



优秀男子赛艇运动员重大比赛前不同训练阶段 TcPO₂ 与 TcPCO₂ 的变化特点及与机能状态的关系

张昊楠¹, 高炳宏²

摘要: 目的: 观察不同训练阶段运动员经皮氧分压 (TcPO₂) 和经皮二氧化碳分压 (TcPCO₂) 以及机能状态相关指标的变化, 探讨我国优秀男子赛艇运动员 TcPO₂ 和 TcPCO₂ 与机能状态的关系。方法: 以国家赛艇队 8 名男子轻量级选手为研究对象, 将 3 月 5 日—4 月 2 日作为运动员第一训练阶段 (春季锦标赛前); 将 4 月 9 日—4 月 28 日作为运动员第二训练阶段 (世界杯赛前)。在两个训练阶段, 均在每周一早晨空腹状态下取血样。同一天用 PERIMED 激光多普勒 PeriFlux 5000 系统测试微循环相关指标。测试指标: TcPO₂ 和 TcPCO₂, 睾酮 (T), 皮质醇 (C), 血尿素 (BU), 血清肌酸激酶 (CK), 血红蛋白 (Hb), 红细胞计数 (RBC)。结果: (1) 世界杯赛前的两个训练阶段, Hb 和 RBC 在第一阶段明显下降, 在第二阶段逐步回升; BU 和 CK 在第一阶段末期明显升高, 在第二阶段保持平稳; T 在第一阶段有所下降, 在第二阶段回升至较高点, T/C 保持平稳。(2) TcPO₂ 与 Hb 有相同的变化趋势, 第二阶段第二周 TcPO₂ 与 Hb 相关系数为 -0.882, P<0.05; TcPO₂ 与 BU 相关系数为 0.943, P<0.01。结论: (1) 世界杯赛前运动员机体携氧能力及整体机能状态处于相对较好的状态。(2) TcPO₂ 和 TcPCO₂ 与机能状态指标具有相关性, 其变化趋势基本一致, 在一定程度上可以用于评定运动员的机能水平。

关键词: 赛艇运动; 不同训练阶段; TcPO₂; TcPCO₂; 机能监控

中图分类号: G804.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2013)02-0080-05

Relationship between Functional Status and TcPO₂, TcPCO₂ Changes of Elite Male Rowers in Different Training Periods before Major Competitions

ZHANG Hao-nan¹, GAO Bing-hong²

(Xi'an University of Sport, Xi'an 710068, china)

Abstract: To observe the TcPO₂, TcPCO₂ and functional status changes and to discuss the relations between TcPO₂, TcPCO₂ and functional status of elite male rowers. Method: 8 male lightweight rowers of Chinese National Rowing Team were selected as the subjects. According to the training plan, March 5-April 2 was the first phase (before the Spring Championships) and April 9-28 was the second phase (before the World Cup). In the two training phases, blood samples were taken every Monday morning before eating breakfast. Microcirculation indices were collected with PeriFlux 5000 system on the same day. The indices included TcPO₂, TcPCO₂, testosterone(T), cortisol(C), blood urea nitrogen (BU), creatine kinase(CK), hemoglobin(Hb) and red blood count(RBC). Result: In the two training phases before the World Cup, Hb and RBC reduced obviously in the first phase and increased in the second phase. BU and CK increased significantly at the end of the first phase and then stayed stable in the next phase. T decreased in the first phase and increased to a higher point in the second phase. T/C kept steady. TcPO₂ had the same variation tendency as Hb. The correlation coefficient between TcPO₂ and Hb in the second week of the second phase was -0.882 (P<0.05). The correlation coefficient between TcPO₂ and BU was 0.943 (P<0.01). Conclusion: The athletes' ability of carrying oxygen and the total functional state are good before the World Cup. There is a correlation between TcPO₂, TcPCO₂ and functional state indexes, with almost the same changing trend. To a certain extent, TcPO₂ and TcPCO₂ can be used to evaluate athletes' functional status.

Key words: rowing; different training periods; TcPO₂; TcPCO₂; function monitoring

赛艇运动是力量和耐力相结合的周期性体能类项目。随着赛艇运动水平的不断提高, 想要在比赛中取得优异的成绩, 科学训练显得尤为重要。准确掌握运动员的身体机能状态和

水平是教练员实施训练的前提, 赛前运动员保持良好的机能状态, 为比赛中取得优异成绩奠定基础。

经皮氧分压 (TcPO₂) 是经过皮肤所弥散出来的氧气

收稿日期: 2013-01-28

基金项目: 国家体育总局科研项目 (10B060)

第一作者简介: 张昊楠, 女, 在读硕士, 主要研究方向: 运动员机能状态与训练负荷监控。

作者单位: 1. 西安体育学院, 西安 710068; 2. 上海体育科学研究所, 上海 200030



量, $TcPO_2$ 的测量是局部非侵入性检测法, 通过与测定位点相连的电极反映从毛细血管透过表皮弥散出来的氧气含量, 实时、持续地反映机体向组织的供氧能力, 了解组织的血液灌注情况。机体输送氧气的任何环节出现损伤, 都能立刻从 $TcPO_2$ 变化反映出来。 $TcPO_2$ 的测定已在早期诊断糖尿病周围血管病变^[2], 不愈合伤口的检测, 血管重建的评价, 选择截肢平面及观测术后皮瓣血运^[3]等医学领域运用。有研究者通过分析 67 例截肢患者切口愈合情况与局部 $TcPO_2$ 的关系, 发现 $TcPO_2$ 与截肢切口一期愈合及中医辨证分型具有相关性。表明, $TcPO_2$ 可以为截肢后的一期愈合提供相关依据^[18]。目前, 运动训练领域已在高原和低氧训练中观察运动员供氧状态中运用。血清肌酸激酶 (CK) 是机体 ATP-CP 系统代谢的关键酶之一, 它与机体能量代谢密切相关, 常被作为反映运动负荷的指标, 血尿素 (BU) 是机体内蛋白质和氨基酸分解代谢的最终产物, 常被作为反映运动量的指标。运动量和强度的增加都会引起这两个指标的升高^[1]。血红蛋白 (Hb) 是评定运动员营养和健康方面的重要指标, 睾酮 (T) 水平反映运动员身体合成代谢状态, 并且是判断运动员疲劳程度和竞技状态的重要指标。有关 $TcPO_2$ 和经皮二氧化碳分压 ($TcPCO_2$) 用于竞技体育机能监控的研究报道几乎没有。本研究尝试使用 $TcPO_2$ 和 $TcPCO_2$ 两个无创性指标与常规机能状态指标相结合的方法对赛艇运动员不同训练阶段进行监控, 讨论 $TcPO_2$ 和 $TcPCO_2$ 的变化特点与机能状态变化的关系, 为无创性指标在赛艇运动员机能状态评定提供依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以 8 名国家赛艇队男子轻量级单桨选手为研究对象, 其中国际健将 6 名, 国家健将 2 名。运动员基本情况为: 年龄 (23.75 ± 2.38) 岁, 身高 (184.00 ± 1.77) cm, 体重 (74.31 ± 1.60) kg, 训练年限 (8.38 ± 2.56) 年。

1.2 研究方法

世界杯赛前两个月跟踪测试, 根据训练计划, 把 3 月 5 日—4 月 2 日作为运动员第一训练阶段 (春季锦标赛前); 把 4 月 9 日—4 月 28 日作为运动员第二训练阶段 (世界杯赛前)。

微循环指标测试方法, 每周一队员休息时, 仰卧安静

状态下选取运动员的右侧下肢股四头肌外束肌腹作为测试部位, 采用由瑞典 Perimed 公司生产的 PeriFlux System 5000 系列激光多普勒仪, 利用氧电极法进行无创测试, $TcPO_2$ 和 $TcPCO_2$ 测量时需先稳定 10 min, 再测量 3 min, 取 1 min 稳定数值。

生化指标测试方法, 在两个训练阶段, 均在每周一晨起安静空腹状态下 (6:30~7:00) 采血测试。血细胞数量 (RBC), Hb 用 POCH100i 三分类血细胞分析仪 (日本) 测量; BU、CK 用 Eppendorf 半自动生化分析仪测试, 测试试剂盒为北京中生北控生物技术公司提供的试剂盒; T、皮质醇 (C) 采用化学发光法, 用 Beckman coulter Access 2 immunoassay system 全自动生化分析仪 (美国) 进行测试。第一阶段共取血样 4 次, 分别用 C1、C2、C3、C4 表示。第二阶段共取血样 3 次, 分别用 S1、S2、S3 表示。C1、C4、S1 和 S3 为静脉取血的测量值, C2、C3 和 S2 为指尖取血的测量值。

1.3 统计学分析

测试指标均计算平均数、标准差, 并以平均数±标准差表示。显著性检验为 Paired Samples T 检验以及相关性分析, 显著性水平为 $P < 0.05$, 非常显著性水平为 $P < 0.01$ 。统计软件为 SPSS17.0。

2 研究结果

2.1 不同训练阶段负荷的安排

通过对 8 名运动员不同训练阶段的水上训练总量、训练目的以及陆上训练的内容的记录, 并结合运动员每周的机能监控指标, 观察运动员在不同训练阶段机能状态的变化以及对训练量和强度的适应情况。

由于 8 名运动员均来自男轻单桨组由同一教练带领, 训练计划基本一致 (不能排除伤病队员训练计划的临时改动)。第一阶段, 提高有氧能力为目的, 训练量较大, 训练强度相对较小, 水上训练以有氧长划为主, 陆上训练提高综合力量。第二阶段, 提高专项综合能力为目的, 训练量基本与上一阶段保持一致, 强度训练比例增加, 水上训练中距离变频划和短距离速度划比例增加, 陆上训练次数基本不变, 但内容更有针对性, 具体安排见表 1。

表 1 不同训练阶段负荷及内容安排

Table 1 Training Load and Contents in Different Training Phases

第一阶段 (3月5日—4月2日)		第二阶段 (4月9日—4月28日)	
水上平均周训练量及目的	陆上训练内容	水上训练量及训练目的	陆上训练内容
水上 220 km, 有氧长划为主, 穿插专项速度练习	每周 3~4 次, 每节课 90min, 综合力量练习	水上 200 km, 专项速度练习 比例增加	每周 3~4 次, 每节课 90 min, 专项力量与核心力量结合

2.2 不同训练阶段机能指标以及某些内分泌指标的变化

2.2.1 不同训练阶段机能指标的变化情况

由表 2 可见, BU 在第一阶段基本保持平稳, 在训练阶段 C2 略有下降; 第二阶段从 C2 的 6.33 到 C4 的 7.63, 升高了 20.53%, 其变化具有显著性差异 ($P < 0.05$)。CK 在第一阶段呈缓慢下降趋势, 但 C4 却比 C3 上升了 77.25%, 比 C1 升高

了 51.7%, 其变化具有显著性差异 ($P < 0.05$); 第二阶段 S3 较 S2 升高了 61.29%, 其变化具有显著性差异 ($P < 0.05$)。RBC 和 Hb 在第一阶段呈明显的下降趋势, 与 C1 相比分别下降了 11.31% 和 11.26%, 其变化具有显著性差异 ($P < 0.05$)。从机能指标的表现可以看出, 第一阶段训练运动员机能状态水平有所下降, 出现轻度疲劳; 第二阶段运动员的机能状态逐步回升。



表2 不同训练阶段BU、CK、RBC和Hb的变化
Table II Changes of BU, CK, RBC and Hb in Different Training Phases

测试指标	第一阶段				第二阶段		
	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
BU/(mmol·L ⁻¹)	7.27 ± 0.65	6.73 ± 0.98	7.45 ± 1.36	7.69 ± 0.71	7.15 ± 1.22	6.33 ± 0.83	7.63 ± 0.78▲
CK/(U·L ⁻¹)	220.25 ± 91.04	216 ± 66.96	188.63 ± 82	334.13 ± 122*	211.33 ± 112.86	166.67 ± 53.43	268.83 ± 104.9▲
RBC/(10 ¹² ·L ⁻¹)	5.48 ± 0.24	5.29 ± 0.41	5.19 ± 0.48	4.86 ± 0.26**	4.99 ± 0.31	4.85 ± 0.37	5.07 ± 0.35
Hb/(g·L ⁻¹)	167.5 ± 9.27	166.63 ± 17.3	162.5 ± 17.83	148.63 ± 7.89**	152.17 ± 9	152.33 ± 10.46	156 ± 9.38

注: C4与C1相比*P < 0.05, **P < 0.01, S3与S2相比▲P < 0.05

2.2.2 不同训练阶段运动员T与C的变化

由表3可见,运动员在两个阶段的训练中(见表3),T都呈现出下降趋势。第一阶段下降幅度为23.07%,其变化具有非常显著性差异(P < 0.01)。第二阶段下降幅度为10.18%,其变化不具有显著性差异。第二阶段S3与第一阶段

C4相比有所上升,但也不具有显著性差异。在第一阶段的训练中,C呈下降趋势,下降了8.36%;第二阶段C呈现出上升趋势,上升幅度为10.4%,两个阶段的变化均没有显著性差异。在两个阶段的训练中,T/C均下降,分别下降11.8%和19.75%,其变化不具有显著性差异。

表3 优秀男子赛艇运动员不同训练阶段T(n g/dl)、C(u g/dl)和T/C的变化
Table III Changes of T(ng/dl), C(ug/dl) and T/C of the Elite Male Rowers in Different Training Phases

测试指标	第一阶段		第二阶段	
	C1	C4	S1	S3
T	459.38 ± 86.07	353.38 ± 53.28▲▲	446.83 ± 98.6	401.33 ± 49.42
C	17.35 ± 2.34	15.9 ± 3.08	16.16 ± 2.02	17.84 ± 1.84
T/C	26.86 ± 5.57	23.67 ± 9.18	28.3 ± 8.48	22.71 ± 3.8

注:注: C4与C1相比▲▲P < 0.01

2.3 不同训练阶段运动员TcPO₂和TcPCO₂的变化

由表4可见,第一阶段的训练中,经过一周的训练TcPO₂有明显的下降趋势分别较C1下降了34.37%、33.73%和37.92%,其中C2和C3相比C1的变化具有显著性差异(P < 0.05)。TcPCO₂总体呈上升趋势,C2升高明显,相比C1上升了39.8%,不具有显著性差异。C4相比C1

上升了19%,相比C2下降了14.91%。在第二阶段的训练中TcPO₂较第一阶段呈现出明显的上升趋势,遗憾的是由于探头出现问题,此次试验未能采集到第二阶段初期的TcPO₂。TcPCO₂也有所回落。提示:第一阶段运动员机体携带氧的能力下降,训练有所调整的第二阶段运动员机体携带氧的能力有所回升。

表4 不同训练阶段运动员TcPO₂与TcPCO₂(mmHg)的变化
Table IV Variation of TcPO₂ and TcPCO₂(mmHg) of the Athletes in Different Training Phases

测试指标	第一阶段				第二阶段		
	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
TcPO ₂	116.38 ± 33.23	76.38 ± 6.97▲	77.13 ± 7.72▲	72.25 ± 30.16		95.83 ± 20.22	98.67 ± 18.17
TcPCO ₂	26.38 ± 17.47	36.88 ± 1.89	31 ± 12.76	31.38 ± 5.07*	35.6 ± 2.41	34.6 ± 7.44	30.6 ± 7.23

注: C2、C3与C1相比▲P < 0.05, C4与C2相比*P < 0.05

3 分析讨论

3.1 不同训练阶段运动员机能状态的变化

Hb是血液携带氧的主要载体,一般认为,Hb的浓度越高其结合氧量就越多。在大运动量训练开始时容易出现Hb下降,有研究表明是RBC溶血增多造成的^[4,5],一段时间的训练后机体适应了这种平衡,Hb的浓度就会有所回升。BU和CK常被作为反映运动负荷的指标,训练量和强度的增加都会引起这两个指标的升高^[9]。BU更多的作为反映训练量的指标,CK训练强度的反应更敏感,因为大强度的训练容易造成肌肉的损伤。T、C是反映机体合成代谢和分解代谢状态的指标,T/C升高,说明机体的合成代谢不足,运动员出现身体疲劳不能得到有效的恢复^[6]。

本研究结果显示,3月5日—4月2日作为训练的第一阶段,属冬训的末期,仍然延续冬训大运动量发展有氧能力的训练特点。Hb和RBC的明显下降,BU值的升高以及T/C值的下降,都说明运动员还未能完全适应当前的训练负荷,机体正在建立新的动态平衡,出现了机能状态的相对低谷,出现疲劳现象^[7,8,9]。4月9日—4月28日作为训练的第二阶段,是世界杯赛前的备战阶段,训练量与第一阶段相对保持的状态下,强度训练有所增加,突出了赛前的专项训练。训练强度的增加使CK水平在最后一周出现了明显升高,BU水平也有所升高,但都在正常的范围内。Hb和RBC的升高可以看出运动员适应现在的训练负荷,机能状态良好,为比赛奠定基础。C值较之前有所增加,使肌糖元的分解供能增加,有利于在比赛中发挥更好的水平^[15]。



3.2 不同训练阶段 TcPO₂ 和 TcPCO₂ 的变化特点

TcPO₂ 在测量时,用特制的双面粘圈把电极固定在皮肤上,当电极加热使毛细血管或静脉内的血液接近动脉血状态。皮下组织中的血氧经表皮细胞的呼吸消耗和通过阻力作用而下降,其剩余的氧扩散到皮肤表面,形成 TcPO₂^[10]。有文献报道电极温度超过 41℃ 时 TcPO₂ 和 TcPCO₂ 之间的线性回归相关系数可达 0.98^[11],国外文献也有相关报道^[12] TcPO₂ 和 TcPCO₂ 有高度的相关性。同时 TcPO₂ 的测定值与动脉血氧分压高度相关,可以作为反映动脉血氧分压变化的指标^[13]。皮肤处于机体供氧系统的末端,机体输送氧气的任何环节出现问题 TcPO₂ 的变化都可以反映出来。所以 TcPO₂、TcPCO₂ 检测能直接反应皮肤组织细胞的实际氧供应量,还可反映微血管功能状态,有效判断动脉、毛细血管功能障碍所致的缺血缺氧。

本研究结果显示,在第一阶段的训练过程中,TcPO₂ 的数值持续下降,尤其在第一周训练结束后明显下降,降幅达 34.37%。TcPCO₂ 显著上升了 18.95%,存在显著性差异。TcPO₂ 的下降表明毛细血管功能障碍机体携带氧的能力有所下降^[16],机体的疲劳未能充分恢复。第二阶段 TcPO₂ 的小幅回升和 TcPCO₂ 回落,表现出运动员机体携带氧的能力的提升,表明了运动员机能状态良好。

3.3 TcPO₂ 和 TcPCO₂ 的变化特点及与机能状态变化的关系

在不同测试点相关性检验中,TcPO₂ 与 Hb、RBC 在统计学相关性检验中,基本没有显著性相关,只有在第二阶段的 S2,TcPO₂ 与 Hb 存在显著性相关 (P < 0.05),相关系数为 -0.882 (表 6)。由图 1 和图 2 可得,在两个训练阶段 TcPO₂ 的变化趋势基本与 Hb 和 RBC 的变化趋势相一致,Hb 和 RBC 在第一阶段呈明显下降趋势,尤其在第一阶段末期明显下降,TcPO₂ 在第一阶段也表现出了明显的下降趋势,Hb 和 RBC 的下降客观地反映了组织携带氧的能力有所下降^[14],这与 TcPO₂ 所表现出的结果相一致。在第二阶段,运动员适应了训练负荷,Hb 和 RBC 呈上升趋势,TcPO₂ 相对第一阶段也表现出了上升趋势。从图 3 和图 4 看,TcPO₂ 的变化特点与 BU 和 CK 的变化趋势未表现出明显的一致性。在第一阶段 BU 呈上升趋势,RBC 呈下降趋势,说明身体机能水平有所下降且出现了疲劳现象^[17],这与 TcPO₂ 下降所表现出的携氧能力下降所表现出的状态相一致。

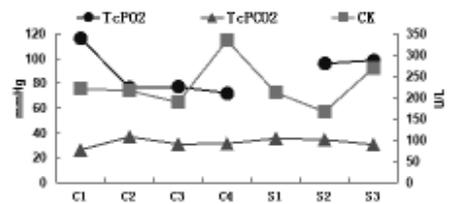


图 1 不同训练阶段 Hb 与 TcPO₂、TcPCO₂ 的变化趋势图
Figure 1 Variation Trend of Hb, TcPO₂ and TcPCO₂ in Different Training Phases

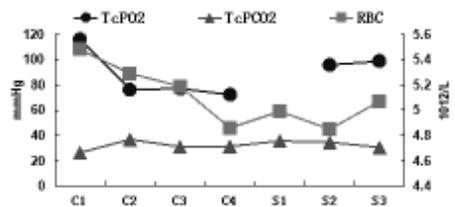


图 2 不同训练阶段 RBC 与 TcPO₂、TcPCO₂ 的变化趋势图
Figure 2 Variation Trend of RBC, TcPO₂ and TcPCO₂ in Different Training Phases

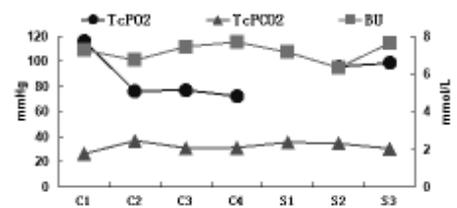


图 3 不同训练阶段 BU 与 TcPO₂、TcPCO₂ 的变化趋势图
Figure 3 Variation Trend of BU, TcPO₂ and TcPCO₂ in Different Training Phases

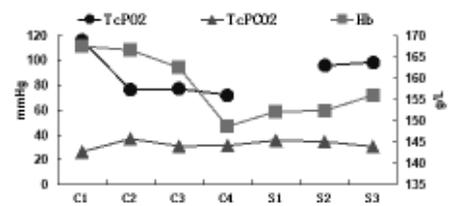


图 4 不同训练阶段 CK 与 TcPO₂、TcPCO₂ 的变化趋势图
Figure 4 Variation Trend of CK, TcPO₂ and TcPCO₂ in Different Training Phases

表 5 不同阶段不同测试点 RBC 与 TcPO₂ 的相关关系 (N=8)

Table V Correlation between RBC and TcPO₂ at the Different Test Points in Different Phases

		C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
TcPO ₂	相关系数	-0.591	0.151	-0.133	-0.369		-0.742	-0.031
	Sig. (双侧)	0.123	0.721	0.777	0.631		0.091	0.953

表 6 不同阶段不同测试点 Hb 与 TcPO₂ 的相关关系 (N=8)

Table VI Correlation between Hb and TcPO₂ at the Different Test Points in Different Phases

		C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
TcPO ₂	相关系数	-0.558	-0.002	-0.022	-0.272		-0.882*	-0.038
	Sig. (双侧)	0.150	0.996	0.963	0.728		0.020	0.944

注: * 在置信度 (双侧) 为 0.05 时,相关性是显著的。



表7 不同阶段不同测试点BU与 $TcPO_2$ 的相关关系(N=8)
Table VII Correlation between BU and $TcPO_2$ at the Different Test Points in Different Phases

		C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
$TcPO_2$	相关系数	0.027	0.529	-0.038	-0.827		0.307	0.072
	Sig.(双侧)	0.949	0.178	0.936	0.173		0.554	0.893

表8 不同阶段不同测试点CK与 $TcPO_2$ 的相关关系(N=8)
Table VIII Correlation between CK and $TcPO_2$ at the Different Test Points in Different Phases

		C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3
$TcPO_2$	相关系数	0.052	0.309	-0.148	-0.626		0.943**	0.020
	Sig.(双侧)	0.902	0.457	0.752	0.374		0.005	0.970

注:**在置信度(双侧)为0.01时,相关性是非常显著的。

4 结论

4.1 Hb和RBC在第一阶段明显下降,第二阶段有所回升,运动员在世界杯赛前氧运转能力较好。BU和CK在第一阶段末期升高,第二阶段保持平稳,T在第一阶段下降,第二阶段基本回升至之前水平,运动员在世界杯赛前整体机能状态良好。

4.2 在运动员机能状态良好时, $TcPO_2$ 呈上升趋势, $TcPCO_2$ 呈下降趋势。 $TcPO_2$ 和 $TcPCO_2$ 的变化特点与常规机能监控的变化趋势相一致,在一定程度上可以评定运动员的机能状态水平。

参考文献:

- [1] 冯连世,冯美云,冯炜权,等.优秀运动员身体机能评定方法[M].北京:人民体育出版社,2003.246-251,331-333.
- [2] 丁胜,赵涅,王红祥,等.经皮氧分压检测诊断2型糖尿病患者周围血管病变的临床价值[J].山东医药,2009,49(37):33-34.
- [3] 钟波夫,徐中和.经皮氧和二氧化碳测定对组织缺损修复重建中皮瓣血供的定量评估作用[J].中国临床康复,2004,8(26):5530-5531.
- [4] 易见龙.血液生理学专辑[M].北京:人民卫生出版社,1965:101.
- [5] 于基国.运动和运动训练对红细胞的影响[J].中国运动医学杂志,1997,16(2):145-147.
- [6] 冯炜权.运动生物化学原理[M].北京:北京体育大学出版社,1995,355-361,233,39-40.
- [7] 刘艳.运动员不同训练阶段血液成分指标变化及运动性疲劳的中医症候表现[J].山东医药,2008,48(35):51-52.
- [8] 冯连世.优秀运动员身体机能评定的方法及存在的问题[J].上海体育科研,2003,24(3):49-54.
- [9] 冯连世,李开刚.运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用[M].北京:人民体育出版社,2002:46-73.
- [10] 罗致诚.中国医学百科全书·二十六章生物医学工程学[M].上海:上海科学技术出版社,1989:35-37.
- [11] 赵爱婷等.心绞痛心肌梗塞病人的经皮氧分压和二氧化碳分压监测[J].河北医学,1999,12(5):38-39.
- [12] SivanY,Eidadah M K, Cheah T E, et al. (1992). Estimation of arterial Carbon dioxide by entail and trascutanenous PCO_2 measurement in ventilated children. *Pediatr Pulmonol*;12:153
- [13] 何俊,路英智,李济等.儿童神经精神病学[M].天津:天津科学技术出版社,2007,668-691.
- [14] 杨则宜.运动营养生物化学研究进展[J].中国运动医学杂志,2004,2(23):158-165.
- [15] 宋应华,等.女子赛艇运动员赛前训练激素变化及双、多人艇不同桨位训练强度的研究[J].中国体育科技,2006,4(42):88-92.
- [16] Poredos,P. (2005). Rakovec,S,Guzic-Salobir,B.Determination of amputation level in ischemic limbs using $tcPO_2$ measurement. *Vasa*.
- [17] 赵光圣,等.高水平散打运动员赛前身体机能的评定[J].上海体育学院学报,2001,25(4):62-65.
- [18] 王刚.经皮氧分压与中医辨证分型及截肢平面选择的关系分析[D].北京:北京中医药大学硕士论文,2009,1.

(责任编辑:何聪)