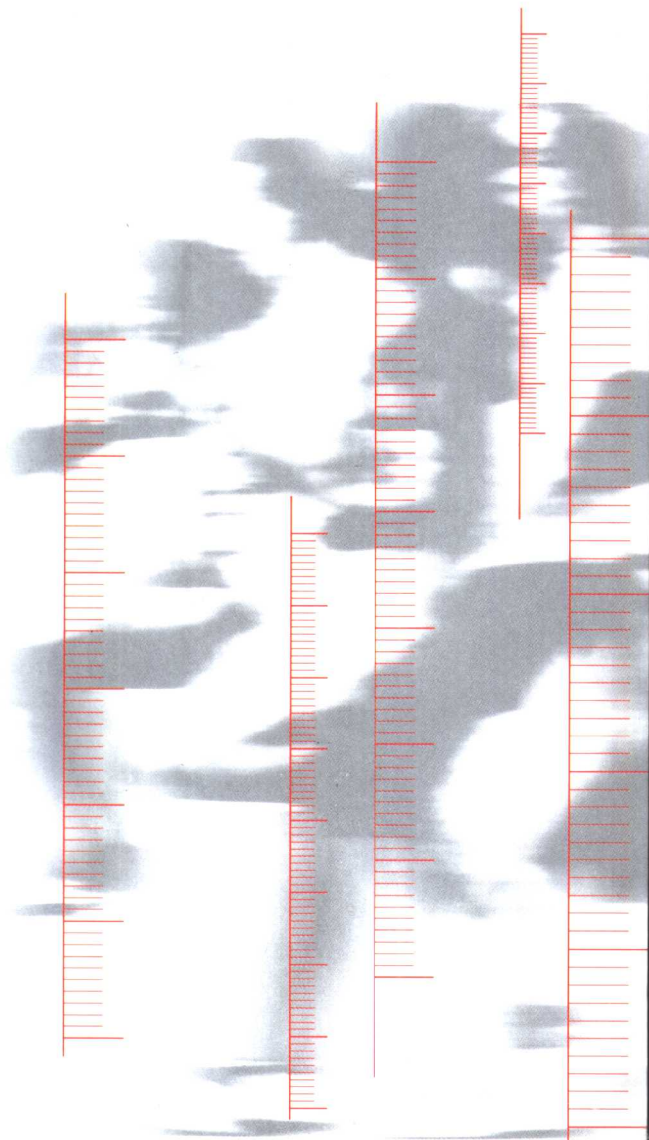


国家体育总局体育科学技术成果专辑

冯连世 李开刚/主编

运动员机能评定 常用生理生化指标 测试方法及应用

人民体育出版社

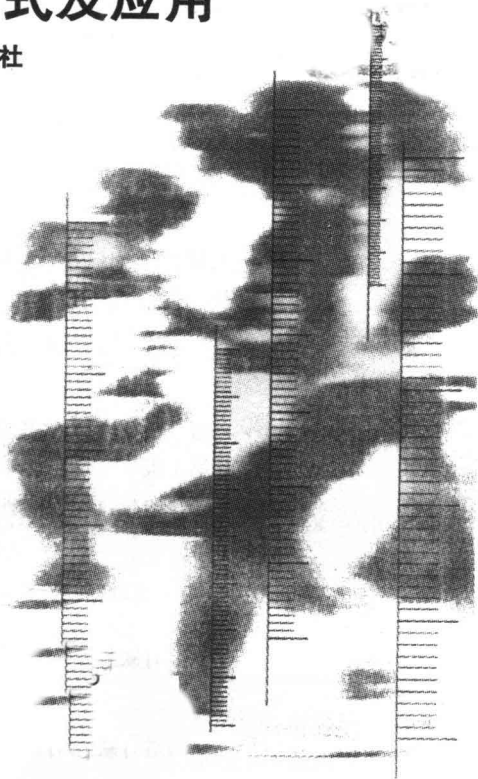


国家体育总局体育科学技术成果专辑
国家体育总局资助出版项目

冯连世 李开刚 / 主编

运动员机能评定 常用生理生化指标 测试方式及应用

人民体育出版社



图书在版编目(CIP)数据

运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用.
冯连世 李开刚主编. - 北京:人民体育出版社,2002
ISBN 7-5009-2368-6

I.运… II ①冯…②李… III 运动员-人体测量
(运动医学)-方法 IV.G804.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002) 第 077455 号

*

人民体育出版社出版发行
北京金马印刷厂印刷
新华书店经销

*

850×1168 32开本 6.75印张 166千字
2002年11月第1版 2002年11月第1次印刷
印数:1-3000册

*

ISBN 7-5009-2368-6/G·2267
定价:18.00元

社址:北京市崇文区体育馆路8号(天坛公园东门)
电话:67151482(发行部) 邮编:100061
传真:67151483 电挂:9474
(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行部联系)

本书经中国体育科学学会办公室组织评审,国家体育总局科教司同意,确定为国家体育总局资助出版项目 (No.2002002)。

前 言

运动时人体内的一系列生理生化变化是机体对所承受运动负荷的客观反映,反映机体对运动训练的应激能力。训练负荷太小,运动能力提高不明显;训练负荷过大,不仅不能提高运动能力,反而损害身体健康。因此,在运动训练中,合理运用基础理论、实验技术和测定方法评定运动员机能状态,对运动员选材、医务监督、控制训练负荷、判断运动性疲劳、防止过度疲劳和运动损伤的发生,以及有效地挖掘人体的运动潜力、提高竞技能力,均有十分重要的意义,并已经成为科学训练的重要内容。

早在 20 世纪七八十年代,西方许多国家就开始对运动员身体机能状况进行较系统的评定,特别是苏联和民主德国,都建立了评价标准,而且在实践中不断改进,帮助他们培养了一大批优秀运动员。近年来,各国都在进行有关运动员身体机能状况评定方法的研究,并力求简便、准确和系统化,以适合实际使用的特点。

我国体育科学工作者在 20 世纪 50 年代末就开始对运动员机能状况的评定方法进行研究,并运用到体育运动的实践中。我国运动生化专家和学者利用血液及尿液生化指标评定运动员身体机能状况,并改良了部分指标的测试方法。国内广大体育工作者历经数十年的研究和实践,推出一系列行之有效的实用指标和方法,机能监测的范围不断扩大,自动化操作程度和评价水平不断提高,使测试结果更加准确,信息反馈加快。

但是,迄今为止,我国优秀运动员身体机能监测和评定的生化

方法尚未系统化和标准化。许多生化指标因受取样方式和测试方法的限制,难以在运动实践中应用和推广。同时,由于测试方法和评定标准不统一,也影响许多科研成果的交流和应用,造成人力、物力和财力的浪费。因此,总结国内外有关生理生化评定方面的研究成果,规范我国优秀运动员身体机能监测和评定的生理生化指标,改进技术和方法,已经成为当前迫切需要解决的问题。

基于以上的考虑,在国家体育总局科教司的领导和支持下,我们组织编写了这本《运动员机能评定常用生理生化指标测试方法及应用》。本书是由十多位长期在第一线从事运动生理学和运动生物化学实验室工作、为国家运动队进行科研攻关与服务的科研技术人员通力合作,历时半年多编写而成的。

参加本书编撰工作的有(以姓氏笔画为序):

尤春英 王世平 冯连世 冯葆欣 卢炎 李开刚
肖明珠 宗丕芳 尚文元 封文平 洪平

冯炜权教授对全书进行审阅并提出了宝贵的意见。国家体育总局科教司科技处崔富国处长对编写工作提出了具体的要求并作了指导。

在编写过程中我们始终遵循以下几点:

1. 充分考虑理论和方法的先进性。尽量采用最新、并得到多数承认的学术观点和操作方法。尤其重视近年来国际、国内有关学术组织推荐的标准化方法、命名、术语和法定计量单位等,摒弃过时的或已被证明有错误的陈旧理论观点和操作技术。但由于目前在我国采用的生理生化计量单位正处于向国际单位制(SI)过渡的时期,因此,书中引用文献中新旧计量单位均有,为了保留原文献的实际数据并符合发展的要求,我们在书后附加了一个运动员机能评定常用生理生化指标的单位换算系数表,供实践中参考。

2. 十分重视操作方法的可靠性及可操作性。本书编入的大部

分方法,都是经作者筛选或亲自用过并认为比较可靠的,有的方法还是作者亲身参与建立或改良的。本书中绝大部分方法作者都根据自己多年使用的经验列出了在操作中的注意事项,提高了应用时的可操作性。

3.考虑到各个层面的需要,保证了各指标的实用性。为使本书提供的方法能在国内大多数体育科研单位、国家运动队、省市运动队、基层运动队和各级体校以及大专院校的体育系等应用,在强调先进性的同时,也适当编入部分虽不很先进、但在我国目前条件下仍具有实用价值、不需要特殊设备而所得的结果也较为可靠的经典方法。另外,本书还对各指标的意义、测定原理和在运动实践中的应用等都作了简要介绍,以便各类读者在运动实践中方便应用。

4.尽量保证同一指标各方法的通用性。由于不同的方法经常会造成测试结果无法通用,大大阻碍了成果的共享,因此,我们对一些常用的方法作了不同测试方法结果的对比实验,以提高结果的通用性。

根据长期在实践中对运动员进行机能评定的需要,把本书列举的指标分成八章进行介绍,即心血管系统测试指标、免疫系统测试指标、内分泌系统测试指标、氧转运系统及贫血测试指标、神经系统及感觉机能测试指标、肌肉负荷及组织损伤测试指标、物质能量代谢系统测试指标和有氧代谢能力与无氧代谢能力测试指标。

对运动员进行机能评定的内容广泛、方法众多,相关的医学和生物学的技术手段的发展也日新月异,本书作者虽经努力,但限于知识水平和经验不足,缺点和错误在所难免,深望同仁在使用时不吝赐教,以期再版时补充、修订。

主编

2002年8月26日

目 录

第一章 心血管系统测试指标	(1)
一、心率(Heart Rate, HR)检查	(1)
二、血压(Blood Pressure)检查	(4)
三、心电图(Electrocardiogram, ECG)检查	(8)
第二章 免疫系统测试指标	(12)
一、淋巴细胞亚群(Lymphocyte Subsets)检测	(12)
二、白细胞(Leucocyte 或 White Blood Cell)数的测定	(17)
三、免疫球蛋白(Immunoglobulin, Ig)测定	(20)
第三章 内分泌系统测试指标	(25)
一、血清睾酮(Testosterone, T)的测定	(25)
二、血清皮质醇(Cortisol, C)的测定	(31)
三、血清睾酮/皮质醇(T/C)	(35)
四、尿儿茶酚胺(Catecholamine)荧光测定法	(37)
第四章 氧转运系统及贫血测试指标	(43)
一、红细胞系检测	(44)
二、血红蛋白(Hemoglobin, Hb)测定	(46)
三、铁代谢指标检测方法	(50)
血清铁(Serum Iron)的测试	(51)
血清总铁结合力(Total Iron Binding Capacity)的测试	(53)
转铁蛋白的测试	(54)
转铁蛋白饱和度(Transferrin Saturation)的测试	(56)
血清铁蛋白(Serum Ferritin)的测试	(56)
游离原卟啉(Free Protoporphyrin)的测试	(58)

第五章 神经系统及感觉机能测试指标	(63)
一、两点辨别阈	(63)
二、闪光融合率(Flicker Fusion Frequency, FFF).....	(65)
三、主观体力感觉等级(Rating of Perceived Exertion, RPE)	(67)
四、脑电图检查(Electroencephalography, EEG)	(71)
第六章 肌肉负荷及组织损伤测试指标	(74)
一、血清肌酸激酶(Creatine kinase, CK)的测定	(75)
肌酸激酶酶偶联试剂盒法.....	(75)
干式生化分析法.....	(79)
二、血清肌酸激酶同工酶测定	(84)
三、血清乳酸脱氢酶(Lactate Dehydrogenase, LDH)的测定	(87)
四、血清天门冬氨酸氨基移换酶(Aspartate Aminotransferase, AST)的测定	(91)
五、血清丙氨酸氨基转移酶(Alanine Aminotransferase, ALT) 的测定	(94)
第七章 物质能量代谢系统测试指标	(98)
一、血乳酸(Blood Lactate)的测定	(99)
改良 Barker - Summerson 氏法	(99)
酶电极法	(101)
二、血尿素(Blood Urea)的测定.....	(109)
微量比色法(全血)	(110)
三、血氨(Blood Ammonia)的测定	(113)
试剂盒测试方法	(114)
无蛋白滤液法	(116)
四、全血葡萄糖的测定	(119)
酶比色法	(121)

五、尿中微量蛋白的测定	(124)
六、尿液指标的测定	(128)
(一)Micro AUTION - 4260 尿液分析仪操作	(128)
(二)MA - 4210 尿液分析仪(mini AUTION ANALYZER) 的操作	(129)
(三)各项尿液指标简介与应用	(131)
尿糖(Urine Glucose)	(131)
尿蛋白(Urine Protein)	(131)
胆红素(Bilirubin)	(134)
尿胆原(Urobilinogen)	(134)
酸碱度(Urine pH)	(135)
尿比重(Specific Gravity)	(136)
尿潜血(Urine Blood)	(137)
尿酮体(Ketones)	(137)
亚硝酸盐(Nitrite)	(139)
白细胞(Leukocytes)	(140)
七、体重(Body Weight)的测定	(140)
体重计法	(141)
体成分仪法	(141)
第八章 有氧代谢能力与无氧代谢能力测试指标	(144)
一、有氧代谢能力的评定	(145)
(一)最大摄氧量($\dot{V}O_2\max$)的测定	(145)
1.最大摄氧量直接测定法	(145)
2.最大摄氧量的间接测定法	(153)
Åstrand - Ryhnuuy 最大摄氧量的推测	(154)
用台阶负荷时心率和体重推测最大摄氧量	(159)
用极限下强度(150W 功率自行车运动)负荷时的心率 估测最大摄氧量	(160)

Fox 法	(161)
由 12 分钟跑推算最大摄氧量	(161)
3. 最大摄氧量平台($\dot{V}O_2\max$ PD)的测定	(163)
(二)PWC ₁₇₀ 实验	(167)
通用的实验方法	(168)
台阶试验法	(171)
一次负荷的简易测试法	(172)
(三)无氧阈(Anaerobic Threshold, AT)的测定	(175)
1. 乳酸无氧阈测试法	(176)
乳酸无氧阈实验室模拟训练测定法	(176)
个体乳酸阈实验室测试法	(177)
乳酸阈运动场测量方法(1)	(178)
乳酸阈运动场测量方法(2)	(179)
最大乳酸稳态(MLSS)的测定	(180)
2. 通气无氧阈的测定	(181)
3. 心率无氧阈(Break Point, BrP)	(181)
二、磷酸原代谢能力的测定	(183)
磷酸原能商法	(183)
Margeria 台阶实验	(184)
Quebec 10 秒无氧功实验	(185)
10 秒最大负荷测试法	(185)
三、糖酵解代谢能力测定	(186)
Wingate 无氧试验	(186)
Quebec 90 秒实验	(189)
De Bruyn - Prevost 连续负荷实验	(189)
60 秒垂直跳实验	(190)
60 秒最大负荷测试法	(191)
跑台无氧功测试(1)	(191)

跑台无氧功测试(2)	(193)
30米跑测试法	(194)
两次跑台试验法	(194)
附录一:运动员机能评定常用生理生化指标的单位 换算系数表	(198)
附录二:离心机转数与相对离心力的换算	(200)
后记	(202)

第一章 心血管系统测试指标

心脏作为人体的动力器官,在维持正常的血液循环,确保各组织、器官的血液与营养物质的供应上发挥重要作用。而心脏的生理功能的实现主要在于其能自动地、有节律地发生兴奋和舒缩活动,这就构成了心脏泵血功能的基本条件。而心脏泵血功能的强弱主要由心肌收缩性能、心脏前后负荷及心率决定。

对运动员而言,良好的心脏泵血功能尤为重要。目前研究证实,剧烈运动时,机体各组织、器官血液重新分布,心输出量的80%~90%用于供应运动肌肉。换句话说,运动肌肉的血流分布占心输出量的80%~90%,以保证运动肌肉的血液供应和能量代谢的需要。因此,运动员心血管系统的结构与功能的诊断与监控作为运动医学监督的中心环节,在运动员身体机能评定与训练监控中发挥重要作用。

目前,对心血管系统机能进行评定的常用指标有心率、血压、心电图等。

一、心率(Heart Rate, HR)检查

简介 心率是心脏周期性机械活动的频率,即心脏每分钟搏动的次数,以次/分(beat/min 或 b/min)表示。测量心率最简单的办法是计算脉搏。脉搏与心率是一致的。常用的心率有基础心

率、安静心率、运动时心率和运动后心率。

(1)基础心率:是清晨起床前空腹卧位心率,基础心率较为稳定。

(2)安静时心率:安静时心率变化有明显的个体差异。一般新生儿的心率较快,可达 130b/min。正常健康成人的心率为 60 ~ 80b/min。运动员的安静心率一般较低,正常值范围为 45 ~ 80b/min。

(3)运动时心率:分为极限负荷心率(心率达 180b/min 以上)、次极限负荷心率(170b/min 左右)和一般负荷心率(140b/min 左右)。运动时心率增加到极大限度时叫最大心率。最大心率随年龄增长而逐渐减少。一般用 220 减去年龄估算最大心率。最大心率与安静时心率之差称为心搏频率储备,表示人体运动时心率可能增加的潜在能力。

(4)运动后心率:正常情况下脉搏和心率是一致的,因此,在运动实践中,多用测量脉搏代表心率。

仪器 一般采用秒表、听诊器、心率表或心率遥测仪。

心率测量的主要方法

(1)扪诊法:主要部位有:①桡动脉——多用于安静脉搏的测量。②颞浅部动脉——位于耳前部略偏上,多用于水上项目或运动后。③心前区——位于左心前区心尖部,多用于运动后。④颈动脉——位于胸锁乳头肌前、下颌角下部的下颌三角区,多用于戴头盔或帽子的项目。可用两指在颈部一侧触摸,用力不宜过重。

(2)听诊法:令受试者坐于测试人员对面,将听诊器胸端置于心前区听诊,记录 1min 的心搏次数。

(3)心率表法:如用心率表测量,事先将程序输好,系好心率发射带。可较准确地记录安静时、运动中和运动后心率。

(4)心率遥测法:心率遥测系统可准确的记录安静时和运动状态下的心率,并可实时监测训练瞬间心率变化,教练员可随时现场

指导训练及通过网络远程指导训练,并通过相关软件作出快速统计分析,调整训练计划,科学控制运动员的训练。现有多种心率遥测系统可供选择,使用时根据不同系统的要求将电极贴在相应的部位(一般放在胸前左侧第五肋间心尖部),打开接受器即可。

注意事项

(1)测量安静心率时,在测量当天或测量前受试者应避免进行剧烈运动。测量前令受试者静坐 10min 以上;每次测量的环境条件要一致;至少应记录 30s,以减少误差;安静心率高于 10b/min 时,应复测并询问有无影响心率加快的原因。

(2)测量运动后心率时,应采用 10s 的记数乘以 6。

(3)使用心率遥控系统时,一定先要将贴电极处的皮肤用酒精擦拭干净,然后再放导电膏。

在运动实践中的应用

(1)基础心率随着训练年限的延长和训练水平的提高而减慢。基础心率突然加快往往提示有过度疲劳或疾病的存在,应特别注意。

(2)耐力项目运动员的安静时心率低于其他项目运动员,最低可达 36b/min 左右。评定运动员安静心率时,应采用自身前后比较,多用于运动时的对照。

(3)一般情况下,运动时心率的快慢与运动强度有关。强度越大,心率越快。

(4)运动后心率下降速度的快慢,反映运动员身体机能的恢复情况。

主要参考文献

(1)浦钧宗,高崇玄,冯炜权,等著.优秀运动员机能评定手册.人民体育出版社出版,1989

(2)曲绵域,高云秋,浦钧宗,等主编.实用运动医学.北京科学技术出版社,1996

(3)陈明达主编.实用体质学.北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社,1993

(4)湖南医学院主编.生理学.人民卫生出版社,1978

(尤春英)

二、血压(Blood Pressure)检查

简介

(1)血压的形成:形成动脉血压的首要因素是在有足够量的血液充盈血管的前提下,还必须有心脏的收缩射血和外周阻力的协同作用。在心脏与全部血管内大约有 5000ml 血液。在心动周期中,心室收缩,使关闭在心室内的血液压力升高,当心室内压力升高到超过半月瓣外侧的主动脉压力时,便充开半月瓣,向主动脉内射血,并推动动脉血液向前流动而对血管壁产生侧压力。即心室收缩射血,血液流经血管时对血管壁产生的侧压力,每次心脏收缩时,左心室向主动脉射出约 60~80 ml 血液。

(2)收缩压(Systolic Blood Pressure)与舒张压(Diastolic Blood Pressure):在一个心动周期中,动脉血压随着心脏的收缩和舒张而发生规律性变化。心室收缩时,动脉血压升高,它所达到的最高值称为收缩压。心室舒张时,动脉压下降,在心室舒张末期,动脉血压下降所达到的最低值称为舒张压。收缩压与舒张压之差称为脉压(Pulse Pressure)。收缩压主要反映心脏每搏输出量的大小;舒张压主要反映外周阻力的大小;脉压则反映大动脉管壁的弹性。

(3)测量血压的重要意义:人体或动物的动脉血压都有一定的相对稳定性,其相对稳定性具有一定的生理意义。如果血压过低,供血量减少,不能满足身体组织的代谢需要,各组织可能因缺血、缺氧而引起各种疾病。如果血压过高,心室射血时所遇到的阻力

过大,使心肌的负荷加重。慢性高血压病人常伴有左心室代偿性肥大。肺动脉高压病人常伴有右心室代偿性肥大。

测量部位 通常以肱动脉血压为准。

测量仪器 测量血压的仪器有弹簧式血压计、电子感应血压计和最常用的水银血压计、秒表和听诊器。

测量方法(以水银血压计为例) 将血压计平放在桌面上,令受试者坐于检测人员对面,被测臂自然前伸,平放在桌面上,要求血压计与受试者被测臂肱动脉和心脏处于同一水平。压脉带以覆盖上臂长的 1/2 ~ 2/3 为宜。捆扎袖带要平整、松紧适度,肘窝裸露,以便放置听诊器胸件,不要将听诊器胸件塞入袖带下。用手指触及肱动脉搏动后,将胸件置于该处准备听诊,放气阀拧紧。测量开始向压脉带内充气,使水银柱上升,直到听不到肱动脉的搏动音,再升高 20 ~ 30 mmHg,然后慢慢排气,以每次搏动下降 2 ~ 4 mmHg 为宜。当听到第一个清晰的脉搏声时水银柱的高度即为收缩压。继续排气,脉搏声由洪亮变为低沉,此时水银柱的高度为舒张压变音点(即科氏第四音),再继续排气,脉搏声消失瞬间的水银柱高度为舒张压,15 岁以上以消音点作为舒张压。

参考值 安静状态时,我国健康成人收缩压为 90 ~ 130mmHg,舒张压为 70 ~ 90 mmHg。收缩压 > 130mmHg 为高血压;舒张压 < 70 mmHg、收缩压 < 90mmHg 为低血压。安静舒张压 > 90mmHg、收缩压 > 130mmHg 时应进一步检查。运动员的血压测试值见表 1-1。

表 1-1 不同项目运动员安静时的正常血压参考值(mmHg)

项目	例数	性别	收缩压	舒张压	机能差时血压	作者
短跑		男	112	71	> 130/90	王义勤*
		女	105	68		
举重	18	男	115.5 ± 13	71.6 ± 7.6		刘慧荣等