

新疆某高校大学生最大摄氧量心率恢复及乳酸消除速率的关系

袁秋宝, 范丹丹

喀什大学体育学院, 新疆 844006

【摘要】 目的 了解新疆 4 个民族大学生的有氧耐力水平、有氧代谢能力及运动后心血管功能恢复能力, 为不同民族大学生参与体育锻炼及体育教学运动负荷制定提供实验依据。方法 2018 年 9 月, 随机选取 80 名维吾尔族、哈萨克族、塔吉克族、汉族 4 个民族大学生, 采用 12 min 跑测试推测最大摄氧量 (VO_{2max}) 水平, 采用定量负荷运动检测运动后血乳酸和心率水平, 并分析三者的关联性。结果 塔吉克族男生 VO_{2max} 水平最高, 为 $[(48.36 \pm 4.75) \text{ mL} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}]$, 女生组维吾尔族学生 VO_{2max} 水平最高, 为 $[(36.04 \pm 4.21) \text{ mL} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}]$, 定量负荷运动后, 哈萨克族男生运动后 1 min 速率 (HRR1) 高于维吾尔族、哈萨克族及汉族男生, 女生组 HRR1 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 维吾尔族学生血乳酸恢复速率高于哈萨克族学生 ($P < 0.05$)。其余各性别及民族组间差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 相关分析结果显示, 维吾尔族、塔吉克族、汉族男生 HRR1 与 VO_{2max} 呈负相关 (r 值分别为 $-0.93, -0.73, -0.94$, P 值均 < 0.05); 维吾尔族及汉族学生 HRR1 与 VO_{2max} 呈负相关 (r 值分别为 $-0.88, -0.87$, P 值均 < 0.05); 4 个民族大学生血乳酸恢复能力与 VO_{2max} 水平除哈萨克族男生外均呈正相关 (男: r 值分别为 $0.58, 0.98, 0.77$; 女: r 值分别为 $0.75, 0.89, 0.90, 0.94$, P 值均 < 0.05); 维吾尔族、塔吉克族、哈萨克族男生 (r 值分别为 $-0.74, -0.67, -0.81$, P 值均 < 0.05) 及维吾尔族、塔吉克族、汉族女生 (r 值分别为 $-0.98, -0.87, -0.73$, P 值均 < 0.05) HRR1 与运动后血乳酸恢复速率间呈负相关。结论 新疆 4 个民族大学生的有氧代谢能力、心率恢复及乳酸消除速率存在民族及性别差异, 各项指标间可能存在内在关联。

【关键词】 氧耗量; 心率; 乳酸; 运动活动; 少数民族; 学生

【中图分类号】 G 804.2 G 804.49 R 179 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-9817(2019)02-0259-05

Relationship among maximal oxygen uptake, heart rate recovery and lactate clearance rate in college students in Xinjiang/YUAN Qiubao, FAN Dandan. Kashgar University, Kashgar (844006), Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

【Abstract】 Objective To understand the aerobic endurance level, aerobic metabolism ability and cardiovascular function recovery ability of 4 ethnic college students in Xinjiang, and to provide experimental basis for students of different ethnic groups to participate in physical exercise and sports teaching load design. Methods In September 2018, 80 college students of Uygur, Kazak, Tajik and Han nationalities were randomly selected, and their VO_{2max} levels were predicted by using a 12 min running test. Blood lactic acid and heart rate levels after exercise were detected by quantitative load exercise, and the correlation among the three was analyzed. Results Male Tajik students had the highest VO_{2max} level $[(48.36 \pm 4.75) \text{ mL} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}]$, and female Uygur students had the highest VO_{2max} level $[(36.04 \pm 4.21) \text{ mL} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}]$. After quantitative load exercise, HRR1 of male Kazak students was higher than that of male Uygur, Kazak and Han students. The blood lactic acid recovery rate of Uygur students was higher than that of Kazak students ($P < 0.05$), and there was no significant difference between the other groups ($P > 0.05$). The results of correlation analysis showed that HRR1 was negatively correlated with VO_{2max} in Uygur, Tajik and Han male students ($r = -0.93, -0.87, P < 0.05$). There was a negative correlation between HRR1 and VO_{2max} in Uygur and Han students ($r = -0.88, -0.73, -0.94, P < 0.05$). There was a positive correlation between blood lactic acid recovery ability and VO_{2max} level in 4 ethnic college students except Kazak male students (male: $r = 0.58, 0.98, 0.77$; Female: $r = 0.75, 0.89, 0.90, 0.94, P < 0.05$). Male Uygur, Tajik and Kazak ($r = -0.74, -0.67, -0.81, P < 0.05$) and female Uygur, Tajik and Han ($r = -0.98, -0.87, -0.73, P < 0.05$) HRR1 was negatively correlated with blood lactic acid recovery rate after exercise. Conclusion There are ethnic and gender differences in the aerobic metabolism, heart rate recovery and lactic acid elimination rate of the four ethnic college students in Xinjiang.

【Key words】 Oxygen consumption; Heart rate; Lactic acid; Motor activity; Minority groups; Students

最大摄氧量 (maximal oxygen uptake, VO_{2max}) 是评价人体有氧工作能力的金标准, 在运动训练及体育健身领域也一直被作为制定运动负荷的重要依据^[1]。运动后心率恢复 (heart rate recovery, HRR) 是评价人

【作者简介】 袁秋宝 (1982—), 男, 湖北省人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为运动与健康。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.02.028

体心脏自主神经功能的金标准,一直以来被作为评价心功能不全患者(cardiac insufficiency)心功能的重要指标。在运动训练领域,HRR 可作为判断运动疲劳及身体状态的指标。传统的观点认为,个体的 $VO_2\max$ 是人体总体健康状况的最佳单一测量指标^[2]。有证据表明,HRR 与心率变异性及压力反射敏感性等一样,在心血管疾病的诊断和预后判断方面有着重要的应用价值^[3]。通过进一步的研究发现,HRR 对 $VO_2\max$ 存在高度敏感性,据此推断,HRR 可能与人体有氧运动能力存在一定关联。

长久以来,心血管系统功能也被视为人体运动能力的基础,但不同民族人群由于遗传因素、饮食习惯及生活环境等众多因素的影响,其心血管系统功能存在一定差异,也导致了不同民族人群的运动能力及对定量负荷的心血管反应存在不同程度差异^[4-5]。为此,本研究以新疆维吾尔族、哈萨克族、塔吉克族及汉族在校大学生为研究对象,通过 12 min 跑测试及定量负荷运动实验(两步法台阶实验)确定受试对象最大摄氧量水平、定量负荷运动后血乳酸恢复速率及心率恢复速率,从而为不同民族大学生参与体育锻炼及体育教学运动负荷制定提供实验依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2018 年 9 月在喀什大学所有年级学生中随机招募无专业运动经验的非体育专业大学生为受试者,身体健康状况良好,无遗传病史,无精神、肢体等缺陷,过往无重大病史,近 1 年内无手术史。获取 80 名符合招募条件的受试者,包括维吾尔族、哈萨克族、塔吉克族及汉族各 20 名,每个民族受试者男、女各半;年龄 18~22 岁,平均(19.45 ± 1.01)岁。实验前受试者签署知情同意书并知晓实验目的、流程以及潜在风险。为避免研究样本间的选择性偏倚,所有研究对象还需满足以下要求:(1)各性别及民族研究对象的年龄、身高、体质量指数(BMI)及安静心率差异均无统计学意义(P 值均 >0.05);(2)实验前除了参加每周 2 课时的体育课之外,均没有参加业余体育锻炼的习惯。

1.2 方法

1.2.1 测试指标及主要仪器

(1)血乳酸测试:采用德国产 Lactate scout 便携式血乳酸测试仪检测定量负荷运动后即刻、1 min 末、2 min 末、3 min 末、5 min 末及 30 min 末末梢血血乳酸水平以及血乳酸峰值出现的时间(t)。

血乳酸清除速率(V)=血乳酸峰值($Blamax$)- Bl_{30} 。

(2)心率测试:采用芬兰产 Polar S610i 心率表检测定量负荷运动后即刻、1 min 末(HRR1)、2 min 末

(HRR2)、3 min 末(HRR3)、5 min(HRR5)末及 10 min(HRR10)末心率。

运动后 1 min 末心率绝对恢复率($\%$)=(HRR1-运动后即刻心率)/HRR1。

(3)最大摄氧量间接测试:采用 12 min 跑跑动距离间接推测受试对象 $VO_2\max$ 水平。

$VO_2\max = 33.3 + [\text{距离(m)}/12 \text{ min} - 150 \text{ m/min}] \times 0.21 [\text{mL} \cdot (\text{kg} \cdot \text{min})^{-1}]$ 。

1.2.2 实验分组 根据受试对象性别进行分组,12 min 跑测试每组 8 人,共 10 个测试组(男生、女生各 5 个测试组);两步法台阶测试每组 5 人,共 16 个测试组(男、女生各 8 个测试组)。

1.2.3 运动实验步骤 (1)12 min 跑测试选择温度、湿度及光照适宜天气进行,受试对象测试前 1 周保持良好的睡眠和体力储备。在标准的 400 m 跑道上,以起跑线为基点,每 50 m 为 1 个单位,并进行标记,将跑道划分为 8 个区域。由测试人员负责标记受试者的位置,计算受试者的跑动距离^[6]。(2)两步法台阶测试,备台阶若干(男台高 40 cm,女台高 30 cm),运动持续时间为 3 min,受试者跟随节拍器节奏上下台阶,节拍器频率为 134 次/min,运动结束后站立 1 min,每个受试者配戴 polar 表,记录整个实验过程的心率。在测试过程中,如果受试者不能坚持运动或连续 3 次不能按规定频率上下台阶,测试人员应立即让受试者停止运动,记录即刻心率及心率恢复数据^[7]。

1.3 质量控制 采用 12 min 跑间接测定 $VO_2\max$,因 12 min 跑属于场地测试,要求受试者在 12 min 内尽最大努力完成尽可能远的移动距离。但个别受试者由于缺乏运动经验,对个人运动能力估计不足,造成过早力竭,无法完成。结合以往研究经验,组织者通过对受试者制定个体化运动方案及前期适应性练习尽可能消除运动实验干扰因素。

1.4 统计学分析 采用 Graphpad Prism 5 统计学软件进行统计分析并导出统计图,实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两样本均数间比较采用独立样本 t 检验,多样本均数间比较采用方差分析,多组间比较采用 LSD 检验。采用 Pearson 相关性分析检验 $VO_2\max$ 、运动后心率恢复与运动后血乳酸恢复之间的相关性。以 $P < 0.05$ 表示有统计学意义。

2 结果

2.1 4 个民族大学生 12 min 跑成绩及 $VO_2\max$ 水平 男生组塔吉克族、维吾尔族学生的 12 min 跑动距离及 $VO_2\max$ 评分均高于哈萨克族及汉族(P 值均 <0.05),哈萨克族与汉族差异无统计学意义($P > 0.05$);女生组维吾尔族学生高于哈萨克族、汉族(P 值均 <0.05),汉

族与哈萨克族比较差异无统计学意义($P>0.05$)。塔吉克族男生 VO_2max 水平在 4 个民族中最高, 达 $[(48.36\pm 4.75)\text{mL}\cdot(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}]$, 哈萨克族最低, 为 $[(41.29\pm 4.79)\text{mL}\cdot(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}]$; 女生组以维吾尔族学生最高, 达 $[(36.04\pm 4.21)\text{mL}\cdot(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}]$, 哈萨克族最低, 为 $[(33.56\pm 3.40)\text{mL}\cdot(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}]$ 。见表 1。

2.2 定量负荷测试后心率恢复规律 定量负荷运动后,哈萨克族男生运动后即刻心率及 HRR1 高于维吾尔族、塔吉克族(P 值均 <0.05),其他组间比较差异无统计学意义(P 值均 >0.05);女生组 4 个民族间相互比较差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。运动后心率恢复速率,男生组顺位依次为塔吉克族(12.75%)、维吾尔族(11.65%)、汉族(11.36%)及哈萨克族(9.82%),哈萨克族男生低于维吾尔族及塔吉克族男生(P 值均 <0.05),其余各民族间比较差异无统计学

意义(P 值均 >0.05);女生组运动后心率恢复速率顺位依次为维吾尔族(11.96%)、塔吉克族(11.92%)、汉族(11.04%)及哈萨克族(10.49%),其中哈萨克族女生低于维吾尔族及塔吉克族(P 值均 <0.05)。见表2。

表1 新疆不同民族男女大学生 12 min 跑及 $VO_{2\max}$ 评分比较($\bar{x} \pm s$)

性别	民族	人数	统计值	12 min	VO ₂ max 评分/
				跑动距离/m	[mL · (kg · min) ⁻¹]
男	维吾尔族	10		2 621.3±297.9	47.28±4.87
	哈萨克族	10		2 359.2±303.2	41.29±4.79
	塔吉克族	10		2 683.4±288.5	48.36±4.75
	汉族	10		2 438.9±348.6	43.29±5.54
			<i>F</i> 值	21.27	3.44
			<i>P</i> 值	<0.01	<0.05
女	维吾尔族	10		2 137.8±208.7	36.04±4.21
	哈萨克族	10		1 988.6±188.3	33.56±3.40
	塔吉克族	10		2 079.8±205.9	35.74±4.61
	汉族	10		1 964.3±199.4	32.65±3.38
			<i>F</i> 值	2.96	2.38
			<i>P</i> 值	<0.05	<0.05

表2 新疆不同民族男女大学生运动后心率恢复指标比较($\bar{x} \pm s$)

性别	民族	人数	统计值	运动后即刻/	HRR1/	HRR2/	HRR3/	HRR5/	HRR10/	1 min 末心率绝
				(次·min ⁻¹)	(次·min ⁻¹)	(次·min ⁻¹)	(次·min ⁻¹)	(次·min ⁻¹)	(次·min ⁻¹)	对恢复率/%
男	维吾尔族	10		155.8±6.82	139.2±4.49	126.2±7.07	110.2±7.22	98.9±5.47	88.8±5.31	11.65±2.62
	哈萨克族	10		162.5±8.51	147.3±5.79	131.1±4.31	115.3±4.52	100.5±6.38	93.6±6.15	9.82±3.25
	塔吉克族	10		154.9±5.33	136.7±6.90	124.2±8.28	112.3±9.30	98.8±5.45	88.9±5.52	12.75±2.94
	汉族	10		159.4±4.69	139.7±5.59	125.9±6.39	116.8±10.48	99.5±8.45	89.9±8.45	11.36±3.88
			<i>F</i> 值	5.72	6.27	4.94	2.06	1.08	2.05	24.57
		<i>P</i> 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	>0.05	<0.05	<0.01	
女	维吾尔族	10		164.7±7.24	148.3±6.55	129.3±6.14	115.7±5.19	106.4±6.69	96.1±9.45	11.96±2.97
	哈萨克族	10		169.7±8.82	151.9±7.59	132.9±5.62	121.3±7.82	108.9±4.66	99.4±7.74	10.49±3.27
	塔吉克族	10		166.6±9.57	148.4±5.63	128.5±6.53	117.9±8.48	103.7±7.80	96.1±5.45	11.92±3.36
	汉族	10		167.4±7.75	149.3±7.36	130.2±4.10	118.6±8.28	104.8±7.61	96.7±6.53	11.04±3.91
			<i>F</i> 值	0.77	0.25	3.28	11.55	4.10	3.11	4.71
		<i>P</i> 值	>0.05	>0.05	<0.05	<0.01	<0.05	<0.05	<0.05	

2.3 定量负荷测试后血乳酸恢复规律 结果表明,塔吉克族男生运动后即刻血乳酸水平低于哈萨克族及汉族男生(P 值均 <0.05);维吾尔族女生运动后即刻血乳酸水平低于汉族及哈萨克族,哈萨克族与汉族比较差异有统计学意义(P 值均 <0.05),塔吉克族与维吾尔族比较差异无统计学意义($P>0.05$)。血乳酸恢

复速率维吾尔族学生高于哈萨克族($P<0.05$),其余各民族间差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。在血乳酸峰值方面,塔吉克族学生在运动后 3 min 左右出现,维吾尔族学生在运动后 2 min 左右出现,汉族学生出现时间最短,一般在运动后 1 min 左右。见表 3。

表3 新疆不同民族男女大学生运动后血乳酸恢复指标比较($\bar{x} \pm s$)[illegible]

2.4 4 个民族大学生运动后心率和血乳酸恢复与 $VO_2\max$ 相关分析 维吾尔族、塔吉克族、汉族男生 HRR1 与 $VO_2\max$ 呈负相关(r 值分别为 $-0.93, -0.73, -0.94, P$ 值均 <0.05), 仅有哈萨克族学生无相关关系($r=-0.38, P>0.05$); 女生组 HRR1 水平与 $VO_2\max$ 相关性相对较低, 维吾尔族及汉族学生有相关关系(r 值分别为 $-0.88, -0.87, P$ 值均 <0.05), 哈萨克族及塔吉克族学生无相关关系(r 值分别为 $-0.40, -0.44, P$ 值均 >0.05)。新疆 4 个民族学生血乳酸恢复能力与 $VO_2\max$ 水平存在高度相关性, 除哈萨克族男生无相关关系外($r=0.23, P>0.05$), 其余各性别民族组均呈正相关(男: r 值分别为 $0.58, 0.98, 0.77$; 女: r 值分别为 $0.75, 0.89, 0.90, 0.94, P$ 值均 <0.05)。此外, 维吾尔族、哈萨克族、塔吉克族及汉族男生血乳酸恢复速率与 HRR1 的相关度分别为 $-0.74, -0.67, -0.81$ 和 -0.40 ; 4 个民族女生血乳酸恢复速率与 HRR1 的相关度分别为 $-0.98, 0.10, -0.87$ 和 -0.73 。见表 4~6。

表 4 新疆不同民族男女大学生运动后心率恢复与 $VO_2\max$ 相关分析

性别	民族	r 值(r 值 95%CI)	P 值	R^2 值
男	维吾尔族	$-0.93(-0.98 \sim -0.72)$	<0.01	0.86
	哈萨克族	$-0.38(-0.82 \sim -0.32)$	0.26	0.15
	塔吉克族	$-0.73(-0.93 \sim -0.18)$	0.02	0.53
	汉族	$-0.94(-0.99 \sim -0.75)$	<0.01	0.88
女	维吾尔族	$-0.88(-0.97 \sim -0.55)$	0.03	0.77
	哈萨克族	$-0.40(-0.92 \sim -0.13)$	0.29	0.22
	塔吉克族	$-0.44(-0.93 \sim -0.20)$	0.23	0.22
	汉族	$-0.87(-0.97 \sim -0.53)$	0.02	0.77

表 5 新疆不同民族男女大学生运动后血乳酸恢复与 $VO_2\max$ 相关分析

性别	民族	r 值(r 值 95%CI)	P 值	R^2 值
男	维吾尔族	$0.58(-0.22 \sim 0.85)$	0.00	0.84
	哈萨克族	$0.23(0.19 \sim 0.93)$	0.12	0.24
	塔吉克族	$0.98(0.90 \sim 0.99)$	0.03	0.89
	汉族	$0.77(0.28 \sim 0.94)$	0.05	0.57
女	维吾尔族	$0.75(0.23 \sim 0.94)$	0.01	0.77
	哈萨克族	$0.89(0.60 \sim 0.98)$	0.03	0.62
	塔吉克族	$0.90(0.65 \sim 0.98)$	0.04	0.52
	汉族	$0.94(0.75 \sim 0.99)$	0.03	0.77

表 6 新疆不同民族男女大学生运动后血乳酸恢复与运动后心率恢复相关分析

性别	民族	r 值(r 值 95%CI)	P 值	R^2 值
男	维吾尔族	$-0.74(-0.93 \sim 0.21)$	0.01	0.55
	哈萨克族	$-0.67(-0.91 \sim 0.06)$	0.04	0.44
	塔吉克族	$-0.81(-0.95 \sim 0.38)$	0.04	0.66
	汉族	$-0.40(-0.82 \sim 0.31)$	0.25	0.16
女	维吾尔族	$-0.98(-0.99 \sim 0.90)$	0.04	0.95
	哈萨克族	$0.10(-0.56 \sim 0.69)$	0.78	0.12
	塔吉克族	$-0.87(-0.97 \sim 0.54)$	0.05	0.76
	汉族	$-0.73(-0.93 \sim 0.19)$	0.02	0.87

3 讨论

在运动过程中, 集体能摄取并分配给运动器官的氧量存在一个最大阈值(即最大摄氧量), 反映了心肺供氧的最大能力, 是衡量心肺耐力的金标准^[8]。本次

研究通过定量负荷运动 12 min 跑推测受试对象最大摄氧量水平, 研究结果表明, 男生组塔吉克族学生 $VO_2\max$ 最高, 维吾尔族学生次之, 哈萨克族学生最低; 女生组维吾尔族学生最高, 塔吉克族学生次之, 哈萨克族学生最低, 可见新疆维吾尔族及塔吉克族学生的最大摄氧量水平高于哈萨克族及汉族学生。导致该现象的可能原因:(1)遗传因素。研究表明, 有氧耐力水平具有显著的遗传倾向, 王国元等^[9]研究证实, 新疆维吾尔族人群 ACE 基因多态频率分布具有明显的种族特征, 维吾尔族拥有 DD 基因型或 ID 等位基因的人外周血白细胞 ACE mRNA 表达量和血清 ACE 活性高, 表明 ACE 基因 I/D 通过影响 mRNA 的转录, 来影响 ACE 的表达, 进而调节人体有氧运动能力; 郭淑霞等^[10]研究证实新疆哈萨克族人群 ACE 基因 I/D DD 基因型的频率低于同地区维吾尔族人群。(2)环境因素。新疆地理环境复杂, 区域内高海拔地区众多, 其中塔吉克族世居帕米尔高原, 李立群等^[11]研究认为, 高原训练可提高竞速轮椅运动员 $VO_2\max$; 马业康^[12]研究表明, 新疆哈萨克等民族中学生的肺活量、耐力跑等指标均呈下降趋势(农牧区学生尤为明显), 总体水平在全国范围内处于较低序列。(3)生活习惯。生活习惯主要包括饮食习惯、作息习惯、体育锻炼等因素。研究证明, 新疆少数民族居民的肉类食品消费行为选择不同于汉族居民, 高能量、高蛋白的营养摄入方式可能导致人体发育水平的差异; 其次, 新疆少数民族学生的体育锻炼习惯与汉族学生也存在一定差异^[13-16]。

朱成东等^[17]通过一项系统分析证明, 运动后心率恢复与有氧能力存在较高的相关性, 且具有较为可靠的再现性, 可以作为评价有氧能力的指标。本次研究结果显示, 塔吉克族及维吾尔族学生心率恢复速率高于哈萨克族及汉族学生。研究证明, 新疆维吾尔族 18~44 岁人群心率变异(HRV)时域指标变化速率高于汉族同年龄人群, 塔吉克族及哈萨克族 HRV 时域指标相关研究资料缺少。因此运动后心率恢复速率与时域指标变化规律间的关系仍有待进一步研究。

血乳酸作为一项研究成熟的生化指标, 已被广泛应用于运动训练监控领域, 可用于评价个体有氧运动能力、无氧运动能力, 在运动负荷制定中发挥重要作用^[18]。血乳酸恢复速率指定量负荷运动结束后血乳酸恢复的速度, 是反应身体代谢能力的重要指标。运动过程中肌纤维线粒体是产生乳酸的主要场所, 乳酸的生成量与运动负荷及身体代谢能力密切相关, 通过了解个体运动后血乳酸恢复速率可以掌握体内乳酸代谢特点, 进而评价个体代谢能力^[19]。研究认为, 个体间运动后即刻血乳酸水平存在较大差异, 同时, 运动后即刻个体血乳酸不会达到峰值, 而会在运动停

止后数分钟内达到 Blamax^[20]。结合本次研究结果,运动后 Blamax 出现时间在 1~3 min 不等,与既往研究结果一致。有研究认为,运动后血乳酸的清除主要通过自身氧化代谢、糖异生等途径实现,运动后乳酸清除速率与个体有氧代谢能力具有高度相关性^[21]。结合本次研究结果,维吾尔族学生恢复速率最高,且男女生均显著高于哈萨克族学生。可能机制为:新疆 4 个民族学生 VO₂max 水平存在一定差异,VO₂max 是反映个体有氧代谢能力的重要指标,据此推断,新疆各民族大学生定量负荷运动后血乳酸恢复规律可能与 VO₂max 水平的差异具有一定相关性。

通过以上分析,运动后心率恢复速率、血乳酸恢复速率是评价个体有氧工作能力的有力指标。同时,研究结果分析表明,新疆 4 个民族学生血乳酸恢复能力与运动后心率恢复能力间存在内在关联,具体的相关性趋势表现为:运动后心率恢复指标 HRR1 与 VO₂max 呈负相关;运动后血乳酸恢复速率与 VO₂max 呈正相关;血乳酸恢复与运动后心率指标 HRR1 也存在负相关。综合前文所述,运动后心率恢复速率、血乳酸恢复速率与有氧代谢能力具有高度相关性。研究表明,有氧代谢能力直接决定了个体运动心力储备,运动后心率恢复速率正是由运动心力储备直接决定的^[22-23]。同时,运动后血乳酸的恢复过程有赖于循环系统运输能力、肌纤维类型及代谢能力。研究表明,VO₂max 水平取决于身体氧运输能力及肌肉组织氧利用能力^[24],VO₂max 水平高者氧运输能力及氧利用能力也相对较高,以上指标也是个体血乳酸恢复能力与运动后心率恢复能力的生理基础。

本次研究采用运动实验的方式评价新疆不同民族大学生的有氧耐力水平、有氧代谢能力及运动后心血管功能恢复能力。由于最大摄氧量的 12 min 跑测试法属极量运动测试,受试缺乏运动经验,正式实验前还需要前期适应性练习,这些因素限制了本次研究的纳入样本量,导致样本偏小。但在前期的研究样本募集和甄别过程中,通过严格控制纳入标准和调节,尽可能避免样本偏小导致的选择性偏倚。尽管如此,本次研究通过严格的测试程序对新疆不同民族大学生有氧耐力水平、有氧代谢能力及运动后心血管功能恢复能力进行深入讨论,为新疆各民族大学生体育活动的负荷定量提供理论依据。

4 参考文献

[1] MANOEL F, SILVA D D, LIMA J, et al. Peak velocity and its time limit are as good as the velocity associated with VO₂max for training prescription in runners[J]. Sports Med Inter Open, 2017, 1(1): E8-E15.

[2] ASTORINO T A, EDMUNDS R M, CLARK A, et al. High-intensity interval training increases cardiac output and VO₂max[J]. Med Sci

Sports Exerc, 2017, 49(2): 265.

[3] 黄传业, 洪平, 何子红, 等. 观看电视时间与心血管事件风险关系: 基于运动后心率恢复和心率变异横向研究[J]. 体育科学, 2015, 35(5): 48-54.

[4] 向宇宏, 巴义名. 中等强度有氧运动对贵州少数民族大学生心肺功能的影响[J]. 中国学校卫生, 2017, 38(9): 1424-1426.

[5] 郝文享, 张雅玲, 张洪流. 新疆不同民族大学生神经类型与适宜运动项目的相关研究[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2006, 19(2): 188-192.

[6] 王国军, 温含, 武雅琼. 跑节省化、最大摄氧量评价普通人有氧耐力的效果比较[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(7): 1265-1272.

[7] 蔡广, 陆大江, 沈勋章. 两种台阶实验间接推算和直接测试最大摄氧量的比较[J]. 中国组织工程研究, 2008, 12(15): 2918-2921.

[8] 彭莉. 置疑最大摄氧量: 测试方法与判定标准[J]. 体育科学, 2011, 31(7): 85-91.

[9] 王国元, 何恩鹏, 阿布都克依木·热合曼. 新疆维吾尔族运动员 ACE 基因 I/D 多态与有氧运动能力关联研究[J]. 西安体育学院学报, 2009, 26(2): 214-218.

[10] 郭淑霞, 李娜, 丁毓磊, 等. 哈萨克族居民高血压与 ACE 和 AT₁R 基因多态性[J]. 中国公共卫生, 2010, 26(3): 259-261.

[11] 李立群, 李汉杰, 王颀, 等. 高原训练对轮椅竞速运动员有氧能力的影响[J]. 北京体育大学学报, 2013(5): 74-77.

[12] 马业康. 新疆农牧区 13~15 岁哈萨克族中学生体质下降干预对策研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.

[13] 韩加, 努尔波拉提·依利亚斯, 阿里木江·海米提, 等. 新疆医科大学维吾尔族大学生营养知识、态度、膳食行为调查[J]. 新疆医科大学学报, 2007, 30(3): 238-240.

[14] 吴晓飞, 肖辉, 林艺, 等. 乌鲁木齐市中学生早餐行为调查[J]. 中国预防医学杂志, 2010(12): 1266-1269.

[15] 李建疆, 范磊, 张惠. 新疆维吾尔族大学生体育锻炼特征及其影响因素的调查研究[J]. 武汉体育学院学报, 2010, 44(9): 62-65.

[16] 彭立群. 新疆大学生闲暇体育行为的调查与研究[J]. 西安体育学院学报, 2002, 19(3): 38-39.

[17] 朱成东, 林华. 运动后心率恢复: 大众健身有氧评价新思路述评[J]. 体育学刊, 2017, 24(5): 134-139.

[18] 冯炜权. 血乳酸与运动训练[M]. 北京: 人民体育出版社, 1990.

[19] GINNEKEN V V, BOOT R. Blood plasma substrates and muscle lactic-acid response after exhaustive exercise in common carp and trout: indications for a limited lactate-shuttle[J]. Animal Biol, 2004, 54(2): 119-130.

[20] 沈友青, 徐国栋. 递增负荷运动后肌氧含量和血乳酸的恢复研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(5): 73-77.

[21] 周兴生, 林文弢, 何晓龙, 等. 男子足球运动员 YO-YO 测试与运动后血乳酸、心率变化相关性的分析[J]. 广州体育学院学报, 2017, 37(4): 85-89.

[22] THOMSON R L, BELLENGER C R, HOWE P R C, et al. Improved heart rate recovery despite reduced exercise performance following heavy training: a within-subject analysis[J]. J Sci Med Sport, 2016, 19(3): 255-259.

[23] 黄传业, 何子红, 洪平, 等. 16 周前后两次运动后心率恢复测试的重复性研究[J]. 中国运动医学杂志, 2015, 34(9): 825-830.

[24] ONG-CHAN Y, NAMKI H, JAEWON O, et al. Post-exercise heart rate recovery independently predicts clinical outcome in patients with acute decompensated heart failure[J]. PLoS One, 2016, 11(5): e0154534.