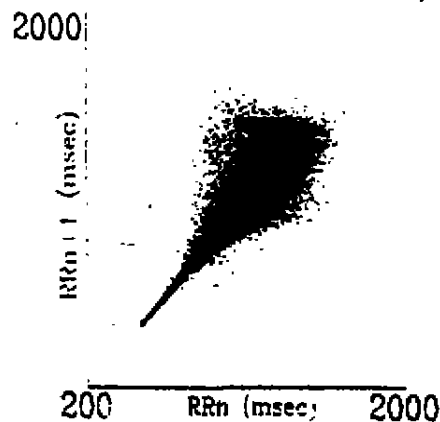


图 2 正常人 HRV 散点图

摘自 JAM Coll Cardiol. 1994;23(2):566

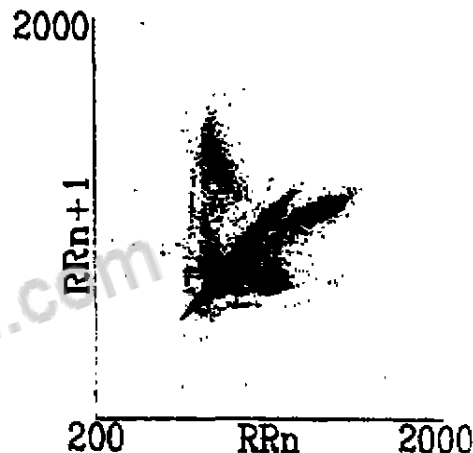


图 3 心衰病人 HRV 散点图

摘自 JAM Coll Cardiol. 1994;23(2):566

心率频谱图按频率的大小一般分为两个大的区间,低频区(<0.15 Hz)及高频区(>0.15 Hz)。有人⁽⁴⁾将低频区分为低频区及中频区,这样就形成了三个频谱区,并可出现三个频谱峰(图 4)。另外有的学者将整个频谱区分为四个区间:超低频(μ LF, <0.033 Hz);极低频(VLF, 0.0033~0.04 Hz);低频(LF, 0.04~0.15 Hz);高频(HF, 0.15~0.50 Hz)。上述四个频谱区加上总的频谱(TF)及 LF/HF 比值(正常为 3.6 ± 0.7),这样通过频率域分析总共可得出 6 个参数(图 5)。

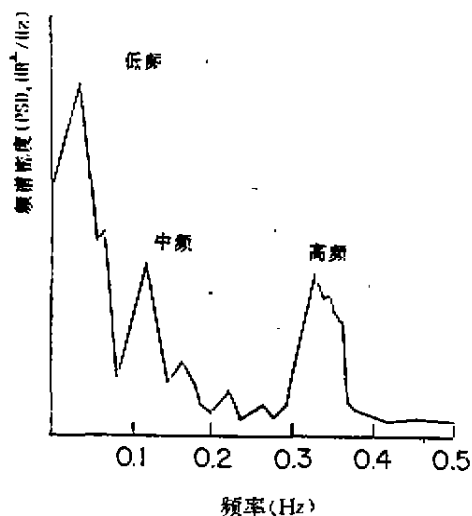


图 4 HRV 频谱图

摘自 Am Heart J, 1993;125(1):208

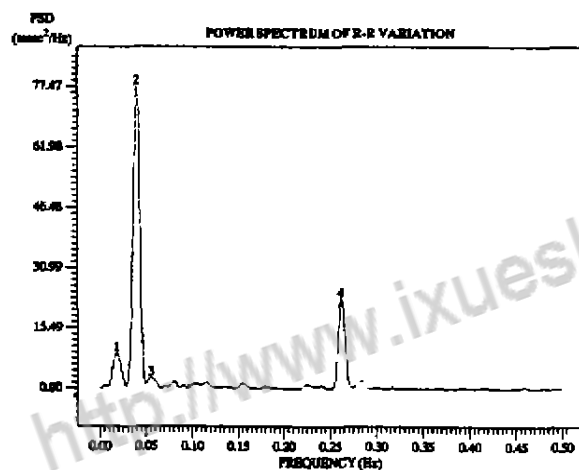


图 5 某一健康人 XXX 男 36 夜间 0:00 的心率频谱图 ULF 108.10 ms^2/Hz VLF 600.271 ms^2/Hz LF 109.478 ms^2/Hz HF 273.71 ms^2/Hz TF 1091.561 ms^2/Hz LF/HF 2.99

三、时域及频域两种分析方法的比较

时域分析法较简单,能较好地反映迷走神经的活动性,但易受交感神经不同张力不平的

影响。频域分析法更能有效地对交感神经及迷走神经的功能状况进行具体分析,但易受人为因素及非窦性心律的干扰。这两种方法虽然其数学分析的原理有些不同,但它们都是用来反映交感迷走神经功能状况的,故存在着内在的联系及一致性。一般认为^[1]: SPNN 与 V 总能谱;SDNN 与 ULF;rMSSD 与 HF;……等,它们之间表现为近乎直线关系($r=0.90$)。由于这两种方法有很好的相关性,故在一般研究中单用其中一种即可。

生理情况下的 HRV

HRV 频谱图有 3 个频谱峰,一般认为^[8,9,10]:低频峰主要反映交感神经的活动性,同时也受迷走神经及肾素—血管紧张素活性的影响;中频峰与压力感受器及血压有关;高频峰受由呼吸支配的副交感活动性的影响。健康人 HRV 有明显的昼夜变化规律,白天低频成分占优势,夜间高频成分占优势;低频成分在 24 h 内基本上保持不变,而高频成分在夜间表现为选择性增加。正常人夜间 HRV 高于白天,其峰值常出现在清晨。通常认为^[8,9,10]:低频成分反映了交感及迷走的共同作用,其中交感作用占优势;高频成分主要反映迷走神经的张力;LF/HF 主要反映交感神经的活动性。在有关 HRV 的药物试验^[11,12]中证实了上述观点,平卧位时给心得安 5 mg 静注后 30 min,发现低频成分降低 6.25%,给予阿托品 1 mg 静注后 30 min 降低 80%,这表明低频部分反映了交感与迷走的双重作用;高频部分在给予阿托品 1 mg 静注后即降低多达 96%。同样给予心得安 5 mg 静注后即刻,高频部分上升约 67%,这说明高频部分代表迷走神经的活性。从此可以看出交感—迷走平衡的改变可直接表现为 HRV 的变化。

用相关分析法发现^[12,13],随着年龄的增长 HRV 降低,即年龄与频谱面积呈负相关($r=-0.5421 \sim -0.5916, P<0.001$)。由于 HF 比 LF 降低更为显著,因此 LF/HF 比值随年龄的增长而增加。

心率与 HRV 的关系表现为^[12]: 心率(HR)与 LF 呈正相关($r=0.6267, P<0.01$); 而 HR 与 HF 无相关性($r=0.0289, P>0.05$)。

经常参加体力活动的健康人群, 其 HRV 要明显高于同年龄组的其他人群, SDNN 在白天及夜间都较高^[13]。

病理情况下的 HRV

HRV 与冠心病、心肌梗死、心性猝死、心力衰竭、高血压病、心脏移植等心血管疾病及一些非心血管疾病有明显的相关性, HRV 分析可为这些疾病的临床诊治及预后评估提供帮助。

1. 冠心病

1965 年 Schneder 和 Costiloe 首次报道了, 心梗后 HRV 明显降低。后来的研究证实性心梗时 HRV 的高频峰明显降低或消失^[7,8]。1987 年美国一心梗后多中心协作组第一次进行了大样本研究, 发现 HRV <50 ms 的患者死亡率是 HRV >50 ms 患者的 5.3 倍。Farrell 等^[14]在对心梗后心律失常事件危险性分级的研究中, 他们发现 HRV、晚电位、LVEF 及心律失常这些判断心梗预后的指标中 HRV 和晚电位意义较大, HRV 降低(<20 ms)及晚电位阳性将预示心梗后病人会出现致死性心律失常和猝死, 其敏感性为 58%, 阳性预测值为 53%, 相对危险指数为 18.5。Kjellgren 等^[3]也发现, HRV 比压力反射敏感性及心率更能预测心梗的预后, 且其相对独立性最高。心梗后 HRV 降低的病理生理机制目前尚不太清楚。在犬的试验研究中发现^[2], 心梗后 HRV 降低的原因可能是对神经纤维的直接影响, 但与心梗的部位似乎并不直接有关。

冠心病心绞痛患者 HRV 的降低与病情呈正相关, 且心梗后心绞痛病人 HRV 的减少与死亡率增加相一致^[3]。Yoshio 等^[15]在对 7 例夜间变异型心绞痛患者进行 HRV 研究时, 发现局部非特异性冠超敏感性在冠脉痉挛中起着重要的作用, 这种敏感性与植物神经系统的活性有关。夜间心绞痛发作常出现于快速的动眼睡眠相, 这是由于快速动眼睡眠相时交感神经活

动性增加, 交感—迷走平衡发生改变之故, 另外还可能与血浆纤维蛋白肽 A 水平的增加有关。

2. 心性猝死

Algra 等^[16,17]对心血管疾病患者进行 HRV 分析, 在二年的随访中 245 人发生了心性猝死(SCD)。他们发现 HRV 可作为显示 SCD 高危因素的独立指标, HRV 低(<25 ms)的患者日后出现 SCD 的机率要明显高于(约 4.1 倍)HRV 高(≥ 40 ms)的病人。Nakagawa 等^[17]对 2 例后来发生了 SCD 的患者进行了连续 HRV 监测, 结果显示 HRV 呈进行性降低。因此, 他们认为对 SCD 的高危人群经常分析 HRV 有助于预测 SCD 的发生。有人^[1]将 SCD 组($n=36$)与对照组($n=146$)的 HRV 进行对比, 发现对照组 HRV 值要显著高于 SCD 组($P<0.001$)。

3. 心力衰竭

心衰时, 自主神经对心脏的支配出现明显异常, 交感—迷走平衡发生改变^[10,18]。与健康组相比, 心衰组 HRV 明显降低, 以 HF 减少为甚, LF/HF 与 LF 无显著性变化。这些说明, 心衰时迷走神经的张力降低, 而交感神经对心脏的控制相对是完好的^[10,19]。Cosolo 等^[10]还发现心衰组 LF/HF 比值虽然没有明显的 24 h 变异, 但在白天某几个小时(7 Am~12 Am)要明显高于健康组。因此, 他们认为, 心衰时除有心脏的迷走神经功能有损害外, 交感神经的活性也有一定程度的减低, 这就如同刚移植的心脏一样, 表现为心脏的去神经作用。心衰时 HRV 发生改变的机制目前尚不清楚, 有人提出^[10], 心衰时 HRV 的降低可能与心脏儿茶酚胺贮藏减少, β -肾上腺素受体密度降低及对 β -肾上腺素刺激反应减弱有关; 还有的学者^[18]认为这可能与患者的心血管压力反射对生理刺激的反应性降低有关。

大多数学者的研究结果表明^[19,20]心衰时 HRV 的降低与心输出量、射血分数及心功能分级呈正相关, 但对此尚有不同的看法。

HRV 散点图也能清晰区分心衰患者与健康人: 心衰者的散点图有鱼雷形、扇形及复合

形;而健康人的图形为慧星形^[3]。

4. 高血压

高血压病也同样与 HRV 有关。Dussi 等^[21]发现:健康组的血压没有明显的昼夜变异性,高血压病人的夜间血压通常要低于白天;正常人 HRV 的低频成分夜间减少,而高血压患者 HRV 的低频成分昼夜没有明显的差异。陈运贞等^[12]也有相似的报道,他们发现高血压组的低频部分提高,中频部分较低。

高血压患者 HRV 发生改变的可能原因是:高血压患者交感神经的活动性往往较高,而 HRV 的 LF 主要反映的是交感神经的活动性,故高血压患者 HRV 的改变以 LF 增加为主。

5. 心脏移植等其他心血管疾病。

Follino 等^[22]在对 20 例心脏移植患者的随访中发现:心脏移植患者的 HRV 明显降低,这是由于心脏移植时切断了心脏的自律神经,这样的移植表现为去神经作用;移植后随着心脏自主神经的重新接活,HRV 逐渐增加,且在前三年增加最为明显。因此,HRV 的增加可作为心脏移植后再接活神经的一种迹象,可为判断预后提供有利的帮助^[19,22]。

有人^[23]通过观察射频消融室上速前后 HRV 的变化,发现消融后 HRV 明显降低,以后逐渐增加。消融后 HRV 改变以 LF 为主,可能与心内膜迷走神经的分布要多于交感神经有关。HRV 降低的原因可能是消融时对神经的直接损害。

心肌病等其他心血管疾病也同样会出现 HRV 的改变。

6. 非心血管疾病

陈运贞等^[12]对 9 例糖尿病患者与 26 例健康人进行了 HRV 对比分析,发现糖尿病组 HRV 显著降低($P < 0.005$),其降低的程度与糖尿病合并周围神经病变的程度相平行。

Strambi 等^[24]对 132 例睡眠呼吸暂停综合症的病人进行了 HRV 分析,他们发现:呼吸暂停后,呼吸恢复期间 HRV 的降低与交感神经张力降低有关;在呼吸暂停时若出现心率的增加可作为唤醒的指标。

尿毒症多神经病变是慢性肾衰的一主要合并症,在进行 HRV 分析时发现 HRV 明显降低,且与病情呈正相关^[19]。

结 语

目前有关心血管系统生理指标变异现象的研究已引起人们的极大兴趣,HRV 分析为我们对心血管系统自主神经功能状况的研究开辟了一条新的途径,对临床工作具有重要的指导意义。但目前还有一些尚需解决的问题,如 HRV 变化的病理基础,HRV 与病情直接相关的量化参数等。随着计算机及其软件在医学领域的开发应用,将向我们提供更有效的研究手段,因此可以相信,HRV 的研究将会展示出美好的前景。

参考文献

1. 张旭明,伍卫综述. 心率变异性的检测方法及其临床应用. 国外医学内科学分册. 1991;18(8): 388~342
2. Malik M, Camm AJ. Electrophysiology, pacing and arrhythmia: heart rate variability. Clin Cardiol. 1990;13: 370~376
3. Kjellgren O, Gomes JA. Heart rate variability and baroreflex sensitivity in myocardial infarction. Am Heart J. 1993;125(1): 204~214
4. Murakawa Y, Ajiki K, Usui M, et al. Parasympathetic activity is a major modulator of the circadian variability of heart rate in healthy subjects. Am Heart J. 1993;126: 108~114
5. Woo MA, Stevenson WG, Moser DK, et al. Complex heart rate variability and serum norepinephrine levels in patients with advanced heart failure. JACC. 1994; 23(3): 555~569
6. Malliani A, Lombardi F, Pagani M, et al. Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanisms. Br Heart J. 1994;71: 1~2
7. Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RE, et al. Correlations among time and frequency domain measures of heart period variability two weeks after acute myocardial infarction. Am J cardiol. 1992;69: 891~898
8. Lombardi F, Sandrone G, Mortara A, et al. Circadian variation of spectral indices of heart rate variability after myocardial infarction. Am Heart J. 1992;128: 1521~

- 1529
- 9 Kleiger RE, Bigger JT, Bosner MS, et al. Stability over time of variability measuring heart rate variability in normal subjects. *Am J Cardiol.* 1991;68:626~630
- 10 Cisol G, Bolli E, Fazi A, et al. Twenty-four hour spectral analysis of heart rate variability in congestive heart failure secondary to coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 1991;67(15):1154~1158
- 11 Vgibral T, Bryg RJ, Madolens MF, et al. Effects of transdermal scopolamine on heart rate variability in normal subjects. *Am J Cardiol.* 1990;65:604~608
- 12 陈运成, 雷寒, 谢钰等. 检测心脏植物神经活性的定量方法——心率功率谱分析. *中华心血管病杂志*, 1992;20(2):101~103
- 13 Marnette MD, Gregoire JM, Waterschoot P, et al. The sinus node function: normal and pathological. *Eur Heart J.* 1993;14:649~654
- 14 Furel TL, Bashir Y, Bashir Y, Cripps T, et al. Risk stratification for arrhythmic events in postinfarction patients based on heart rate variability: ambulatory electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol.* 1991;18:687~697
- 15 Yoshin H, Shimizu M, Sugihara N, et al. Assessment of autonomic nervous activity by heart rate spectral analysis in patients with variant angina. *Am Heart J.* 1993;125:324~328
- 16 Algra A, Tijssen JG, Roelandt J, et al. Heart rate variability from 24-hour electrocardiography and the 2-year risk for sudden death. *Circulation.* 1993;88:180~185
- 17 Nakagawa M, Sakawa T, Ito M, et al. Progressive reduction of heart rate variability with eventual sudden death in two patients. *Br Heart J.* 1994;71:87~88
- 18 Saul JP, Berger RD, Lilly LS, et al. Assessment of autonomic regulation in congestive heart failure by heart rate spectral analysis. *Am J Cardiol.* 1988;61:1292~1299
- 19 Malik M, Camm AJ. Heart rate variability and clinical cardiology. *Br heart J.* 1994;71:3~6
- 20 Fan I, Keeling PJ, Gill IS, et al. Analysis of heart rate variability in patients with heart failure and ventricular arrhythmias. *Abstr Europ Heart J.* 1992;13:986
- 21 Dase S, Balsano M, Guzzetti S, et al. Twenty-four hour Power spectral analysis of heart rate variability and of arterial pressure values in normotensive and hypertensive subjects. *Hypertension.* 1991;9(Suppl 5):S72~S73
- 22 Folino AF, Buja G, Mitrelli M, et al. Heart rate variability in patients with orthotopic heart transplantation: long-term follow-up. *Clin Cardiol.* 1993;16:539~542
- 23 Kocovic DZ, Harada T, Shea JB, et al. Alterations of heart rate and of heart rate variability after radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia. *Circulation.* 1993;88:1671~1681
- 24 Scrambi LF, Zucconi M, Oldani A, et al. Heart rate variability during sleep in snorers with and without obstructive sleep apnea. *Chest.* 1992;102:1021~1027

• 书 讯 •

《实用心电图诊断及图谱》第二次印刷发行

本书由甘肃庆阳地区医院、新疆医学院、新疆心血管病研究所心血管病学专家林为、华泽惠、汪师贞等编著，甘肃科技出版社出版，现已第二次印刷发行。16开本，45万字，300余幅示范心电图及40余幅示意图，系统全面叙述心电图基本理论和诊断方法，重点介绍各类心电图表现和鉴别诊断，对国内外新进展、新技术、小儿心电图及心电图综合征也专章阐述。以实用为宗旨，内容丰富新颖，条理清晰，普及与提高相结合，适合自学。图谱精选精制，说明详细，复杂心律失常用梯形图解分析，可作为临床医师、心电专业人员、医学院校、培训班的工具书和参考教材。第二次印刷时对内容作了适当地补充和修正，激光照排，胶印，封面覆膜，每册定价21元，免费挂寄，购5本以上优惠10%，10本以上优惠15%，欲购者请汇款至甘肃庆阳地区电大刘升收（邮编：745000）。



知网查重限时 7折 最高可优惠 120元

本科定稿，硕博定稿，查重结果与学校一致

立即检测

免费论文查重: <http://www.paperyy.com>

3亿免费文献下载: <http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重: http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载: <http://ppt.ixueshu.com>

阅读此文的还阅读了:

- [1. 冠状动脉狭窄与心率变异性](#)
- [2. 冠心病心率变异性与护理](#)
- [3. 运动与心率变异性](#)
- [4. 心可舒对心率变异性的影响研究](#)
- [5. 心率变异性研究进展](#)
- [6. 儿童室性早搏心率变异性特点](#)
- [7. 海军飞行学员首次单飞心率和心率变异性的变化](#)
- [8. 高血压患者心率减速力与心率变异性的关系](#)
- [9. 心率变异性引导按摩控制装置](#)
- [10. 心率变异性慢性实验研究](#)
- [11. 心率变异性的研究进展](#)
- [12. 高原缺氧对心率变异性的影响](#)
- [13. 心率变异性与民血管疾病的关系](#)
- [14. 索他洛尔对心率变异性的影响](#)
- [15. 心率变异性测定仪](#)
- [16. 运动后心率恢复和心率变异性与运动负荷相关性的研究](#)
- [17. 运动对心率变异性的影响](#)
- [18. 一种心率变异性测量仪](#)
- [19. 心率变异性研究新进展](#)
- [20. 运动对心率变异性影响的研究](#)
- [21. 心率变异性的临床分析](#)
- [22. 精神障碍的心率变异性研究进展](#)
- [23. 冠心病患者心率减速力与心率变异性的变化](#)
- [24. 小儿心率变异性的研究进展](#)
- [25. 心率变异性研究发展概况](#)

- [26. 心可舒对心率变异性的影响研究](#)
- [27. 卒中与心率变异性](#)
- [28. 惊恐障碍患者心率变异性研究](#)
- [29. 心率变异性在疼痛疾病中的应用](#)
- [30. 心率变异性的重复性研究](#)
- [31. 焦虑症患者的心率变异性研究](#)
- [32. 心率、心率变异性与麻醉](#)
- [33. 040 血压及心率变异性的预后意义](#)
- [34. 冠心病和心率变异性](#)
- [35. 神门穴真、假针刺对心率和心率变异性影响的比较研究](#)
- [36. 吸烟对心率变异性的影响](#)
- [37. 心率变异性对工作压力的评价意义](#)
- [38. 运动与心率变异性研究](#)
- [39. 精神障碍的心率变异性研究进展](#)
- [40. 心率变异性173例临床分析](#)
- [41. 刺激内关穴对心率变异性的分析](#)
- [42. 癫痫患者心率变异性的研究进展](#)
- [43. 奇妙的心率变异性](#)
- [44. 心率、心率变异性麻醉](#)
- [45. 心率和心率变异性与心力衰竭及预后的相关性](#)
- [46. 三维心率变异性](#)
- [47. 针刺神门穴对心率变异性的影响](#)
- [48. 老年人的训练和心率变异性](#)
- [49. 普罗帕酮对心率变异性的影响](#)
- [50. 心率和心率变异性与心力衰竭及预后的相关性](#)