

高原训练期间赛艇运动员微循环血流速度的变化与Hb,BU,CK关系的研究

朱欢¹,高炳宏²

(1.广西民族师范学院 体育与健康教育系,广西 崇左 532200;2.上海体育学院 体育教育与训练学院,上海 200438)

摘要:目的:通过对高原训练期间男子赛艇运动员肱二头肌微循环最大血流速度储备能力与常规机能指标关系的研究,探讨微循环最大血流速度储备能力应用于运动员身体机能状态监控的可行性;方法:早晨空腹状态下,使用PeriFlux System 5000激光多普勒血流监测仪对10名运动员肱二头肌微循环血流速度进行无创测试,同时在相应的时间节点对运动员进行指尖采血进行Hb,BU,CK等常规机能指标测试;结果:运动员肱二头肌微循环最大血流速度储备能力与常规机能指标均呈现出一定的负相关性,其中与CK存在显著的负相关($P < 0.05$),而与Hb,BU则均不存在显著性差异($P > 0.05$);结论:1)微循环最大血流速度储备能力可与Hb共同作用于运动员有氧能力的评定,且较单一的血红蛋白评定具有测试无创、针对性更强等优点;2)微循环最大血流速度储备能力可较好地反映出运动员对运动强度的适应情况及机体肌肉肌细胞的损伤情况,可作为一种无创性指标与CK共同应用于评价运动员对运动强度的反应。

关键词:赛艇运动员;高原训练;微循环最大血流速度储备能力;常规机能指标

中图分类号:G804.5

文献标志码:A

Hb,BU,CK作为当前我国竞技体育领域运动员身体机能状态监控最为常用的“经典”指标,其实用性、可靠性及时效性早已得到教练员及科研人员的肯定与认可.但随着竞技体育的高速发展这些指标显然已越来越不能满足当前训练的需求,同时其弊端也逐渐暴露出来,如测试有创、针对性不强、分析结果片面化等问题,因此积极寻找精度更高、针对性更强且无创的机能评定指标已刻不容缓.微循环作为机体能量交换的中转站,是运动时机体物质交换、代谢废物排除的唯一场所,而微循环血流速度大小则是决定微循环这一功能正常发挥的关键因素.研究表明,微循环血流速度减慢尤其是微血管血流速度储备能力不能满足高强度大负荷运动时机体能量代谢的需求,往往是诱发运动员运动能力下降及运动性疲劳发生的直接原因,而通过对微循环血流速度储备能力的监测可及时了解运动员微循环功能状态及身体机能状态的变化,对机体运动性疲劳状态的诊断有着重要的参考意义^[1-3].

目前平原训练阶段相关研究已有报道,如刘婷婷等人研究发现水上运动项目运动员微循环血流速度的储备能力的变化与睾酮、皮质醇呈现出一定的相关性,其认为微循环血流速度储备能力可作为运动员机能状态诊断的辅助指标,且具有测试无创等优点^[4].但作为一种特殊的强化训练手段,高原训练期间微循环血流速度储备能力的变化与机能状态关系的研究尚无报道.高原训练由于其特殊的缺氧环境加之高强度运动负荷的刺激,运动员微循环系统更易发生变化,因此探明高原训练期间运动员微循环血流速度储备能力的变化与常规机能指标的关系,对进一步完善无创微循环相关指标在运动员身体机能状态监控的应用有着重要的

收稿日期:2015-08-09;修回日期:2016-01-06.

基金项目:上海市科学技术委员会重点支撑项目(15490503300);上海市人类运动能力开发与保障重点实验室(上海体育学院)(11DZ2261100).

第1作者简介:朱欢(1991-),男,安徽阜阳人,广西民族师范学院助教,国家赛艇队备战2016年里约奥运会科研人员,研究方向为优秀运动员身体机能状态的监控,E-mail:1207105091@qq.com.

通信作者:高炳宏,男,甘肃天水人,教授,博士生导师,国家赛艇队备战2016年里约奥运会科医团队负责人,E-mail:gaobinghong@126.com.

意义.基于此,本研究拟通过对高原训练期间男子赛艇运动员肱二头肌微循环最大血流速度储备能力的变化与常规监控指标Hb,BU,CK之间关系的研究,探讨微血管血流速度能力应用于运动员身体机能状态监控的可行性,以便为提高当前运动员身体机能状态的监控水平和质量提供参考与借鉴.

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

研究对象为国家赛艇队备战2016年里约奥运会的10名公开级男子赛艇运动员,其中包括5名国家级运动健将、5名国际运动健将(世界三大赛事前3名).所有研究对象均排除心血管疾病,肝病、肾病、糖尿病、外周血管及皮肤病等疾病,其基本情况见表1.

表1 研究对象基本情况

样本量	年龄/岁	身高/cm	体质量/kg	专业训练年限/a
10	23.2±2.7	194.7±6.4	94.9±6.4	8.2±3.5

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计及测试安排

整个高原训练模块共分为3个阶段(共计9周).第1阶段:即高原前1周训练(2014.1.9—2014.1.16);第2阶段:即6周高原训练(2014.1.17—2014.2.27),训练地点为海拔2120m的云南会泽国家赛艇队训练基地;第3阶段:即下高原后2周(2014.1.28—2014.3.12).整个高原训练模块期间10名运动员均由同一教练组带领,训练计划基本一致(不排除因运动员伤病训练计划临时改变),其中第二阶段运动员训练负荷安排的基本特点见表2.

表2 第2阶段运动员训练负荷安排的基本特点

阶段	周次	训练负荷安排特点	周平均训练量/km
适应期	第1周	荷量、负荷强度都较小,以有氧长划为主;	127
一般耐力训练期	第2~3周	负荷总量明显增加,以有氧长划为主并穿插一定的专项速度练习;	183
强度训练期	第4~6周	系统训练期;负荷总量变化不大,但专项速度练习比例增加,训练强度较第二阶段增大.	196

每周运动员休息时早晨空腹状态下使用PeriFlux System 5000激光多普勒血流监测仪(目前最新一代激光多普勒血流监测仪)对10名运动员进行无创测试,同时在相应的时间节点对运动员进行指尖血液采集,进行常规机能状态监控指标测试.整个高原训练模块各指标共计测量9次,即第一阶段1次、第二阶段6次、第三阶段2次,且以上所有的测试均在国家赛艇队科研室并由专人完成.

1.2.2 测试指标及测试方法

1.2.2.1 微循环血细胞运动速度(Average velocity of blood cells, AVBC)

1.2.2.1.1 测试部位

选取运动员右侧肱二头肌同一空间的解剖位点为测试位点,且不同运动员或同一运动员重复测试时测试位点不存在明显的空间差异.研究表明,男子赛艇运动员在进行微循环指标监测时肱二头肌最具有代表性^[5];此外由于身体不同部位微血管密度、皮肤组织厚度等不尽相同,因此为了提高监测结果的精度应需定点定位监测^[6-8].AVBC测试值包括肌肉的基础值及肌肉加热到44℃时值,并以加热前后的差值作为微循环血细胞运动速度的最大储备能力,以下简称血流速度储备能力(Reserve capacity of average velocity of blood cells, RCAVBC).正常静息状态下后微动脉和毛细血管前括约肌不断发生每分钟5~10次的交替性、间歇性的收缩和舒张活动致使微血管的血流呈动态变化,由于微血管每次的扩张与收缩程度不同,因此基础状态下所测得AVBC将会有一定的差异,通常采用局部肌肉加热法(44℃)来排除相关差异.研究发现当身体肌肉局部温度加热到44℃肌肉微血管可达到最大的舒张状态,此时微血管的血流速度将达到最大,而加

热前后微血管血流速度大小的差值将代表着微血管最大的血流速度储备能力^[9-12].

1.2.2.1.2 测试仪器及测试方法

测试仪器为由瑞典 Perimed 有限公司生产的最新一代(第五代)激光多普勒血流(LDF),型号:PeriFlux System 5000. PeriFlux System 5000 血流仪采用了新的局部肌肉加热法代替传统阻断血流再通法评价机体微循环系统的血流储备能力,其可将局部肌肉快速加热到 44 ℃,并将温度维持 44 ℃左右^[13-14].

1.2.2.2 测试方法

(1)保持室内安静,温度保持在(25.0±3.0)℃、空气相对湿度为45%~65%,避免空气流动,提前20 min打开仪器,使其稳定,并进行校准;2)晨起空腹状态下,用酒精将受试者测试部位的肌肉擦拭(测试位点均为相同肌肉的同一空间的解剖位点,不存在明显的空间差异),待酒精完全挥发后将双面胶(PF105-3)贴于测试处(若皮肤上有毛发,用工具将其剔去),将探头轻轻固定于双面胶上(避开大血管),保持无压力接触;3)基础值:取常温下第6 min的测试值为基础值;4)加热后值:用探头将局部肌肉加热到44 ℃,持续加热7 min,取第13 min测试值为加热后值;5)整个测试过程中保持室内及受试者安静,由与激光多普勒血流仪连接的计算机专用的 Perisoft 软件输出数据.

1.2.2.3 常规机能状态监控指标

主要包括 Hb, BU, CK, 其中 Hb 采用 POCH100i 三分类血细胞分析仪(日本)测试; BU, CK 采用雷杜 RT-9200 半自动生化分析仪测试.

1.2.3 数据处理

所有数据均采用 SPSS17.0 统计软件包和 Microsoft Excel2003 软件进行统计学处理,结果以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$),组间比较采用 One-Way ANOVA 统计学方法进行处理,相关分析采用 Bivariate 进行相关分析,显著水平为 $P < 0.05$,极显著水平 $P < 0.01$.

2 结果

2.1 高原训练期间运动员 RCAVBC 的变化

进入高原后第1周,运动员 RCAVBC 显著下降,且显著低于高原前水平($P < 0.05$);第2周运动员 RCAVBC 明显上升,且显著高于高原第1周($P < 0.05$);第3周运动员 RCAVBC 又显著下降,且显著低于第2周($P < 0.05$);第4~5周运动员 RCAVBC 虽较第3周有所升高,但变化不大;第6周运动员 RCAVBC 显著升高,且显著高于第4周、第5周($P < 0.05$)及第1周、第3周($P < 0.01$).下高原运动员 RCAVBC 但与其他周次相比均无显著性差异($P > 0.05$),见表3所示.

表3 高原训练期间赛艇运动员 RCAVBC 的变化

周次	基础值	加热后	加热前后的差值
高原前1周	86.06±31.04	258.37±43.23	172.30±139.65
高原第1周	91.55±27.29	184.38±56.3	92.83±64.78*#▲▲
高原第2周	85.60±26.63	261.38±73.64	175.78±69.57
高原第3周	97.68±34.48	217.13±74.17	119.45±63.93*#▲▲
高原第4周	94.67±26.89	234.16±88.00	137.69±83.85▲
高原第5周	78.32±26.27	212.69±57.03	134.37±63.83▲
高原第6周	93.99±29.37	301.82±75.66	207.63±70.13
下高原后第1周	85.07±29.47	244.72±65.51	159.65±71.78
下高原后第2周	82.24±29.27	239.43±80.08	157.19±98.98

注:* $P < 0.05$ VS 高原前1周, # $P < 0.05$ VS 高原第2周, ▲ $P < 0.05$, ▲▲ $P < 0.01$ VS 高原第6周.

2.2 高原训练期间运动员 Hb, BU, CK 的变化

高原训练第1周各指标较高原前1周均有所升高,但均不具有显著性差异($P > 0.05$);第2、3、4周 Hb 呈逐步上升趋势,且第4周达到了本次高原训练的最大值,其后运动员 Hb 呈逐步下降趋势,但下高原后第2周运动员 Hb 有所升高,并显著高于高原训练前1周($P < 0.05$);第2周、第3周 BU 呈逐步下降趋势,但第4周明显升高,并达到了本次高原训练的最大值,其后运动员 BU 便呈逐步下降趋势,但下高原后第2周较下

高原后第1周有所升高;CK第2周运动员有所下降,但第3周明显升高,此后各周呈现出显著的波浪形变化趋势,下高原后CK先升高后有降低,并略高于高原前水平,见表4所示。

表4 高原训练期间赛艇运动员Hb,BU及CK的变化

周次	Hb/(g·dL ⁻¹)	BU/(mol·L ⁻¹)	CK/(u·L ⁻¹)
高原前1周	151±12* * # △	4.02±1.12* * * # ▲▲	173±86# # ○○
高原第1周	164±11*	6.64±1.75	275±150○
高原第2周	154±13* * # △	6.34±1.69	211±104# # ○○
高原第3周	164±9.0*	5.80±1.09* #	315±200
高原第4周	172±12	6.84±1.55	194±85# # ○○
高原第5周	167±13	6.43±1.44	333±199
高原第6周	163±15*	3.60±1.35* * * # ▲▲	259±105○
下高原后第1周	153±13*	2.53±1.00* * * # ▲▲	318±117
下高原后第2周	167±13	4.77±0.82* * * # ▲▲	194±75# # ○○

注:* $P<0.05$ 、** $P<0.01$ VS高原第4周;# $P<0.05$ 、## $P<0.01$ VS高原第5周;△ $P<0.05$ VS下高原后第2周;▲▲ $P<0.01$ VS高原第1周;○ $P<0.05$ 、○○ $P<0.01$ VS高原第3周。

2.3 RCAVBC与Hb,BU,CK的相关性

表5 高原训练期间赛艇运动员RCAVBC与Hb,BU,CK的相关性

	Hb	BU	CK
Pearson相关性	-0.350	-0.419	-0.599**
RCAVBC 显著性(双侧)	0.108	0.064	0.004
N	90	90	90

注:**为0.01水平(双侧)上显著相关。

从表5相关数据可得,运动员RCAVBC与各常规机能指标呈现出一定的相关性,其中RCAVBC与CK也存在显著负相关($P<0.01$)。

3 讨论与分析

针对传统运动员机能状态监控手段的诸多弊端,当前运动员机能状态监控的思路和方法已逐步转变,如诞生了欧米伽无创身体机能综合诊断仪、无创血红蛋白脉搏血氧测量仪及无创激光多普勒血流监测仪等,尤其是使用激光多普勒血流监测仪无创监测微循环系统应用于运动员身体机能状态诊断显示出了良好的应用前景^[15-18]。无创微循环相关指标应用于运动身体机能状态监控是体育科研领域中的一个新动向,其可拓展无创指标在运动员机能状态监控中应用范围和方法,对于提高监控质量和水平有着十分重要意义。RCAVBC作为相关研究中的核心指标之一,是反应微循环功能状态的重要指标,正常状态下微循环依赖其自身舒缩调节的“海啸式灌注”特点使血流速度与组织器官代谢相适应,并维持着各组织器官的灌注量以及回心血量,而在运动状态下RCAVBC能否与机体能量代谢相匹配对运动员运动能力的保持有着直接的作用^[1]。一般认为平原训练阶段RCAVBC越大表示机体血管储备能量较好、运动员有氧能力及机能状态较佳;反之,则提示运动员有氧能力下降及疲劳积累。但目前关于高原训练期间运动员RCAVBC的变化与常规机能指标的关系仍不清楚,因此非常有必要对高原训练期间RCAVBC的变化与常规机能指标的关系进行探讨。

3.1 RCAVBC与Hb的相关性分析

Hb作为运动员摄取氧能力及有氧代谢能力评定较为常用的指标之一,其具有测试简便、可靠性高等优点,但同时也具有的较大的弊端,一是Hb测试一般需要指尖采血,进而对运动员身体带来一定的创伤;近年来虽然便携式无创血红蛋白脉搏血氧测量仪已逐步用于运动员血红蛋白的无创监测,但其可靠性、准确性有待进一步考证;二是Hb应用于运动员有氧能力的评定具有较大的局限性,尤其是高原训练期间,基于多种原因尤其是高原较为干燥的环境加之运动员补水不及时,往往造成机体血液浓缩、Hb浓度增加,而这种由于缺水而导致运动员Hb浓度异常增加的“假象”往往使教练员、科研人员进入机能状态的诊断的误区,严重影响教练员或科研人员对运动员有氧能力的准确诊断^[19]。如果此时能对运动员血液黏稠度(血流速度)尤其

是机体微循环血流速度加以监测,进而与 Hb 一起作用于运动员有氧能力的判定则较单一的 Hb 浓度则更具有客观性,而 RCAVBC 的应用则正可迎合这一需求。

在本研究中,运动员肱二头肌 RCAVBC 的变化与 Hb 存在一定的负相关,但不存在具有显著性差异。但通过对二者高原训练中二者的变化趋势比较可得除个别周次外二者变化趋势基本相反,见图 1。导致这一现象的主要原因则是微血管血流速度的大小主要取决于血细胞浓度、细胞膜的弹性等因素,当血细胞浓度增大时血细胞变化发生聚集现象进而导致微血管血流速度减慢,反之则加快。

因此笔者认为 RCAVBC 可与 Hb 共同作用于运动员有氧能力的评定,且较单一的血红蛋白浓度变化具有以下优点:一是 RCAVBC 测试无需采血或肌肉创伤性侵袭,PeriFlux 5000 激光多普勒血流仪采用了新的局部加热法代替了之前阻断血流后再通法来评定微循环血流速度储备能力,无需有创测试^[13-14];二是 RCAVBC 可较好的解决高原训练运动员 Hb 浓度异常增加的“假象”误区。一般而言如果运动员 Hb 的提高是基于正常机体状态或有氧能力的提高,那么血细胞压积(浓度)及微循环血流储备能力的变化将会稳定在正常的变化范围,而无较大范围的波动;反之当运动员 Hb 的提高则是由于环境干燥及运动员缺水所致,那么血细胞压积(浓度)及微循环血流储备能力将会异常变化,因此通过 RCAVBC 与 Hb 的双重监测可更为客观、更加真实的了解机体有氧能力的变化。

但在本研究中的个别周次(第 4、5 周)运动员 RCAVBC 的变化与 Hb 却表现出了一致性,究其原因可能与运动员微循环的功能状态或高原特殊的缺氧环境相关,有待于进一步研究。

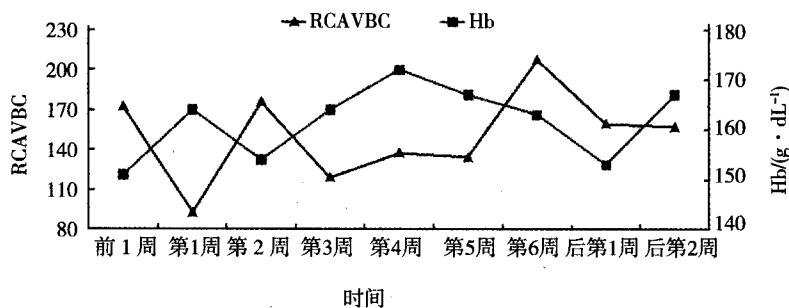


图1 男子赛艇运动员高原训练期间RCAVBC与Hb变化趋势的比较

3.2 RCAVBC 与 CK 相关性分析

肌酸激酶是反应运动强度对运动员刺激程度及肌肉损伤的重要指标,能较好地反映出运动强度的大小及运动后机体的恢复情况,具有较高的应用价值^[20-22]。但目前关于肌酸激酶的测定均需指尖采血或静脉抽血,因此寻找一种无创且可作用于运动强度评定的指标尤为必要。在本研究中,运动员肱二头肌 RCAVBC 的变化与 CK 存在显著的负相关,且二者在整个高原训练期间变化曲线基本呈现出相反的趋势,这与张昊楠等人的研究较为一致,表明微循环血流速度储备能力的变化与 CK 之间存在一种潜在的关联性^[23]。其生物学机制可能是当机体承受的运动强度较大时,组织细胞将会发生一定的损伤如细胞膜弹性降低、刚性增强等,细胞膜性能的改变将直接影响血细胞的运行速度。综合微循环血流储备能力在整个高原训练板块的变化特点(趋势)及其与 CK 存在的显著负相关性,笔者认为 RCAVBC 可较好地反映出运动强度对运动员的刺激程度及机体肌肉肌细胞的损伤情况,可作为一种辅助且无创的指标与 CK 共同应用于评价训练中的运动强度的大小。

3.3 RCAVBC 与 BU 相关性的分析

血尿素是反应运动员机能状态尤其是运动性疲劳发生最为敏感的指标之一,尤其是针对长时间大运动量运动后运动员疲劳状态的诊断。目前血尿素已广泛应用于各项目运动员疲劳状态的诊断,尤其是耐力性运动项目。与运动强度相比,BU 对运动量更为敏感,故 BU 常作为运动员对负荷量的承受及适应情况,但如同肌酸激酶当前血尿素的测定也均需指尖采血或静脉抽血^[20-22]。在本研究中,运动员肱二头肌 RCAVBC 的

变化与CK虽存在一定的负相关,但不具有显著性的差异,且整个高原训练阶段二者的变化趋势也较为复杂,在高原训练的1~2周及第6周-高原后第2周,运动员RCAVBC与BU的变化趋势相反,但第3~5周变化趋势却与尿素氮相同。其实不难发现,在本研究中,RCAVBC与BU呈现出相同变化趋势的周次主要为高原训练的中期,而高原初、高原末及下高原后二者变化趋势相反,因此笔者认为本次研究中的RCAVBC与BU的变化趋势变化相同的阶段可能与特殊的高原训练环境有关,相关研究需在平原阶段进一步的研究。综合微循环血流储备能力在整个高原训练板块的变化特点(趋势)及其与CK存在的相关性,认为RCAVBC用于运动员对运动量的适应及承受情况及疲劳状态的诊断可能主要适于平原训练阶段。高原训练由于其复杂的自然环境加之运动员不宜把控的机能状态,RCAVBC能否用于高原训练阶段运动员疲劳状态的诊断需进一步研究。

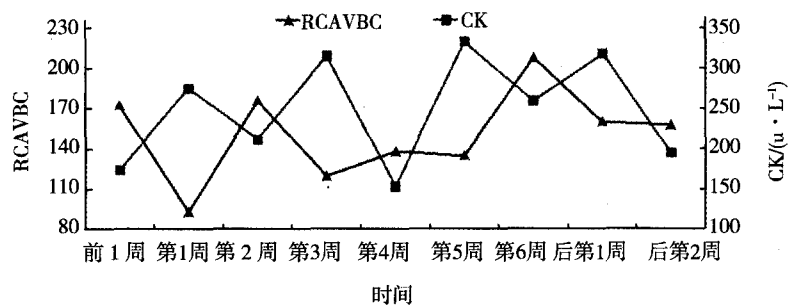


图2 男子赛艇运动员RCAVBC与CK变化趋势比较

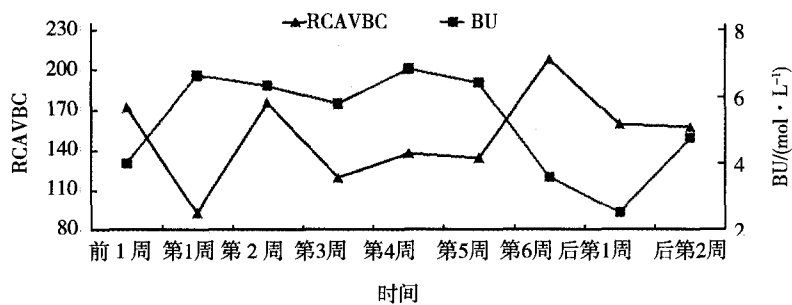


图3 男子赛艇运动员RCAVBC与BU变化趋势比较

4 结论

1) RCAVBC可与Hb共同作用于运动员有氧能力的评定,且较单一的血红蛋白评定具有测试无创、针对性更强等优点,应予以针对性推广。

2) RCAVBC可较好地反映出运动员对运动强度的适应情况及机体肌肉肌细胞的损伤情况,可作为一种辅助且无创的指标与CK共同应用于评价训练中的运动强度。

参 考 文 献

- [1] Syzgula R. The changes in cutaneous microcirculation in volleyball players at various stages of the training cycle[J]. Acta Univ Palacki Olomuc Gymn, 2007, 37(2): 105.
- [2] 谌晓安,田野,胡扬,等.间歇性低氧暴露适应过程中对人体甲襞微循环影响的实验研究[J].北京体育大学学报,2004,27(3):333-335.
- [3] 陈文靖,杨国蕾,董云珊.甲襞微循环检查在运动员机能状态评定中的初步应用[J].体育科学,1981(2):43-48.
- [4] 刘婷婷,高炳宏.不同水上运动项目优秀运动员肱二头肌微循环相关指标的研究[J].体育科研,2013,34(2):85-89.
- [5] 朱欢,高炳宏.优秀赛艇运动员不同部位肌肉微循环血流灌注量变化特点[J].中国应用生理学,2014,30(5):435-437.

- [6] Rendell M S, Finnergan M F, Healy J C. The relationship of laser-doppler skin blood flow measurements to the autaneous microvascular anatomy[J]. *Microvas Res*, 1998, 55(1): 3-13.
- [7] Line P D, Mowinckle P, Line B, et al. Repetated measurement variation and precision of laster Doppler flow metry measurements[J]. *Microvas Res*, 1992, 43(3): 285-293.
- [8] Schabauer A M, Booke T W. Cutaneous laster Doppler flow metry: aplacation and findings[J]. *Mayo Clin Proc*, 1994, 69(6): 564-574.
- [9] Christopher T, Minson. Thermal provocation to evaluate microvascular reactivity in human skin[J]. *J Appl Physiol*, 2010, 109(4): 1239-1246.
- [10] Rerstin Roback. An overview of temperature monitoring devices for early detection of diabetic foot disorders[J]. *Expert Rev Med Device*, 2010, 7(5): 711-718.
- [11] Kawanishi J, Ohta T, Tshibashi H, et al. Quantitative assessment of therapeutic effectts in the critically ischemic limb using(90m)Tc-diethylene-triamine-pentaacetic acid humanserum albumin[J]. *Surg Today*, 2009, 29(1): 14-20.
- [12] Kay D B, Rays, Haller N A, et al. Perfussion pressures and distal oxygennnnaton in individuals with diabetes undergoing chronic hemodialysis[J]. *Foot Ankle Int*, 2011, 32(70): 700-703.
- [13] 刘蜜, 李玉珍, 宋丹丹, 等. 不同性别和年龄健康成年人足趾皮肤温度和血流灌注量的测定分析[J]. *微循环学杂志*, 2012, 22(4): 39-41.
- [14] 宋丹丹, 李玉珍, 郭渝成. 健康国人皮肤温度、血流灌注量以及局部加热效应[J]. *微循环学杂志*, 2013, 23(3): 28-30.
- [15] 张昊楠, 高炳宏. 优秀男子赛艇运动员重大比赛前不同训练阶段 TcPO₂ 与 TcP-CO₂ 的变化特点及与机能状态的关系[J]. *体育科研*, 2013, 34(2): 80-84.
- [16] 朱天钧. 微循环相关指标在男子赛艇运动员机能状态监控中的应用研究[D]. 陕西: 西安体育学院, 2012.
- [17] 朱欢, 高炳宏, 梁世雷, 等. 我国赛艇运动员肱二头肌微循环血流储备能力的研究[J]. *中国应用生理学*, 2015, 31(1): 52-56.
- [18] 朱欢, 高炳宏. 赛艇运动员重大比赛前不同训练阶段无创微循环相关指标变化初步研究[J]. *现代生物医学进展*, 2015, 15(10): 1927-1930.
- [19] 胡杨. 关于高原训练中若干问题的思考[J]. *北京体育大学学报*, 2006, 29(7): 865-868.
- [20] 冯连世, 冯美云, 冯炜权. 优秀运动员身体机能评价方法[M]. 北京: 人民体育出版社, 2007: 121-122.
- [21] 李超奇, 党英, 王华, 等. 游泳运动员赛前训练期生理生化指标的检测分析[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 43(2): 136-139.
- [22] 屈金亭. 复方中药调节男子皮艇运动员身体机能状态的研究[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(5): 176-179.
- [23] 张昊楠. 优秀男子赛艇运动员奥运会前不同训练阶段微循环指标变化特点与机能状态的关系[D]. 西安: 西安体育学院, 2013.

The Study of Relationship Between Maximun Reserve Capacity of Microcirculatory Blood Perfusion and Functional Status of Man Rower During Six Weeks of Altitude Training

ZHU Huan¹, GAO Binghong²

(1. Institute of sports and health education, Guangxi Normal University for Nation Alities, Chongzuo 532200, China;

2. College physical education and training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: By studying the relationship between maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion and functional status of men rowers during altitude training, discussing the feasibility of maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion applied athletes' physical status monitoring. **Methods:** By morning fasting state, 10 male elite rowers were tested in biceps brachii muscles by using PeriFlux System5000. At the same time, blood testing for athletes, test indicators are Hb, BU and CK. **Result:** There is a certain negative correlation between between maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion and general performance indicators, it is significant negatively correlated with CK, but there is no significant negative correlation with Hb, BU ($P > 0.05$). **Conclusion:** (1) The maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion can be used to assess athletes aerobic capacity with hemoglobin, and have the advantages of noninvasive test, and more targeted than hemoglobin. (2) The maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion can reflect level of exercise intensity stimulus for athletes and the body's muscle damage better. It can be used as a noninvasive index to reflect the level of exercise intensity stimulus for athletes with CK.

Keywords: men rowers; altitude training; maximun reserve capacity of microcirculatory blood perfusion; conventional function indicators