

耐力项目练习者在超大强度运动中儿茶酚胺类激素的反应

王鸿翔

(湖南理工学院 体育系, 湖南 岳阳 414006)

摘 要:为了比较男女耐力项目练习者在一次超最大强度运动时的交感肾上腺髓质活动水平。对14名(男女各7名)从事多年长跑训练的练习者,在运动前、运动后即刻和运动停止后5 min分别采血测定肾上腺素(E)和去甲肾上腺素(NE)水平。男生组在Wingate试验中显示较高的运动水平,而有关E和NE,男女两组没有显著差异。这些结果表明男女长跑练习者在Wingate试验中的交感神经活动水平和肾上腺髓质的分泌能力是相似的。

关键词:儿茶酚胺;交感神经;肾上腺;耐力训练;超最大强度运动试验

中图分类号:G804.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2004)06-0042-03

Catecholamine responses in the endurance-trained during a supramaximal exercise

WANG Hong-xiang

(Department of Physical Education, Human Institute of Science & Technology, Yueyang 414006, China)

Abstract: The purpose of this study was to compare the sympathetic nervous activity and adrenaline secretion between male and female long-distance runners after a supramaximal exercise (Wingate test). Fourteen subjects took part in this study: seven male and seven female subjects. The male group exhibited higher performances than the female during the test as shown by their higher values of peak power and mean power. There was no difference between the male and the female concerning the basal or maximal levels of E or NE. These results indicated that sympathetic nervous activity and adrenaline secretion were similar in male and female long-distance runners although the test performances were higher in the male than the female.

Key words: catecholamine; sympathetic nervous; adrenaline secretion; endurance training; Wingate test

Kjaer^[1,2]研究表明,在剧烈运动中,有训练的人或动物的肾上腺髓质分泌肾上腺素(E)的能力是增强的,与未训练者相比,经过耐力训练的人或动物,其血浆E水平是较高的;还有文献显示,在超最大强度运动试验(Wingate test)中,有训练者的血浆E水平明显高于未训练者^[3]。这些结果提示肾上腺髓质的分泌能力可随运动训练而提高。然而,还有待于弄清训练性质(如速度训练还是耐力训练)是否对这种效应产生影响。另外,文献资料对运动时儿茶酚胺(CA)类的反应是否存在性别差异也是众说纷纭^[4,5]。事实上,在对未训练者的观察中,无论是动力性运动还是静力性运动,都没有性别差异的存在^[6,7]。但是,有些作者却注意到一些女性有训练者在剧烈运动后的血浆CA水平明显低于男性^[8]。因此,训练和性别对交感肾上腺素能反应的确切影响作用还有待进一步澄清。为此,本文对一组从事耐力项目训练的男女体育生进行超最大强度运动试验,观察比较他们在试验后血浆CA水平。这些大学生的最大吸氧量(VO_{2max})按单位瘦体重表示无明显差异。

1 材料与方法

1.1 实验对象

14名从事耐力项目训练(1 500~5 000 m跑)的体育生,分成男女2组,每组7人。他们的训练史为4~6年,每周训练时间6~8 h。每个受试者相隔一定时间(至少48 h)来实验室2次完成该项实验。

1.2 实验步骤

受试者在第1次来实验室时完成以下项目:一般医学检查和人体测量,其中包括静息时ECG和体脂测定(皮褶厚度法);熟悉功率自行车(Ergomeca, France)并利用它的呼吸功能分析仪(Medgraphics CPXD, USA)进行递增负荷运动试验和测定 VO_{2max} 。第2次来实验室时完成Wingate试验和血样采集。试验一般都安排在上午早餐后1~2 h进行,并要求受试者在实验前1~2 d内不要进行大强度的活动。到达实验室后,坐下休息并进行肘前静脉肝素化抽血导管预置以备抽血采样。试验开始前,受试者在自行车上进行10~15 min约50% VO_{2max} 强度的准备活动。Wingate试验按Jacobs等^[9]的步

收稿日期:2004-04-09

作者简介:王鸿翔(1955-),男,副教授,硕士,研究方向:运动生理学。

骤进行,在预先设置的阻力负荷下(80 g·kg⁻¹),受试者全力快速蹬车 30 s。在该试验中主要得到以下两个指标:峰值功率,即相当于最大功率(P_{max})和平均功率(P)。为了观察在这种超最大强度运动中的交感肾上腺素能反应,本实验分别在运动前 5~10 min、运动后即刻和运动后第 5 min 采血 10 mL 进行 E 和去甲肾上腺素(NE)的测定分析。E 和 NE 的清除程度根据运动后即刻的最大值 $c(E_{max})$ 、 $c(NE_{max})$ 和运动后第 5 min 值 $c(E_5)$ 、 $c(NE_5)$ 的差异进行判断,即 $c(E_{max}) - c(E_5)$ 和 $c(NE_{max}) - c(NE_5)$ 。抽取的血样冷藏并迅速进行离心(3 000 g)处理,分离的血浆低温(-80 ℃)冷藏待测,测定方法参照 Delamarche 等^[10]方法进行高效液相分析。

1.3 统计处理

所有实验数据以均值 \bar{x} 加标准误(s)表示,差异分析采用不配对 Mann-Whitney 非参数检验,显著水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

受试者的基本情况和一般生理特征见表 1。男女两组在年龄上不存在显著差异,然而在身高、体重和身体成分等方面存在显著性差异。虽然男性的 VO_{2max} 明显高于女性,但如果按单位瘦体重表示,这种差异就不存在。Wingate 试验的结果见表 2。从中我们可以注意到, P_{max} 和 P 无论是以绝对值还是相对值表示,男性组都明显高于女性组。

表 1 受试者基本情况

								$\bar{x} \pm s$
性别	n/人	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	体脂率/%	瘦体重/kg	最大吸氧量/(mL·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	单位瘦体重最大吸氧量/(mL·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)
男	7	20.0±1.0	176.5±1.8 ¹⁾	63.5±2.3 ¹⁾	11.8±0.6 ¹⁾	56.2±2.1 ¹⁾	70.0±1.8 ¹⁾	79.0±0.9
女	7	19.1±0.7	165.6±1.5	53.4±0.8	22.6±1.7	41.4±1.0	61.0±1.0	78.0±2.5

1) 男女性比较 $P < 0.05$

表 2 Wingate 试验中受试者的最大功率和平均功率

							$\bar{x} \pm s$
性别	n/人	最大功率			平均功率		
		P/W	每公斤体重功率/(W·kg ⁻¹)	每公斤瘦体重功率/(W·kg ⁻¹)	P/W	每公斤体重功率/(W·kg ⁻¹)	每公斤瘦体重功率/(W·kg ⁻¹)
男	7	842.0±36.0 ¹⁾	12.9±0.4 ¹⁾	14.7±0.4 ¹⁾	624.0±34.0 ¹⁾	9.8±0.4 ¹⁾	11.1±0.4 ¹⁾
女	7	508.0±21.0	9.6±0.3	12.3±0.5	409.0±15.0	7.7±0.2	9.9±0.3 ¹⁾

1) 男女性比较 $P < 0.05$

安静和运动时的血浆 CA 的变化见表 3。安静状态时,我们可以观察到男女两组的 E(E_0) 和 NE(NE_0) 水平无明显差异;急性剧烈运动后,两种 CA 类激素水平升到最大,即 $c(E_{max})$ 和 $c(NE_{max})$,但两组之间不存在显著性差异。运动停止后经过 5 min 的恢复,这时血浆 $c(E_5)$ 在男性组分别下降 76.1% 和 68.7%,在女性组分别下降 77.4% 和 51.3% (见表 4)。这两种激素的清除程度 $c(E_{max}) - c(E_5)$ 、 $c(NE_{max}) - c(NE_5)$ 在男女两组不存在显著性差异。

表 3 安静状态和运动试验时血浆 CA 水平

						$\bar{x} \pm s$, nmol/L
性别	n/人	安静时		运动时		
		E	NE	E	NE	
男	7	0.80±0.01	1.70±0.2	3.47±0.30 ¹⁾	15.90±2.00 ¹⁾	
女	7	0.45±0.05	1.50±0.20	2.57±0.60	13.10±2.40	

1) 男女组比较 $P < 0.05$

表 4 运动试验后 5 min 的血浆 CA 变化

						$\bar{x} \pm s$ nmol/L
性别	n/人	E_{5min}	NE_{5min}	$E_{max} - E_{5min}$	$NE_{max} - NE_{5min}$	
男	7	0.83±0.10	4.97±0.50	2.64±0.20	10.90±2.20	
女	7	0.58±0.10	6.36±1.60	2.00±0.60	7.70±1.10	

3 讨论

该实验结果表明,从事耐力运动项目训练的青年男女,

在超最大强度运动试验中的交感肾上腺素能反应是基本一致的。如果按照 Kjaer^[1] 的观点,在这样一种运动试验后的血浆 E 水平反映了肾上腺髓质的最大分泌能力;那么,本实验结果则提示具有相同训练水平的男女耐力项目训练者的肾上腺髓质分泌能力是基本相同的。尽管如此,男女两组在 Wingate 试验中的运动表现是不一样的。无论是绝对值还是相对值,男性 P_{max} 和 P 总是明显地高于女性,尽管这时的血浆 CA 水平是基本一致的。

本研究中选择这种超极限运动试验是因为它对肾上腺髓质可构成一种特别的应激刺激,使其分泌大量的 E。在实验研究中观察到的 E 水平与 Fentem 等^[11] 的结果是一致的。它大大高于在亚极限强度运动时所达到的水平,同样也高于其它状态下对肾上腺髓质刺激所达到的水平,如咖啡因、低血糖和缺氧等^[2,6,12,13]。因此,一种超极限强度运动试验后的即刻血浆 E 浓度可看作一种反映肾上腺髓质最大分泌能力的指标^[1,3]。另外,有作者对速度项目练习者和未训练者进行过类似的观察研究^[3,8]。这样,我们就有可能对这些人进行人群进行比较,以探讨训练方式对肾上腺髓质分泌能力的影响。

对于研究中的男女受试者,CA 类反应是一致的。不但他们的 E_{max} 、 NE_{max} 显得一致,而且他们的 E_5 和 NE_5 也是基本相同的。在运动停止后最初的 5 min 内,CA 的清除速度非常快,血浓度下降幅度达 60%~70%。这些结果提示,在超极限强度运动时和运动后,耐力项目练习者的肾上腺髓质最大

分泌能力、交感刺激水平和 CA 清除速度不存在明显的性别差异。而且,在男性未训练人群中所观察到的 CA 反应,即运动后即刻和运动后恢复期第 5 min 的 CA 血液浓度变化,与本实验受试者的 CA 变化基本相同^[3]。然而,Kjaer^[1]的研究提示,耐力项目训练者的肾上腺髓质最大分泌能力要高于一般人群。因为他们在实验中观察到,在最大运动停止后即刻,耐力项目训练者的血 E 浓度要高于未训练者,这种矛盾差异似乎很难用本研究中受试者的训练水平不够来进行解释。因为这些受试者都是有多年耐力训练史的体育大学生,从他们的 VO_{2max} 就可以看出他们有很强的有氧工作能力。然而,并不排除训练方式对这种差异结果的影响。

事实上,如果将耐力训练者的 CA 反应与速度训练者的相比,就会发现后者的 E_{max} 显然高于前者,而 NE_{max} 两者是大致相同的^[3]。众所周知,速度训练常包括一些高强度爆发性的运动练习,这些对肾上腺髓质构成一种强力刺激,与耐力训练的运动强度相比,更能提高这种腺体的分泌能力。由此可以推论,训练的性质特别是训练强度比训练量对肾上腺髓质的分泌能力影响更大。如此,前面提及的 Kjaer 等研究中的受试者,如果他们速度训练或爆发性练习的成分比本研究中的要多的话,那么这种矛盾差异之处就不难解释了,也正好符合上述推测。

因此,在本工作中为了将训练因素的影响减低到最小程度,作者对实验对象的组成尽量考虑到他们的有氧工作能力相当。结果是他们的 VO_{2max} 按单位瘦体重表示没有明显差异。另外,这些受试者都具有几年的训练史和目前每周几小时的训练量。所以,他们之间的 CA 反应也观察不到明显的差异。在这一点上,与某些作者对未训练者的研究结果是一致的,男女人群在动力或静力性练习中的 CA 反应没有显著差异^[6]。

本研究中受试者的输出功率表现,无论是绝对值还是相对值,是 P_{max} 还是 P ,都与其它作者的观察结果相似^[14]。但如人们所料,他们明显低于速度项目练习者的功率表现^[3,8,14,15]。本实验中,男性组的绝对功率(P_{max} 和 P)明显高于女性组,并且这种差异在相对表示量值中仍然存在,即使是用单位瘦体重表示。所以表明,虽然男性占有较多的肌肉成分,但这并不足以解释在 Wingate 实验中男女运动表现的性别差异。在这样的运动中,机体能量代谢主要以糖酵解供能为主,这条途径的动员程度可从血乳酸浓度中得到反映,从事速度练习或超最大强度运动练习者的最大血乳酸浓度比一般练习者高,并且这种血乳酸浓度与机体在运动中的平均输出功率是密切相关的^[3,8,14-16]。但另有一些作者在这类运动试验中并没有观察到血乳酸浓度的男女差异^[17]。这提示他们体内糖酵解的动力学表现是一致的。当然,这类问题还有待进一步的研究探讨。但为了解释在运动试验中男女的运动表现差异,我们可以考虑体内其它两条供能途径(磷酸原供能和有氧供能)在这类运动中的贡献差异。

某些作者在比较男女速度练习者 Wingate 实验中 CA 反应时也考虑到了这种假设^[8]。对于速度训练者,训练的实际影响是不可能被排除的,因为男女之间的运动水平是明显不

同的。在本研究中,耐力训练的影响远没有前者的影响大,因为这些男女运动员的单位瘦体重 VO_{2max} 是基本一致的。这样实验结果提示,在超最大强度运动中来自有氧氧化途径和非乳酸无氧途径的能量供应存在性别差异。男女肌肉肌纤维类型的组成差异可能与此有关。正因如此,一些作者发现女性肌肉(外阔肌)内的磷酸果糖激酶,ATP 酶,磷酸肌酸激酶,磷酸化酶和其它一些无氧代谢酶都较低,同时女性快肌纤维内的肌糖元含量也较少^[18,19]。然而,某些作者却认为在这些研究实验中,相比较的男女人群的训练状态不总是相同的^[20]。而且还应该特别指出,平常我们在男性人群中观察到的肌肉结构和代谢特征与肌肉能力表现的关系在女性表现得很不稳定。因此,女性的耐力表现和氧化酶的活性程度之间并不存在显著的相关性,而在男性这种相关性是存在的^[21]。同样只在男性中,Wingate 试验的运动表现和血乳酸水平与快肌纤维的比例是显著相关的^[22]。最后,某些作者还观察到男女的速度冲刺训练反应是不一致^[23]。经过 4 周的速度训练,虽然男女人群的乳酸脱氢酶都得同样比例的增加,但是女性人群中的 II - b 纤维截面积和糖元含量没有得到显著增加。

本工作得到法国奥尔良大学体育学院 Nanyan 博士和 Grotto 博士的热忱帮助和支持,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] Kjaer M. Effect of exercise on epinephrine turnover in trained and untrained male subjects[J]. J Appl Physiol, 1985, 59: 1061 - 1067.
- [2] Kjaer M, Galbo H. The effect of physical training on the capacity to secrete epinephrine[J]. J Appl Physiol, 1988, 64: 11 - 16.
- [3] Zouhal H. Adrenal medulla responsiveness to the sympathetic nervous activity in sprinters and untrained subjects during a supra-maximal exercise[J]. Int J Sports Med, 1998, 19: 1 - 5.
- [4] Jacob C. Training status(endurance or sprint)and catecholamine response to the Wingate - test in women[J]. Int J Sports Med, 2002, 23: 342 - 347.
- [5] Zouhal H. Effect of training status on the sympathoadrenal activity during a supramaximal exercise in human[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2001, 41: 330 - 336.
- [6] Favier R J. Catecholamine and metabolic responses to submaximal exercise in untrained men and women[J]. Eur J Appl Physiol, 1993, 50: 393 - 404.
- [7] 王瑞元. 运动生理学[M]. 北京:人民体育出版社,2002.
- [8] Gratas - Delamarche A. Lactate and catecholamine responses in male and female sprinters during a Wingate test[J]. Eur J Appl Physiol, 1994, 68: 362 - 366.
- [9] Monod H. Medecine du sport[M]. Paris: Masson, 2000.
- [10] Delamarche P. Glucose and free fatty acid utilization during prolonged exercise in prepubertal boys in relation to catecholamine responses[J]. Eur J Appl Physiol, 1992, 65: 66 - 72.
- [11] Fentem P H. Catecholamine responses to brief maximum exer-

cise in man[J]. J Physiol, 1985, 361: 80.

[12] Collomp K. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate - tes [J]. Int J Sports Med, 1991, 12: 439 - 443.

[13] Kjaer M. Epinephrine and some other hormonal responses to exercise in man; with special reference to physical training [J]. Int J Sports Med, 1989, 10: 2 - 15.

[14] Granier P. Aerobic and anaerobic contribution to Wingate test performance in sprint and middle - distance runners [J]. Eur J Appl Physiol, 1995, 70: 58 - 65.

[15] Cheatham M E. Human muscle metabolism during sprint running [J]. J Appl Physiol, 1986, 61: 54 - 60.

[16] Mellan T M. The effect of hypoxia on performance during 30s or 45s of supramaximal exercise [J]. Eur J Appl Physiol, 1996, 72: 460 - 467.

[17] Nevill M E. Growth hormone response to treadmill sprinting in sprint - and endurance - trained athletes [J]. Eur J Aphysiol, 1996, 72: 460 - 467.

[18] Taylor A W, Peronnet F. Caracteristiques des fibres musculaires et lactacidemie a l' exercice chez l' homme et chez la femme avant et après entrainement [J]. Med Sport, 1981, 55: 48 - 52

[19] Nygaard E. Skeletal muscle fibers characteristics in young women [J]. Acta Physiol Scand, 1981, 112: 299 - 304.

[20] Delamarche A, Delamarche P. Physiologie feminine et aptitude physique [J]. Science et Motricite, 1992, 16: 35 - 45.

[21] Costill D L. Muscle fiber composition and enzyme activities in elite female distance runners [J]. Int J Dports Med, 1987, 8 (Suppl 2): 103 - 106.

[22] Froese E A, Houston M E. Performance during the Wingate anaerobic test and muscle morphology in males and females [J]. Int J Sports Med, 1987(8): 35 - 39.

[23] Esbjornsson M L. Different responses of skeletal muscle following sprint training in men and women [J]. Eur J Appl Physiol, 1996 (74): 375 - 383.

[编辑: 郑植友]

《体育学刊》征订启事

您好! 在您的支持下,《体育学刊》2004年再次入选全国中文体育类核心期刊。

长期以来,本刊为追求我国体育科学化和现代化的目标,严格按照国家关于提高期刊质量的要求,在编发文稿、印刷、装帧等方面精益求精,积极策划和组织体育社会热点问题的研讨,全面报道学科领域的最新成果,为广大体育工作者提供了学术信息交流的园地。

现又到了2005年报刊征订的时候,我们期待着您继续给予信任和支持,我刊希望与所有订户、作者、读者精诚团结,长期合作,把体育学刊办成我们体育工作者共同的学术家园。(在保证质量的前提

下,订户的论文优先录用和刊发)

征订办法:

1. 参加全国统一征订(邮发代号46-232)
2. 参加全国非邮发报刊联合征订
3. 直接汇款编辑部订购

E-mail: tyxk@senu.edu.cn

网 址: http://www.chinatyxk.com

电话: (020)85211412 传真: (020)85210269

《体育学刊》编辑部

2004年11月1日