



游泳运动员高原结合低氧预适应训练中 监控内容与方法研究

高炳宏¹, 高欢¹, 李之俊¹, 王道¹, David²

摘要: 高原结合低氧训练在游泳项目中的应用是传统高原训练新发展, 拓展了高原和低氧训练的效益和功能, 日益受到科研工作者和教练员的重视, 而这种新训练方法中有效的科研监控内容和方法将是训练是否达到训练目标的重要保障。通过对上海游泳队10名优秀运动员2007-2008年期间3次高原结合低氧训练进行全程跟踪, 对训练过程进行全面的科研监控, 并对高原结合低氧训练的科研监控内容与方法进行探索与研究, 基本建立了游泳项目高原结合低氧训练的科研监控内容与方法, 这将为该训练方法在游泳项目中的应用提供有效帮助。

关键词: 游泳; 高原训练; 低氧训练; 监控

中图分类号: G804.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2010)01-0057-08

Monitoring Contents and Methods of Swimmer's Preconditioning of Altitude and Hypoxia Training

GAO Bing-hong, GAO Huan, LI Zhi-jun et al

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China)

Abstract: Application of altitude and hypoxia training to swimming is a new development of traditional altitude training. It expands the effectiveness and functions of altitude training and hypoxia training and has attracted the attention of researchers and coaches. The effective monitoring contents and methods of this new training method are the key for obtaining the training targets. Through the all-sided scientific monitoring of the 3 times altitude and hypoxia training of 10 elite Shanghai swimmers in 2007-2008, the author tries to explore and establish the monitoring contents and methods for altitude and hypoxia training of swimming and provide effective assistance to the application of this training method to swimming.

Key words: swimming; altitude training; hypoxia training; monitoring

1 研究目的

高原训练一直是耐力性项目常用的有效训练手段。如何通过高原训练, 获得良好的训练效果, 一直是耐力项目追求的目标。随着低氧训练应用的增多, 把低氧和高原训练结合已被许多运动项目采用。但新的训练模式对教练员和科研人员提出新的要求, 而训练过程中全面有效的科研监控将为运动员机能状态的准确诊断、疲劳恢复方案的制定、训练效果的分析等提供有效帮助。本文通过文献总结分析、实证研究与训练实践中的应用, 对高原结合低氧训练的科研监控内容与方法进行探索与研究, 为该训练方法在游泳项目中的应用提供有效帮助。

2 研究方法

2.1 研究对象

上海市游泳队优秀运动员10名, 其中女子运动员6人, 男子运动员4人, 全部为国家健将级运动员。

2.2 研究方法

2.2.1 资料分析法

对上海体科所低氧训练实验室4年研究结果进行分析总

结, 同时对不同项目低氧和高原训练研究文献进行归纳与整理, 初步确定高原结合低氧预适应训练的科研监控内容与方法。

2.2.2 实证研究法

通过对上海游泳队优秀运动员2007-2008年期间3次高原结合低氧预适应训练进行全程跟踪, 对训练过程进行全面的科研监控, 为该训练方法科研监控内容与方法的确定提供数据基础和应用实证。

2.3 高原结合低氧预适应训练的目标

(1) 通过两周低氧训练、4周高原训练, 运动员有效提高有氧运动能力和无氧阈水平, 从而提高比赛能力。

(2) 通过两周低氧训练从心里和生理两方面达到快速适应高原训练的目的。提高运动员有氧能力水平, 为高原训练储备良好的体能, 缩短高原训练的习服期, 使运动员尽快进入正常的高原训练, 提高训练效率和效果。

(3) 进一步探索高原训练结束后马上赴平原参加比赛这一模式的可行性, 以及运动员机能状态变化的规律。

2.4 训练安排

训练安排见图1。

收稿日期: 2010-01-04

基金项目: 上海市体育局科技攻关项目(08JT028); 国家科技支撑计划重点项目(2006BAK37B05)

第一作者简介: 高炳宏(1971—), 男, 副研究员, 博士。主要研究方向: 优秀运动员的训练监控、低氧与高原训练。

作者单位: 1 上海体育科学研究所, 上海 200030; 2 上海游泳队, 上海 200713

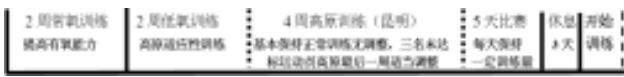


图1 高原结合低氧预适应训练阶段安排示意图
Figure 1 Arrangement of Preconditioning of Altitude and Hypoxia Training

3 结果与分析

在几次高原结合低氧的训练过程中, 科研人员和教练员紧密配合, 对运动员进行了全面的测试和监控工作, 并采用有效的、多样的疲劳恢复措施, 同时结合专项训练进行机能状态、疲劳和高原效果分析, 为准确诊断运动员高原训练期间机能状态提供了有效帮助, 为今后低氧、高原训练在游泳项目中的应用奠定基础。

表1 低氧预适应与高原训练前后运动员机能状态的测试指标与安排

Table I Test Indices of the Swimmers' Functional State and Arrangement before and after Hypoxia Preconditioning and Altitude Training

测试时间	测试指标	测试方法	目的
低氧适应训练前1周内	有氧能力	采用直接测定方法(气体代谢分析仪)、采用测功仪递增负荷力竭式的负荷模型; 测试指标主要包括: VO_2max : VO_2max/Kg 、 VE_{max} 、 RQ 、 BF 、 HR 、最大运动时间(T_{max})、最大做功(P_{max})、血乳酸、通气无氧阈、乳酸无氧阈。	对运动员低氧适应前、高原训练后的有氧能力进行测试, 可了解不同运动员的运动水平、机能状态、现状, 为分析高原训练效果及合理制定和修改专项运动能力的训练计划提供有效帮助。(可根据不同个体的情况进行分析)
低氧适应结束	无氧能力	采用游泳水槽; 测定主项100m和50m最大能力的测试; 测试指标主要包括: 最大速度、平均速度、运动后即刻、5min、10min的血乳酸和HR等。	对低氧适应前和高原训练前运动员的最大无氧做功能力进行测试与分析, 主要了解不同运动员运动中肌肉的无氧代谢供能系统提供ATP的极限能力; 客观地分析与评价高原训练对运动员无氧代谢能力的、肌肉力量的影响, 为赛前的训练中运动员无氧训练计划的制定提供建议。
	性激素测试	测试指标: 睾酮(T)、皮质醇(C)、T/C	对低氧适应前、后, 高原训练前、后每个运动员的身体机能状态, 体能情况、疲劳堆积程度等进行个体化的评定, 为下一步的训练计划的制定提供参考。
高原训结束后7~10天内	免疫能力测试	$\square\square\square$ 、IgM、IgA、白细胞分类	对低氧适应前、后, 高原训练前后运动员的免疫能力进行测试与分析, 评定其免疫能力的水平。
	部分生化指标的测试	血常规的测定、血清铁蛋白; 部分血清酶的测定: CK, LDH; 尿液指标: 尿十项; 铁代谢指标: 铁蛋白、总铁结合力等。	对低氧适应前、后, 高原训练前后运动员的氧运输系统、运动性贫血、肌肉系统损伤情况进行系统的分析与评定, 为合理训练提供帮助。

因此, 在低氧和高原训练前、后对运动员的身体机能状态和体能状况进行测试与分析, 主要是了解运动员训练前后的整体情况, 明确训练前思路, 分析训练后的问题与不足。内容主要包括: 有氧能力、无氧能力、性激素水平、铁代谢水平、机体免疫能力和其它情况, 具体内容见表1。

表2 低氧预适应与高原训练过程中运动员机能状态监控的目的与测试安排

Table II Aim of Monitoring Swimmers' Functional State and Test Arrangement in the Course of Hypoxia Preconditioning and Altitude Training

小周期晨安静	周六晨安静	每天测试指标	目的
血红蛋白、白细胞、安静血乳酸、血糖、尿素氮、CK、铁蛋白、睾酮、皮质醇等。	运动员测定: 血红蛋白、血糖、安静血乳酸、尿素氮、CK。	每天晨测定晨脉, 血氧饱和度、体重、主观疲劳感觉。	对运动员小周期或一周训练后机体承受训练负荷的适应能力和恢复状况进行测定与分析, 同时为本周运动员训练计划的调整提供帮助。

3.1 高原结合低氧预适应训练中机能状态监控内容的分析

高原结合低氧预适应训练属于特殊训练手段与方法, 通过几次训练实践与研究结果, 我们将机能监控内容确定为以下3个方面。

3.1.1 低氧、高原训练前后运动员机能状态的测试指标与安排

高原训练前的低氧预适应目的就是让运动员通过高原训练前一段时间低氧的适应, 使运动员在心理、身体机能状态方面更快、更好地适应高原训练, 缩短高原习服期, 从而提高训练质量, 达到训练目的。因此, 合理有效地诊断和评定运动员低氧训练前、高原训练初期、以及高原训练后的机能状态水平的变化和评定训练效果, 积累高原训练经验, 最终为今后的训练计划的合理制定和修改提供建议和帮助。

3.1.2 低氧预适应和高原训练过程中机能状态监控的测试指标与安排

低氧、高原训练期间, 在小周期训练前或训练恢复期次日晨安静, 定期对运动员进行有关生理、生化指标的测试与

分析(特别是重点运动员),以便有效地帮助教练员更准确的判断运动员的身体机能状态和疲劳状况,为合理安排训练负荷提供帮助,同时可为不同的运动员的营养保健措施以及采取相应恢复手段的合理选择提供建议。具体测试指标与安排见表2。

表3 高原训练中重点课监控的目的与测试安排

Table III Aim of Monitoring the Main Training Session and Test Arrangement in Altitude Training

训练中	训练后	次日晨恢复	目的
血乳酸、心率、成绩 重点训练手段(如:水上 10×200m递增),与教练 员商议后确定。	CK、血尿素、血糖、(训 练后30min至4h测定),指 标不一定全测,可选择。	基础心率; 血乳酸、血 糖、CK、 血尿素。	对重点课进行评定及课后运动员的恢复情况进行测试与分析,特别是大强度、大运动量的训练课,分析训练课对机体刺激程度,防止过度疲劳发生。

课。目的是分析训练课对机体刺激程度,防止过度疲劳发生,同时及时将测试结果和分析报告反馈给教练员,这将为教练员提高训练依据,为科研人员帮助教练员调整体能训练计划提供科学依据。具体测试指标与安排见表3。

3.2 高原结合低氧预适应训练中机能状态监控方法的分析

3.2.1 运动员日常机能状态监控方法分析

为比较客观的了解运动员每天机能状态的变化和恢复情况,低氧和高原训练期间,每日晨测定运动员的血氧饱和度(SpO₂%)、晨脉(HRm)、体重、SpO₂%/HRm和主观感觉。通过每天分析这几个指标,我们能较清晰地了解每天的训练负荷对不同个体运动员机体造成刺激程度以及第二天的恢复情况。

图2~5为2周低氧训练和高原第一周训练中运动员SpO₂%、晨脉(HRm)变化趋势图,从图可见,通过对运动员每天四项指标的测试,可以清晰的运动员2这低氧训练过程和高原训练中第一周由于环境变化对运动员机能状态造成的影响。同时,也可以看到,不同个体运动员间不同指标的变化存在一定差异。

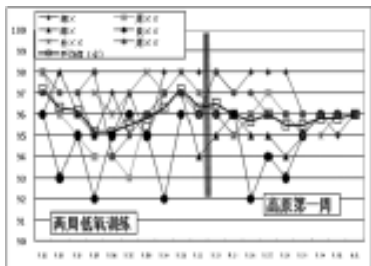


图2 低氧和高原初期女运动员SpO₂%变化图

Figure 2 SpO₂% Variation of the Female Swimmers at the Beginning of Hypoxia and Altitude Training

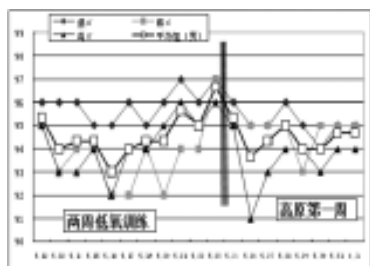


图3 低氧和高原初期男运动员SpO₂%变化图

Figure 3 SpO₂% Variation of the Male Swimmers at the Beginning of Hypoxia and Altitude Training

3.1.3 高原训练过程中重点课机能状态监控的测试指标与安排

根据训练计划,对重点课进行评定及课后运动员的恢复情况进行测试与分析,特别是大强度、大运动量的训练

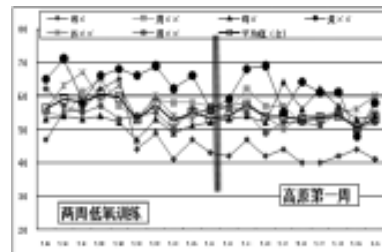


图4 低氧和高原初期女运动员HRm变化

Figure 4 HRm Variation of the Female Swimmers at the Beginning of Hypoxia and Altitude Training

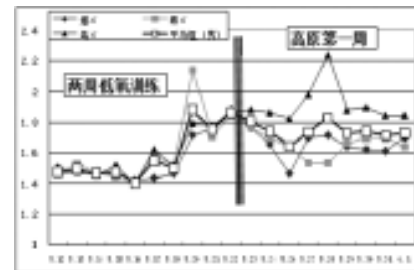


图5 低氧和高原初期男运动员SpO₂%/HRm变化图

Figure 5 SpO₂%/HRm Variation of the Male Swimmers at the Beginning of Hypoxia and Altitude Training

从图2、3可见:SpO₂%这一指标,不同个体存在较大差异,而这种差异可帮助分析不同运动员对缺氧适应能力,为调整训练计划提供帮助。从本次监控看,女运动员中黄××、男运动员蒋××对低氧和高原适应能力相对较差,对缺氧反应较为敏感,这可能与他们低氧、高原训练次数少有关。因此,根据次情况建议教练员在开始训练阶段要适当降低这两位运动员的负荷量,避免疲劳过快积累。

从图4、5可见:低氧训练初期,运动员晨脉相对较高,SpO₂%/HRm较低,而随着训练适应程度的提高,晨脉逐渐下降,SpO₂%/HRm逐渐升高,表明运动员对低氧训练逐渐适应。高原训练初期,运动员晨脉和SpO₂%/HRm与低氧训练期间无明显改变,提示:前期2周低氧训练对运动员机体产生较好刺激,因此,可很快适应高原训练负荷。但不同运动员晨脉变化不同,表明运动员个体间对高原和负荷的适应存在差异,训练中因给予重视。

图5低氧和高原初期男运动员SpO₂%/HRm变化图运动员个体间对高原和负荷的适应存在差异,训练中因给予重视。综上所述,在低氧和高原训练过程中,通过每天早晚



测定和分析运动员 SpO₂%、HRm、体重、SpO₂%/HRm 和主观感觉等指标,可以清晰的了解不同运动员每天身体机能状态的变化情况,准确把握运动员疲劳程度与恢复情况,从而对当天训练不同个体训练安排和调控起到积极帮助。

3.2.2 运动员小周期训练机能状态监控方法的分析

低氧、高原训练中,由于负荷量相对增加,故一般训练节奏的安排主要以小周期为主,不同训练阶段分别采用3~5天训练周期。通过测定小周期前后的血红蛋白(Hb)、血清铁蛋白(SF)、血尿素氮(BUN)、血清肌酸肌酶(CK)、血糖(GLU)、晨安静血乳酸(M-Bla)的测定,再结合 SpO₂%、HRm、体重和主观感觉,可有效的分析小周期中训练负荷的大小,并判断运动员疲劳程度与恢复的情况,并可针对不同个体情况调整膳食和营养安排,加快运动员恢复速度。

表4为低氧适应后高原训练阶段上量、上负荷阶段某小周期训练后不同生化指标变化情况。此次监控主要目的是,该阶段是高原训练的主要阶段,训练量和强度逐渐增加,经过连续6次训练课后,训练负荷对运动员刺激程度是否到达训练要求,同时分析运动员疲劳程度即恢复情况。从表4可以看到(1)运动员经过6次训练课刺激后,对负荷表现出较强的反应,提示,该阶段的训练达到了上量上负荷训练目标,不同阶段训练负荷的安排是合理的。(2)个别运动员有一定疲劳积累,如周××、黄××、郑×、戴×等,应在下阶段训练中注意观察其训练情况,并注意训练中的积极性调整。(3)男子运动员血糖整体有明显,应注意训练中、训练后糖的补充。(4)虽然近几天增加了铁剂的补充,但周××、周××、孙××、陈×的铁蛋白还处于较低水平,应继续保持每日按时补充铁剂。

表4 小周期训练中运动员不同生化指标的变化
Table IV Variation of the Different Biochemical Indices of Athletes in Minor Cycle Training

	Hb/(g/dl)		SF/(ng/ml)		BUN/(mmol/L)		CK/(IU/L)		GLU/(mmol/L)		M-Bla/(mmol/L)	
姓名	6, 5	6, 12	6, 5	6, 12	6, 5	6, 9	6, 5	6, 9	6, 5	6, 9	6, 5	6, 9
郑××	134	145	39.7	40.8	6.35	7.74	115	125	4.80	4.6	1.2	1.3
周××	135	139	28.3	24.1	8.9	7.21	85.9	97.1	4.30	4.3	0.8	1.1
陈×	137	141	44.1	56.4	6.3	6.49	104	80.8	4.60	4.6	1.0	1
黄×	138	143	95.6	84.3	5.7	6.97	124	134	4.50	4.6	0.9	1.1
孙××	134	149	12.9	20.6	4.88	5.23	96.5	77.8	4.70	5.3	1.1	1.2
周××	128	136	16.5	21.4	5.02	5.46	45.3	75.2	4.60	4.7	1.0	1.2
平均值女	134.3	142.2	39.5	41.3	6.19	6.52	95.1	98.3	4.58	4.68	0.99	1.15
戴×	146	157	31.3	40.0	6.92	7.08	143	153	5.50	4.2	1.3	1.5
陈×	151	156	29.3	28.1	6.88	8.19	158	141	5.10	4.7	1.1	1.3
蒋××	141	149	30.6	32.6	7.69	8.32	199	165	5.30	4.7	0.9	1.1
平均值男	146.0	154.0	30.4	33.6	7.16	7.86	167	153	5.30	4.53	1.10	1.30

通过小周期训练监控的结果,建议教练员下个小周期的训练强度和量将会更大,要密切观察上述运动员训练中主观感觉和强度的监控,加强训练后的放松和调整训练。另外,结合表5中这一小周期训练中血氧饱和度、晨脉、体重等指标的变化,更能清晰的看到运动员在这一小周期中运动负荷对机体造成刺激和运动员的恢复情况,即训练中运动员 SpO₂% 逐渐下降,晨脉逐渐升高,休息后又基本恢复正常。

因此,通过小周期训练的监控,可准确分析训练负荷,有效判断运动员疲劳与恢复情况。

3.2.3 运动员重点课训练机能状态监控方法的分析

高原训练的强度控制是决定高原训练成败的关键。强度过低,刺激小,难以收到成效;强度过大,刺激深,对适应和恢复不利。因此,对于高原训练中重点课,特别是强度课次的监控就非常重要,这对于教练员精确了解训练课

表5 小周期训练中运动员血氧饱和度、晨脉等指标的变化

Table V Variation of the Indices of Athlete's Oxygen Saturation and Morning Pulse in Minor Cycle Training

姓名	血氧饱和度(SpO ₂ %)					晨脉(HRm)					SpO ₂ %/HRm					体重/kg				
	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
郑××	96	98	97	97	96	40	39	39	39	40	2.4	2.51	2.49	2.49	2.4	62.1	62.7	61.5	62.0	61.8
周××	97	96	96	96	96	57	57	57	51	53	1.7	1.68	1.68	1.88	1.81	57.8	58.0	57.4	57.2	57.4
陈×	95	96	96	96	96	58	65	59	52	58	1.64	1.48	1.63	1.85	1.66	66.0	66.6	66.0	66.0	65.6
黄×	95	97	97	95	91	69	55	65	60	66	1.38	1.76	1.49	1.58	1.38	54.3	54.6	53.8	54.2	53.5
孙××	98	96	97	96	96	57	55	58	55	55	1.72	1.75	1.67	1.75	1.75	65.5	65.1	64.9	65.1	64.9
周××	97	97	97	97	97	55	58	52	60	51	1.76	1.67	1.87	1.62	1.9	57.1	57.6	57.2	57.4	56.5
平均值	96.3	96.7	96.7	96.2	95.3	56	54.8	55	52.8	53.8	1.77	1.81	1.8	1.86	1.82	60.5	60.8	60.1	60.3	60
戴×	95	96	95	96	95	58	57	55	60	59	1.64	1.68	1.73	1.6	1.61	68.0	68.1	67.7	67.3	67.4
陈×	94	96	95	94	96	58	58	55	60	57	1.62	1.66	1.73	1.57	1.68	65.4	66.5	66.2	66.0	65.7
蒋××	94	94	96	95	95	58	52	50	52	52	1.62	1.81	1.92	1.83	1.83	81.8	82.5	82.7	83.0	83.0
平均值	94.3	95.3	95.3	95	95.3	58	55.7	53.3	57.3	56	1.63	1.72	1.79	1.66	1.71	71.7	72.4	72.2	72.1	72



次的强度,将起到重要的作用。同时,对重点强度课后运动员恢复情况的了解,对于教练员掌控训练也将起到非常重要的作用。

在高原结合低氧适应训练过程中,对高原和低氧训练过程中水上重点课和强度课进行多次监控,同时对重点课后运动员恢复情况进行跟踪调查,对教练员及时掌握训练强度,有效的把握训练过程提供有效帮助。

3.2.3.1 水上不同强度课次(不同训练手段)的监控

高原训练中期,训练强度和量逐渐增加,为了了解不同强度训练对不同个体运动员机体造成的刺激程度,同时了解教练员规定的训练强度是否到达内负荷与外负荷相一致。此次课的练习目提高不同运动员的有氧(A1-A2)、无氧阈(AT)和最大摄氧量(VO₂max)的能力。训练中测定不同强度要求时不同个体运动员的心率、血乳酸,并记录训练成绩。

表6 高原训练中不同距离项目运动员不同训练强度重点课监控(测试日期:2008年6月8日)

Table VI Monitoring of the Different Training Loads of the Different-Distance Athletes in Altitude Training (Test Date: June 8, 2008)

姓名	训练手段	训练目的	即刻心率 (b/min)	即刻乳酸 (mmol/L)
戴×	(3×100m+2×150m)×3	提高(A1-A2)	189	3.83
蒋×	(3×100m+2×150m)×3	提高(A1-A2)	192	3.12
周×	3×50m	提高(A1-A2)	183	2.39
周×	3×50m	提高(A1-A2)	189	2.63
周×	18×100m,1-3;②6×100m;②6×100m,La	提高AT-VO ₂ max	184	6.94
陈×	18×100m,1-3;②6×100m;②6×100m,La	提高AT-VO ₂ max	186	7.21
周×	6×100m,La	提高AT-VO ₂ max	184	6.46
陈×	6×100m,La	提高AT-VO ₂ max	195	9.15
陈×	3×100m,1-3;4×100m,1-3+4;5×100m,3-5,La	提高VO ₂ max及以上	185	6.19
郑×	3×100m,1-3;4×100m,1-3+4;5×100m,3-5,La	提高VO ₂ max及以上	165	8.81
黄×	3×100m,1-3;4×100m,1-3+4;5×100m,3-5,La	提高VO ₂ max及以上	183	8.28

3.2.3.2 递增负荷重点课强度与恢复的监控

此次低氧、高原训练过程中,通过多次对水上专项训练课次的监控,特别是一次训练课中安排了不同的训练强度,如能准确掌握强度(递增负荷训练课次),则能有效提高训练质量,从而提高训练效果。

在高原结束前,为了检验训练效果,对中距离运动员安排了一次递增强度的训练课,内容为:10×200m主项(10×100m主项),为3个A1、3个AT、3个VO₂max强度,1个比赛强度(□□□□ □□□□),分别测试成绩、乳酸、心率和恢复乳酸。结果发现(见表7):(1)本次课强度安排非常合理,运动员的乳酸和心率基本达到的强

通过监控(见表6):进一步明确了按照教练员的要求运动员是否到达规定的强度要求。如:(1)戴×、蒋××主要为A1-A2训练,训练后乳酸为3.83mmol/L和3.12mmol/L,到达了训练要求,但心率为189b/min和192b/min,略高于该强度的要求;而郑×为最大摄氧量强度(VO₂max)训练,其乳酸为8.81mmol/L达到训练要求,但其训练即刻心率仅为165b/min,要低于该强度要求。(2)周××、陈×的训练的乳酸和心率都达到了训练强度目标,较好完成训练任务。

因此,通过测定训练中心率、乳酸,我们较清楚地了解训练是否到达要求,避免单指标造成的误导。也为后面训练课次科学负荷的安排奠定基础。同时,也了解了不同个体运动员对高原训练负荷刺激的适应程度,为不同个体确定不同阶段的训练负荷提供了依据。

度要求,同时运动员经过2周低氧、四周高原训练后,不同强度的代谢水平都有一定的改善,提示,整个训练安排较为合理。(2)通过递增负荷训练方式过程中乳酸、心率等变化,我们可以分析不同运动员有氧能力、AT水平和最大摄氧量水平的能力有何差异,找出较差部分,为今后训练计划的制定提供帮助。(3)郑×在这次训练课的效果并未体现,运动员血乳酸偏高,成绩和心率水平整体偏低,表明该运动员没有到达训练要求,其有氧能力和AT水平不够,还需进一步提高这方面的能力。(4)根据此次监控结果,教练员可为下阶段训练中强度确定提供参考,并与前期训练进行比较,以分析训练效果。

表7 递增负荷强度训练中不同强度时血乳酸和心率的变化(测试日期:2008年6月18日)

Table VII Variation of the Blood Lactic Acid and Heart Rate at the Different Intensity of the Load-Increasing Intensity Training (Test Date: June 18, 2008)

姓名	训练手段/ 强度要求	A1			AT			VO ₂			RACE PACE			放松2000m	
		成绩	乳酸	心率	成绩	乳酸	心率	成绩	乳酸	心率	成绩	乳酸	心率	乳酸	
周×	10×200m	2'42"0	1.89	153	2'33"5	3.19	171	2'24"5	7.09	181	2'22"6	8.58	187	1.05	
陈×	3,3,3,1desc	2'44"5	3.01	164	2'35"0	3.64	189	2'26"5	8.77	193	2'27"4	9.83	193	2.22	
孙×	3,3,3,1desc	2'56"8	1.60	171	2'51"5	2.73	184	2'48"1	5.97	187	2'42"3	6.05	193	0.84	
郑×	10×100m 3,3,3,1desc	1'14"3	3.73	153	1'11"2	4.81	156	1'11"7	7.93	163	1'11"6	9.91	166	1.89	

3.2.3.3 重点课后运动员疲劳程度与恢复的监控

在高原训练过程中，多次对重点训练课后运动员疲劳程度和恢复进行监控。如在重点训练课后次日晨测定运动员的BUN、CK、血糖、晨安静乳酸等。根据监控结果，可清晰显示不同训练课对不同个体运动员刺激程度有所不同，同运动员恢复情况也各有不同。此外，我们在分析不同运动员重点课后疲劳情况和次日晨恢复情况是，一定还要结合训练中血乳酸和心率，以及次日晨的晨脉、血氧饱和度和体重等指标，这样才能更准确分析运动员疲劳程度和恢复情况。

从上述3种情况可见，通过对高原训练重点课不同训练内容的有效监控，可使教练员清晰了解运动员在不同强度课次、递增负荷训练过程中强度的刺激程度是否与训练目标一致，并能对运动员重点课训练课后疲劳积累程度与恢复情况进行全面了解，从而达到重点机能状态监控的目标，即精确了解训练强度，及时掌握运动员恢复情况。

3.2.4 运动员训练过程中阶段机能状态监控方法的分析

由于高原结合低氧预适应训练时间较长（共六周），因此，阶段性机能状态的监控以及对训练过程的整体性分析就非常重要，比如低氧适应阶段、高原适应阶段、大运动量训练阶段运动员情况等。通过多指标结合方式，对运动员阶段训练的情况给予分析和评价，为教练员调整下阶段的训练计划、改进训练方法提供参考。通过每天测试晨脉、血氧饱和度、体重；小周测试BUN、Hb、GLU、CK；阶段测试SF、睾酮（T）、皮质醇（ α ）、T/C、免疫指标（免疫球蛋白和白细胞分类），以及训练中的心率和血乳酸等指标，综合分析前阶段训练情况，较为清晰地了解不同个体运动员出现的相关问题，分析训练负荷和训练计划的合理性，并提出相关问题和建议。

下面将低氧适应阶段、高原训练前两周作为一个阶段进行整体分析，相关指标的测试结果见图6~11。

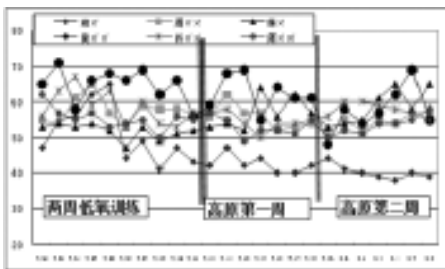


图6 低氧和高原前2周女运动员HRm变化图
Figure 6 HRm Variation of the Female Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

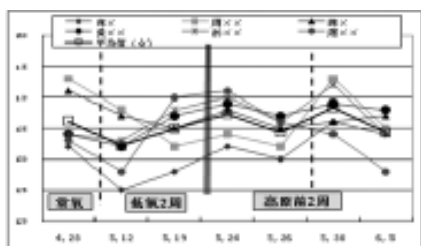


图7 低氧和高原前2周女运动员Hb变化图
Figure 7 Hb Variation of the Female Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

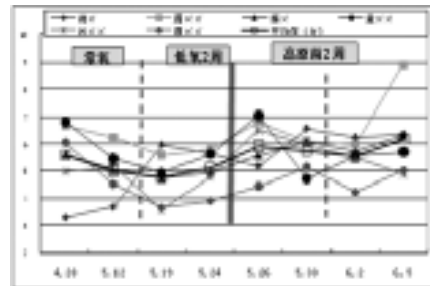


图8 低氧和高原前2周女运动员BUN变化图
Figure 8 BUN Variation of the Female Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

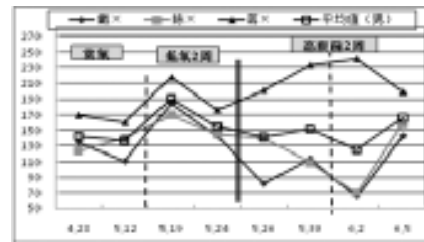


图9 低氧和高原前2周男运动员CK变化图
Figure 9 CK Variation of the Male Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

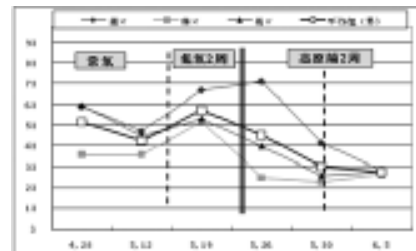


图10 低氧和高原前2周男运动员SF变化图
Figure 10 SF Variation of the Male Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

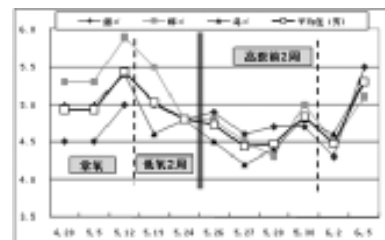


图11 低氧和高原前2周男运动员GLU变化图
Figure 11 GLU Variation of the Male Swimmers 2 Weeks before the Hypoxia and Altitude Training

从以上测试结果可以综合分析该阶段训练情况和运动员疲劳与恢复情况，同时可对下阶段训练提出相关建议，具体如下：（1）两周低氧训练训练后，运动员Hb逐渐升高、晨脉逐渐下降，而铁蛋白、血糖等呈逐渐下降趋势，表明运动员整体机能状态正常，但2周低氧对运动员机体造成一定刺激，而这种刺激正是运动员对缺氧适应能力提高的表现，提示2周低氧训练效果较好，达到了高原训练前提前适应的目的。（2）高原训练前三天，大部分运动员对高原训练适应很快，虽然高原初期大部分运动员的Hb略有下降，BUN和晨

脉略有升高,但很快就Hb又升高、BUN和晨脉下降并保持在一定水平。(3)几乎所有运动员的血糖和铁蛋白都有不同程度的下降,且高原训练第二周也没有上升趋势,因此,提示在训练中和训练后注意及时补糖,同时铁蛋白较低的运动员一定要加大铁剂的补充量。(4)高原训练两周后部分运动员:如蒋××、周××、陈×等有一定疲劳积累,这主要是第二周训练结果所致,因此在第三周训练安排过程中应注意陆上训练给予适当调整。(5)第三周训练中应注意多补水,特别是在训练前后,要“多次少量”。同时,补水对恢复疲劳也有一定的促进作用。(6)建议第三周训练可逐渐增大训练负荷,但切记过大大猛,要循序渐近,并特别注意表现较差的运动员,并了解原因,避免不必要的问题出现。

因此,在阶段机能状态监控中,一定要多指标结合,包括生理指标、生化指标、训练学指标、心理指标(主管感觉)等,这样综合测试分析后,不仅可使教练员清晰了解前阶段训练情况,同时也为下阶段训练计划和方法的安排与调整提供坚实的帮助。

3.2.5 运动员训练全过程机能状态监控方法的分析

低氧、高原训练过程中,如何能准确分析训练负荷,把握训练规律,及时了解运动员疲劳和恢复的情况是低氧和高原训练是否取得成功的重要保障。同时,由于高原环境缺氧程度大,易发生疲劳,应重点做好生理、生化等方面的监控,可有助于运动员避免过度训练,及时掌握对训练负荷的适应情况,顺势调整训练负荷,以增强训练效果。

因此,在低氧、高原训练过程中,要对血氧饱和度、晨脉、红细胞系指标(血红蛋白)BUN、CK、GUL、内分泌指标(T、C)、免疫指标(免疫球蛋白和白细胞分类)、主观感觉等;专项能力、各项训练学指标等进行全程监控,一方面为控制训练过程中的负荷和强度提供科学依据,另一方面,也了解了长时间高原训练中不同生理、生化指标的变化规律,特别是不同训练阶段不同指标变化情况,为今后训练奠定了基础。

我们选择了在低氧和高原训练过程中机能状态监控具有代表性的指标,如HRm、Hb、BUN、CK、SF等,从图12~16可以看到不同指标在低氧预适应和高原训练整个过程变化趋势。同时还可以看到,连续两年高原结合低氧训练模式对同一指标影响的比较分析(图15和16)。从这些指标的变化我们可以看到整个训练过程中对不同运动员机能状态的影响,不同指标反应机体不同系统或机能状态的变化情况,同时,各指标整个训练过程中的变化规律,也反应训练过程中不同阶段的训练负荷量与强度的安排特点。因此,高原结合低氧预适应训练过程中,必需重视训练过程中运动员机能状态的全程监控与分析,这是教练员科学把握训练方向,了解高原结合低氧训练对运动员机能状态影响规律与特点基础,也是有效把控训练质量与效果的重要保障。

4 小结

高原结合低氧预适应训练在游泳项目中的应用是传统高原训练新发展,拓展了高原和低氧训练的效益和功能,日益受到科研工作者和教练员的重视。有效的机能状态监控的内容与方法将是训练是否达到训练目标的重要保障。因此,

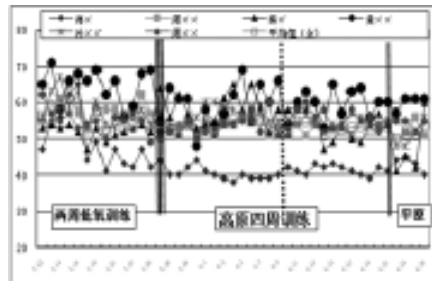


图12 低氧和高原训练全过程女运动员HRm变化图
Figure 12 HRm Variation of the Female Swimmers in the Full Course of Hypoxia and Altitude Training

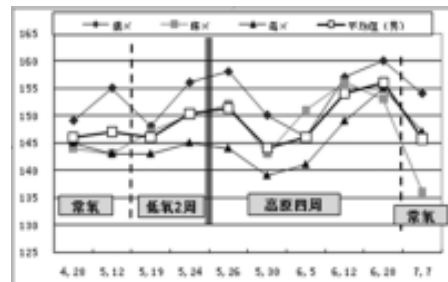


图13 低氧和高原训练全过程男运动员Hb变化图
Figure 13 Hb Variation of the Male Swimmers in the Full Course of Hypoxia and Altitude Training

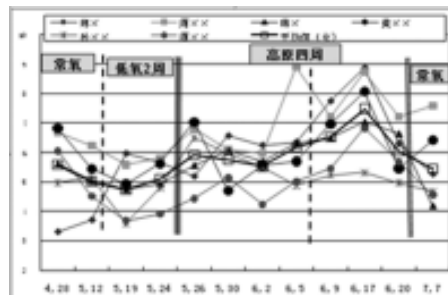


图14 低氧和高原训练全过程女运动员BUN变化图
Figure 14 BUN Variation of the Female Swimmers in the Full Course of Hypoxia and Altitude Training

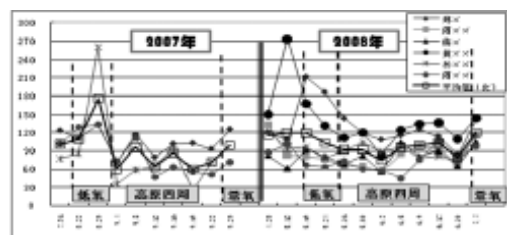


图15 2007-2008年两次低氧和高原训练中女运动员CK变化图
Figure 15 CK Variation of the Female Swimmers in Two Times' Hypoxia and Altitude Training in 2007-2008

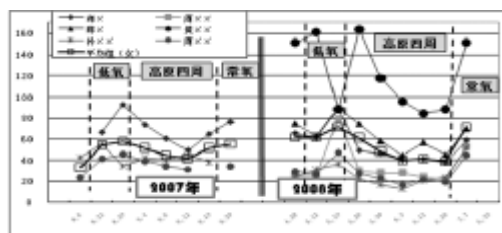


图16 2007-2008年两次低氧和高原训练中女运动员SF变化图
Figure 16 SF Variation of the Female Swimmers in Two Times' Hypoxia and Altitude Training in 2007-2008



通过笔者多次对高原结合低氧预适应训练全过程的跟踪、研究与分析,基本建立了游泳运动员高原结合低氧预适应训练的机能状态监控内容与方法。

4.1 建立了全方位的机能状态监控内容,为有效了解训练情况提供帮助

(1) 低氧、高原训练前后运动员机能状态的测试指标与安排,目的是了解运动员训练前后的整体情况,明确训练前思路,分析训练后的问题与不足;(2) 低氧预适应和高原训练过程中机能状态监控的测试指标与安排,目的是分析低氧适应效果,做好训练监控;(3) 高原训练过程中重点课机能状态监控的测试指标与安排,目的是清晰掌握训练强度,评价训练效果。

4.2 建立了多层次的机能状态监控方法为准确把握训练过程提供依据

(1) 日常机能状态监控方法:准确把握运动员每天机能状态与疲劳情况的变化;(2) 小周期机能状态监控方法:分析训练负荷,评价低氧适应情况,有效判断运动员训练过程中疲劳与恢复情况;(3) 重点课监控方法:精确了解训练不同阶段重点训练课次的强度,掌握运动员恢复情况。主要包括:水上不同强度课次(不同训练手段)的监控、递增负荷重点课强度与恢复的监控、重点课后运动员疲劳程度与恢复的监控;(4) 阶段训练机能状态监控:了解低氧适应训练效果、高原训练不同阶段训练情况,及时调整训练计划和方法;(5) 全程训练机能状态监控方法:把握高原结合低氧训练方向,了解高原结合低氧训练对运动员机能状态影响的规律。

参考文献:

- [1] 高炳宏,步振威,罗惠明,等.模拟“低住高练(LoHi)”对游泳运动员运动能力的影响[J].体育科研,2005,26(2):54-60.
- [2] 高炳宏.模拟低氧训练的新方法与新进展[J].体育科研,2005,26(2):44-49.
- [3] 高炳宏,步振威,王道,等.LoLo、HiLo、LoHi和HiHiLo训练过程中血象指标变化规律的比较研究[J].体育科学,2005,25(10):32-36.
- [4] 高炳宏,王道,陈坚.LoHi和HiHiLo训练对女子赛艇运动员运动能力影响的比较研究[J].体育科学,2005,25(11):33-39.
- [5] 高炳宏,高欢,陈坚等.不同模式低氧训练对女子赛艇运动员外周白血细胞计数影响的比较分析[J].天津体育学院学报,2006,21(1):27-30
- [6] 高炳宏,陈坚,王道等.HiLo,LoHi和HiHiLo三种模式低氧

训练对血清CK和BUN变化规律影响的分析[J].中国运动医学杂志,2006,26(2):

- [7] 高炳宏,马国强,崔登荣等.8周低住高练(LoHi)对游泳运动员血清CK、BUN变化规律的影响[J].体育科学,2006,27(4):48-52.
- [8] 高炳宏.低住高练(LoHi)训练法及在运动训练实践中应用的研究进展[J].中国运动医学杂志,2007,26(6):48-52.
- [9] 高炳宏.八周LoHi中游泳运动员红细胞及相关指标变化规律的动态观察[R].中华医学会运动医疗分会成立大会暨2007全国运动医学学年会论文摘要汇编,2007,4,北京
- [10] 高炳宏.低氧训练的应用研究与思考[R].中华人民共和国第十一届全运会科学大会论文摘要汇编.2009,10,济南
- [11] 翁庆章,钟伯光.高原训练的理论与实践[M].北京:人民体育出版社,2002.
- [12] 王道,高炳宏.2周低住高练对游泳运动员心肺功能和有氧运动能力的影响[J].中国运动医学杂志,2006,25(3):309-313.
- [13] Bailey DM,Davies B.(1997). Physiological implications of altitude training for endurance Performance at sea level[J]. *Rev Sports Med*,31:183-190.
- [14] Bailey DM, Davies B, Baker J.(2000). Training in hypoxic: modulation of metabolic and cardiovascular risk factors in men [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 32(6): 1058-1066.
- [15] Burtcher M, Nachbauer W, Baumgartl P, et al.(1996). Benefits of training at moderate altitude versus sea level training in amateur runners [J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 74(6): 558-563.
- [16] Chapman RF, Stray-Gundersen J,et al.(1998). Individual variation in response to altitude training[J]. *J Appl Physiol*,85:1448-1456.
- [17] Desplanches D, et al.(1993). Effects of training in normobaric hypoxia on human muscle ultrastructure. *Pflugers Arch*,425: 263-267
- [18] Emonson DL, Aminuddin AH, Wight RL, et al.(1997). Training-induced increases in sea level VO₂max and endurance are not enhanced by acute hypobaric exposure [J]. *Eur J Appl Physiol*, 1997, 76(1): 8-12.
- [19] Ehrenburg IV,Tkatchouk EN.(1997). Interval Hypoxic therapy: mechanisms and clinical applications[J]. *Hyp Med J*,(9):9.
- [20] Favier R, Spielvogel H, Desplanches D, et al.(1995). Training in hypoxias training in normoxia in high-altitude natives [J]. *J Appl Physiol*, 78(6): 2286-2293.
- [21] Geiser J, Vogt M, Billeter R, et al.(2001). Training high-living low: changes of aerobic performance and muscle structure with training at simulated altitude [J]. *Int J Sports Med*,22(8): 579-585.

(责任编辑:何聪)