

in sport

运动营养学

段桂华 编著

流水不腐，户枢不蠹。
运动是生命之本，营养是成长之源。
运动与营养之于生命，缺一不可。
本书展示了运动营养学的奥秘，
更揭示了运动与营养对生命的根本意义。



新星出版社 NEW STAR PUBLISHER

nutrition in
sport

江苏工业学院图书馆 运动营养学

藏书章

段桂华 编著

新星出版社 NEW STAR PUBLISHER

图书在版编目(CIP)数据

运动营养学 / 段桂华 编著. 北京: 新星出版社, 2005.8
ISBN 7-80148-734-6

I. 运… II. 段… III. 体育卫生—营养学
IV. G804.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 097128 号

运动营养学

段桂华 编著

责任编辑: 杨文健 张正萍

封面设计: 第五生产队设计室

内文设计: 王 燕

责任印制: 韦 舰

出版发行: 新星出版社

出 版 人: 谢 刚

地 址: 北京市东城区金宝街 67 号隆基大厦

邮政编码: 100005

电 话: 010-84094409

传 真: 010-84094789

销售热线: 010-65512133

E-mail: newstar_publisher@163.com

印 刷: 河北大厂彩虹印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/32

印 张: 8.375


版 次: 2005 年 9 月第一版 2005 年 9 月第一次印刷

定 价: 20.00 元

版权专有, 侵权必究, 如有质量问题, 请与印刷公司联系调换。

作者简介

段桂华，男，1963年6月生，山东体育学院副研究员。1985年毕业于山东中医学院中医系中医专业，从事运动医学的研究工作近二十年。主要研究方向：应用中医药技术消除运动性疲劳，中草药运动营养补剂的研制；运动性疾病的防治，以及运动员机能评定的中医学诊断等。曾受聘于备战2004年雅典奥运会国家女子长跑队。



责任编辑：杨文健 张正萍
内文设计：王 燕
责任印制：韦 舰
封面设计：第五生产队设计室

nutrition in sport

前言

生命在于运动，运动的人体需要特别的营养。

随着社会的发展，“运动”正成为人们生活中不可或缺的重要组成部分。如何科学有效地为运动的人体补充合理的营养，使运动的目标得以实现，是运动营养学研究的根本目的。

年初，我们接受了山东体育学院2004级硕士研究生的《运动营养学专题》课程的授课任务，为了上好这门课程，我们翻阅了大量的国内外运动营养学的有关文献、专著，同时结合自己二十余年在竞技体育专业运动队中从事运动医学、运动营养学研究工作实践中的成果与体会，圆满完成了课程的授课。

本书是在我们《运动营养学专题》课程原讲稿的基础上，进一步整理而成。可作为体育院校、医学院校运动医学专业的学生，广大教练员、运动员，以及体育运动爱好者的教材、阅读参考书。

在书稿的写作过程中，引用了许多专家学者的专著或研究成果，在此一并致谢。

由于水平有限，书中难免会有不妥之处，敬请读者批评、指正。
谢谢。

段桂华

2005年6月于山东体育学院



nutrition in sport

目录

第一篇 绪论	
第一章 运动营养学的概念及研究内容	1
第二章 运动营养学的研究现状	3
第二篇 营养素与运动的关系	
第一章 蛋白质与运动	14
第二章 脂肪与运动	34
第三章 水与运动	54
第四章 电解质与运动	60
第五章 矿物质与运动	65
第六章 维生素与运动	85
第三篇 运动营养与健康	
第一章 运动与营养因素对健康的影响	113
第一节 食量、体力活动与能量平衡	115
第二节 健身防病的体力活动量	116
第二章 运动营养与慢性病	118
第一节 运动营养和心血管病	118
第二节 运动营养和糖尿病	120
第三节 体力活动、营养与骨质疏松	124
第四节 运动营养与动脉粥样硬化	125
第四篇 竞技体育中的运动营养学	
第一章 运动员合理营养	134
第一节 运动员合理营养的基本要求	135
第二节 运动员合理营养的工作和研究内容	137
第三节 合理营养在保证运动员竞技能力 和健康方面的作用	137
第二章 不同项群运动员的营养需要特点	142
第一节 耐力项目运动员的膳食营养特点	142
第二节 力量项目运动员的膳食营养特点	145
第三节 灵敏、技巧项目运动员的膳食营养特点	146
第四节 球类项目运动员的膳食营养特点	147
第三章 运动员中特殊人群的营养	148

第一节	女运动员的膳食营养	148
第二节	儿童、青少年运动员的膳食营养	159
第三节	素食运动员的营养	173
第四章	运动员各种运动性伤病的营养措施	186
第一节	运动性贫血的发生机制及营养学防治措施	186
第二节	运动性免疫力下降的发生机制 及营养学防治措施	198
第三节	运动性低血清睾酮的发生机制 及营养学防治措施	203
第四节	运动员发生过度训练时的营养措施	208
第五节	女运动员月经紊乱的营养措施	213
第五章	运动员在特殊情况下的营养措施	215
第一节	高原训练情况下运动员的营养措施	215
第二节	运动员营养生化监控体系	220
第六章	运动与营养补剂	224
第一节	运动营养补充品的含义	224
第二节	常见的营养补充品及其作用	224
第七章	运动营养与兴奋剂	236
第八章	运动营养与抗氧化剂	241
第一节	自由基与体育运动	241
第二节	抗氧化剂的合理使用及天然抗氧化剂的优势	243
第五篇	中药、食疗在运动领域的运用	
第一章	中草药在运动领域的运用	253
第一节	运动性疲劳	253
第二节	运动性免疫力降低	257
第三节	运动性血清睾酮降低	258
第四节	女运动员的营养保障	259
第五节	中药运动补剂的特点及发展趋势	261
第二章	运动与食疗	262
第一节	食疗的基本原则	262
第二节	运动员四季的不同食疗方法	264

第一篇 绪论

第一章 运动营养学的 概念及研究内容

一、运动营养学的概念

运动营养学是一门用营养学和生物化学的手段来研究和评估运动人体的代谢和体能状况，并提供营养学强力和恢复手段的学科。这门学科经过几十年的发展，已经成为一个相对独立的，在运动科学中成为研究热点的学科，并在竞技体育和全民健身运动中发挥增强体能和保证健康的积极作用。

二、运动营养学研究的内容与意义

1. 运动员合理营养的研究内容

现代竞技体育对运动员体力、技能及心理能力的发掘几近人类生理能量的极限，优秀运动员的竞技实力彼此相差无几，比赛的成功与失败之间往往只有百分之几秒或几厘米之差。为了在竞赛中取胜，运动员平时除了要加强科学训练和科学的恢复措施之外，还必须注重科学的膳食营养。膳食营养对运动员竞技能力和健康有着十分重要的作用：合理营养与科学训练相结合，有助于运动员竞技能力的提高；但是如果营养不当，不但会降低运动能力，还会影响到运动后的恢复和健康水平。运动

员从事竞技体育训练，机体经常处于生理应激状态，如糖原耗竭、体液大量丢失、氧化过程增强、酸性物质堆积等一系列变化，只有通过合理的营养物质调节器官、组织和细胞功能，才有助于提高运动能力，促进其运动后的恢复。运动营养学研究工作的具体内容包括：

1) 根据运动员训练及比赛需要，指导其合理膳食，以维护其相应的营养水平。

2) 通过对运动员的生化监控，了解运动员营养状况，帮助其建立合理的膳食结构；

3) 对于运动员出现的影响运动能力的状况，提出合理的营养解决方案；

4) 指导运动员对各类营养补剂的合理使用。

2. 全民健身活动与合理的营养膳食搭配对国民体质影响的研究

随着我国经济水平的迅速发展和人民生活水平的日益提高，有关健康的话题也日益增多。人们日常生活中体力活动越来越少，而静态生活方式所占时间越来越多。这些明显变化使我国人民的疾病模式随之发生了改变，营养过剩或不平衡所致的慢性病增多，以至对人类的健康乃至生命构成严重威胁。

大量研究还证实：绝大多数慢性病与体力活动不足以及营养不合理有关。增加体力活动与合理营养相结合对防治和减轻严重危害人民健康的慢性病如动脉粥样硬化、呼吸道慢性阻塞性疾患、脑血管疾患、高血压、糖尿病、肥胖症、骨质疏松症以及某些癌症等都是有效的。而且，适量运动和合理营养还具有促进儿童青少年的生长发育、改善心肺功能、提高人的耐力、减少身体脂肪量、防治肥胖和改进心理状态等显著的健康效益。

第二章 运动营养学的研究现状

一、营养素与运动能力的关系

关于运动中能量、糖、蛋白质、脂肪、水、电解质、微量元素代谢的研究一直非常活跃。研究的手段越来越先进，研究的内容越来越深入，与运动实践的结合也越来越紧密。

在能量消耗的研究方面，能量消耗的测试方法有了新的发展。过去认为，运动员出现能量负平衡是由于营养调查中低报了食物的摄入量（特别是女子）。然而近期采用双标水技术测试能量消耗，则证明并没有出现负平衡。有关专家研究发现，除了越野滑雪项目以外，像游泳和跑步这样的项目，女运动员每公斤体重的糖和能量的消耗只有男运动员的70%。

许多运动员，特别是女运动员和那些从事需要耐力、美学和体重级别要求的运动员存在长期的能量摄入不足，这种能量的缺乏会直接损害运动能力、生长和健康（特别是生殖系统和骨骼的健康）。女运动员生殖系统的功能紊乱，即月经失调，不是由运动应激造成的，主要是因低能量摄入所致。这种紊乱可以在不调整训练安排的情况下，通过膳食的补充来防治。能量平衡并不是竞技训练的最终目标，能量平衡的信息也不仅仅用于指导训练。其目的是使运动员努力去达到该项目所需要的最佳体型、体成分和混合的能量储存，从而最大程度地提高运动能力。为了使运动员获得成功，运动员需要特殊的、准确的和便于应用的，证明能量摄入不足的生理生化指标。正在开发的指标有：女运动员生殖系统的功能紊乱（月经失调等）、物质代谢（血糖、尿酮体、 β -羟基丁酸等）和激素（黄体酮、胰岛素、睾酮、皮质醇、生长素、瘦素等）。

在运动员碳水化合物(糖)和脂肪代谢的研究方面,20世纪60年代,人们通过肌肉活检技术直接研究肌糖原。1991年后,核磁共振成为一个新的、无创性的评估肌糖原的方法,增加了从事这方面研究的可能性。关于糖原合成的研究中,不少学者提出了前糖原、大糖原和糖原生成素的代谢理论,并进一步阐明它们在糖原合成的不同阶段的作用。还有人提出糖原代谢的性别差异。他们认为,女运动员的月经状态影响糖原储备,黄体期的糖原储存高于卵泡期。Walker等人的研究认为,女子对糖负荷的反应小于男子;Tomopolsky的研究表明,男子在使用高糖膳食4天后,糖原的储备基明显增加,摄入高糖的同时增加运动,糖原的储备进一步增加。女子单纯用高糖膳食4天,糖原的储备没有明显的增加,摄入高糖的同时增加运动,糖原的储备才有所提高。

关于糖的补充的研究是糖代谢研究中最活跃的部分,这一研究涉及糖补充的量、时间、糖的种类及其他随糖补充的营养素,如蛋白质、氨基酸、酒精等。这些研究因素都可以直接影响糖原的恢复速率和改善糖摄入目标的可实践性。通过这些研究,不少学者对每日训练的糖需求的指导量进行了修订。

在运动员蛋白质代谢方面,蛋白质的需要量多年来一直存在争议。有人以亮氨酸为代表,发现运动中氨基酸的氧化增加,以此说明有规律的反复运动会增加蛋白质的需要量;有人则认为亮氨酸的氧化不能代表总体氨基酸的氧化,而且亮氨酸的氧化不生成尿素,训练也不造成支链氨基酸的氧化。以氮平衡来评价运动员的蛋白质需要量的研究也有不同的结论。Laman和随后的一些研究者认为,运动员需要更多的蛋白质;另一派则认为运动训练只会提高蛋白质的动员效率,而不增加需要量。对于力量运动员的蛋白质需要量也有同样的争议。

尽管没有完善的关于运动员蛋白质需要量的答案,仍然有人主张为了肌肉的增长,推荐运动员,特别是优秀运动员使用相对多的蛋白质。同时还提倡推荐量的制定一定要项目化和个体化。Tomopolsky等提出:优秀耐力运动员的蛋白质推荐量为 $1.2\sim 1.4\text{g/kg/d}$ (每天每公斤体重的

需要量)；力量运动员为1.2~1.7g/kg/d，因为超过1.7克就会出现过剩蛋白质的氧化，但是健美运动员的蛋白质需要量在某一段时期可以达到2.8g/kg/d。集体项目的运动员既要增长肌肉又要有良好的耐力，摄入蛋白质的种类和时间尤为重要。

近年来，除关于运动员蛋白质需要量的研究以外，更多的研究注重蛋白质和氨基酸补充与肌肉合成的关系，总结起来有以下几个方面：1) 摄入氨基酸的组成影响阻力运动后肌肉蛋白质平衡反应，只有在摄入必需氨基酸时才有肌肉合成的净增长，而且还存在剂量效应，这同细胞内氨基酸组成可用性相关。2) 摄入不同的蛋白质时，因为其消化特性不同，所引起的血液氨基酸浓度增高和增高的持续时间不同，因而引起的合成反应也不一样。近年寡肽的吸收和促肌肉合成代谢作用优于蛋白质和氨基酸的研究开始成为热点，并开始应用于运动实践；3) 阻力运动后摄入氨基酸可造成肌肉合成的正反应，对于耐力运动来说不一定有同样的效果；4) 蛋白质摄入与运动时间的关系。同时摄入其他的营养素，如碳水化合物、脂肪等和膳食总能量均会通过各种渠道影响肌肉的蛋白质代谢。对于耐力运动来说，这些因素同样重要。

关于运动员对水和电解质的需要方面，近10年来，有人研究运动前的超水合。有的采用高浓度的钠溶液(>100mmol/L)，其目的是增加水在体内的滞留，并取得有益于运动的效果。然而，有研究认为，甘油摄入会产生副作用，而不会取得有意义的优势。美国运动医学会推荐，运动前2小时摄入400~500毫升水。

影响运动后复水合的因素包括摄入液体的量和所含的成分。运动后补大量的纯水会引起明显的多尿、脱水、血浆渗透压和钠浓度的迅速下降。钠是运动后饮料中最重要的电解质。它可以刺激葡萄糖在小肠的吸收，阻止血稀释所引起的多尿，增加血容量。钾的作用主要是帮助细胞内的复水合，但是这一作用还需要进一步的研究。汗液中大量的镁丢失会造成肌肉痉挛。但是有研究认为，体内镁的重新分布可能是造成肌肉痉挛的更重要的原因，所以没有理由在运动后饮料中加入镁离子。为了

达到良好的水合状态，运动后液体补充量一定要大于汗液的丢失量（150%~200%的汗液丢失量）。

运动后固体食物加运动饮料复水合的方法比单纯用饮料更有效。因为固体食物中钠、钾浓度高，高电解质浓度使尿生成减少。

近几年有人采用静脉复水合。经研究发现这种补液方法同口服补充在效果上没有差异。还有人发现，口服补液时肛温和心率下降较静脉补液快，而静脉补液复水合后，口渴的感觉更重。

二、运动员营养生化监控系统的形成及其在运动实践中的应用

正常的训练疲劳与过度疲劳的界限往往难以界定，而生化指标却能准确地给教练员提示，使他们做出明确的判断，从而对训练计划和恢复措施进行及时的调整。

生化监控主要检测血样和尿样。根据检测指标所反映的机体的物质代谢和机能状况的不同，一般将检测分为以下几类：

1. **运动员体能状态和能力的评定指标**：定量运动负荷后不同恢复时间的血乳酸值的测定或定量的逐级递增负荷时的乳酸变化曲线都是判断运动员训练后有氧和无氧能力增长水平准确的方法。通过这一数值的改变，教练员可以科学地安排和调整运动员的训练计划。

2. **血液学指标**：血色素(HB)、血球压积容量(HCT)、红血球(RBC)、铁蛋白等多项反映红细胞代谢状况和铁储备的指标，用以判断运动员血液的携氧能力和蛋白质的营养状况等。

3. **反映肌肉状态及蛋白质代谢的相关指标**：运动训练的一个最主要的目的就是要促进肌肉的大小和力量的增长。要达到这一目标就必须给运动员安排一个足以造成肌肉微结构改变的运动强度和运动量。与此同时，又要保证肌肉的这一变化在训练后得到及时的恢复。寻求能够间接反映肌肉状况的生化指标是运动生化学家的重要任务。血尿素氮(BUN)、肌酸激酶(CK)、乳酸脱氢酶(LDH)，尿蛋白、尿潜血、尿胆原、尿3-甲基组氨酸(3-MH)等，均可用以从不同的角度反映肌肉蛋白质的分解和合成代谢状况，肌肉细胞大强度训练后的损伤及恢复状况。

4. 内分泌学指标：血睾酮(T)、皮质醇(Cor)反映下丘脑-垂体-性腺和肾上腺轴的功能，同时也反映机体的合成与分解代谢的平衡状况。这些指标正常与否是运动员能否承受大强度训练，训练是否能达到预期的效果和运动后疲劳能否及时消除的重要条件。

5. 免疫学指标：大运动量训练和比赛可导致运动员免疫功能损害，造成对感染的易感性增加，尤其是上呼吸道感染。为此，了解运动员训练期的免疫机能状况是很重要的。研究认为，淋巴细胞亚群CD4 / CD8是反映运动性免疫机能低下的最早期出现的灵敏指标。血清免疫球蛋白IgG、IgA、IgM和唾液IgA测试的难度较小，费用低，能从体液免疫的角度粗略地反映免疫状况。近几年来，研究者发现，大运动量训练的后期，会出现血浆谷氨酰胺浓度的明显下降，所以他们认为血浆谷氨酰胺浓度可以反映机体的免疫状态。

6. 自由基生成及抗过氧化能力的评定指标：肌肉运动导致大量的自由基生成。直接测定自由基目前仍十分困难。血液丙二醛(MDA)作为组织的脂质过氧化降解产物能够在一定程度上反映自由基对组织的损伤情况，所以被用以了解运动员的蛋白质氧化，肌肉疲劳和损伤的间接指标。血液超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPx)等是人体酶类抗氧化物质，可用以判断机体清除自由基的能力。

三、合理膳食营养和营养学强力手段在训练和比赛中的应用

1. 运动员膳食营养研究的现状和展望

膳食营养是保证运动员营养素的需要和维持体能的最重要的物质基础。与其重要性不相适应的是运动员膳食的不平衡现象普遍存在，严重影响训练的效果和训练后的恢复。国内外膳食营养调查发现运动员的膳食失衡主要涉及6个方面，即：碳水化合物(糖)摄入严重不足；脂肪或蛋白质摄入过多；部分维生素摄入不足；三餐摄食量分配不合理；钙摄入不足；运动中忽视了水和无机盐的及时补充。

为了解决运动员膳食不合理的问题，运动营养学家积极开展运动员营养素推荐供给量的制定工作。运动员膳食中各种营养素推荐供给量发