



室内空气质量对男大学生运动能力的影响

卢伟华, 陈 婧, 冯 璇, 魏 巍

摘 要: 采用 S610i 型心率遥测试仪、Berg 自觉用力程度分级表 (RPE 表, 20 级) 检测运动强度, ZG-106 二氧化碳检测仪测量室内 CO₂ 浓度, 结合根据 ASHRAE 的感觉标尺制定的问卷, 对室内空气质量做评价。选取 10 名受试者在两种不同通风条件的环境下进行等负荷运动, 以研究室内空气质量对男大学生运动能力的影响。结果显示, 在完成相同的运动负荷时, CO₂ 浓度越高, 心率越高, 实际运动负荷越大。结论: 在室内运动应充分考虑室内 CO₂ 浓度对男大学生运动能力的影响, 合理安排运动负荷, 做到科学锻炼。

关键词: CO₂ 浓度; 心率; 运动能力

中图分类号: G804.2

文献标志码: A

文章编号: 1006-1207(2013)02-0072-03

Effect of Indoor Air Quality on the Sports Ability of Male College Students

LU Wei-hua, CHEN Jing, FENG Xuan, et al

(Dept. of Physical Education in Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Polar-S610i Heart Rate Monitors and the Rating of Perceived Exertion (RPE, 20 levels) were used to monitor the exercise intensity, and ZG106 CO₂ detector to test the indoor concentration of CO₂. Together with the questionnaire accorded to the feeling scale of ASHRAE, the indoor air quality was evaluated. In order to study the effect of indoor air quality on the sports ability of male college students, ten male subjects were selected to do exercises of the same load in the different ventilation environment. The result shows that while doing the same load exercise, the higher concentration of the CO₂, the higher rate of the heart and the heavier actual load of the exercise. So the conclusion is that the effect of indoor CO₂ concentration on the sports ability of male college students should be taken into account while doing indoor exercise. The load of exercise should be arranged appropriately and scientifically.

Key words: CO₂ concentration; heart rate; sports ability

《全民健身计划纲要》的实施以来, 我国体育人口不断增加。室内健身房的兴起, 又为人们参与体育锻炼提供了条件和便利。室内健身房空气品质的好坏直接影响到室内人员的舒适感、锻炼效果和健康。

近年来, 对室内空气质量的研究已引起国内外学者的关注。室内健身房的研究发现, 室内 CO₂ 浓度会随着运动时间的增加而不断升高, 且与人均容积相关^[1, 2]。但有关室内 CO₂ 浓度过高会对人体运动能力产生何种影响的研究较少。因此, 本研究以室内 CO₂ 浓度值为重点, 研究室内空气质量对男大学生运动能力的影响。

1 对象与方法

10 名健康男大学生作为受试者, 在跑台上以 7.2 英里/h 速度进行 20 min 的等负荷运动。受试者基本情况见表 1。

表 1 受试者基本情况

Table 1 Basic Information of the Subjects

	身高/cm	体重/kg	年龄/岁	安静时心率/(次·min ⁻¹)
X	173.5	61.4	18.4	72.3
S	5.59	5.64	0.80	6.13

每人完成两次定量运动, 充分休息好后进行第二次。分别在通风情况差和良好的条件下进行 (同一室内)。室内温度均控制在 11~16℃, 相对湿度控制在 30%~60%, 氧气浓度始终保持在 20.9% (符合《公共场所卫生标准》(GB9668-1996)^[3])。

受试者运动过程中, 使用 Polar S610i 型心率遥测试仪和 Berg 自觉用力程度分级表 (RPE 表, 20 级) 监测运动强度。使用 ZG-106 二氧化碳检测仪测量室内 CO₂ 浓度, 发放根据 ASHRAE 的感觉标尺制定的室内空气质量主观评价问卷, 结合《公共场所卫生标准》(GB9668-1996)^[3]对室内空气质量进行评价。发放问卷 20 份, 收回 20 份, 有效率 100%。

2 研究结果

2.1 两种条件下的二氧化碳浓度

将在通风情况差的条件下进行的测试称为组 1, CO₂ 浓度始终在 0.14% 以上; 在通风情况良好条件下进行的测试称为组 2, CO₂ 浓度始终在 0.07% 以下。

表 2 显示的是两种条件下, 10 名受试者运动过程中二氧化碳 (CO₂) 浓度的平均值 (第 5 min、10 min、15 min、20 min)。

收稿日期: 2013-01-24

第一作者简介: 卢伟华, 男, 副教授, 主要研究方向: 运动生理学。

作者单位: 同济大学体育教学部, 上海 200092

表2 CO₂ 浓度 (%) 平均值
Table II Average Value of the CO₂ Concentration (%)

		5 min	10 min	15 min	20 min
X	组 1	0.140	0.140	0.142	0.145
	组 2	0.062	0.061	0.060	0.060
S	组 1	0.046	0.046	0.045	0.046
	组 2	0.019	0.018	0.018	0.018

2.2 两种条件下空气品质的主观评价

2.2.1 主观评价总分比较

按照 ASHRAE 的感觉标尺中各选项得分的规定, 计算问卷中室内空气品质的主观评价调查部分的总得分。共 11 题, 最佳得分为 2 分, 分数值越大, 表示对该场馆空气品质的评价越低。

由图 1 可见, 在两种通风条件下, 运动后空气品质主观评价的总分都高于运动前, 即对室内空气品质的评价均降低。且运动前后主观评价总分均存在 $P < 0.05$ 水平的显著性差异。运动前后组 2 的总分均低于组 1, 即室内人员对组 2 的空气品质评价较组 1 好, 但不存在显著性差异。

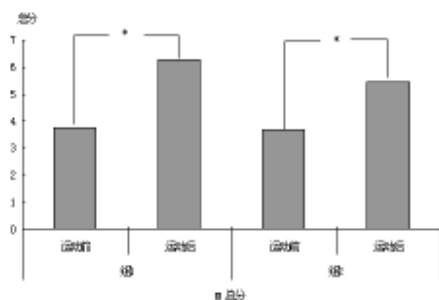


图 1 主观评价总分

Figure 1 Total Points of Subjective Evaluation

2.2.2 空气可接受率比较

分别计算两组运动前后的空气可接受率, 得到结果如图 2 所示, 组 1 运动后空气可接受率由运动前的 85% 下降到 75%, 组 2 运动前后的空气可接受率都是 90%, 高于组 1。但不存在显著性差异。

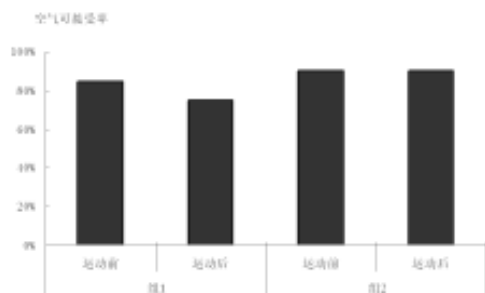


图 2 空气可接受率

Figure 2 Acceptable Rate of Air

2.3 两种条件下运动强度变化的比较

2.3.1 运动中心率变化

分别计算 10 名受试者在运动过程中每分钟的平均心率,

得到的结果如图 3 所示。

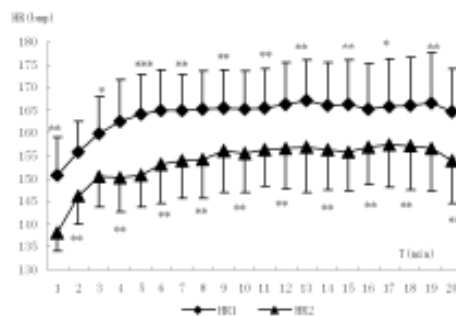


图 3 心率比较图

Figure 3 Comparison between the Heart Rates

将 10 名受试者在组 1、组 2 运动过程中的心率做配对 T 检验, 得到的结果如图 1 所示, “***”、“**”、“*” 分别表示两组在 $P < 0.001$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.05$ 水平上存在显著性差异。

由图 3 可以看出, 运动过程中组 1 的心率要远远高于组 2。且均存在不同水平的显著性。两组心率均表现出先快速上升, 后维持在一个较稳定的水平上, 且组 2 较组 1 先达到该稳定水平。分别计算两组达到稳定状态后 (即第 6~19 min) 的平均心率, 结果如表 3 所示 ($N=10$, $P < 0.001$)。

表 3 运动过程中的平均心率 (次/min)

Table III	组 1	组 2
X	165.74	155.89
S	0.63	1.22

2.3.2 运动中 RPE 变化

在运动过程中, 每 5 分钟记录 1 次受试者的主观感觉 (RPE 值), 将两个条件下, 10 名受试者的 RPE 值做平均值, 得到图 4。

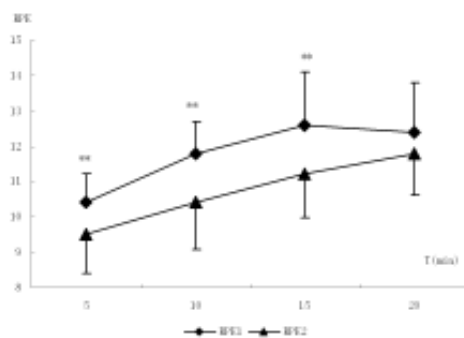


图 4 RPE 比较图

Figure 4 Comparison of RPE

由图 4 可以得到与图 3 一致的结果, 即组 1 的 RPE 值远高于组 1, 但二者之间的差异有逐渐减小的趋势。即受试者运动过程中, 主观感觉上组 2 较组 1 表现的较轻松。

渐减小的趋势。即受试者运动过程中, 主观感觉上组 2 较组 1 表现的较轻松。

2.2.3 运动后心率恢复情况

本研究, 记录了运动后 5 min 各受试者的心率恢复情



况, 计算平均值得到的结果如图5所示。由图5可以看出, 运动后两组的心率恢复也存在较大的差异, 但差异性小于运动中的心率。

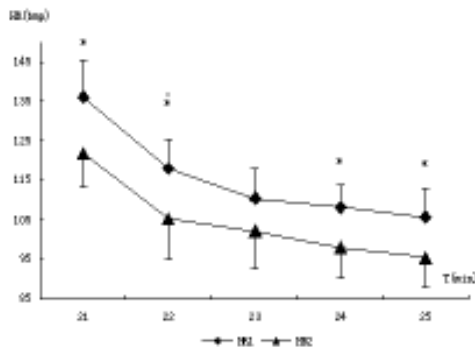


图5 运动后心率恢复情况

Figure 5 Recovery of Heart Rate after the Exercise

3 讨论与分析

舒适的健身环境、高品质的室内空气能够给人们带来愉悦的心情, 是室内健身人员健康的保障, 同时也是达到良好健身效果的必要保证。对空气品质的评价涵盖客观指标和人的主观感受两个方面的内容, 才是相对比较科学和全面的^[4]。因此, 本研究采用了根据ASHRAE感觉标尺制定主观评价与客观评价相结合的方法, 对健身房的空气品质进行评价。同时结合前人和笔者前期的研究发现: 健身房内的CO₂浓度和细菌总数随着开馆时间延长而增高, 与开馆前相比超标5.6%, 且差异有统计学意义, 对健身人群的健康造成了直接或间接的危害^[2]; 运动后女大学生RPE值变化越大, 室内CO₂浓度升高越多, 运动后空气可接受率低于运动前, 并且随着健身房内参加运动人员密度的增加, 其室内空气可接受率呈下降趋势^[5]; 在同一个场馆内CO₂浓度与参加锻炼的人数即场馆内人均面积、人均容量有相当的关系, 人均容积越小, CO₂浓度越容易超标。即室内CO₂的浓度与室内人员密度是呈正比增加的^[1]; CO₂的体积分数高于标准值, 会对长期在教室内学习的学生会造成一定的影响, 使其精神疲劳, 心理健康受到影响^[6]。综上, 室内CO₂浓度是影响人运动能力的重要因素之一, 较高浓度的CO₂将不利于人的运动, 严重者甚至危害人的健康。

CO₂是无色无味的气体, 高浓度时略带酸性。主要来源于人的呼吸和含碳物的充分燃烧。正常空气中的含量约为0.03%~0.04%。当CO₂浓度大于0.07%时, 少数敏感的人就会感觉到不良气味, 并产生不适感。当CO₂浓度大于0.15%时, 会引起呼吸困难和呼吸频率加快、减弱人体的活动能力等。研究表明^[7], 短时间接触低于0.1%的CO₂, 对机体正常的生理功能不会造成影响, 但在运动状况下则可能不同。在CO₂浓度超过0.07%的室内环境中力竭运动后, 心率和血乳酸显著上升, 且恢复较慢^[8]。激烈运动中引起的缺血、缺氧和能量的大量消耗, 使体内产生一系列的反映, 可能导致自由基大量生成^[9], 引起脂质过氧化反应加强, 随缺氧的进一步加剧, 以上反应可变得更为显著。此外, 缺氧将影响机体的内分泌系统功能, 影响下丘脑—垂体—肾上腺轴和甲状腺轴的活动水平, 使皮质醇和甲状腺激素含量发生变化^[9]。而人体

在运动过程中, 随着强度的增大, 机体为适应代谢的需求, 需要消耗更多的O₂和排出更多的CO₂, 会逐渐降低室内的O₂分压并升高CO₂等其它污染物浓度^[10]。这就要求室内环境要有较好的通风条件, 以保证室内空气的品质。

本研究中组1的通风情况较组2差, 其CO₂浓度持续在0.140% (大于0.07%) 以上, 组2通风情况良好, CO₂浓度始终小于0.07% (温湿度、氧气浓度无显著性差异)。从CO₂浓度情况来看, 组2的空气品质要优于组1。从主观问卷调查的结果看, 运动前后组2的总分评价都高于组1, 但不存在显著性差异。同时, 两组运动后的总分评价分别低于各自运动前的评价, 且存在显著性差异。即室内人员的运动会降低对空气品质的评价。另外, 运动后组1的空气可接受率降到了75%, 已低于ASHRAE O₂-1989所提出的可接受的室内空气品质应满足的80%的可接受率^[11]。

心率是指每分钟心脏搏动的次数, 有明显的个体差异。正常成人心率平均在75次/min左右。心率与年龄、性别以及生理情况等有关。在运动训练中, 常用心率来反应运动强度。心率越高, 运动强度越大^[12]。RPE则是用主观感觉来反应身体负荷强度的一种方法, 其不是对身体某一方面感觉的反映, 而是对运动中个人的适应能力水平、外界环境影响、身体疲劳情况等的整体自我感觉^[13]。

本研究中, 组1在通风条件较差的环境下, (CO₂浓度持续在0.140%以上), 虽然与组2相同负荷的运动, 但平均心率达到165.74次/min, 即82.2%的最大心率。组2通风情况良好 (CO₂浓度始终小于0.07%), 平均心率只达到155.89次/min, 即77.3%的最大心率, 要远远低于组1, 且较早达到稳定状态, 恢复也较快。从受试者的主观感受 (RPE值) 来看, 完成相同负荷的运动, 组2较组1轻松。

5 结论与建议

室内CO₂浓度的高低对男大学生运动能力有着较大的影响, 在完成相同的运动负荷时, CO₂浓度越高, 心率越高, 实际运动负荷越大。能够维持的运动时间将越短, 越难达到预定的运动效果。

因此, 在条件允许的情况下尽量在通风条件好、CO₂浓度低的环境中进行体育锻炼。在室内进行体育锻炼或体育教学时应充分考虑CO₂浓度对运动负荷的影响, 合理安排运动负荷, 做到科学锻炼。

参考文献:

- [1] 络民煌. 福州市健身馆内空气质量现状与监控对策研究[D]. 福建师范大学, 2006
- [2] 王跃. 室内健身场所空气质量及路径健身器械生物性污染的调查与研究[J]. 中国体育科技, 2004, 5 (40): 35-37
- [3] 公共场所卫生标准 GB 9668-1996
- [4] 江燕涛. 室内空气品质主观评价的影响因素分析研究[D]. 湖南大学, 2006
- [5] Weihua Lu, Xuan Feng, Wei Wei. (2011). Test and analysis on the indoor air quality of gymnasium in the university. HHBE 2011 Conf.



表8 上海队5名优秀运动员持续用力时间与反向及持弓臂三维位移

Table VIII 3D Shift of the Sustained Tension Time, Reverse Action and Bow-holding Arm of the 5 Elite Shanghai Archers

	持续用力时间	勾弦手反向	持弓手X向	持弓手Y向	持弓手Z向
朱××	1.18	1.00	0.00	2.00	1.00
	1.58	2.50	0.00	1.00	0.00
	1.38	2.00	0.00	1.00	0.00
	5.04	2.50	0.00	1.00	0.00
	3.04	0.00	0.00	0.00	0.00
	8.08	2.00	0.00	1.00	0.00
钱××	1.65	3.00	0.00	0.00	0.00
	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00
	2.01	2.00	0.00	0.00	0.00
	2.06	3.00	1.00	0.00	0.00
	7.89	3.00	0.00	1.00	0.00
	1.76	3.00	0.00	5.00	0.00
刘××	3.68	2.00	0.00	1.00	0.00
	4.19	4.00	1.00	1.00	2.00
	3.14	4.00	0.00	2.00	1.00
	3.31	4.00	0.00	2.00	1.00
	4.29	4.00	1.00	1.00	1.00
	1.51	3.00	0.00	1.00	1.00
刘××	2.11	1.00	1.00	0.00	0.00
	2.69	1.00	0.00	2.00	1.00
	6.21	2.00	1.00	2.00	1.00
	3.20	3.00	2.00	3.00	0.00
	4.47	2.00	2.00	3.00	1.00
	5.13	8.00	7.00	8.00	7.00
张××	4.39	2.00	2.00	1.00	1.00
	2.92	3.00	3.00	2.00	0.00
	4.06	2.00	2.00	1.00	2.00
	1.57	2.50	1.00	1.00	1.00
	2.39	2.00	1.00	1.00	0.00
	2.49	2.00	3.00	1.00	1.00

注: X 方向指向靶位

3.3 反向动作在优秀射箭运动员中亦具有一定普遍性, 但反向的幅度、反向的一致性程度个体差别较大, 能够有效地反映射箭运动员的技术状况. 反向动作可能受其它技术环节动作的影响, 亦可能与撒放方式、动作控制能力有关, 优化撒放方式、减小反向动作幅度, 增强动作控制能力是提高射箭技术水平的重要途径, 反向动作的机制及作用有待更深入的研究讨论。

参考文献:

- [1] H.Ertan,B.Kentel. (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting[J]. *Human Movement Science*: 37-35
- [2] Murray Elliot. (1997). Archery's reference guide (recurve) April.
- [3] 李起式. 综合射箭技术 (Total Archery) [M]. 北京: 华夏翰林出版社, 2008, 7: 31
- [4] 郭蓓, 姚颂平. 我国射箭运动训练现状的调查与分析 [J]. 中国体育科技, 2005, 5 (41)
- [5] 守龙屋一, 郭显德译. 我的射箭技术中国射击射箭, 2009, 4 : 19-20
- [6] 郭蓓. 射箭项目备战重大比赛的训练理论与方法 [M]. 黑龙江: 黑龙江科学技术出版社, 2007
- [7] 李良标, 熊开宇, 等. 射箭技术及其诊断指标 [J]. 北京体育学院学报, 1992 (4)
- [8] 李良标, 赵墨臣. 射箭技术的生物力学研究 [J]. 北京体育学院学报, 1987 (3)
- [9] 中国国家体育总局. 中国体育教练员岗位培训教材—射箭 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2001. 10
- [10] H.Ertan ect. (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting [J]. *Human Movemnet Science*, 22:37-45

(责任编辑: 何聪)

(上接第74页)

- [6] 朱卫兵, 张小彬, 陈威威. 北方地区教室内空气质量测试与分析 [J]. 暖通空调 HV&AC, 2007, 37 (5): 112-114
- [7] 李裕和, 等. 室内空气污染对运动时人体机能的影响 [J]. 广州体育学院学报, 1997, 17 (4): 20-26
- [8] 李裕和, 王玉昕, 等. 场馆空气污染对力竭运动时血皮质醇等生理生化指标及恢复期血乳酸、心率的影响 [J]. 中国运动医学杂志, 1996, (4): 314
- [9] 李爱华, 朱仲薄, 吕望山. 剧烈运动对自由基影响的实验研究 [J]. 中国运动医学杂志, 1991, (2): 79
- [10] 俞栋, 方振东, 王建, 李旭. 室内空气质量研究现状 [J]. 重庆工业高等专科学校学报, 2004, 19 (3): 14-16
- [11] Dong Yu, Zhendong Fang, Jian Wang, Xu Li. (2004). Study on indoor air quality [J]. *Journal of Chongqing Polytechnic College*,

19(3):14-16

- [12] 白玮, 龙惟定. 上海市办公楼室内空气品质的测试和分析 [J]. 建筑热能通风空调, 2004, 23 (4): 11-15
- [13] 王瑞元. 运动生理学 [M]. 北京: 人民体育出版社, 2002
- [14] 杨静宜, 徐峻华. 运动处方 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005
- [15] 滕淑清. 北方健身场馆室内气象对健康的影响 [J]. 哈尔滨体育学院学报, 2007, 96 (25): 22-26
- [16] 高歌, 陈海焱, 张明星. 室内空气品质评价 [J]. 环境科学与管理, 2006, 31 (3): 173-176
- [17] 玄克勇, 陈喜山. 室内空气品质评估方法评述 [J]. 制冷与空调, 2003, (4): 54-55

(责任编辑: 何聪)