

冠心病患者运动中心率-收缩压双乘积与血乳酸浓度和ST段水平的关系*

刘 洵¹ 林青华¹ 李淑荣¹ 姚 莉² 谭思洁¹

摘要

目的:使冠心病患者能够利用心率-收缩压双乘积(RPP)这一简便指标推测其乳酸无氧阈和心肌缺血阈,以便确定适宜的有氧运动强度。

方法:44例女性冠心病患者(66.0±6.0岁)在活动跑台上进行了递增负荷运动实验,其间连续监测心电图中心电图ST段的变化,并每3min测定1次血乳酸浓度(BL)和RPP。然后建立用RPP推测BL和ST的公式。

结果:RPP推测BL的数学公式为, $Y=2.6723-0.0071X+0.00000027X^3$ ($P<0.05$),其中Y为BL,X为RPP。乳酸阈强度约为RPP 180 搏动次数·mmHg·100⁻¹。RPP推测ST的数学公式为, $Y=0.5652-0.00005X^2+0.000000072X^3$ ($P<0.05$),其中Y为ST,X为RPP。缺血阈强度约为RPP 210 搏动次数·mmHg·100⁻¹。

结论:冠心病患者的康复运动不但要考虑到心肌的缺血、缺氧,而且骨骼肌在这方面的变化也不容忽视。利用RPP可对这些指标进行推测。

关键词 冠心病;运动心脏康复;心率-收缩压双乘积;乳酸无氧阈;心肌缺血阈

中图分类号:R541.4,R493,R87 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-08-0735-04

Relationship between rate-pressure product and blood lactate concentration as well as ST segment level in coronary heart disease patients during exercise-based cardiac rehabilitation/LIU Xun, LIN Qinghua, LI Shurong, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(8): 735—738

Abstract

Objective: By using rate-pressure product (RPP) to predict both blood lactate(BL) and ST segment(ST) ischemic threshold in coronary heart disease patients to determine the optimal aerobic exercise intensity easily.

Method: Forty-four coronary heart disease patients, aged (66.0±6.0) years, performed a graded exercise test on a treadmill, at the same time BL and RPP were recorded every three minutes, and ST in electrocardiogram was monitored continuously. Then, the formulae for predicting BL and ST from RPP were established.

Result: The formula for predicting BL from RPP was as following: $Y=1.6723-0.0071X+0.00000027X^3$ (Y=BL, X=RPP, $P<0.05$). An exercise intensity corresponding to the lactate threshold was around RPP 180 beats·mmHg·100⁻¹. The formula for predicting ST from RPP was as following: $Y=0.5652-0.00005X^2+0.000000072X^3$ (Y=ST, X=RPP, $P<0.05$). An exercise intensity corresponding to the ischemic threshold was around RPP 210 beats·mmHg·100⁻¹.

Conclusion: Not only myocardial ischemia but also skeletal muscle oxygen deficiency should be considered prudently, the while coronary heart disease patients exercising during rehabilitation. The RPP can be applied as an alternative option to predict changes of those variables.

Author's address Department of Health and Movement Science, Tianjin University of Sport, Tianjin, 300381

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.08.011

*基金项目:天津市科学技术普及项目基金资助项目(2012-212)

1 天津体育学院健康与运动科学系,天津市河西区卫津南路51号,300381;2 中国人民解放军空军464医院心内科

作者简介:刘洵,男,教授;收稿日期:2013-01-25

Key word coronary heart disease; exercise-based cardiac rehabilitation; rate-pressure product; lactate anaerobic threshold; myocardial ischemic threshold

在递增负荷运动中,当达到一定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等^[2]将这一血乳酸(blood lactate, BL)堆积的开始称为乳酸无氧阈。此外,在运动中随负荷增加,一旦心肌本身的需求量超过了冠状动脉的供血能力,则会发生心肌缺血,心电图S-T段水平出现下降^[3]。ST段在J点后80ms下降1mm代表心肌缺血阈已被应用^[4]。如果乳酸生成和心肌缺血的信息能被应用到心脏康复环境中,那么对于避免过多的无氧代谢参与和减少心肌缺血发生的概率,我们将能提供出一些有价值的参考指标。因此,本研究对冠心病患者在递增负荷运动中的血乳酸、S-T段水平和心率-收缩压双乘积(rate-pressure product, RPP)进行了检测,然后通过相关分析和曲线估计建立他们之间的关系,旨在使冠心病患者能够利用RPP这一简便指标推测其乳酸无氧阈和心肌缺血阈,以便确定适宜的有氧运动强度。

1 对象与方法

1.1 受试者

44例由天津市三甲医院确诊的未服用β-阻断剂女性冠心病患者为研究对象,她们均处于冠心病的稳定期。受试者的年龄、身高和体重分别为(66.0±6.0)岁、(162±5)cm和(66.6±6.9)kg。在实验前,详细向受试者说明本研究目的、内容、实验程序,她们均自愿签字同意参加实验。

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,美国YSI 1500 SPORT血乳酸分析仪,美国Tango电子血压计。

1.3 实验方法

1.3.1 递增负荷运动实验:全部冠心病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实验。每一级负荷最后1min测定心率、血压和主观用力感觉(rating of perceived exertion, RPE),并由整合代谢分析中提取每30s时的摄氧量和肺通气量。测试者记录运动时间^[5]。RPP=心率×收缩压/100^[6]。

1.3.2 实验控制:递增负荷运动实验的终止标准依美国运动医学会指南^[7],其中包括下列症状: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。在实验进行中,测试者不断询问受试者的感觉,并在实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。

1.3.3 血乳酸的测定:分别在安静时、运动中每3min和恢复期第3、6min采末梢血(耳垂血)25μl,置于50μl溶血剂的离心管中摇匀后,测定BL。根据测定结果,通过最大距离法确定出乳酸阈^[8]。

1.3.4 心肌缺血的监测:运动实验中受试者带有12导联的心电监测,测试者连续观察受试者心电图S-T段(ST)的变化情况。打印机每3min打印1次心电图的综合记录。

1.4 统计学分析

采用方差分析来进行不同运动强度时ST、BL及RPP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SPSS 17.0统计软件进行RPP与ST和BL的相关分析和曲线估计,然后得出RPP推测ST和BL的数学公式。

2 结果

2.1 受试者运动中BL、ST和RPP的测定

表1 不同运动负荷时的血乳酸和通气量

($\bar{x}\pm s$)

	安静时	运动中(跑台等级)				
		1	2	3	4	5
BL(mmol/L)	1.7±0.3	2.0±0.3	2.3±0.4	2.6±0.5	3.4±0.5 ^①	4.2±0.7 ^①
ST(mm)	0.1±0.3	-0.1±0.3	-0.3±0.4	-0.5±0.4	-0.9±0.5 ^①	-1.3±0.5 ^①
RPP(搏动·mmHg/100)	98.7±19.1	129.3±25.1 ^①	148.3±29.5 ^①	170.2±29.8 ^①	194.5±31.4 ^①	221.5±33.1 ^①

①与前一负荷时的数值相比P<0.05

安静时和递增负荷运动中BL、ST和RPP的变化趋势见表1。BL和ST的数值在第4级负荷时出现了显著的变化($P<0.05$),RPP的数值则在各级负荷间均有显著性差异($P<0.05$)。

2.2 RPP与ST和BL的相关分析和曲线估计

根据测得的RPP、ST和BL数值,通过相关分析和曲线估计得出的RPP推测BL和ST的数学公式见表2。

2.3 推测公式可靠性的评估

本研究另选取了9例相同条件的受试者,分别对上述推测公式进行了回代检测以评估它们的可靠性,结果见表3,实测值与推测值间差异无显著性($P>0.05$)。

表2 RPP推测BL和ST的数学公式

推测公式	R ²	F	P
1.Y=2.6723 - 0.0071X + 0.00000027X ³	0.985	67.30	0.015
2.Y=0.5652 - 0.00005X ² +0.000000072X ³	0.953	20.35	0.047

公式1中,Y为BL, X为RPP,公式2中,Y为ST, X为RPP

表3 BL和ST的实测值与推测值的比较

	跑台等级2			跑台等级3			跑台等级4		
	实测	推测	P	实测	推测	P	实测	推测	P
BL(mmol/L)	2.4±0.3	2.5±0.5	<0.05	2.6±0.4	2.8±0.5	<0.05	3.3±0.4	3.4±0.5	<0.05
ST(mm)	-0.2±0.2	-0.3±0.3	<0.05	-0.4±0.4	-0.5±0.4	<0.05	-0.9±0.4	-0.8±0.5	<0.05

2.4 乳酸阈的确定

根据推测公式得出的BL变化趋势见图1,乳酸阈接近3.0 mmol/L,乳酸阈强度约为RPP 180搏动次数·mmHg/100。

2.5 缺血阈的确定

根据推测公式得出的ST变化趋势见图2,其中显示的缺血阈强度约为 RPP 210搏动次数·mmHg/100。

3 讨论

适宜的运动有助于减脂、降低低密度脂蛋白胆固醇和血压,并能促进心血管健康^[9]。冠心病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,因此,我们应鼓励患者对以运动为核心的康复程序持积极的态度。但是,为避免运动性心肌缺血、心绞痛、心肌梗死、心律失常甚至猝死等危险情况的发生,他们的康复运动应被控制在有氧代谢范围之内^[10]。

在递增负荷运动中,血乳酸浓度随运动负荷的递增而增加。当运动达到某一强度时,血乳酸将出现急剧增加,那一点(乳酸拐点)被称为乳酸无氧阈,它所对应的运动强度则为乳酸阈强度。乳酸无氧阈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^[11]。从安全角度考虑,显然,冠心病患者的康复运动强度不应超过这一界限。心电图-ST段的下降是判断心肌缺血缺氧的重要指标,ST段下降通常发生在狭窄的冠状动脉妨碍了血流量增加致心肌需氧量增加得不到满足时^[12]。临床上一般将ST段下降到1mm认定为是心肌缺血的阈值。在心脏康复环境中,如果每个患者在运动中都能有连续的心电监测,那么他们出现心肌缺血的概率将会大大降低。

然而,在非康复中心条件下,由于仪器和操作等方面的原因,根据BL和ST的变化来监控运动强度经常会有一定的困难。

图1 BL的变化趋势

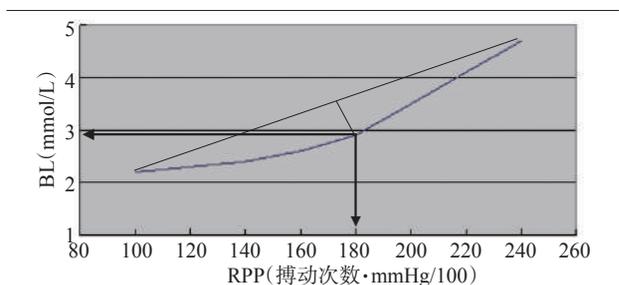
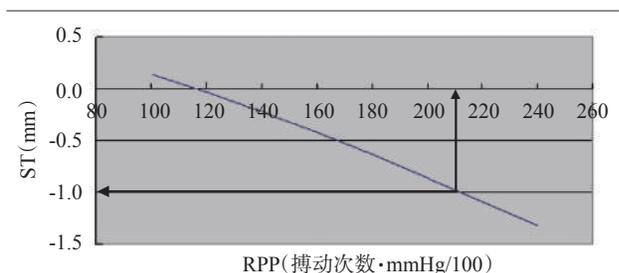


图2 ST的变化趋势



在反映心功能方面RPP是一个重要的指标,因为它与冠脉血流和心肌耗氧量均呈高度相关($r=0.87$ 和 $r=0.90$)^[13]。而且,RPP便于获得,只需测定心率和收缩压即可,在实践中用它来反映相对较难测得的指标BL和ST是可行的^[14]。因此,本研究建立了RPP与BL和ST的关系(由此可知患者乳酸阈和缺血阈时的RPP)。这样,利用RPP这一便捷的生理学指标冠心病患者既能参考其数值,210搏动次数·mmHg/100和180搏动次数·mmHg/100,以减少心肌缺血发生的风险、将运动强度能被控制在有氧范围之内,同时也可根据推测公式了解运动中自身BL和ST的变化情况。

本研究中,受试者BL突增的出现早于ST段显著下降的发生,这使得我们了解到对于冠心病患者这一群体来说,运动中心肌与骨骼肌出现的缺血、缺氧并不是同步的,其原因可能与心肌要优先获得血液供应有关。上述结果提示:在设计运动处方时,我们不应只注重心电图ST段水平以避免心肌缺血的发生,而忽视BL浓度的变化,以致冠心病患者在还未意识到时,其运动强度已超过了有氧代谢范围。因此,利用BL对冠心病患者进行康复训练强度的监督,对保证训练的安全性可能更为有利。因为BL的限制强度要低于利用ST进行监控的运动强度。Juneau等^[4]也报导,有运动诱发心肌缺血的群体,其运动中的心率(强度)应至少低于缺血阈时的心率10搏动次数/min以上。在本研究中,根据BL的变化可知,冠心病患者的运动强度应被限定在RPP 180搏动次数·mmHg/100之内。

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,最大限度地利用有氧代谢供能,同时又没有过多的乳酸产生。有研究显示,以个体乳酸阈强度进行耐力训练,能有效地提高自身的有氧工作能力^[15]。

本研究的受试者均来自于天津市,她们均没有参加过有组织、有监督指导的心脏康复程序。因此,本研究的结果可能会有一定的地域和康复阶段的局限性。此外,女性和男性冠心病患者均为本研究受试者的招募对象,但是,截至目前男性受试者的人数还偏少。因此,我们只选取了女性患者为对象对RPP与BL和ST的关系进行了探讨。然而,随着康

复程序的延续、男性受试者的增多,有关不同性别相关比较的报导将会陆续出现。

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] 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.
- [4] Juneau M, Roy N, Nigam A, et al. Exercise above the ischemic threshold and serum markers of myocardial injury [J]. Can J Cardiol, 2009, 25(10):e338—e341.
- [5] 吕云,刘洵,谭思洁,等. L型钙通道阻滞药对运动康复前后冠心病患者钙磷代谢和骨密度的影响[J]. 中国康复医学杂志.2012,27(11):1021—1025..
- [6] 刘洵.心肺疾病运动康复学[M].北京:人民体育出版社,2009.11—17.
- [7] Whaley MH, Brubaker PH, Otto RM. ACSMs Guideline for exercise testing and prescription[M]. 6th Ed. Philadelphia: Lippinott Williams & Wilkions,2000.106.
- [8] 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.
- [9] Stewart KJ, Bacher AC, Turner KL, et al. Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial [J]. Arch Intern Med,2005,165(7): 756—762.
- [10] Piotrowicz R, Wolszakiewicz. Cardiac rehabilitation following myocardial infarction [J]. Cardiology Journal, 2008, 15 (5): 481—487.
- [11] 王瑞元,苏全生.运动生理学[M].北京:人民体育出版社,2011.320—324.
- [12] Watanabe T, Akutsu Y, Yamanaka H, et al. Exercise-induced ST-segment depression: imbalance between myocardial oxygen demand and myocardial blood flow [J]. Acta Cardiol, 2000,55(1):25—31.
- [13] 王茂斌,曲镭.心肺疾病的康复医疗学[M].北京:人民卫生出版社,2000.19—25.
- [14] Omiya K, Itoh H, Harada N, et al. Relationship between double product break point, lactate threshold, and ventilatory threshold in cardiac patients [J]. Eur J Appl Physiol, 2004,91(2—3): 224—229.
- [15] Powers SK, Howley ET. Exercise Physiology[M]. 7th Ed New York: McGraw Hill Publishers, 2009.453—456.