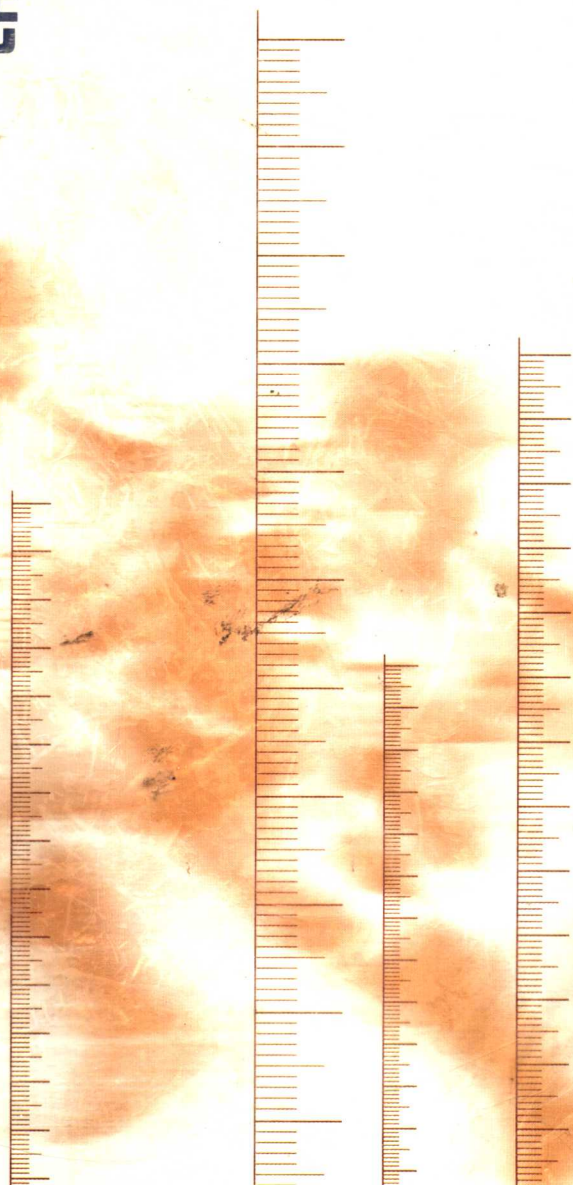


国家体育总局体育科学技术成果专辑

冯连世 冯美云 冯炜权 / 主编

# 优秀运动员 身体机能 评定方法

人民体育出版社



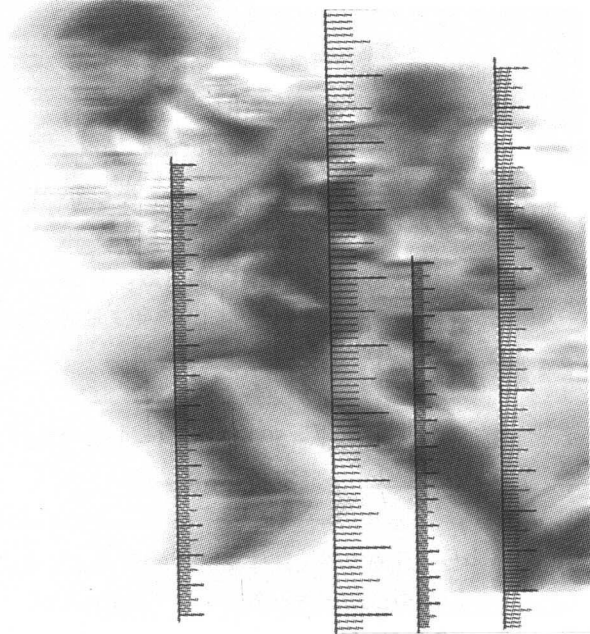
G 804.8  
451

国家体育总局体育科学  
技术成果专辑

冯连世 冯美云 冯炜权 / 主编

# 优秀运动员 身体机能 评定方法

人民体育出版社



图书在版编目(CIP)数据

优秀运动员身体机能评定方法/冯连世,冯美云,冯炜权主编.

—北京:人民体育出版社,2003

ISBN 7-5009-2414-3

I.优… II.①冯…②冯…③冯… III.运动员—机能  
(生物)—人体测量(运动医学)—方法 IV.G804.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第013448号

\*

人民体育出版社出版发行  
北京雅龙印刷厂印刷  
新华书店经销

\*

850×1168 32开本 21.125印张 529千字  
2003年7月第1版 2003年7月第1次印刷  
印数:1-3000册

\*

ISBN 7-5009-2414-3/G·2313

定价:56.00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 邮购:67143708

(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行处联系)

# 序 言

运动训练中,优秀运动员的身体机能检查和评定是科学化训练的重要组成部分,备受国内外体育科研人员和教练员的关注。特别是在运动成绩愈来愈高、国际竞赛日益激烈的情况下,训练方法的有效性、针对性和创新性,是提高运动能力、充分挖掘机体潜能的首要前提。同时,为了避免造成过度训练和运动损伤,对运动训练进行科学的监控和对运动员的身体机能状态进行科学的检测和评定,是提高运动训练水平和运动员竞技能力的重要保证。

在 20 世纪 70 年代,苏联、民主德国、联邦德国和意大利等国,都采用系统的方法和手段对运动员的机能状态进行评定,并建立了统一的标准。80 年代初期,联邦德国规定在各地运动医学研究所或训练中心,按照基本统一的指标、方法和测试程序,对其国际级、国家级直到青少年不同等级的运动员,每年进行详细的健康检查和机能评定,并将结果一式 5 份,反馈给教练员、运动员、队医、所在研究所,最后保存在联邦信息中心数据库中,以便随时查取。

我国体育科研工作者早在 20 世纪 60 年代即开始研究运动员身体机能评定的指标和方法,是当时进行大负荷训练的重要保证。随着我国体育事业的发展,运动员身体机能评定工作已成为科学训练的重要组成部分,全国各体育科研机构都在运动队中广泛开展此项研究活动。1982 年国家体委科教司开始组织有关机能评定的研究课题,1987 年组织编写并出版了反映当时研究水平的《优秀运动员机能评定手册》。1997 年,国家体育总局体育科学研究所王清等又承担了《我国优秀运动员竞技能力状态的诊断和监测系统的研究与建立》系统课题,经过近四年的研究,冯连世等在

运动员身体机能评定子课题方面初步建立了《优秀运动员身体机能的生理生化指标的检测与评定系统》。该系统基本确定了优秀运动员身体机能生理生化检测指标、评定方法和标准,为今后进一步深入开展运动员机能评定,奠定了良好的基础。为了尽快完善不同项目优秀运动员机能评定工作,结合各运动项目的特点,确定不同项目优秀运动员身体机能生理生化评定指标、方法和标准,以增加运动员机能评定工作的系统性和完整性,在国家体育总局科教司的领导和支持下,我们承担了《不同项目优秀运动员身体机能的生理生化检测与评定方法》研究课题,并结合和引用前期的有关研究成果,编写了这本《优秀运动员身体机能评定方法》专著。

本专著主要是由四十余位长期工作在运动实践第一线、跟随不同项目,从事运动员身体机能评定和训练监控工作的专家学者,通力合作,历时一年多编写而成。国家体育总局科教司科技处崔富国处长对编写工作提出具体的要求和指导。参加本书编撰工作的有(以姓氏笔画为序):

丁宁炜 马馨 冯长坤 冯连世 冯炜权 冯美云 孙文新  
李开刚 安江红 吕岩 朱丽华 朱晓梅 刘勇 刘海平  
刘爱杰 李强 汤强 宋为平 吴向军 杨则宜 吴昊  
邱俊强 林文弢 赵文忠 赵军 周东波 周丽丽 周晓东  
周琴璐 张漓 张雷 封文平 姜文凯 洪平 郭建军  
秦宇飞 秦学林 徐国琴 高维纬 翁锡全 章文 黄丽英  
曹佩江 盛蕾 谢敏豪 阚福林 谭京京 樊蓉芸 魏宏文

冯连世、冯美云、冯炜权、林文弢、盛蕾对书稿进行了审改;最后由冯连世、冯美云、冯炜权修改定稿,冯连世对全书进行了串编。

全书分为三部分,系统介绍了优秀运动员身体机能评定的理论基础和生理生化指标体系、三十余项奥运项目运动员身体机能的生理生化评定方法及运动员高原训练、控减体重期间的机能评定方法和运动员营养的生化监控方法。

在编写过程中,我们始终遵循突出前瞻性、实用性、指导性、系统性和全面性的原则,力争为工作在运动实践第一线的体育科技人员、教练员、队医、运动员及体育院系的教师、学生等提供一本较好的参考书或工具书。但由于目前有些奥运项目的有关研究文献资料较少或不系统,个别项目没有被本版编录,尚有待继续完善。另外,由于目前我国采用的生理、生化指标的计量单位正处于由惯用单位向国际单位制(SI)的过渡,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常用生理生化指标的单位换算系数表,供在实践应用中参考。

对优秀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,再加上不同项目的特点及运动员个体之间存在较大的差异,致使机能评定工作存在较大的难度。在编写和统稿过程中虽经努力,但由于不同作者在经验和行文风格方面的差别,以及限于我们知识水平和经验不足,缺点和错误在所难免,望同仁在使用时不吝赐教,以期再版时补充、修订。

在本专著的撰写和出版过程中,也得到了很多领导、专家和同行们的大力支持和帮助。他们为本书的撰写提供了大量的数据、资料,为本书的出版提供了各种便利条件,在此谨致谢意。

主编

2003年2月14日

# 目 录

<b>第一部分 机能评定的基本理论与方法</b> .....	(1)
<b>一、优秀运动员身体机能检测与评定的目的和意义</b> .....	(2)
(一)运动员选材的科学依据.....	(2)
(二)客观评定运动员的身体机能状态.....	(3)
(三)科学监控运动负荷的重要环节.....	(4)
(四)预测运动成绩的理论依据.....	(4)
(五)监控运动员合理营养的手段.....	(4)
<b>二、优秀运动员身体机能评定的理论依据</b> .....	(5)
(一)运动时物质和能量代谢理论 .....	(5)
(二)运动应激和运动疲劳与恢复过程的基本理论 .....	(7)
1. 运动应激 .....	(7)
2. 运动疲劳 .....	(9)
3. 超量恢复理论 .....	(12)
4. 运动应激、运动疲劳和超量恢复理论之间的关系 ...	(15)
<b>三、优秀运动员身体机能的检测方法</b> .....	(16)
(一)直接测定法 .....	(16)
(二)间接测定法 .....	(17)
<b>四、优秀运动员身体机能生理生化评定的指标与方法</b> .....	(17)
(一)心血管系统的机能评定 .....	(23)
1. 心率(Heart Rate, HR) .....	(23)
2. 血压(Blood Pressure, BP).....	(25)
(二)免疫系统的机能评定 .....	(27)
1. 白细胞(Leucocyte 或 White Blood Cell, WBC) .....	(28)

2. 免疫球蛋白 (Immunoglobulin, Ig) .....	(29)
3. 淋巴细胞亚群 (Lymphocyte Subsets) .....	(31)
(三) 内分泌系统的机能评定 .....	(34)
1. 血清睾酮 (Testosterone, T) .....	(35)
2. 血清皮质醇 (Cortisol, C) .....	(41)
3. 血清睾酮与皮质醇比值 (T/C) .....	(45)
(四) 神经系统及感觉机能的评定 .....	(49)
1. 两点辨别阈 .....	(53)
2. 闪光融合率 (Flicker Fusion Frequency, FFF) .....	(53)
3. 主观体力感觉等级 (Rating of Perceived Exertion, RPE)	
.....	(54)
(五) 氧转运系统及运动性贫血的评定 .....	(56)
1. 血红蛋白 (Hemoglobin, Hb) .....	(56)
2. 高铁血红蛋白 (methemoglobin, MHb) .....	(60)
3. 红细胞分布宽度 (RDW) .....	(61)
4. 转铁蛋白 (Transferrin, Tr) .....	(62)
5. 血清铁蛋白 (Serum Ferritin, SF) .....	(62)
6. 血清铁 (Serum Iron) .....	(63)
7. 总铁结合力 (Total Iron Binding Capacity)	
和转铁蛋白饱和度 (Transferrin Saturation, TS) .....	(64)
8. 红细胞游离原卟啉 (Free Protoporphyrin, FEP) .....	(64)
9. 运动性贫血的发生机制及检测与评定 .....	(64)
(六) 骨骼肌系统与组织损伤的评定 .....	(70)
1. 血清肌酸激酶 (Serum Creatine Phosphokinase) .....	(71)
2. 血清乳酸脱氢酶 (Serum Lactate Dehydrogenase) .....	(75)
3. 血清谷草转氨酶 (Serum Glutamate - oxaloacetate Transaminase	
GOT) 和血清谷丙转氨酶 (Serum Glutamate - pyruvate Transaminase, GPT) .....	(76)



4. 血清肌红蛋白(Serum Myoglobin, Mb) .....	(78)
5. 血清丙二醛(Serum MDA) .....	(80)
6. 尿3-甲基组胺酸(Urea 3-methylhistidine, 3-MH) .....	(83)
(七)物质能量代谢及代谢能力的评定 .....	(84)
1. 体重(Body Weight) .....	(85)
2. 血乳酸(Blood Lactate, Bla) .....	(86)
3. 血尿素(Blood Urea, BU) .....	(88)
4. 血氨(Blood Ammonia, BA) .....	(90)
5. 尿酮体(Urine Ketones) .....	(93)
6. 尿肌酐(Urine Creatinine, UCr) .....	(95)
7. 尿蛋白(Urine Protein, UPro) .....	(97)
8. 尿胆原(Urobilinogen) .....	(101)
9. 尿比重(Urine Specific Density) .....	(102)
10. 尿糖(Urine Glucose) .....	(103)
11. 尿潜血(Urine Blood) .....	(103)
12. 无氧功(Anaerobic Power) .....	(104)
13. 最大摄氧量(Maximal Oxygen Uptake, $\dot{V}O_2\max$ ) .....	(109)
14. 最大摄氧量平台( $\dot{V}O_2\max$ Plateau Duration, $\dot{V}O_2\max$ PD) .....	(111)
15. 无氧阈(Anaerobic Threshold, AT) .....	(112)
16. 乳酸无氧阈(Lactate Anaerobic Threshold, LAT) .....	(113)
17. 最大乳酸稳态(Maximum Steady State of Lactate, MLSS) .....	(117)
五、优秀运动员身体机能的综合评定及注意事项 .....	(117)
(一)综合评定的特点 .....	(118)
(二)综合评定的分类及指标 .....	(119)
1. 每周的常规机能测试和评定 .....	(120)

2. 训练期的机能测试和评定 .....	(120)
3. 重点课测试和综合评定 .....	(121)
(三) 综合评定的应用 .....	(121)
1. 运动员身体机能恢复与过度疲劳的综合评定 .....	(122)
2. 运动员赛前身体机能的综合评定 .....	(123)
(四) 身体机能评定的注意事项 .....	(124)
1. 保证测试条件的相对统一 .....	(124)
2. 注意运动员的个体差异和项目特点 .....	(124)
3. 注意与训练监控和恢复手段密切结合 .....	(125)
4. 注意“星期一训练综合症”的影响 .....	(126)
<b>第二部分 不同项目运动员的身体机能评定方法 .....</b>	<b>(133)</b>
田径田赛 .....	(133)
短跑 .....	(151)
中长跑 .....	(171)
马拉松 .....	(193)
竞走 .....	(212)
跳水 .....	(225)
游泳 .....	(237)
花样游泳 .....	(264)
赛艇 .....	(281)
皮划艇 .....	(311)
举重 .....	(325)
柔道 .....	(339)
摔跤 .....	(351)
跆拳道 .....	(377)
拳击 .....	(391)
体操 .....	(403)
艺术体操 .....	(420)

射击	(431)
射箭	(442)
排球	(453)
篮球	(463)
乒乓球	(476)
羽毛球	(490)
棒、垒球	(507)
手球	(516)
足球	(531)
网球	(551)
自行车	(563)
击剑	(576)
速度滑冰与短道速度滑冰	(594)
<b>第三部分 特殊情况的评定方法</b>	<b>(605)</b>
高原训练期间运动员身体机能评定	(605)
运动员控减体重训练期间身体机能评定	(627)
运动员营养的生化监控	(645)
<b>附录:运动员机能评定常用生理生化</b>	
<b>指标的单位换算系数表</b>	<b>(663)</b>
后记	(666)

# 第一部分 机能评定的基本理论与方法

在竞技运动水平愈来愈高、竞争愈来愈激烈的今天,运用生理生化指标对运动员的身体机能进行检测与评定,显得尤为重要。它主要是应用生理生化方法和相应的指标,对运动员承受运动训练负荷的能力、现实身体机能状况、训练的科学性和有效性等进行诊断。因此,国内外体育科研工作者和教练员十分重视运用生理生化指标准确、及时地了解运动员的身体机能状况,合理地安排和调整训练计划,避免过度疲劳,减少运动损伤,最大限度地提高运动成绩。

早在 20 世纪 70~80 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检查与评定,特别是苏联和联邦德国,都建立了相应的评定标准,而且在实践中不断改进,以帮助培养优秀运动员。近年来,各国都在进行有关运动员身体机能状况的检测与评定方法的研究,并力求简便、准确、快速和系统化,以适合实际应用。

我国体育科学工作者在 20 世纪 60 年代就开始对运动员机能状况的检测与评定方法进行研究,并运用到体育运动的实践中。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方法和指标,使身体机能诊断的范围不断扩大、自动化操作程度和评定水平不断提高、测试结果更加准确、信息反馈速度加快。但是,目前我国优秀运动员身体机能的生理生化检测与评定方法的系统化和标准化程度较低,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,本着实用和科学的原则,从生理生化的检查与评定的理论依据、指标分析等方面,总结国内外有关的研究成果,系统介绍相关的基础知识,规范我国优秀运动员身体机能检测与评定的生理生化指标体系和评定标准,建立适合目前我国不同项目优秀运动员应用的身体机能的生理生化评定方法,是提高运动训练水平和运动员竞技能力的一个重要课题。

## 一、优秀运动员身体机能检测与评定的目的和意义

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,即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、实验技术和测量方法检查与评定运动员的机能状态,对选材、医务监督、控制训练负荷、判断运动疲劳、防止过度疲劳和运动损伤的发生、有效地挖掘人体的运动潜力、提高竞技能力等,均有十分重要的意义,并已经成为科学训练的重要环节。在运动训练中,生理生化的检测与评定指标可应用于以下几个主要方面。

### (一) 运动员选材的科学依据

运动员选材是运动训练科学化首要环节。遗传学的深入研究证实,人体机能水平、代谢能力的高低,既受生长发育过程中营养、疾病以及运动训练等后天因素的影响,也受先天遗传因素的制约。如人体的有氧代谢能力和无氧代谢能力在很大程度上由遗传决定(表 1-1)。因此,根据运动项目的特点,选择相应的检查指

标进行运动员选材,然后通过专门的训练,使其先天能力得到充分的发展,进而达到较高的竞技水平。

表 1-1 身体机能检测与评定指标在选材中的应用

指标	遗传度	生化依据	选材意义
血清睾酮(T)	男 0.78 女 0.91	具有促合成代谢的作用,与力量素质有关 反映肌肉质量与发	力量型运动员的选材指标 与力量、速度素质关

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,即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、实验技术和测量方法检查与评定运动员的机能状态,对选材、医务监督、控制训练负荷、判断运动疲劳、防止过度疲劳和运动损伤的发生、有效地挖掘人体的运动潜力、提高竞技能力等,均有十分重要的意义,并已经成为科学训练的重要环节。在运动训练中,生理生化的检测与评定指标可应用于以下几个主要方面。

### (一) 运动员选材的科学依据

运动员选材是运动训练科学化的首要环节。遗传学的深入研究证实,人体机能水平、代谢能力的高低,既受生长发育过程中营养、疾病以及运动训练等后天因素的影响,也受先天遗传因素的制约。如人体的有氧代谢能力和无氧代谢能力在很大程度上由遗传决定(表 1-1)。因此,根据运动项目的特点,选择相应的检查指

来评定运动强度;可从血糖、血脂肪酸、血氨、尿酮体等指标的变化掌握能源物质利用及身体疲劳情况;也可通过心率(HR)、血尿素(BU)、血清睾酮(T)、血清肌酸激酶(CK)活性等指标的变化来判断机体对训练负荷的适应程度;还可从某些酶活性或激素含量的变化了解运动时机体的代谢调控能力及评判机能状况。

另外,通过多项生理生化指标的测定与综合分析,可正确地诊断运动疲劳的程度及机体恢复情况,对防治过度训练和运动损伤有积极的作用。

### (三) 科学监控运动负荷的重要环节

运动负荷是运动员在训练中所承受或完成的身体负荷量,它是运动训练中最为重要的环节之一。不同的运动负荷对不同的运动员产生不同的影响,而相同的运动负荷对不同的运动员产生的影响也不同,这些不同的影响可以通过一系列生理生化指标得以反映。因此,运用生理生化指标来观察运动员对运动负荷的反映,科学地监控和调整运动负荷,不仅能防止运动损伤和过度疲劳的发生,而且能有效地提高训练效果,这是科学训练的重要环节之一。

### (四) 预测运动成绩的理论依据

运动成绩是运动员竞技能力的体现,除了与技术、战术等要求外,更与运动员身体机能水平有密切的关系。因此,运用某些生理生化指标来预测运动成绩,已被逐渐应用于体育科学研究和运动训练中。例如,根据运动员的最大摄氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )来预测中长跑的运动成绩,根据两级负荷运动后血乳酸值和跑速来预测400m跑的运动成绩,根据尿肌酐排出量来预测举重成绩等,都得到了较好的结果。

### (五) 监控运动员合理营养的手段

合理营养是运动员取得优异成绩的基本因素之一。合理营养

能供给运动员所需消耗的热能,提供能源物质的补充和储备,加速代谢废物的清除,维持代谢平衡,有助于提高运动员的运动能力和运动后体力恢复能力。运动员的膳食和营养补充是否合理,需要通过一系列生化指标来检查和评定。

综上所述,应用生理生化指标可以对运动员的竞技能力和运动负荷作出科学的评估,对科学地指导运动训练、有效地提高运动员的竞技能力和健康水平具有重要的实践意义。

## 二、优秀运动员身体机能评定的理论依据

运动员身体机能评定工作在我国已有四十多年的历史,取得了基本成熟的系统成果,并逐渐形成理论体系和应用体系,现将主要的理论成果进行概括总结,以便更进一步开展研究,把运动员机能评定工作做得更好。

### (一)运动时物质和能量代谢理论

目前已知运动时物质和能量代谢可分为两个基本过程,即有氧代谢和无氧代谢过程,运动时不同项目能量供应是由各种比例的有氧代谢和无氧代谢构成。因此,在训练中教练员要在了解本专项的物质和能量代谢特点基础上制定训练计划,科研人员在此基础上制定机能评定计划,选择最佳指标体系,分析测试结果。同时,教练员和科研人员都要具有运动时物质和能量代谢方面的理论知识。不同运动项目可归纳为六种代谢类型:①磷酸原(ATP-CP)供能类型;②磷酸原和糖酵解供能类型;③糖酵解供能类型;④糖酵解和糖氧化供能类型;⑤糖氧化和脂肪氧化供能类型;⑥脂肪氧化和糖氧化供能类型。不同专项运动的主要供能过程可用图1-1表示。

在运动过程中物质和能量代谢过程是各种代谢类型的连续统



一体,图中的分类是以某一代谢类型为主,同时,必然具有相辅相成的代谢类型。有氧代谢能力是各代谢类型运动能力的基础,所占比例各专项会不同,因此,在应用物质和能量代谢理论进行专项体能训练和进行机能评定工作时,要根据训练目的、运动员的训练水平和设备条件等制定训练和机能评定工作内容,不能硬套。

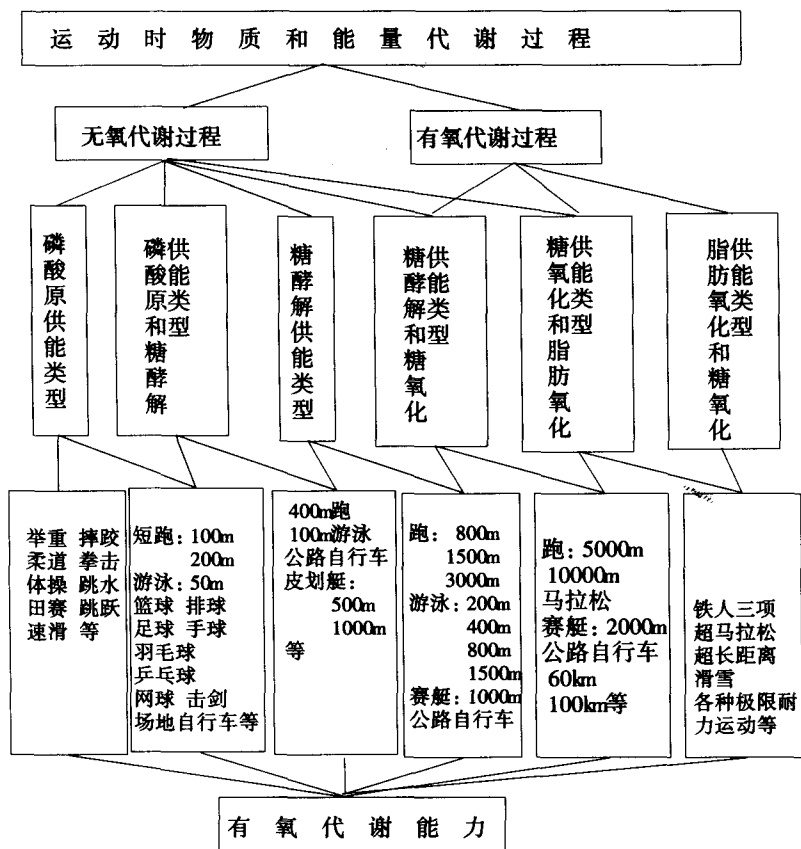


图 1-1 运动时物质和能量代谢过程和各项运动项目的分布