

运动医学与科学手册

Running 跑步



国际奥林匹克委员会
医学委员会出版物



〔澳〕约翰·A·霍利等 著
徐昌豹 审译

人民体育出版社

国际奥林匹克委员会医学委员会出版物

运动医学与
科学手册
跑 步

[澳]约翰.A.霍利 等著

徐昌豹 审译

人民体育出版社

(京)新登字 040 号

图书在版编目(CIP)数据

跑步/[澳]约翰·A·崔利等著;徐吕豹审译. - 北京:人民体育出版社,
2002(运动医学与科学手册)

ISBN 7-5009-2241-8

I. 跑… II. ①崔…②徐… III. 跑-运动医学 IV. G822.014

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 081962 号

*

人民体育出版社出版发行

中国科学院印刷厂印刷

新华书店经销

*

787×1092 16 开本 7 印张 167 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—2000 册

*

ISBN 7-5009-2241-8/G·2140

定价: 15.00 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)

运动医学与科学手册

跑步

审译：徐昌豹

毕业于北京体育大学田径专业硕士研究生。曾任上海体育学院体育系、田径系主任,1995年开始任博士生导师。

曾参与编写了《中国优势竞技项目制胜规律》《少年儿童田径运动员综合评价的研究》《田径运动教程》等著作。并担任全国体育院校教材《田径运动高级教程》副主编。

编写人员

路易斯·M.伯克(Louise M. Burke) 博士,澳大利亚运动学院,运动营养学系,PO Box 176, Belconnen, ACT 2616, Australia

约翰·A.霍利(John A. Hawley) 博士,墨尔本皇家技术大学,人体生物学与运动科学系,运动新陈代谢小组,Bundoora, Victoria 3083, Australia

马里奥·A.拉福琼(Mario A. Lafortune) 博士,耐克运动研究实验室,1 Bowerman Drive, Beaverton, Oregon, Oregon 97005, USA

亨里克·K.A.拉科米(Henryk K. A. Lakomy) 博士,拉夫巴勒大学,运动科学、休闲管理和体育教育系,Loughborough, Leicestershire LE11 3TU, UK

布赖恩·麦克莱恩(Brian McLean) 博士,澳大利亚运动学院,生物力学实验室,Canberra, ACT 2616, Australia

罗纳德·J.莫汉(Ronald J. Maughan) 博士,福雷斯特希尔大学医学院,生物医学科学系,Foresterhill, Aberdeen AB25 27D, UK

蒂莫西·D.诺克斯(Timothy D. Noakes) 医学士、外科学士、医学博士,开普敦大学,生理学系,生物运动学运动研究小组,Boundary Road, Newlands 7700, South Africa

戈登·A.瓦林特(Gordon A. Valiant) 博士,耐克运动研究实验室,1 Bowerman Drive, Beaverton, Oregon, Oregon 97005, USA

翻译成员

第一章、第二章

陈先良 教育学硕士 上海体育学院

第三章、第四章

张庆文 教育学硕士 上海体育学院

第五章、第六章

车晓波 教育学硕士 上海体育学院

审译 徐昌豹 教授、博士生导师 上海体育学院

国际奥林匹克委员会贺词

适值第 27 届奥林匹克运动会即将于悉尼举行之际,运动医学与科学手册系列丛书《跑步》分册在此出版,我代表国际奥林匹克委员会对此表示最热烈的祝贺。

跑是体育运动中最完美的一项运动形式,是世界运动文化史上最早出现的活动之一。

作为国际奥林匹克委员会的代表,我要感谢国际知名学者们的共同合作,他们将自己的知识与才智融会在一起,利用生物力学、生理学、营养学和医药学的知识,对所有的跑类项目进行了一次权威性的考察研究。

我在此要深深感谢亚历山大·默罗尔德王子,以及国际奥委会医药委员会下属的运动科学委员会的大力支持。

国际奥委会主席

胡安·安东尼奥·萨马兰奇

我仅代表国际奥林匹克委员会及所属医学委员会,对本书的出版表示由衷的高兴,我想拥有此书的各位医生、理疗学家、教练员和运动员一定会从这本优秀的参考书中有所收获。

此手册的主要目的是为世界各年龄段的跑步者以及他们的身体健康提供重要的信息,这些信息会有助于他们的健康,给他们带来好处。另外,我们还可以达成这样的共识,即利用本书的研究成果,每位运动员的运动成绩和运动潜能可以得到最大程度的提高。

国际奥委会医学委员会主席

亚历山大·默罗尔德

国际业余田径联合会贺词

跑是所有运动项目的基础,是人人都能参与的一项运动。自竞技体育诞生后,跑得更快是人类最普遍值得称赞的能力。在过去的几十年里,公路赛跑的大量增加也反映了跑步运动的普及性,世界上几乎各大城市都有自己的、有成千上万人参加的“城市马拉松赛”。

尽管几乎所有人天生都具备跑的能力,但并非所有人都能成为最伟大的赛跑选手。优秀的跑步运动员需要通过自己的天赋、系统的训练和合理的生活方式的组合来展示他们的技艺。其次,优秀运动员甚至对自己的身体机能、如何合理训练及准备比赛、如何细心观察身体的疲劳与伤病,也都需要有最新的了解,另外还要对周围的环境,也就是对教练员、理疗师及医生等方面要有所了解,这些对运动员来说是必不可少的。

国际业余田径联合会是跑类项目的主管团体,因此,我非常欢迎《跑步》这本手册的问世,因为它凝聚了世界各地不同研究领域的科学家和专家对跑类项目的卓越贡献。相信这本手册将会给不同水平的运动员提供更有价值的信息,让他们跑得更快、更好、更安全。

国际业余田径联合会副主席

国际业余田径联合会医学委员会主席

阿思·杨奎斯特 医学博士

作者的话

我在此感谢国际奥委会医学委员会,特别是亚历山大·默罗尔德王子对本手册出版的大力支持,同时要对霍华德·G.孔特金博士的热心帮助及对本手册的文字输入予以感谢。我还要向罗恩·莫汉教授的支持和其他各位杰出的编写者及他们的努力表示感谢。最后,感谢布莱克韦尔科学出版社的安德鲁·罗宾逊博士以及简·安德鲁女士为本手册最终的出版所做的精心工作。

约翰·A.霍利

澳大利亚,墨尔本,1999年11月

版权声明

原书名: Handbook of sports medicine and science

Running, First Edition

© 2000 by Blackwell Science Ltd

This edition is published

by arrangement with Blackwell Science Limited, Oxford

图字: 01 - 2001 - 2804 号

本书使用奥林匹克五环标志,已经国际奥委会授权。

目 录

第一章 短跑的生理与生化基础	(1)
亨里克·K.A.拉科米(Henryk K.A. Lakomy)	
短跑的生理基础	(1)
短跑选手的身体特点	(2)
短跑成绩的实验室测量	(3)
• 短跑中力量、功率与速度的关系	(4)
• 短跑中的功率输出	(4)
短跑中的能量供给	(5)
• 短跑中乳酸能与磷酸肌酸的动用	(8)
• 恢复时间对短跑训练中持续练习能力的影响	(9)
影响短跑恢复效率的因素	(10)
• 有氧适应性	(10)
• 肌酸补给品	(11)
• 碳水化合物的动用性	(11)
• 积极性与消极性恢复	(11)
影响短跑能力的环境因素	(12)
• 热量	(12)
• 海拔高度	(12)
结论	(13)
参考文献和推荐读物	(13)
第二章 中、长跑的生理与生化基础	(16)
罗纳德·J.莫汉(Ronald J. Maughan)	
中长跑的能量供给	(17)
• 无氧供能及其供能能力	(17)
• 有氧供能及其供能能力	(18)
• 有氧耐力的利用	(20)
• 生物力学与跑步的经济性	(21)

优秀选手的特征	(22)
• 身体特征	(22)
年龄	(22)
身体组成	(22)
肌纤维组成及其代谢特征	(23)
性别	(24)
中长跑项目运动成绩的潜在极限	(25)
• 心血管和肺的功能	(25)
• 能量代谢	(26)
• 酸基状态的不稳定性	(27)
• 流体平衡与体温调节	(27)
• 营养对运动成绩的影响	(28)
参考文献和推荐读物	(30)
第三章 跑的生物力学研究	(32)
马里奥·A·拉福琼、戈登·A·瓦林特、布赖恩·麦克莱恩	
跑的运动学分析	(32)
• 下肢各关节绕矢状轴转动的运动学分析	(32)
髋关节	(32)
膝关节	(32)
踝关节	(33)
足弓关节	(34)
• 脚后跟绕额状轴运动的运动学分析	(34)
脚外翻的二维力学分析	(35)
踝关节下落时的三维力学分析	(37)
股骨和胫骨绕其长轴的转动	(37)
跑的动力学分析	(38)
• 支撑反作用力	(38)
支撑反作用力(GRF)的垂直分量	(38)
支撑反作用力(GRF)在水平方向上的前后分量	(39)
支撑反作用力在水平面上向内的分力	(40)
支撑反作用力的压力中心	(40)
跑速的影响	(40)
地面对跑的影响	(41)
跑鞋的影响	(41)
• 脚底压力	(41)

脚底压力的测量	(41)
脚底压力的解剖面	(42)
跑速的影响	(43)
跑鞋的影响	(43)
• 沿矢状轴的加速和冲击力的传送	(45)
加速度的测量	(45)
冲击力的传递	(45)
跑速和地面的影响	(46)
跑鞋的影响	(46)
结论	(46)
参考文献与推荐读物	(47)
第四章 跑的训练方法	(49)
约翰·A·霍利(John A. Hawley)	
训练方法的演变	(49)
当今优秀运动员的训练方法	(50)
• 短跑运动员	(50)
• 中、长跑运动员	(51)
身体训练原则	(52)
• 渐增负荷训练	(52)
• 恢复	(52)
• 特征	(53)
• 训练的可逆性及适应的丧失	(53)
• 个性与遗传因素	(53)
训练计划的结构	(53)
• 一般准备期	(53)
• 赛前准备期	(54)
• 比赛期	(54)
• 恢复期	(55)
训练计划	(55)
• 短跑运动员	(55)
• 中跑运动员	(56)
• 长距离跑	(58)
• 超长距离跑	(59)
• 运动员成绩测验	(60)
专门训练方法	(62)

• 高原训练	(62)
• 战术	(63)
结论	(64)
参考文献和推荐读物	(65)
第五章 运动员的营养	(67)
路易斯·M.伯克(Louise M. Burke)	
运动营养总论	(67)
• 打好身体基础	(68)
• 营养和能量物质的补给	(69)
• 运动员的营养措施补充安排	(70)
竞赛前和竞赛期的营养安排	(71)
• 竞赛前的营养安排	(71)
• 比赛期间的能量和饮料补给	(72)
运动后的恢复措施	(75)
运动员的额外营养补给	(76)
外出参加系列比赛运动员的营养安排	(77)
结论	(78)
参考文献和推荐读物	(78)
第六章 跑步运动员的医务监督	(81)
蒂莫西·D.诺克斯(Timothy D. Noakes)	
肠胃消化系统疾病	(81)
• 运动性腹泻	(81)
• 赛后带血腹泻	(82)
• 运动中和运动后运动员的恶心呕吐	(82)
血液循环系统疾病	(82)
• 运动员的缺铁现象	(82)
缺铁性贫血	(83)
原因不明的“运动性贫血”	(84)
早期运动性贫血	(84)
跑步运动员的献血问题	(84)
免疫系统疾病	(85)
• 训练与免疫功能低下症	(85)
• 运动导致的过敏症	(85)
长跑运动员的常见问题	(86)
• 运动中的脱水现象	(86)

• 运动中的过量补水现象	(86)
• 运动过程中的体温过热现象	(87)
“热中风”的症状和诊断	(88)
• 运动过程中的体温过低现象	(89)
跑步运动员的常见伤病	(90)
• 骨骼伤病	(90)
应力性骨折	(90)
胫骨和腓骨疼痛症	(92)
• 肌肉损伤	(93)
隔日肌肉酸痛现象	(93)
• 慢性肌肉拉伤	(94)
• 肌肉痉挛	(95)
• 肌腱损伤	(95)
跟腱劳损	(95)
跟腱的部分撕裂和完全断裂	(97)
参考文献和推荐读物	(98)

第一章

短跑的生理与生化基础

亨里克·K.A.拉科米(Henryk K.A.Lakomy)

短跑的生理基础

短跑是指田径比赛中从100米至400米(包括400米)的所有单项,其中100米被认为是田径运动中最能体现速度的项目。在历届奥运会或世界锦标赛上,只有100米项目的冠军才能被称为是“世界上跑得最快的人”。尽管在许多生理学家的眼里,短跑项目指的是最大强度的运动,尤其指的是持续时间短于1分钟的运动,这儿的“最大强度”并非指的是能引起最大吸氧量($\dot{V}O_{2max}$)的运动强度。在短跑训练中,肌肉通过新陈代谢的供能速率比通过有氧系统处于最佳供能状态时的供能速率还要高出好几倍。

在中、长距离跑项目中,大量的时间是用于匀速跑(见第二章)。相比而言,短跑项目的特征是不停地变速,即起跑加速,随后疲劳开始产生,相应的跑速随之下降,即使在最短距离的赛跑中,也很难一直保持最高跑速。随着运动员加速时间的延长,人体功率的输出将迅速减少(图1-1)。

在短跑项目中,一名选手在进行一个单项练习后,很少或几乎不考虑如何从疲劳中恢复过来。相应地,这一章将着重讨论影响短跑选手进行一个单项训练能力的几个重要因素,以及他们以极限运动强度连续进行几个练习的一些变量(在短跑训练中)。

同样,有关对肌肉在高强度活动中的新陈代谢变化的研究也很少,即使有,大多数的研究者也只是把在短跑自行车功率计上所做的实验结果看做是理想化的训练模式。这主要是出于实践需要的考虑,

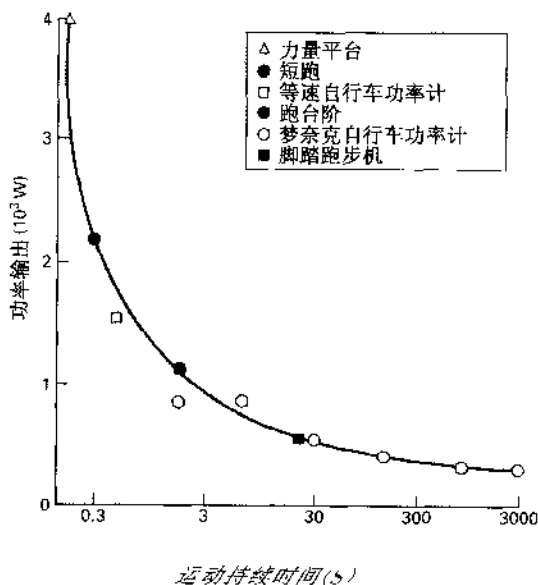


图1-1 不同运动项目中最大功率输出与运动持续时间(秒)的关系

因为,在实验室中让运动员在安装有测功计的自行车上进行练习,可以相对较容易地测出其功率输出值。这一章将以往短跑项目的科学研究成果进行汇总,但由于缺乏某些方面的数据,因此,本章还有相当的数据来源于自行车功率计的研究。

短跑选手的身体特点

早在 1950 年,一些研究者就试图讨论身材是如何影响运动成绩的。此后的大量研究成果表明,选手的身高,更确切地说,选手四肢的长度并不会对跑的最高速度(即步长与步频的乘积)有很大的影响。实际上,在步长与步频之间存在着一种平衡:那些四肢较短的选手可以通过较快的步频与四肢较长的选手以相同的速度跑完全程。尽管四肢的长度对最大跑速好像并不产生很大影响,但是对四肢施加作用力的肌肉会对速度产生很大的影响。

早期的研究对肌肉力量与最大速度之间的关系认识肤浅,但近年来的研究使用了更为合理有效的力量测试,说明了肌肉动力性力量与短跑成绩之间的密切关系(Dowson 等人,1998)。

力量对短跑成绩的影响,主要表现在选手在加速阶段施加于地面作用力(力量与触地时间的乘积)的结果。有很多因素会影响肌肉力量,肌肉所产生的最大力量与其横截面积成正比,肌肉横截面积越大,所产生的力量也就越大。相应地,如果短跑速度是与肌肉力量有关,那么参与活动的肌肉横截面越大将会越有利。对于优异的运动成绩而言,尽管短跑选手的身高不如其他径赛选手,但其肌肉较发达,相应地体重也就较重(图 1-2)。优秀男女短跑选手的身高分别在 1.57~1.90 米和 1.57~1.78 米,体重分别在 63~90 公斤和 51~79 公斤(Koshla 1978;Koshla & Mcbroome 1984)。

另一影响肌肉最大力量的因素是与短跑速度有关的肌纤维组成。肌纤维中的肌小节是由蛋白质组成,它存在于不同的肌原纤维之中,这些不同肌原纤维组成的肌纤维具有不同的功能,诸如有不同的反应速度等。肌纤维根据其最基本的特征可分为两大类型,按照骨骼肌达到最大张力所需要的时间可分为快肌和慢肌两种类型。慢肌纤维(I型)通常相对较慢地达到最高的收缩速度



图 1-2 尽管短跑选手的身高不如其他径赛选手,但肌肉较发达,相应地体重也就较重,他们的腿部有更多的 II 型肌纤维(快肌)。图中所示为德弗斯(美国),1996 年亚特兰大奥运会女子 100 米金牌获得者

($\dot{V}_{max}$),它适合较长时间的中、低强度的活动,有一定的抗疲劳能力。另一方面,快肌纤维(Ⅱ型)能分解三磷酸腺苷(ATP),其用于负载张力的供能率大约是Ⅰ型肌纤维的两倍,这部分地可以说明该类肌纤维有相对较快的收缩速度,其收缩速度是Ⅰ型肌纤维的四倍。快肌纤维比慢肌纤维体积大,也较易疲劳。正是由于这种特别类型肌纤维的存在,尤其是它的肌纤维横截面积,决定了一个选手的肌肉能否表现出是快收缩还是慢收缩的特征。

对应上述,两类肌纤维能否都表现出不同的最大等长收缩的力量呢?比较一致的看法是:在剧烈的运动中,快肌纤维每个单位面积所产生的力量都是最大;在慢速运动中,这两类肌纤维都能有助于力量和能量的产生;但在快速运动时,Ⅰ型肌纤维由于受限于本身的最大收缩速度,因而对肌张力产生的作用不太明显。因此,在短跑中快肌纤维横截面的大小会对其收缩速度产生重要的影响。支持此论点的论据可参阅埃斯比约恩森(Esbjornsson)等人的研究(1993)。在其研究中,他们论述了男女运动员在短时间内最大输出功率与肌纤维组成的关系,研究发现,利用自行车功率计可以测试出运动员的平均功率,此数值大小与他们的肌外侧肌中的快肌纤维比例有关。同时,他们还报道肌肉产生能量的潜力来源于无氧代谢,这种无氧代谢是基于两种主要的糖酵解酶的作用(乳酸脱氢酶和磷酸果糖激酶),也取决Ⅱ型肌纤维的比例大小,以及性别的差异。

因此,短跑选手要比中、长跑选手更需要拥有不同类型的肌纤维。实际上,研究还表明,短跑选手的股外侧肌中的快肌纤维比例已占约80%,相反,中长跑选手在同样的肌肉中占有80%比例的是慢肌纤维(见第二章)。这类肌纤维的不同组成主要是由遗传决定,而依赖训练只能对其进行较小的改变。如果股外侧肌中不同类型肌纤维的相对比例反映了所有参与在自行车功率计上进行活动的肌纤维组成的话,那么,仅肌纤维类型的不同就可说明个体间有85%的人在最大功率输出上是有差异的(McCartney等人,1983)。

不仅肌肉的最大收缩速度对优秀运动成绩产生起着重要作用,而且在短跑中由于脚触地时间很短,因而肌肉施加作用力所需的时间对运动成绩也至关重要。人体为了能达到最大的向前推动力,作用力的产生应越快越好。快肌纤维达到最大张力的时间是40~90ms,而慢肌纤维达到最大张力的所需时间是90~140ms。显然,就收缩时间而言,快肌纤维要比慢肌纤维快2~3倍,所以占有较高比例快肌纤维的肌肉能更快速地达到最大张力,这为推动人体快速前移创造了最佳的条件。

短跑成绩的实验室测量

同利用自行车功率计的测试相比,加速跑是一项负荷量很大的活动,因此,使用自行车功率计作为实验的基本工具来评价加速跑的成绩是有局限性的。然而,在短跑过程中,评价功率输出的功率计是在非机动化的脚踏跑步机的基础上发展而来的。脚踏跑步机可以让选手以近似于实际跑道上的速度进行实验,同时也能测出选手与实际短跑过程中一样的即时速度。以前,在短跑过程中,即时功率变化的测定或许只能使用自行车功率计来进行,就像具有动力装置的脚踏跑步机只能提供用固定的速度跑一样。

图1-3是短跑脚踏跑步机的测功计的示意图。计算机能同时监视脚踏跑步机传动带的即时速度与固夹带传到力量传感器的力量。脚踏跑步机传动带速度与力量的产生就是向前的推进力。通过