

冠心病患者乳酸无氧阈和通气无氧阈的研究*

石晓明¹ 刘 洵^{2,3} 王一春² 蒋戈利¹ 刘文红¹ 李桂香¹ 张一兵²

在递增负荷运动中,当运动强度达到某一负荷时,氧的供需关系便发生了改变。此时,无氧代谢供能占据了主导地位,其后有较多的乳酸生成^[1]。Sjodin & Jacobs将这一血乳酸堆积的开始称为乳酸无氧阈^[2]。在运动的开始阶段,通气量的增加与摄氧量和心率的增加呈线性函数关系,直至达到50%—70%最大摄氧量或60%—80%最大心率,之后通气量呈指数型增加。通气量的这一“转折点”被称为通气无氧阈^[3]。乳酸无氧阈和通气无氧阈与运动负荷的关系在冠心病患者身上还缺少建立。然而,如果无氧阈这一生理学参数能被应用到心脏康复环境中,那么对于确定适宜运动区域以避免过多的无氧代谢参与,我们将能提供出一个有价值的参考指标。因此,本研究对冠心病患者在递增负荷运动中的血乳酸和通气量进行了测定,旨在检测基于血乳酸和通气量变化得出的无氧阈;探讨血乳酸与通气量变化的关系;为冠心病患者确定用峰值心率百分数(%HRpk)表示的无氧阈运动强度。

1 对象与方法

1.1 受试者

随机选取2014年1月—2016年9月就诊于解放军天津疗养院的男性冠心病患者54例,其中经历PCI及CABG的患者分别为74%和9%,其余为确诊的冠心病患者,冠状动脉造影狭窄程度60%—75%,冠心病诊断标准参考《临床冠心病诊断与治疗指南》^[4],经过治疗,所有受试者在参加本研究时均处于冠心病的稳定期,纽约心脏病协会(NYHA)分级,为I级水平。患者服用药物有:阿司匹林肠溶片0.1g(1片/日)、氢氯吡格雷片75mg(3片/日),单硝酸异山梨酯片20mg(1片/日),雷贝拉唑钠肠溶片10mg(1片/日),阿托伐他汀钙片20mg(1片/日),阿替洛尔片10mg(1片/日)等。在实验前,详细向受试者说明本研究目的、内容、实验程序后,他们自愿签字同意参加实验。本实验样本量已经超过小样本统计学要求,因此,研究所得出的结果对于患者整体状况的推算具有一定的代表性^[5]。受试者的基本状况:年龄(63.1±5.4)岁,身高(169.9±5.1)cm,体重(70.1±7.6)kg,运动测试持续时间(14.5±1.1)min。

1.2 使用仪器

德国Cosmos Pulsar 4.0活动跑台、Oxycon Champion心肺功能测定仪,美国Mortara 12导联心电图仪,德国Cosmos Sirius血生化测定仪,美国Sun Tech Tango电子血压计。

1.3 实验方法

全部PMI患者在活动跑台上依改良布鲁斯跑台方案进行递增负荷运动试验。试验中受试者带有12导联的心电监测,每一级负荷最后1min测定心率、血压和主观用力感觉(RPE),并由整合代谢分析中提取每30s时的摄氧量和通气量,打印机每3min打印一次心电图的综合记录,其中包括心率和ST段的变化。测试者记录运动时间^[6]。运动试验前、试验中每3min以及运动试验结束后的第3和第6min,利用干试剂法(指尖取血20μl)对受试者进行血乳酸的测定。根据运动中血乳酸和通气量的变化,利用最大距离法确定乳酸无氧阈和通气无氧阈数值,以及乳酸无氧阈和通气无氧阈强度(用峰值心率百分数,%HRpk表示)^[7]。

1.4 试验控制

递增负荷运动试验的终止标准依美国运动医学会指南^[8],其中包括下列症状或征兆:出现不正常的心电图、达到个人年龄预测最大心率、出现不正常血压、RPE达到17、呼吸商>1.15等。终止运动时的心率为受试者的峰值心率(HRpk)。在运动试验进行中,测试者不断询问受试者感觉,并在试验前已明确告诉受试者即使没有上述任何迹象出现,他们仍可在任何时候要求停止运动试验。

1.5 统计学分析

采用方差分析来进行不同运动强度时血乳酸及通气量数据的比较。样本差异显著性检验选用0.05水平,如F值达到显著性水平($P<0.05$)则进行Post-hoc分析。利用线形回归建立了基于拐点得出的乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度之间的关系。

2 结果

2.1 冠心病患者运动试验中血乳酸和通气量的测定

递增负荷运动试验中血乳酸和通气量的变化趋势见表

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.10.019

*基金项目:解放军总后卫生部保健专项课题(CWS14BJ46)

1 解放军天津疗养院全军中医针灸康复技术中心,天津,300191; 2 天津体育学院; 3 通讯作者

作者简介:石晓明,男,硕士; 收稿日期:2017-03-02

1. 利用最大距离法确定的个体乳酸无氧阈及其乳酸无氧阈强度的平均值分别为 $2.5 \pm 0.4 \text{ mmol/L}$ 和 $76.4 \pm 5.6\% \text{HRpk}$; 个体通气无氧阈及其通气无氧阈强度的平均值分别为 $30.3 \pm 6.1 \text{ L/min}$ 和 $77.3 \pm 5.7\% \text{HRpk}$ 。用 $\% \text{HRpk}$ 表示的乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度之间无显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 用峰值心率百分数表示的乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度的相关关系

冠心病患者在递增负荷运动试验中得出的乳酸无氧阈

强度与通气无氧阈强度的比较见图 1, 其中回归线的方程为 $y = 14.95 + 0.82x$, r 值为 0.79 , $P < 0.01$ 。

2.3 乳酸无氧阈强度和通气无氧阈强度的其他表示

为了便于实践中的应用, 除了峰值心率百分数外, 本文还提供了乳酸无氧阈强度和通气无氧阈强度时的跑台等级和主观用力感觉 (RPE) 的数值, 见表 2。两无氧阈强度时对应的数值间均无显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 1 不同运动负荷时的血乳酸和通气量的数值 ($\bar{x} \pm s$)

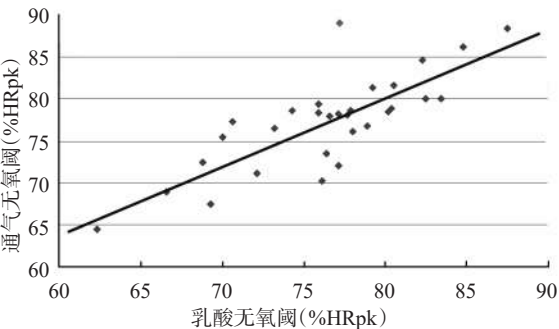
	跑台等级 (degree)					
	1	2	3	4	5	6
血乳酸 (mmol/L)	1.5 ± 0.4	1.9 ± 0.5	2.2 ± 0.6	$3.2 \pm 0.8^{\text{①}}$	$5.2 \pm 1.0^{\text{①}}$	$8.5 \pm 2.0^{\text{①}}$
通气量 (L/min)	15.7 ± 5.3	20.7 ± 6.8	26.3 ± 6.8	$36.9 \pm 9.0^{\text{①}}$	$52.5 \pm 11.0^{\text{①}}$	$63.7 \pm 11.6^{\text{①}}$

①与前一负荷时的数值相比 $P < 0.05$ 。

表 2 乳酸无氧阈强度和通气无氧阈强度的其他表示 ($\bar{x} \pm s$)

	跑台等级 (degree)	主观用力感觉 (units)
乳酸无氧阈强度	3.7 ± 0.6	11.7 ± 1.7
通气无氧阈强度	3.8 ± 0.7	11.7 ± 1.6

图 1 乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度的比较



3 讨论

在递增负荷运动中, 血乳酸浓度随运动负荷的递增而增加, 当运动强度达到某一负荷时, 血乳酸出现急剧增加的那一点 (乳酸拐点) 被称为乳酸无氧阈, 这一点所对应的运动强度即乳酸阈强度。它反映了机体的代谢方式由有氧代谢为主过渡到无氧代谢为主的临界点或转折点^[9]。针对血乳酸浓度的增加, 机体将动用碳酸氢盐缓冲系统来缓冲乳酸 (生成乳酸钠和碳酸), 致使二氧化碳产生量增加, 后者将刺激呼吸中枢, 使呼吸加快、加强, 产生过度通气反应。因此, 在乳酸阈出现时, 肺通气量也会出现非线性增加^[10]。在递增负荷运动中, 肺通气量变化的拐点被称为通气无氧阈, 他是非损伤推测乳酸无氧阈的常用指标^[9]。

心肌梗死后患者参加康复运动将有助于其功能的恢复

及降低疾病的再发率, 但他们的康复运动应是在有氧工作范围之内^[11-12]。用个体乳酸阈强度进行耐力训练, 既能使呼吸、循环系统功能达到较高水平, 充分地利用有氧供能, 同时又能使无氧供能的比例被控制在相对较小的范围内。对训练前后的纵向研究表明, 以个体乳酸阈强度进行耐力训练, 能有效地提高有氧工作能力^[13-14]。如果乳酸无氧阈或通气无氧阈也能被应用于特定的非健康的群体, 那么它将成为一项常规的实验室检测手段。此时, 乳酸无氧阈和通气无氧阈可在心血管疾病严重程度的评估和心脏康复方案的制定中发挥重要的作用^[15]。

本研究的目的之一是探讨冠心病患者利用血乳酸和通气量确定无氧阈的可行性。从测试结果来看, 利用最大距离法可以得到患者个体乳酸无氧阈和通气无氧阈 ($2.5 \pm 0.4 \text{ mmol/L}$ 和 $30.3 \pm 6.1 \text{ L/min}$) 以及所对应的 $\% \text{HRpk}$ (76.4 ± 5.6 vs 77.3 ± 5.7) 且两强度之间无显著差异 ($P > 0.05$)。因此, 只要实验室具有常规的气体代谢测试设备, 冠心病患者的无氧阈便可在递增负荷运动中得以确定。此外, 冠心病患者在其康复运动中如果呼吸深度和频率均有明显增加, 那么他们则应意识到此时的运动可能已接近或达到无氧阈强度。在实践中, 无氧阈强度常用功率或最大摄氧量百分数来表示^[16]。然而, 冠心病患者进行最大摄氧量的测定本身具有一定的潜在危险, 因为测试需要增加强度直至摄氧量出现平台, 而且带呼吸面罩进行这样的测定会让一些患者感到不舒适。因此, 在本研究中, 峰值心率百分数被用来代替最大摄氧量百分数以检测运动中血乳酸和通气量的变化。虽然有些药物对心率有一定的影响, 例如阿替洛尔会降低患者的心率 (绝对值), 包括运动试验中某一运动负荷时的心率和峰值心率 (HRpk), 但它对心率的相对值 ($\% \text{HRpk}$) 则影响不大。例如, 服药患者某一负荷时心率有所降低, 但终止运动时峰值心率也相应降低, 故相对值 ($\% \text{HRpk}$) 则未受影响。

在本研究中,我们还提供了用跑台等级标示的乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度,其原因是改良布鲁斯跑台试验方案在心脏康复中经常被使用。乳酸无氧阈时的跑台等级为 3.7 ± 0.6 ;通气无氧阈时的跑台等级为 3.8 ± 0.6 ,二者间无显著差异。因此,冠心病患者进行有氧训练时的靶强度应在改良布鲁斯跑台试验方案3、4级之间,此外,健康专业人员在心脏康复中可能还希望能利用主观用力感觉这一指标^[17]。本研究结果显示乳酸无氧阈强度与通气无氧阈强度时RPE的数值非常接近,因此为了便于实践中的应用,在运动强度的控制上我们提供一个单一的数值应是可取的。例如,为了保证有氧代谢供能,将RPE控制在12以内。这样,冠心病患者根据自己的主观用力感觉,也可对无氧阈强度进行初步的判断。

参考文献

- [1] 刘洵.运动生理实验学[M].北京:人民体育出版社,2009.59—63.
- [2] Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance[J]. International Journal of Sports Medicine, 1981, 2(1): 23—26.
- [3] Hagberg J, Coyle EF, Carroll JE, et al. Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease[J]. Journal of Applied Physiology, 1982; 52: 991—994.
- [4] 颜红兵, 马长生, 霍勇. 临床冠心病诊断与治疗指南[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [5] 贾俊平. 统计学[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2015. 35—37.
- [6] 刘洵, 吕云, 解垚, 等. 心梗后患者不同康复时期METs的预测[J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24(12): 1077—1079.
- [7] Nicholson RM, Sleivert GG. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2001, 33(2): 339—342.
- [8] Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM. ACSMs Guideline for exercise testing and prescription[M]. 6th Ed. Philadelphia: Lippinott Williams & Wilkions. 2000, 106.
- [9] 王瑞元, 苏全生. 运动生理学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2011, 320—324.
- [10] Erdogan A, Cetin C, Karatosun H, et al. Non-invasive indices for the estimation of the anaerobic threshold of oarsmen[J]. J Int Med Res, 2010, 38(3): 901—915.
- [11] Piotrowicz R, Wolszakiewicz J. Cardiac rehabilitation following myocardial infarction[J]. Cardiology Journal, 2008, 15(5): 481—487.
- [12] Lee JY, Ahn JM, Park DW, et al. Impact of exercise-based cardiac rehabilitation on long-term clinical outcomes in patients with left main coronary artery stenosis[J]. Eur J Prev Cardiol, 2016, 23(17): 1804—1813.
- [13] Powers SK, Howley ET. Exercise Physiology[M]. 7th Ed. New York: McGraw Hill Publishers, 2009. 453—456.
- [14] Maté-Muñoz JL, Domínguez R, Barba M, et al. Cardiorespiratory and metabolic responses to loaded half squat exercise executed at an intensity corresponding to the lactate threshold[J]. J Sports Sci Med, 2015, 14(3): 648—656.
- [15] Casaburi R, Wasserman K, Patessio A, et al. A new perspective in pulmonary rehabilitation anaerobic threshold as a discriminant in training[J]. European Respiratory Journal, 1989, 7: 618s—623s.
- [16] Stojiljković S, Mazić S, Nesić D, et al. Running velocity at the ventilatory threshold and at VO_{2max} before and after the eight-week cardiovascular endurance training[J]. Med Pregl, 2005, 58(1-2): 27—31.
- [17] Botega FS, Cipriano JG, Lima FV, et al. Cardiovascular response [corrected] during rehabilitation after coronary artery bypass grafting[J]. Rev Bras Cir Cardiovasc, 2010, 25(4): 527—533.