



世居高、平原运动员血液流变性的性别差异及与运动能力的关系

马生霞^{1,2}, 马福海², 陆一帆¹, 樊蓉芸²

摘要: 目的: 探讨世居高原和世居平原体育生的血液流变学与有氧运动能力间的相关关系, 以及两者血液流变性在性别差异上的异同。方法: 分别以30名(男女各半)世居高原和世居平原体育生为研究对象, 清晨空腹状态采静脉血进行血液流变学指标测试; 餐后1 h, 进行有氧运动能力测试。结果: 世居高原体育生男性的高、低切全血粘度、还原粘度、相对粘度及红细胞变形指数(TK)值显著高于女性, 血浆粘度(PV)显著低于女性; 世居平原体育生男性低切全血粘度、还原粘度及相对粘度显著高于女性, 高切还原粘度及TK值显著低于女性; 世居高原男性体育生的有氧运动能力与PV和红细胞压积(HCT)呈显著负相关, 与TK值呈显著正相关。结论: 从血液流变学角度, 世居高原女运动员的红细胞变形能力、红细胞运输和传递氧的能力高于男性, 而世居平原体育生中呈现相反的情况; 世居高原体育生血液流变与有氧运动能力的相关性较世居平原体育生密切。

关键词: 高原; 有氧运动; 血流变; 红细胞变形能力

中图分类号: G804.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2012)03-0074-04

Study on the Correlation between Blood Rheology and Aerobic Performance of Native Plateau Athletes and Native Plain Athletes

M A Sheng-xia^{1,2}, MA Fu-hai², LU Yi-fan¹, et al
(Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

Abstract: Objective: The study aims to analyze the correlation between blood rheology and aerobic performance between native plateau athletes and native plain athletes, and the difference of blood rheology in different gender athletes. Methods: Thirty native plateau and plain collegiate athletes (15 men and 15 women) were chosen as the subjects. Blood rheology parameters were tested early in the morning with venous blood collected at the time of empty stomach. While the aerobic performance was tested one hour after the meal. Results: The male native plateau athletes had distinct higher values of whole blood viscosity (WBV) in high and low shear rates, WB RV, relative viscosity and TK than the female native plateau athletes. While their PV is significantly lower than that of the female plateau athletes. The male native plain athletes had distinct higher value of WBV in low shear rate, WB RV and relative viscosity than the female plain athletes. While their WBV in high shear rate and TK are significantly lower than those of the female native plain athletes. The Aerobic performance of the male native plateau athletes significantly had a negative correlation with PV and HCT, and a positive correlation with TK. Conclusion: From the hemorheological point, the female native plateau athletes' capacity of RBC deformability and RBC's carrying and delivering oxygen are higher than those of the male athletes. Opposite phenomenon exists in native plain athletes. The correlation between the blood rheology and aerobic performance of the native plateau athletes is closer than that of the native plain athletes.

Key words: plateau; aerobic performance; blood rheology; RBC deformability

血液流变性与运动间的相互影响国外研究较多, 而国内较缺乏; 相关研究者普遍认同血液流变性与有氧运动能力密切相关, 但实证研究较少。Comnes P 等研究发现^[1], 血液的流变性在有氧运动能力上的效应首先与氧传递效应有关, 其次是急性训练和长期训练对血液流变性的影响。有研究发现^[2], 运动前后血液粘度、血浆粘度、红细胞压积及红细胞变形指数TK的变化与血氧饱和度有关。作为世居高原运动

者在高原低氧环境中, 其血氧饱和度本身就低于世居平原运动者; 并且在世居高、平原体育生血液流变学的比较研究中发现^[3], 世居高、平原运动者的血液流变性的不同存在性别上的差异。因此, 本文的研究目的是为了探讨血液流变性的性别差异在世居高原和平原运动者中的异同, 世居高原运动者的血液流变与有氧运动能力的相关性以及世居平原运动者间的异同。

收稿日期: 2012-02-25

基金项目: 2010年青海省科技厅国际合作项目—中日世居高原或平原运动员体质及血液成分的比较研究(2010-H-802)

第一作者简介: 马生霞, 女, 研究实习员, 在读硕士研究生。主要研究方向: 运动生理、运动营养、高原训练。

作者单位: 1. 北京体育大学, 北京 100084; 2. 青海省体育科学研究所, 西宁 青海 810000



1 研究方法

1.1 研究对象

本研究以世居青海省西宁地区(海拔2 000~2 600 m)

与辽宁省(海拔500 m以下)分别就读于青海师范大学和沈阳师范大学的体育系短跑、摔跤、柔道及散打项目的学生为研究对象,其基本情况见表1。

表1 研究对象基本资料
Table I Basic Information of the Subjects

地区	性别	N	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	训练年限/年
高原	男	15	20.9 ± 1.13	175.1 ± 4.43	66.7 ± 8.69	4.2 ± 2.01
	女	15	21.1 ± 0.96	164.0 ± 4.07	56.9 ± 7.99	4.7 ± 1.67
平原	男	15	20.2 ± 1.15	177.0 ± 8.85	69.3 ± 8.78	5.1 ± 2.52
	女	15	18.1 ± 2.05	163.9 ± 5.6	55.7 ± 4.67	5.13 ± 1.60

1.2 研究方法

1.2.1 测试指标

采用中勤世帝LG-R-80F旋转式全自动血液粘度仪(中国)和LG-E&H 20/64系列动态血沉压积测试仪器(中国)测试血液流变学指标,包括全血高(200s-1)、中(30s-1)、低(5s-1)切变率粘度、血浆粘度(PV)、血沉(ESR)、红细胞压积(HCT)、全血高、低切还原粘度(WBRV-H、WBRV-L)、血沉方程K值(ESR_K)、全血高、低切相对指数(WBDV-H、WBDV-L)和红细胞变形指数(TK)。通过20 m折返跑测试评价有氧运动能力,其方法来自于日本国民体质测试有氧耐力测试。

1.2.2 测试方法

组织高、平原受试对象在同一周内,受试者在测试前一天限制油腻食物的摄入,第二日清晨空腹状态下在当地医院采静脉血测试血液流变学指标;餐后1 h后受试者根据每一分钟逐渐递增的音乐节奏进行20 m折返跑,一个来回计数1次,直至受试者不能坚持以音乐节奏的频率进行折返跑为止。

1.2.3 数理统计

采用SPSS统计软件进行数据处理和统计分析,测试结

果用平均值±标准差(mean ± SD)表示。对血液流变学指标测试数据做各地区不同性别间的独立样本t检验,显著性、非常显著性水平分别取0.05和0.01。20 m折返跑次数和血液流变学指标间作Pearson相关性检验,检验结果用r值和P值报告。

2 研究结果

2.1 世居高、平原体育生的血液流变性在性别上的差异

世居高原体育生中,男性高、中、低切变率下的全血粘度,高、低切变率下的全血还原粘度及全血相对粘度,红细胞压积和红细胞变形指数TK值均高于女性,且均呈现有统计学意义或非常显著的统计学意义;血浆粘度低于女性,且具有非常显著的统计学意义;血沉低于女性,但无统计学意义;血沉K值基本不存在性别差异(表2)。

世居平原体育生中,男性中、低切变率下的全血粘度,低切变率下的全血还原粘度及全血相对粘度,红细胞压积均高于女性,且均具有非常显著的统计学意义;高切变率下的全血粘度和相对粘度基本与女性无差异,而还原粘度低于女性,且具有统计学意义;血浆粘度高于女性,但无统计学意义;血沉、血沉K值及红细胞变形指数TK均低于女性,且具有非常显著的统计学意义(表2)。

表2 研究对象血液流变学指标
Table II Blood Rheological Indices of the Subjects

指标	男(高原)	女(高原)	男(平原)	女(平原)
200s-1	4.51 ± 0.57	3.91 ± 0.31**	3.94 ± 0.25	3.84 ± 0.21
30 s-1	5.55 ± 0.75	4.94 ± 0.44*	5.37 ± 0.89	4.87 ± 0.29**
1 s-1	20.67 ± 4.36	16.67 ± 2.04**	19.52 ± 1.16	15.65 ± 1.36**
PV/(mpa.s)	1.37 ± 0.11	1.49 ± 0.68**	1.40 ± 0.03	1.38 ± 0.02
HCT/(L/L)	0.46 ± 0.03	0.42 ± 0.02**	0.48 ± 0.01	0.43 ± 0.01**
ESR/(mm/h)	3.00 ± 0.96	3.87 ± 1.55	3.07 ± 1.86	7.23 ± 3.09**
ESR_K	12.68 ± 3.75	13.39 ± 5.32	14.65 ± 8.49	26.56 ± 11.38**
WBDV_H	6.80 ± 1.15	5.77 ± 0.73**	5.22 ± 0.50	5.67 ± 0.51*
WBDV_L	41.71 ± 8.65	36.28 ± 5.36*	37.20 ± 2.35	33.02 ± 3.27**
WBRV_H	3.29 ± 0.48	2.62 ± 0.20**	2.81 ± 0.16	2.77 ± 0.14
WBRV_L	15.07 ± 3.27	11.19 ± 1.36**	13.93 ± 0.84	11.29 ± 0.91**
TK	0.81 ± 0.08	0.76 ± 0.06**	0.69 ± 0.03	0.77 ± 0.04**

注:世居高、平原的男、女受试者相比,*P < 0.05,**P < 0.01



2.2 世居高、平原体育生的20 m折返跑成绩与血液流变的相关性

世居高原体育生中,男性的20 m折返跑成绩与血浆粘度($r=-0.646$, $P<0.01$)、红细胞压积($r=-0.664$, $P<0.01$)呈负相关;与红细胞变形指数TK值($r=0.686$, $P<0.01$)呈正相关。女性的20 m折返跑成绩与血沉($r=0.505$, $P=0.055$)、血沉K值($r=0.489$, $P=0.064$)呈正相关的趋势。

世居平原体育生中,男性的20 m折返跑成绩与低切变率全血粘度($r=-0.513$, $P=0.050$)、血浆粘度($r=-0.466$, $P=0.080$)呈负相关的趋势。女性的20 m折返跑成绩与高切变率下的全血粘度($r=-0.455$, $P=0.088$)、全血还原粘度($r=-0.488$, $P=0.065$)及红细胞变形指数TK值($r=-0.481$, $P=0.069$)呈负相关的趋势。

3 讨论与分析

3.1 世居高、平原体育生的血液流变在性别上的差异性

在高切变率下的血粘度首先取决于红细胞的变形能力,其次是血浆粘度和红细胞压积,而在低切变率下血液粘度首先取决于红细胞的聚集性^[2]。全血高切还原粘度增高的直接原因是血浆粘度增加和/或红细胞刚性增高(变形能力降低);全血高切相对粘度增加的直接原因是血细胞压积增加和/或红细胞刚性增高(变形能力降低)。全血低切还原粘度增高的直接原因是血浆粘度增加和/或红细胞聚集性增加;全血低切相对粘度增加的直接原因是血细胞压积增加和/或红细胞聚集性增加。血沉反映红细胞在血浆中自然沉降速度,受到红细胞表面所负电荷数量的影响,因此,可反映红细胞的聚集性。血沉K值排除红细胞压积的干扰,比ESR能更真实合理地反映红细胞聚集程度。

从本研究中可知,世居高原体育生中,男性与女性相比,其高切变率下的全血粘度、还原粘度及相对粘度较高是由于红细胞压积较高,红细胞刚性较大,而红细胞变形能力较低的原因;男性的TK值高于女性,也进一步说明其红细胞变形能力较低,TK值可用来估计红细胞硬度,TK值大,红细胞硬化程度高,红细胞变形能力差;男性低切变率下的全血粘度、还原粘度及相对粘度较高是由于红细胞压积较高,红细胞聚集性较大所致。同时,也表明男性的血粘度较高与血浆粘度无关。世居平原体育生中,男性与女性相比,其血液粘度也高于女性,高切变率下的还原粘度及红细胞变形指数TK低于女性,说明男性的红细胞的刚性较低,红细胞变形能力较强;高切变率下的全血粘度、相对粘度与女性无差异,其原因可能与Connes P提出的一致,即较高的红细胞变形能力补偿了红细胞压积和血浆粘度导致的血粘度的增加^[2]。女性的血沉及血沉K值高于男性,但男性低切变率下的全血粘度、还原粘度及相对粘度均高于女性,说明男性的红细胞聚集性较大;因为,低切变率下的血粘度主要取决于红细胞聚集性^[2];虽然血沉及血沉K值的增高也反映红细胞聚集性的增加,但女性的血沉本身要高于男性,并且血沉血液中的纤维蛋白原与血沉有直接的联系,任何增加纤维蛋白原的情况都能使血沉加快^[4],虽然本研究没有纤维蛋白原

值,但导致世居平原体育生中,女性的血沉及血沉K值是否与其有关,需要进一步研究。

Connes P等认为^[5],血液流变学参数通过促进血液动力学和心肺功能的适应对适度锻炼者的训练作出响应。血液的流变性对有氧运动能力的影响与氧传递效应有关,红细胞的变形性在很大程度上影响着血液对组织的供氧能力及对二氧化碳和其它物质的运输能力而影响有氧运动能力^[1,6]。在微循环中,血流量及对组织细胞氧气的传递主要取决于红细胞的变形能力,红细胞变形能力的降低可导致毛细血管灌注及向组织细胞传递的氧下降^[5,7]。并且,当红细胞变形能力下降时,吸附于血管内皮的红细胞增加,进而使血流阻力增加^[7]。一旦红细胞的变性下降,不但组织的供氧量受到明显影响而使运动能力下降,且由于剧烈的肌肉收缩活动,将造成红细胞的机械破损增加,因而红细胞变形性下降的运动员,极易形成运动性贫血^[6]。在体循环、微循环及心功能的血流阻力中血粘度和血浆粘度是主要决定因素。红细胞变形能力和局部的红细胞压积影响在肺和肌肉水平上氧的扩散能力^[1]。因此,从血液流变学角度出发,世居高原体育生中,女性的血液阻力低于男性,毛细血管灌注及血液向组织细胞氧的传递强于男性,其氧的运输和传递的效率高于男性;而世居平原体育生中正好呈现相反的情况。

3.2 世居高、平原体育生有氧运动能力与血流变的相关性

从本研究可知,世居高原体育生中,男性的红细胞压积、血粘度及红细胞变形能力与有氧运动能力具有密切的关系;女性中血沉及血沉K值与有氧运动能力有一定的联系。世居平原体育生中,男性的低切全血粘度和血浆粘度与有氧运动能力有一定的联系;女性高切变率下的全血粘度、还原粘度和红细胞变形指数与有氧运动能力有一定的联系。说明血液流变学各指标与有氧运动能力在世居高原和平原,男性和女性体育生中呈现不同的相关性,表明血液流变学各指标在反映有氧运动能力上的重要性不同。世居高原运动员的血液流变学与有氧运动能力的相关性较世居平原运动员明显,这可能是因为在高原低氧环境,尤其是青藏高原其低氧、干燥的气候时血液流变对运动能力的影响较平原大,血流变对高原运动者比平原运动者有更重要的意义。理论上,TK值高,红细胞变形能力低,红细胞运输氧能力差,有氧运动能力应该低,这与本研究世居高原男性体育生TK值与有氧运动能力呈正相关的结论相反,其原因有待于进一步探讨。

运动过程中红细胞的变形能力与体循环血管阻力呈显著负相关,与动静脉血氧含量差及最大摄氧量呈显著的正相关,全血粘度的升高与体循环血管阻力的增加相关^[4]。这与本研究中世居高原男性中红细胞变形能力与有氧运动能力所作的相关分析相反,其原因有待于进一步探讨。有氧耐力训练可降低血粘度、血浆粘度、红细胞压积和红细胞聚集性,提高红细胞的变形能力^[1]。在正常范围内较低的血粘度、血浆粘度、红细胞压积和红细胞聚集性及较高的红细胞变形能力有利于提高有氧耐力。世居高原女体育生的血沉和血沉K值与运动能力有正相关趋势,说明其有氧运动能力除红细胞压积有负向联系外,还可能与红细胞聚集性有正向联系,这可能与影响红细胞聚集性和血流阻力间的关系的因素较复杂有关^[8]。



4 结论

4.1 世居高原体育生中, 男性与女性相比, 女性的红细胞变形能力较好, 聚集性较低, 血浆粘度较高; 世居平原体育生中, 男性的红细胞变形能力较强, 聚集性及血浆粘度较高。

4.2 从血液流变学角度看, 世居高原体育生中, 女性的血液阻力低于男性, 毛细血管灌注及血液向组织细胞氧的传递强于男性, 其氧的运输和传递的效率高于男性; 而世居平原体育生中呈现相反的情况。

4.3 血液流变性在反映有氧运动能力上的重要性依高原、平原不同地区, 不同性别而不同, 世居高原体育生血流变与有氧运动能力的相关性较世居平原体育生密切。

参考文献:

- [1] Connes P, Brun J, Baskurt O. (2010). Biomedical and Health Research-Blood Rheology and Exercise[M].75:213-229.
- [2] Connes P, Bouix D, Durand F, et al. (2004). Is hemoglobin desaturation related to blood viscosity in athletes during exercise? *Int J Sports Med*, 25(8): 569-574.
- [3] Shengxia Ma, Jen Uchimanu, Guang Yang. (2010). A Comparative Study on Hemorheology between Plateau Athletes and Plain Athletes[G].The 16th Asian Games Science Congress Proceedings:176.
- [4] Wolfe F, Michaud K. (1994). The clinical and research significance of the erythrocyte sedimentation rate. *J Rheumatol*, 21: 1227-37.
- [5] Connes P, Tripette J, Mukisi-Mukaza M, et al. (2009). Relationships between hemodynamic, hemorheological and metabolic responses during exercise. *Biorheology*, 46(2): 133-143.
- [6] 陈文鹤, 魏安奎. 红细胞变形性对运动能力的影响 [J]. 上海体育学院学报. 1995, 19(3): 69-71.
- [7] Kaul DK, Koshkaryev A, Artman G, et al. (2008). Additive effect of red blood cell rigidity and adherence to endothelial cells in inducing vascular resistance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 295(4): H1788-H1793.
- [8] Yalcin O, Uyuklu M, Armstrong J.K., et al. (2004). Graded alterations of RBC aggregation influence in vivo blood flow resistance. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 287: H2644-H2650.

(责任编辑: 何聪)

(上接第77页)

- [34] 霍德利. 体育赛事风险评估与应对策略研究[J]. 天津体育学院学报, 2011(1): 49-52.
- [35] 安俊英, 黄海燕. 基于模糊层次分析法的大型体育赛事风险评估研究[J]. 上海体育学院学报, 2011(4): 32-35.
- [36] 张勉, 蒲毕文, 白永生. 单项体育赛事志愿者管理模式的研究[J]. 浙江体育科学, 2008(4): 5-8.
- [37] 乾清华. 大型体育赛事志愿者激励管理初探[J]. 西安体育学院学报, 2008(1): 32-34.
- [38] 闫成栋. 大型体育赛事志愿者地位及相关法律责任[J]. 天津体育学院学报, 2008(6): 497-500.
- [39] 种莉莉. 对大型体育赛事志愿者网络培训的探讨[J]. 山东体育科技, 2009(4): 49-51.
- [40] 李南筑, 姚芹. 体育赛事评价: 社会评价的涵义[J]. 上海体育学院学报, 2009(5): 7-11.
- [41] 李南筑, 姚芹. 体育赛事评估: 评定价值、创造价值[J]. 上海体育学院学报, 2009(4): 1-4.
- [42] 蒋家珍, 钟秉枢. 体育赛事品牌传播价值评估系统原理与方法研究[J]. 北京体育大学学报, 2008(2): 159-164.
- [43] 陈浩. 体育赛事赞助绩效评估的研究[D]. 北京体育大学硕士论文, 2008, 6.
- [44] 黄海燕. 体育赛事经济影响评价的实证研究[J]. 上海体育学院学报, 2011(3): 1-6.
- [45] 吴殷. 基于投入产出的体育赛事活动的经济影响个案分析[J]. 上海体育学院学报, 2009(4): 9-11.
- [46] 姚芹, 张颖慧. 网球大师杯·上海赛现场观众直接消费调查与分析[J]. 上海体育学院学报, 2009(5): 16-19.
- [47] 张林, 黄海燕. 体育赛事事前评估[M]. 北京: 人民体育出版社, 2011, 7.
- [48] 黄海燕. 体育赛事综合影响事前评估研究[D]. 上海体育学院博士学位论文, 2009, 6.
- [49] 刘清早. 体育赛事运作管理手册[M]. 北京: 人民体育出版社, 2009, 1.
- [50] 刘清早. 体育赛事运作管理流程[M]. 北京: 人民体育出版社, 2010, 3.

(责任编辑: 陈建萍)