

运动对健康年轻人变时反应和心率衰减的影响

高萱¹, 郭红¹, 廖建明¹, 郭浙斌², 邓树勋¹

(1.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006; 2.华南理工大学 体育学院, 广东 广州 510641)

摘 要: 为了研究长期运动对心脏自主神经功能的影响, 通过对 20 名体育学院男生和 17 名其他男大学生进行心肺功能测试, 观察变时反应和心率衰减在运动过程中的变化。结果显示, 运动组的变时反应指数显著高于对照组; 两组的心率衰减无显著差异。提示, 长期运动可增强心脏自主神经系统的调节能力, 特别是增强交感神经的敏感性。

关 键 词: 运动医学; 运动; 心肺功能测试; 变时反应; 心率衰减; 自主神经系统

中图分类号: G804.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2009)03-0101-04

Effects of exercising on the chronotropic response and heart rate attenuation of healthy youngsters

GAO Xuan¹, GUO Hong¹, LIAO Jian-ming¹, GUO Zhe-bin², DENG Shu-xun¹

(1.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China;

2.School of Physical Education, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: In order to study the effects of long-term exercising on the cardiac autonomic nervous system, the authors observed changes of chronotropic response and heart rate attenuation during exercising by testing the cardiac and pulmonary functions of 20 male students in a physical education institute and 17 other male college students, and revealed the following findings: the chronotropic response index of students in the exercising group is significantly higher than the same of students in the control group; there is no significant difference in heart rate attenuation between students in the two groups, which indicate that long-term exercising can boost the regulating capacity of the cardiac autonomic nervous system, especially, enhance the sensitivity of sympathetic nerve.

Key words: sports medicine; exercising; test of cardiac and pulmonary functions; chronotropic response; heart rate attenuation; autonomic nervous system

心肺功能测试(cardiopulmonary exercise test, CPET)已广泛地应用于评估运动员的心肺储备能力、运动时血流动力的适应性变化、神经生理活动的情况以及骨骼肌肉系统的代谢状况, 成为运动员选材和机能评定必不可少的工具之一。近年来, CEPT 在临床领域的新应用得到人们的关注^[1]。大量研究发现, CEPT 时的心率、氧耗及功率之间斜率的变化与心血管疾病的发病率和致死率密切相关^[2]。变时反应(chronotropic response, CR)和心率衰减(HR recovery, HRR)是通过计算运动时心率的变化来反映心脏自主调节功能的指标, 相关实验证明应用 CR 和 HRR 评价健康人群的心功能比静态指标更为有效^[3]。本实验拟通过对长期参加

运动训练的健康男青年 CR 和 HRR 的分析, 观察心脏自主神经系统因长期运动产生的适应性变化, 以期运动预防心血管疾病提供新的思路和方法。

1 实验对象与方法

1.1 受试者

在校园内募集志愿者, 通过调查运动习惯、饮食健康习惯及体检报告筛选出男性受试者 37 名。运动组为 20 名体育学院运动训练专业学生, 参加专业运动训练年限不少于 3 年, 每周专项训练时间 ≥ 6 h; 对照组为 17 名其他院系的学生, 已停止体育课程 2 年以上, 平时参加体育活动时间每周 ≤ 1 h。两组受试者均身体

健康,在实验前 3 个月内无呼吸、心血管系统疾病和传染病,不吸烟、不饮酒,且自愿参加实验。

1.2 实验仪器

德国 Cortex MetaMax 3B 运动心肺功能测试系统;韩国 Inbody 身体成分仪;荷兰 valiant 心血管测试跑台。

1.3 实验方法

受试者在测试前一晚 22:00 后禁食禁水。实验日,晨起空腹测定身高、体成分、血压、心率和卧位静息心电图^[4]。准备活动后,受试者在跑台上进行 CEPT,执行 Balke 方案^[5]。以 METs(代谢当量)表示运动负荷。鼓励受试者运动到力竭,然后以 3.2 km/h,零坡度完成 2 min 的恢复期^[6]。

1.4 数据分析与统计

1)变时反应指数的计算:

代谢储备支出:

$$[(MET_{S_{stage}} - MET_{S_{rest}}) / (MET_{S_{peak}} - MET_{S_{rest}})] \times 100$$

心率储备支出:

$$[(HR_{stage} - HR_{rest}) / (220 - age - HR_{rest})] \times 100$$

表 1 两组受试者安静时的生理指标 ($\bar{x} \pm s$)

组别	年龄	身高/cm	体重/kg	BMI/(kg·m ²)	体脂/%	收缩压 ²⁾ /mmHg	舒张压/mmHg	静息心率/(次·min ⁻¹)
对照组	23±2	170.35±2.53	55.71±6.15	21.50±4.16	15.26±4.10	112.44±4.87	62.44±11.17	75.40±8.67
运动组	23±1	175.95±5.71	65.45±6.19 ¹⁾	22.25±1.95	12.74±5.28 ¹⁾	118.44±9.79	69.40±9.24	66.70±5.71 ¹⁾

1)与对照组比较 $P < 0.05$; 2)1 mmHg≈133.32Pa

如表 2 所示,力竭时,运动组最大心率略高于对照组,但差异无显著性,运动组与对照组的最大摄氧量((3.31±0.46) L·min⁻¹与(2.65±0.67) L·min⁻¹,

变时反应指数(chronotropic response index, CRI)=心率储备支出/代谢储备支出;

当 METs_{stage} 的值取峰值时,那么代谢储备支出为 1, CRI=心率储备支出。

2)心率衰减的计算:以达到的最大心率为起点,分别计算恢复期的 60 s 末和 120 s 末的心率下降值。

3)数据统计运动组和对照组数据以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,使用 STATISTICA 统计学软件包进行显著性 t 检验。

2 结果与分析

如表 1 所示,两组受试者的年龄、身高、BMI 和卧位安静血压无显著性差别。运动组体重显著大于对照组((65.45±6.19) kg 与(55.71±6.15) kg, $P < 0.05$); 体脂百分数则显著低于对照组((12.74±5.28)%与(15.26±4.10)%, $P < 0.05$)。运动组的静息心率低于对照组,差异显著((66.70±5.71)次·min⁻¹与(75.40±8.67)次·min⁻¹, $P < 0.05$)。

$P < 0.05$)、最大呼吸熵((1.23±0.1)与(1.08±0.06), $P < 0.05$)和最大运动负荷(即 METs)((12.33±1.21)与(10.60±0.89), $P < 0.05$)比较,差异均有显著性。

表 2 两组受试者 VO_{2max} 及相关气体代谢 ($\bar{x} \pm s$) 情况

组别	最大心率/(次·min ⁻¹)	VO_{2max} /(L·min ⁻¹)	最大呼吸熵	最大运动负荷 ²⁾
对照组	175.3±9.63	2.65±0.67	1.08±0.06	10.60±0.89
运动组	176.5±10.73	3.31±0.46 ¹⁾	1.23±0.1 ¹⁾	12.33±1.21 ¹⁾

1)与对照组比较 $P < 0.05$; 2)运动负荷用代谢当量(METs)表示

如图 1 所示,在运动的开始阶段,对照组受试者达到最大摄氧量之前,两组的心率变化曲线基本重合。对照组和运动组达到最大心率的时间分别是 16 min 和 18 min。在恢复期 60 s 末两组心率急速下降,曲线几近平行,但运动组心率曲线稍陡峭。恢复期的 120 s 末心率下降速度变缓。在测试的起点和终点,运动组心率都低于对照组。

如表 3 所示,运动负荷达到最大时,运动组 CRI 显著高于对照组((1.11±0.05)与(0.95±0.06), $P < 0.05$)。运动组在恢复期 60 s 和 120 s 末的 HRR 均略高于对照组,经统计,差异无显著性。

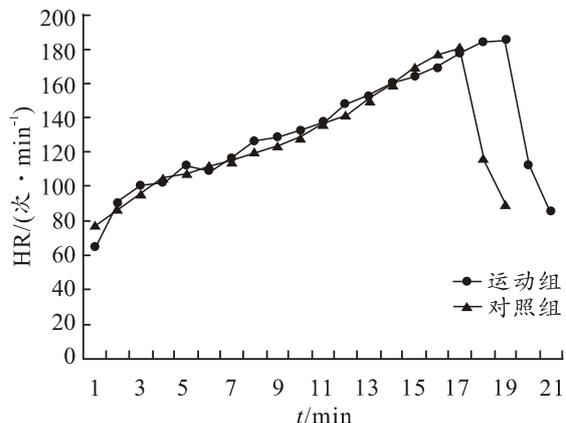


图 1 运动组与对照组在运动过程中时间-心率变化

表3 运动对CRI和60 s、120 s末HRR($\bar{x} \pm s$)的影响

组别	CRI	HRR _{60s} /(次·min ⁻¹)	HRR _{120s} /(次·min ⁻¹)
对照组	0.95 ± 0.06	61.89 ± 6.27	95.37 ± 5.69
实验组	1.11 ± 0.05 ¹⁾	66.20 ± 4.89	97.85 ± 4.71

1)与对照组比较 $P < 0.05$

3 讨论

3.1 运动对变时反应的影响

变时反应指的是运动时心率的适应性增加,当这一反应发生异常,称为变时功能不全(chronotropic incompetence, CI)。变时反应指数可以通过多种方法进行计算,但临床研究表明,运动达最大摄氧量时的心率储备支出率与心血管疾病风险的相关性最大^[7]。本实验中即用这一方法进行数据统计。运动过程中心率加快是交感神经紧张性增加和副交感神经紧张性降低造成的。临床检测发现,CR与压力感受器的敏感性降低有关,颈动脉粥样硬化症患者表现出CI和减压反射敏感性降低。另外,患颈动脉狭窄的病人在姿势变换时心率反应减弱,同样是压力感受器敏感性降低造成的^[8]。Colucci^[9]通过比较健康人与心脏病患者的心率变化,认为CI是支配窦房结的交感神经敏感性下降引起的。提示,运动组CRI显著高于对照组,可能是长期运动作为应激源不断刺激机体,引发生物负反馈作用,适应性增强交感神经敏感性,进而增大心率储备的结果。

3.2 运动对心率衰减的影响

实验结果显示,心率在运动结束至60 s末急速下降,而后下降速度变缓,这与以往国外研究结果一致^[10],但是两组的HRR_{60s}和HRR_{120s}对比差异均无显著性。药物研究证明,运动结束后心率迅速下降,不会受到运动强度或交感神经阻断剂的影响,但可被阿托品阻断,提示短时HRR可作为副交感神经输出的标志^[11]。而第二阶段心率缓慢衰减通常被认为依赖于运动负荷,是由交感神经支配逐渐减弱以及剧烈运动后应激代谢产物(包括血乳酸、肾上腺素、H⁺和Pi等)的清除引起的^[12]。实验结果提示,运动可能对迷走神经紧张性并无明显影响。运动过程中,当机体发挥出其最大能力时,副交感神经和交感神经相互协调,完成心脏节省化的适应性变化,该适应变化能力可能与年龄和机体健康状况相关,不依赖于长期的运动训练。

3.3 变时反应和心率衰减在预测心血管疾病风险中的作用

心率是监测身体机能状态的重要指标,以往人们多用静态心率指标通过函数计算来判定心血管疾病的严重程度,但安静时的心率易受噪音、灯光和温度等

因素的影响,特别是在无症状人群中,心率变异等指标并不能精确地评估心脏的状况,促使科学家不断探索和开发新的评估手段。随着对运动能力与身体健康状况紧密相关这一认识的加深,使用CEPT预测心血管疾病的方法在近十几年得到关注。极限强度和亚极限强度运动过程中的气体代谢、心率变化和血压变化与心血管疾病的相关性可为医生临床诊断提供依据,特别是经常不运动的人群,在运动过程中往往表现出比静息状态时更多的心血管系统问题^[2]。国外学者通过大量实验研究已确定CR和HRR在预测心血管疾病及发病后生存年限中的作用,并制定了一系列评判标准,例如,若CRI < 0.8,则确诊为变时功能不全,或HRR < 23次/min,就可能存在心脏疾患,需做进一步临床检查。Kizilbash等^[13]通过15年的追踪实验发现,HRR与产生心律不齐的机制相关,而CR与动脉粥样硬化的相关性较大。另有临床研究发现,副交感神经的活动与心血管疾病程度成负相关:慢性心衰的病人表现出HRR迟滞,副交感神经活动减弱^[14],提示迷走神经紧张发放减弱引发HRR的减慢,预示着死亡风险的增高。

综上所述,本实验发现长期适当的运动可增强心脏自主神经系统的调节能力,特别是增强交感神经的敏感性,可在一定程度上降低发生心血管疾病的风险。使用CRI和HRR预测心血管疾病的方法简便易操作,将CEPT结果中的数据进行简单运算即可,但这一方法在我国尚未应用于临床和科研,缺乏大规模的人群研究,需要大量的实验建立相关指标的标准。

参考文献:

- [1] ATA/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing[J]. *Respir Care Med*, 2003, 167: 211-77.
- [2] Beniaminovitz A, Mancini D M. The role of exercise-based prognosticating algorithms in the selection of patients for heart transplantation[J]. *Curr Opin Cardiol*, 1999, 4: 114-20.
- [3] Franklin B. American college of sports medicine guidelines for exercise testing and prescription[M]. 6th ed. New York, NY: Williams & Wilkins, 2000.
- [4] 冯连世,冯美云,冯炜权. 运动训练的生理生化检

测方法[M]. 北京: 人民体育出版社, 2006.

[5] Froelicher V F Jr, Thompson A J Jr, Davis G, et al. Prediction of maximal oxygen consumption. Comparison of the Bruce and Balke treadmill protocols [J]. Chest, 1975, 68: 331-336.

[6] Imai K, Sato H, Hori M, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure [J]. Coll Cardiol, 1994, 24: 1529-35.

[7] Lauer M S, Okin P M, Larson M G, et al. Impaired heart rate response to graded exercise: prognostic implications of chronotropic incompetence in the Framingham Heart Study[J]. Circulation, 1996, 93: 1520-1526.

[8] Fukuma N, Oikawa K, Aisu N, et al. Impaired baroreflex as a cause of chronotropic incompetence during exercise via autonomic mechanism in patients with heart disease[J]. Cardiol, 2004, 97: 503-508.

[9] Colucci W S, Ribeiro J P, Rocco M B, et al. Impaired chronotropic response to exercise in patients with congestive heart failure: role of postsynaptic beta-adrenergic desensitization[J]. Circulation, 1989, 80: 314-323.

[10] Dewland T A, Androne A S, Lee F A, et al. Effect

of acetylcholinesterase inhibition with pyridostigmine on cardiac parasympathetic function in sedentary adults and trained athletes[J]. Physiol Heart Circ Physiol, 2007, doi: 10.1152/ajpheart.01339, 2006.

[11] Kannankeril P J, Le F K, Kadish A H, et al. Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise[J]. Investig Med, 2004, 52: 394-401.

[12] Perini R, Orizio C, Comandè A, et al. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 1989, 58: 879-883.

[13] Mohammad Ali Kizilbash, Mercedes R Carnethon, Chan Cheeling, et al. The association of heart rate recovery immediately after exercise with coronary artery calcium: the coronary artery risk development in young adults study[J]. Clin Auton Res, 2007, 17: 46-49.

[14] Billman G E. Aerobic exercise conditioning: a non-pharmacological antiarrhythmic intervention[J]. Appl Physiol, 2002, 92: 446-454.

[编辑: 郑植友]

本 刊 启 事

尊敬的订户和作者:

您好, 近来我刊发行部接到不少来电、来函查询去年邮寄的某期杂志、发票, 给大家带来诸多不便。根据我部财务和发行制度, 对查询期刊、发票等作规范如下:

1) 当月期刊在邮寄后的3个月内查询有效, 例如: 2009年第1期是1月28日出版, 2~4月是查补期, 过时不候。

2) 当年邮寄的发票, 如丢失, 请于次年3月以前查询, 过时封账。

望各位订户和作者理解、支持。多谢!

《体育学刊》杂志社发行部

2009年3月20日