

· 论 著 ·

## 短时程心率变异性对评估伞兵心理应激反应的价值

陈良恩, 安瑞卿, 景百胜, 张晓丽

**[摘要]** **目的** 探讨跳伞前伞兵心理应激反应对短时程心率变异性的影响, 为使用心率变异性指标评估跳伞心理应激强度提供方法和生理依据。**方法** 参加跳伞训练的伞兵 30 名, 跳伞当天佩戴飞行员飞行生理参数记录检测仪连续动态记录心电信号, 对其在驻地、机场、机上的短时程心率变异性时域参数、频域参数进行分析。**结果** 与驻地检测结果相比, 伞兵在机场和机上心率变异性时域指标 RMSSD、HRVI 和频域指标 VLF、HF、HFNU、TP 出现降低, 机上检测值显著低于驻地检测值 ( $P < 0.01$ ); 而频域指标 LFNU、LF/HF 出现升高, 机上检测值显著高于驻地检测值 ( $P < 0.01$ )。**结论** 跳伞前心理应激反应对短时程心率变异性指标有显著影响, 短时程心率变异性指标可以作为评估跳伞前心理应激水平的重要参考指标。

**[关键词]** 空降兵; 跳伞训练; 心率变异性; 心理应激

中图分类号: R395.6 文献标志码: A 文章编号: 1672-271X(2010)06-0481-03

### The value of assessing mental stress of the airborne forces by short-term heart rate variability

CHEN Liang-en, AN Rui-qing, JING Bai-sheng, ZHANG Xiao-li. Institute of Aviation Medicine, Air Force, Beijing 100142, China

**[Abstract]** **Objective** To explore the effect of mental stress on short-term heart rate variability of the airborne forces before jump and the possibility of using it as an index and physiological evidence for evaluating mental stress reaction. **Methods** Short-term heart rate variability including time domain and frequency domain parameters was analyzed in thirty airborne forces at the camp, airport, and on the plane respectively in a parachute jump day. **Results** The indices of time domain of RMSSD, HRVI and the subscripts of frequency domain of VLF, HF, HFNU, and TP on the plane were significantly lower than those of at the camp ( $P < 0.01$ ), while LFNU and LF/HF were higher ( $P < 0.01$ ). **Conclusion** The effects of mental stress on short-term heart rate variability indices were significant before the airborne forces parachuting. Short-term heart rate variability may be used as an important reference index for evaluation of mental stress.

**[Key words]** airborne force; parachuting training; heart rate variability; mental stress

空降兵跳伞危险性大, 跳伞前心理应激水平非常高, 而对跳伞心理应激的评价目前缺乏客观、便捷的方法。心率变异性 (heart rate variability, HRV) 是指正常窦性心搏之间的变异程度, 心电图上表现为连续正常 QRS 波群同期之间的变化, 由于 QRS 波群中 R 波峰较尖锐, 便于测量, 一般采用 R-R 间期的变化对 HRV 进行分析。对 HRV 较为成熟的研究方法主要有时域分析法和频域分析法两类<sup>[1]</sup>, 时域

分析法是利用统计学离散趋势分析法, 分析 R-R 的变异, 常用检测指标有正常 R-R 间期的标准差 (SDNN)、相邻 R-R 间期差值的均方根 (RMSSD)、HRV 指数 (HRVI)、平均每 5 min R-R 间期标准差的平均值 (SDNNIDX)、平均每 5 min R-R 间期标准差 (SDANN) 等。频域分析法是通过对连续 R-R 间期的变化经快速富里叶变换或自回归运算, 转变为功率谱密度, 常用的指标有极低频功率 (VLF)、低频功率 (LF)、高频功率 (HF)、标准化高频功率 (HFNU)、标准化低频功率 (LFNU)、低频功率与高频功率的比值 (LF/HF) 及 TP (总功率谱) 等。HRV 的变化是心脏交感神经和副交感神经综合调节作用的结果,

基金项目: 全军医学科研攻关课题 (08G042)

作者简介: 陈良恩 (1974-), 男, 河北景县人, 博士, 助理研究员, 从事航空医学研究

作者单位: 100142 北京, 空军航空医学研究所

心理应激事件可以影响自主神经的功能,导致 HRV 的改变<sup>[2-3]</sup>。本研究旨在观察空降兵跳伞前心理应激对短时程 HRV 指标的影响,为使用 HRV 评定跳伞心理应激强度提供方法和生理依据。

### 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 采取整群抽样,空降兵某部三个班的男性新兵 30 名,平均年龄 19 岁,均为初次参加跳伞训练。所有参加者无心血管疾病史,并在 24 h 内未服用影响自主神经系统和心血管系统的药物。

**1.2 数据采集和分析** 入选伞兵在早晨 6:00 起床后佩戴“飞行员飞行生理参数记录检测仪”(简称生参仪,空军航空医学研究所研制,北京保迈科技有限公司生产),将生参仪佩戴在胸前乳头下 2 cm 位置,心电电极位于胸 V5 导联位置,并根据个体胸围调节副带的松紧度。8:00 出发赶往机场,机场整队后坐在机场等待登机跳伞,11:00 伞兵登机,飞行 15 min 后开始跳伞,到达收伞场摘除生参仪。读取伞兵驻地出发前、机场登机前 30 min 和机上离机前 3 个时间段坐姿、安静状态下各 10 min 的心电信号。数据分析采用与生参仪配套的数据分析系统,由电脑自动分析加人工校正编辑,剔除全部异位搏动及伪差。

**1.3 统计学处理** 数据用均数 ± 标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用 SPSS13.0 数据统计分析软件对不同的指标数据进行重复测量设计资料的单因素方差分析,不同时间点之间的两两比较采用 LSD 法,以  $P < 0.05$  为显著性水平界值。

### 2 结果

**2.1 伞兵心理应激对 HRV 时域参数的影响** 如表 1 所示,与驻地检测结果相比,伞兵在机场和机上心率变异性时域指标 RMSSD、HRVI 出现降低,机上检测值显著低于驻地检测值 ( $P < 0.01$ )。SDNN、SDNNIDX 和 SDANN 值则没有明显变化。

**2.2 伞兵心理应激对 HRV 频域参数的影响** 与驻地检测结果相比,伞兵在机场和机上心率变异性频域指标 VLF、HF、HFNU、TP 出现降低,机上检测值显著低于驻地检测值 ( $P < 0.01$ );而频域指标 LFNU、LF/HF 出现升高,机上检测值显著高于驻地检测值 ( $P < 0.01$ )。见表 2。

### 3 讨论

空降兵跳伞,尤其是新兵的初次跳伞,危险性大,跳伞前心理应激水平高。对伞兵的心理调查结果显示,空降兵跳伞几天前已有焦虑、抑郁等情绪反应,随着跳伞时间的临近,紧张、恐惧情绪俱增,上飞机时和离机时感到急剧紧张恐惧的人数达到 92%<sup>[4-5]</sup>。

从生理心理学角度来看,心理应激导致生理上的变化主要反映在自主神经系统功能的改变<sup>[6]</sup>。HRV 是评价自主神经功能的重要指标,目前广泛用于生理心理学的研究,尤其用在与自主神经系统功能相关的生理心理活动中<sup>[7-8]</sup>。研究发现,应激事件发生前的几分钟,甚至十几小时前的心理反应都会导致静息状态下 HRV 的改变<sup>[9-10]</sup>。跳伞前心理应

表 1 伞兵跳伞前心率变异性时域参数的变化 ( $n = 30, \bar{x} \pm s$ )

时域指标	驻地	机场	机上	F 值	P 值
SDNN (ms)	72.27 ± 25.24	63.14 ± 25.35	62.62 ± 26.67	1.414	0.264
RMSSD (ms)	40.37 ± 18.15	21.17 ± 7.66 <sup>▲▲</sup>	13.96 ± 5.67 <sup>▲▲▲▲</sup>	22.941	0.000
HRVI	28.81 ± 8.14	26.15 ± 6.35	22.44 ± 6.27 <sup>▲▲</sup>	4.381	0.025
SDNNIDX (ms)	63.34 ± 25.93	58.53 ± 16.89	51.77 ± 14.58	1.666	0.212
SDANN (ms)	76.47 ± 68.92	58.21 ± 47.90	49.04 ± 28.31	1.360	0.277

注:与驻地比较,▲▲ $P < 0.01$ ;与机场比较,\*\*\* $P < 0.01$

表 2 伞兵跳伞前心率变异性频域参数的变化 ( $n = 30, \bar{x} \pm s$ )

频域指标	驻地	机场	机上	F 值	P 值
VLF (ms <sup>2</sup> )	556.98 ± 360.84	441.02 ± 283.69	195.14 ± 186.99 <sup>▲▲▲</sup>	9.601	0.000
LF (ms <sup>2</sup> )	446.34 ± 263.53	457.48 ± 255.24	497.32 ± 213.58	0.033	0.967
HF (ms <sup>2</sup> )	316.14 ± 260.01	83.82 ± 79.03 <sup>▲▲</sup>	69.66 ± 47.23 <sup>▲▲</sup>	10.757	0.001
LFNU (%)	59.51 ± 17.72	77.27 ± 8.13 <sup>▲▲</sup>	84.64 ± 5.93 <sup>▲▲▲</sup>	76.286	0.000
HFNU (%)	40.49 ± 17.72	22.73 ± 8.13 <sup>▲▲</sup>	15.36 ± 5.93 <sup>▲▲▲</sup>	76.286	0.000
LF/HF	2.90 ± 2.29	7.07 ± 3.92 <sup>▲▲</sup>	8.15 ± 4.59 <sup>▲▲</sup>	16.203	0.000
TP (ms <sup>2</sup> )	1316.89 ± 732.78	979.87 ± 542.07 <sup>▲</sup>	509.14 ± 363.28 <sup>▲▲</sup>	7.270	0.004

注:与驻地比较,▲ $P < 0.05$ ,▲▲ $P < 0.01$ ;与机场比较,\* $P < 0.05$ ,\*\* $P < 0.01$

激反应对 HRV 的影响目前尚未见报道。

由于整个跳伞过程伞兵大部分时间处于运动状态,HRV 受到的影响因素较多,为了减少外界因素的干扰,本研究对伞兵跳伞当天在驻地、机场和机上静息状态下的 10 min 的短时程心率变异性进行了分析。为了全面反映不同心率变异性指标的变化特点,我们同时采用了时域分析和频域分析两种方法。研究结果显示,从驻地出发到登机跳伞前,随着心理应激水平的升高,心脏交感神经活动的增强,副交感神经活动的减弱,HRV 时域和频域指标中与心脏交感神经活动的指标 LFNU 出现升高,与心脏副交感神经活动有关的指标如 RMSSD、HF、HFNU 等均出现降低,这种变化导致反映心脏交感和副交感神经平衡状态的指标 LF/HF 出现升高。同时,与总的心脏自主神经有关的指标 HRVI、TP 出现降低。SDANN 和 VLF 所代表的生理意义目前还不十分明确<sup>[11]</sup>,随着跳伞前心理应激水平的升高,也都明显降低。不同 HRV 指标对于心理应激反应的敏感性不同,可能与各指标的生理意义有关<sup>[12]</sup>。

有学者对一些应激情景的研究也显示<sup>[12-13]</sup>,心理应激程度越高,HRV 指标变化越大。卫世强等<sup>[14]</sup>对心理应激士兵同时进行 SCL-90 症状自评量表测评和 HRV 检测分析,结果发现,SCL-90 各因子变化与 HRV 各指标变化之间高度相关。综合本研究以及前人的研究结果,说明 HRV 可以作为评价跳伞心理应激强度的重要参考指标。以往对跳伞心理应激强度的评估多基于心理调查量表和血浆中应激激素的检测<sup>[4,15]</sup>,心理测试的优点是可以直接反映心理应激强度,但由于其受外界因素影响较大,主观性较强,量化的准确性差。应激激素水平可以较为真实地反映机体应激水平,但由于需要用静脉穿刺和抽血,不但实际操作较为困难,而且这种有创性试验本身也是一种应激,可能会对试验结果造成一定影响。与此相比,HRV 检测操作便捷、无创,选择其评价心理应激水平不但可以增强评价效果的准确性和客观性,而且还可以反映应激时心血管系统交感、副交感神经的活动水平,具有很强的实用性。

将 HRV 作为跳伞应激强度的评价指标,要做好具体评价指标的选择,选择的 HRV 指标既要和心理应激的敏感程度相对较高,不同个体之间的差异又要相对较小,以便于个体之间的比较,如 LF 和 HF 个体之间的差异较大,不利于个体间的比较;与之相比,LFNU 和 HFNU 则较为稳定,LFNU 和 HFNU 在不同个体或不同试验状态之间具有更好的可比性。对于短时程心率变异性分析,HRV 频域参数指标比

时域参数指标更能反映真实情况<sup>[16]</sup>,一般以频域参数指标分析为主,时域参数指标可以作为适当参考。

总之,HRV 作为一种无创性检测的定量生理指标,建立其对心理应激水平的评估方法,对准确和客观判断伞兵跳伞前心理应激程度具有重要意义。

#### 【参考文献】

- [1] Bilchick KC, Berger RD. Heart rate variability[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2006, 17(6):691-694.
- [2] Filaire E, Portier H, Massart A, et al. Effect of lecturing to 200 students on heart rate variability and alpha-amylase activity[J]. Eur J Appl Physiol, 2010, 108(5):1035-1043.
- [3] Li Z, Snieder H, Su S, et al. A longitudinal study in youth of heart rate variability at rest and in response to stress[J]. Int J Psychophysiol, 2009, 73(3):212-217.
- [4] 李敏,汪涛,李彦章,等. 跳伞应激对伞兵心理情绪的影响[J]. 中国临床康复, 2005, 9(40):36-37.
- [5] 施旺红,常耀明,皇甫恩. 跳伞训练不同阶段应激反应表现特点的研究[J]. 中国行为医学科学, 2002, 11(5):576-577.
- [6] Collet C, Averty P, Dittmar A. Autonomic nervous system and subjective ratings of strain in air-traffic control[J]. Appl Ergon, 2009, 40(1):23-32.
- [7] Nakahara H, Furuya S, Obata S, et al. Emotion-related changes in heart rate and its variability during performance and perception of music[J]. Ann N Y Acad Sci, 2009, 1169:359-362.
- [8] Licht CM, de Geus EJ, van Dyck R, et al. Association between anxiety disorders and heart rate variability in The Netherlands Study of Depression and Anxiety (NESDA) [J]. Psychosom Med, 2009, 71(5):508-518.
- [9] Spangler G. Psychological and physiological responses during an exam and their relation to personality characteristics[J]. Psychoneuroendocrinology, 1997, 22(6):423-441.
- [10] Hall M, Vasko R, Buysse D, et al. Acute stress affects heart rate variability during sleep[J]. Psychosom Med, 2004, 66(1):56-62.
- [11] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use[J]. Circulation, 1996, 93(5):1043-1065.
- [12] 刘旭峰,苗丹民,王伟,等. 不同应激情境中正常青年男性心率变异性研究[J]. 中国行为医学科学, 2002, 11(6):679-680.
- [13] Dishman RK, Nakamura Y, Garcia ME, et al. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women[J]. Int J Psychophysiol, 2000, 37(2):121-133.
- [14] 卫世强,王东平,张三林,等. 心理应激对心率变异影响的研究[J]. 实用医药杂志, 2005, 22(9):807-809.
- [15] 廖文华,刘湘,任叶慧,等. 新老伞兵跳伞后血浆肾素-血管紧张素-醛固酮变化比较[J]. 人民军医, 2005, 48(2):71-73.
- [16] Montano N, Porta A, Cogliati C, et al. Heart rate variability explored in the frequency domain: a tool to investigate the link between heart and behavior[J]. Neurosci Biobehav Rev, 2009, 33(2):71-80.

(收稿日期:2010-07-23;修回日期:2010-10-11)

(本文编辑:潘雪飞; 英文编辑:王建东)