



# 田径运动员营养的应用策略(综述)

赵德峰

**摘要:** 田径作为世界上最为普及的体育运动, 是比速度、高度、远度和耐力的体能项目。通常将田径项目划分为短跑、中长跑、长距离、投掷、跳跃和全能等项目。田径各项项目的供能特点有着非常明显的差别, 三大营养素的供给和补充剂的应用策略有着明显的区别。在训练和比赛中给与运动员合理的营养对各项项目运动员取得良好的训练适应和优异的成绩有着重要的作用。通过对各项目营养需要解决的主要问题的分析, 全面阐述田径各项目训练和比赛时三大营养素和补充剂的应用策略。

**关键词:** 田径; 营养; 策略

中图分类号: G804.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2008)05-0053-12

## Measures of Nutrition Supplement to Athletes

ZHAO De-feng

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

**Abstract:** Track and field, as the most popular sport in the world, include the competitions of speed, height, distance and endurance. The events of the sport are usually divided into sprint, middle-distance race, long-distance race, throwing, jumping, all-round events, etc. Significant differences exist in energy supply of the different events of the sport. The supply of three major nutrients and the application of supplements differ greatly. It is very important to supply adequate nutrition to athletes during training and competition in order to help athletes of different events achieve satisfactory training adaptation and excellent performance. Analyzing the major problems that need to be solved in nutrition supply of the different events, the paper expounds the application of three major nutrients and supplements in training and competition of the different events of track and field.

**Key words:** track and field; nutrition; measure

田径作为世界上最为普及的体育运动, 也是历史最悠久的运动项目。它是一种结合了速度与能力, 力量与技巧的综合性体育运动, 是比速度、比高度、比远度和比耐力的体能项目, 或要求在很短的时间内表现出最大的速度和力量, 或要求在很长的时间内表现出最大的耐力, 最能体现奥林匹克“更快、更高、更强”的比赛精神。通常将田径项目划分为短跑、中长跑、长距离、投掷、跳跃和全能等项目。各个项目的供能特点有着非常明显的差别。因此在训练和比赛中对碳水化合物、蛋白质和脂肪这三大营养素的需要也不一样, 相应运动营养补剂的补充也有着较大的差异。众多科学工作者对田径项目供能特点和营养需要进行了长期研究, 取得了丰硕成果, 为田径运动员取得优异成绩提供了巨大帮助。

## 1 三大营养素的作用

### 1.1 碳水化合物

碳水化合物主要以糖链的形式储存于肝部, 还有一部分以糖原的形式储存于肌肉, 肝部糖原的含量大约为 100 g, 肌肉和肝部糖原水平相对较小, 在训练和比赛时会减少。碳水化合物在机体以糖原为储存形式是机体高强度运动的主要能量来源, 增加饮食中碳水化合物的摄入会提高工作肌肉中可利用的糖原含量。随着糖原水平降低, 运动强度会下降, 运动

时间会减少。运动员碳水化合物的摄入应该尽量满足训练计划对能量的需要, 同时在训练周期中优化恢复肌肉糖原的储备。推荐运动员应该摄入 9~10 g/kg·day 来恢复和维持肌肉的糖原水平。Burke<sup>[1]</sup>最近推荐每天的碳水化合物摄入量应根据运动员重量和训练负荷的不同而进行调整。高强度训练时大约为 7~10 g/kg·day, 中等训练强度为 5~7 g/kg·day, 能满足全面的营养目标和运动员成绩提高的需要。

运动前, 中, 后摄入碳水化合物对运动员提高成绩, 训练适应和促进恢复有重要影响。Hargreaves<sup>[2]</sup>认为应该在运动训练前 1~4 h 摄入 1~4 g/kg 的碳水化合物。力量训练能够增加肌肉的重量, 满足爆发力和重量的比例也需要足够的碳水化合物来提供能量, 确保整体的能量需要, 使蛋白质能更好的满足肌肉的生长和替代。运动员在中等强度或者持续时间超过 1 h 的间歇训练中应事先安排好碳水化合物的摄入, 通常推荐这种类型的训练摄入 0.5~1 g/kg·h, 或者在整个训练阶段摄入 30~60 g/h, 分散在 10~30 min 内。Hargreaves<sup>[2]</sup>等认为体内储存碳水化合物的消耗是导致疲劳和运动能力下降的一个潜在因素。低强度或者类似技术练习这样较低强度训练后应该摄入 3~5 g/kg 碳水化合物来满足恢复阶段的营养需要; 在持续时间超过 1 h 的中等强度训练后恢复阶段需要摄入 5~7 g/kg; 而在持续时间为 1~3 h 的中等

收稿日期: 2008-06-20

作者简介: 赵德峰 (1978-), 男, 助理研究员, 主要研究方向: 运动医学. E-mail: defengzhao@126.com, Tel: 021-64330794

作者单位: 上海体育科学研究所, 上海 200030



强度或者高强度训练中就需要摄入7~12 g/kg来满足机体恢复阶段的能量需要。

Burke<sup>[3]</sup>等人研究发现在运动结束后的第一个小时糖原的恢复速度最快,因此运动员应该安排好运动后的饮食,以便更好地保持糖原的含量。运动结束后摄入1.0~1.2 g/kg,运动后两小时再摄入同样的碳水化合物有助于补充糖原的含量。这种加强阶段的糖原储备与运动诱导的糖原活性酶增加有关,运动诱导胰岛素的敏感性增加,肌肉细胞膜对葡萄糖的传递。

## 1.2 蛋白质

蛋白质是生命存在的主要形式,也是构成人体的重要生命活性物质。体内代谢与破损的组织,必须由蛋白质修复。因此蛋白质维持组织的生长、更新和修复。在耐力性训练中,蛋白质只能提供2%~5%的能量消耗。然而,高强度训练,长时间训练或者碳水化合物耗竭时,氨基酸氧化提供的能量还可以增加。

随着运动蛋白质需要量的增加,蛋白质代谢改变是很明显的。在机体处于动态平衡状态下,蛋白质的合成等于蛋白质的分解,此时能够满足组织增长和修复需要。最常用检测蛋白质代谢改变的方法是评价氮平衡。在机体处于氮平衡状态下,蛋白质和能量的摄入足够维持组织蛋白质的需要。耐力性运动员氮平衡的研究表明这些运动员蛋白质的需要量超过标准0.8 g/kg·day。研究发现耐力性运动员蛋白质的需要1.37 g/kg·day来维持氮平衡,而久坐个体仅需要0.73 g/kg·day。很明显力量训练也会导致蛋白质的需要量超过推荐量。Paul<sup>[4]</sup>研究表明在中等强度力量训练阶段摄入2.0~2.2 g/kg·day的蛋白质才能维持氮平衡,相应地,随着体力活动的增加,碳水化合物以及总能量的摄入都会增加,蛋白质在其中的比例并没有明显增加。在总能量足够的饮食中,蛋白质的摄入量应该满足氮平衡的需要。耐力训练和力量训练时,每天蛋白质摄入量占总能量摄入的比例应为12%~20%。

## 1.3 脂肪

在低到中等强度运动中,脂肪作为燃料来源。脂肪是健康平衡饮食中重要的一种元素,供给机体必需的不饱和脂肪酸,必需脂肪酸是机体生命活动所必需的。脂肪细胞储存了机体大量的脂肪,训练中脂肪的氧化对运动能力没有太大影响。每分子脂肪提供的ATP比碳水化合物高4倍。但产生同样ATP所消耗的氧却比碳水化合物低10%。在氧气供应受限制的情况下,这种差异是显著的。脂肪能量密度较高,过度摄入脂肪会引起体重的增加。大部分的脂肪储存在脂肪组织中,但肌肉组织以IMTG(跨肌肉甘油三酯)形式也储存一部分脂肪。Decombaz<sup>[5]</sup>研究表明运动后液体摄入减少会影响IMTG的含量,进而限制耐力的成绩或者降低训练负荷。最近Koopman<sup>[6]</sup>研究表明在45 min阻力性训练后IMTG的含量下降了27%,这表明IMTG可能也是高强度训练时的一种能量来源。近年来,在寻找提高运动员体能的方法时,都比较关注几个营养代谢的过程。从理论上讲,总体是提高脂肪酸氧化,减少肌糖原的利用率,提高运动能力<sup>[7]</sup>。Stellingwerff<sup>[8]</sup>最近研究了脂肪适应/碳水化合物限制的方法,运动员在碳水化合物负荷后5天后,增加脂肪的摄入量,

通过测试糖原分解和丙酮酸脱氢酶的活性,表明减少了碳水化合物的利用。这种糖原应用降低的方法可能会降低中长跑运动员的成绩,因为限制了糖原的分解和碳水化合物的氧化。因此,目前不推荐中长跑运动员采用任何形式的饮食脂肪适应的方法增进成绩的研究。

## 2 短跑项目的营养策略

短跑项目包括60 m到400 m的所有项目。短跑主要通过无氧训练发展爆发力。短跑需要运动员在短时间内全力运动,成绩受最大速度能力和短跑过程中爆发力减少的影响。此外生物力学,神经肌肉系统和代谢因素都影响短跑成绩。营养支持对短跑项目的研究较少。尽管营养对于短跑运动员潜在效果的争议少于耐力性运动项目,特别是在比赛过程中。但营养的选择和应用策略对于短跑运动员训练和比赛取得好成绩还是很有作用的。

### 2.1 短跑项目营养需要解决的主要问题

Costill<sup>[9]</sup>等早期的研究发现优秀短跑运动员的快肌纤维占大部分。因此,短跑运动员取得好成绩需要大块强有力的肌肉。营养的主要作用在于增进肌肉的重量和力量,以及对于比赛期间合适营养选择。营养主要影响运动员训练和比赛这两个方面。细化到短跑运动员包括:维持训练中的能量水平;训练中的快速恢复;用营养的手段优化训练的适应;取得一个较高的爆发力和体重的比例,最大限度地增加肌肉的重量和维持较低的脂肪比例;保持比赛兴奋性,维持注意力;提高反应时。

### 2.2 短跑项目训练中的营养

短跑的训练主要在于发展能够使机体尽可能快速运动的爆发力,瘦体重与爆发力相关性较大。训练的适应与训练模式、强度和持续时间相关。这些适应主要来源于训练对肌纤维的刺激,但会受到营养因素的影响。营养主要影响肌肉的肥大,短跑运动员营养的研究也主要集中在这方面。除了专项短跑训练,为发展肌肉重量进行的力量训练也是贯穿全年的训练内容。然而重要的是要认识到最佳肌肉重量和最大的肌肉重量不是对等的关系。在不考虑肌肉成分的情况下,在某一点后,随着体重的增加,爆发力和体重的比值开始下降。

#### 2.2.1 训练中蛋白质的摄入

很明显蛋白质的摄入对肌肉的肥大有重要的作用。然而很难决定短跑运动员摄入多少蛋白质来保证肌肉的获得和成绩的提高。通常认为较高水平的蛋白质摄入对肌肉生长,修复和加强训练适应很重要。高蛋白质摄入增加肌肉重量有效性存在较多争议。Phillips<sup>[10]</sup>认为这些分歧可能是没有全面考虑蛋白质需要的增加来源于两个方面:方法的限制和对运动员消化蛋白的主要原因缺乏考虑。不仅达到氮平衡,而且优化肌肉肥大和提高成绩也是蛋白质摄入量研究的主要方面。氮平衡不应该是短跑运动员的主要目标,相反,他们应该消耗大量的蛋白质来增加肌肉的重量和爆发力。

Phillips<sup>[10]</sup>认为运动员每天吸收的蛋白质要达到1.2~1.5 g/kg。对于包括短跑运动员在内的大多数运动员,这个量或许是不合理的。Moore<sup>[11]</sup>最近的研究表明,12周高强度阻力性训练期间摄入1.4 g/kg·day蛋白质会增加氮平衡和瘦体重。Tarnopolsky<sup>[12]</sup>认为蛋白质的摄入超过1.7 g/kg·day后,多于的就被简单的氧化



了。当然, 这些结果来源于非训练的个体, 那些训练年限较多的队员可能会有所不同。在另一方面, 相对较高的蛋白质摄入不可能是有害的, 即使不是机体所必需的。考虑到高能量摄入对于肌肉重量增长的必要性, 习惯上蛋白质的消耗要确保肌肉的最大增长需要。Elliot<sup>[13]</sup>等认为尽管蛋白质和氨基酸的供应是必需氨基酸的便利来源, 但没有证据表明在分解为氨基酸方面源于食物的蛋白质优于商业合成的蛋白质。

运动员要达到增加肌肉重量的目标重点是重视蛋白质营养。然而, 对于肌肉的增长, 能量平衡如果不能说是最重要, 其与蛋白质的摄入也是同等重要的。在能量缺乏的情况下很难去维持正氮平衡。大约有 1/3 的氮平衡受到能量摄入的影响。早在 1907 年, Chittenden 研究表明只要能量摄入足够的条件下, 运动员就会增加肌肉重量和增加力量, 甚至在较低蛋白质摄入的阶段。在阻力性训练阶段, 在获得瘦体重方面正的能量平衡比摄入的蛋白质量更重要。

### 2.2.2 训练中碳水化合物的摄入

Kimball<sup>[14]</sup>认为碳水化合物的摄入导致胰岛素水平的升高是蛋白质翻译起始途径的一个主要控制因素。因此, 碳水化合物在运动后蛋白质合成反应中起着重要作用。值得思考的是运动后胰岛素水平升高促进肌肉蛋白的合成作用效果不大。然而, Anthony<sup>[15]</sup>等研究发现, 氨基酸对翻译起始的作用受到胰岛素的影响。综合这些结果表明蛋白质和碳水化合物的综合作用是刺激无氧途径的最好方法。事实上, Tipton<sup>[16]</sup>认为碳水化合物和氨基酸同时摄入对肌肉蛋白的合成过程中的氨基酸利用效果最好。Koopman<sup>[17]</sup>进一步研究发现亮氨酸对于胰岛素的分泌有主要作用。

碳水化合物的摄入对肌肉的合成代谢也有作用。因此碳水化合物的摄入量应该足够能维持肌糖原的水平, 不仅阻止疲劳的发展和提高训练的潜能而且能够优化肌肉的合成。Churchley<sup>[18]</sup>认为低糖原利用会影响训练的适应性反应。这表明对于阻力训练最大的合成反应不是在运动开始时较低的糖原水平下。因此短跑运动员应该消耗足够多的碳水化合物来保持糖原水平。

在肌肉中, 合成和分解的平衡最终决定肌肉中蛋白质的量。因此, 营养的策略在于减少运动训练后肌肉分解的量。Borsheim<sup>[19]</sup>研究表明如果同时摄入碳水化合物, 肌肉利用氨基酸库中的氨基酸量会增加。碳水化合物的作用可能是增加胰岛素的释放。Biolo<sup>[20]</sup>发现阻力性训练后胰岛素主要通过阻止肌肉蛋白破坏, 增加肌肉蛋白的平衡。因此在运动后通常推荐消耗蛋白质的同时增加碳水化合物摄入来增加肌肉蛋白的平衡, 进而增加肌肉的重量。

## 2.3 短跑项目竞赛期的营养

营养摄入对短跑运动员的快速作用不像耐力性项目那么明显。竞赛的时间长度决定了摄入食物的影响程度。尽管短跑运动项目持续时间较短, 短跑比赛包括预赛和决赛以及期间等待时间。

在预赛的休息间隙内, 运动员应该保证水分, 但要避免过度饮水。要维持血糖水平, 但要避免进食这样的行为, 因为进食会引起不舒服的感觉, 特别是胃肠的不适。仔细考虑那些东西不应该吃比应该吃那些东西更重要。可能没有一个常用的方法为所有的运动员制定一个饮食计划, 因

为个体差异比较大, 取得这些目标的途径也不一样。因此在训练中进行摸索对比赛时制定营养计划有较好的帮助。

## 2.4 短跑项目的补充剂

研究结果表明大多数营养品的作用不是十分确切的, 因此很难精确地指导用量。在全力运动超过 30 s 的情况下, 无氧供能占绝大部分。这种高效率的功能方式会快速增加肌肉的酸化, 进而影响肌肉的收缩。从理论上讲任何缓冲酸的方法都能提高运动员的成绩。下面介绍有足够证据表明与运动员的成绩有较大作用的几类营养品。

### 2.4.1 $\beta$ 丙氨酸

$\beta$  丙氨酸是一种非必需氨基酸, 存在于多种食物中, 特别是肉类。 $\beta$  丙氨酸被认为是与速度相关的肌肽合成的底物, 是一种重要的跨膜缓冲物。肌肽主要存在于 IIa 和 IIx 型肌纤维中, 能够跨膜缓冲 H<sup>+</sup>。因此  $\beta$  丙氨酸能够降低与无氧代谢相关的膜内 PH 值。值得关注的是, Abe<sup>[21]</sup>研究表明短跑运动员的丙氨酸水平高于马拉松运动员和没有系统训练的个体。除此之外, 高强度的训练能够增加肌肉丙氨酸的浓度。Hill<sup>[22]</sup>研究表明 4 个星期的  $\beta$  丙氨酸供给能够增加肌肉内肌肽水平 59%, 10 周的供给能够增加 80%。

从理论上讲, 骨骼肌内肌肽水平的升高能增强机体缓冲的能力, 延迟疲劳, 提高运动成绩。Suzuki<sup>[23]</sup>研究发现肌肉内高浓度的肌肽水平与在跑步机上持续 30 s 的最大爆发力相关。供给  $\beta$  丙氨酸能够增加肌肉内肌肽的水平, 并且能够提高运动成绩。其他可用的限制性的结果需要进一步的研究证实, 以及证实  $\beta$  丙氨酸供给和训练对高水平运动员肌肉内肌肽的影响。

### 2.4.2 碳酸氢钠

肌肉内的主要缓冲物是磷酸根和组织蛋白。在血液内重要的缓冲物是蛋白质, 包括血红蛋白和碳酸氢盐。在高强度训练周期中, 细胞内缓冲物是不能缓冲形成的所有氢离子。氢离子流入循环系统的增加, 碳酸氢根离子会缓冲这些氢离子。摄入碳酸氢根离子是传统的增加细胞外缓冲能力的方法, 尽管有时也用柠檬酸钠。通常认为碳酸氢钠的作用机制是缓冲细胞外的氢离子。这增加了膜内外氢离子的浓度梯度, 有利于骨骼肌中氢离子的流出。

Horswill<sup>[24]</sup>阐明了摄入碳酸氢根和运动能力提高之间的剂量关系。在大多数研究中, 运动前 1~2 h, 运动员摄入 200 mg/kg 碳酸氢钠能够提高运动能力, 但 300 mg 被认为是最大剂量了。100 mg 以下的剂量通常认为不起作用。摄入 300 mg 会引起一些胃肠不适症状。然而大部分的研究都集中在运动时间长于 1 min 的运动项目上, 大多数项目的运动强度和都是中长距离跑而不是短跑。没有研究表明摄入碳酸氢钠对时间少于 1 min 的运动项目有影响。因此, 碳酸氢钠的效用主要是 1 min 到 7 min 之间的项目, 对短跑项目没有什么影响。然而碳酸氢钠通常用在 400 m 跑运动员身上, 尽管这个项目主要通过无氧系统供能。

### 2.4.3 肌酸

自从 Harris<sup>[25]</sup>和他的同伴报道口服高剂量的肌酸能够增加肌肉内肌酸的含量, 众多科学家详细的研究了摄入肌酸对力量和爆发力的影响, 而力量和爆发力是影响短跑能力的主要因素。然而, 按照最好的研究结果, 仅有两个控制很好



的研究对良好训练的运动员有作用。Skare<sup>[26]</sup>等研究了摄入肌酸对速度的影响,地区性选手在100 m跑后,进行6\*60 m跑。肌酸能够增加开始100 m的速度,和开始5个60 m跑的速度。相反地,在6\*40 m间歇性训练中,摄入肌酸对国家队级别水平运动员的速度没有明显影响。其他研究不同类型的运动员提供了相似的结果。重要的是没有研究表明摄入肌酸会降低能力。

Terjung<sup>[27]</sup>典型的肌酸供给包括开始阶段(15~20 g/day持续4~7天)和维持阶段(2~5 g/day)两部分。但是个体的差异很大,Hespel<sup>[28]</sup>研究表明8~10周后对肌肉力量的积极作用会减小。Burke<sup>[29]</sup>认为对于素食者这样肌肉内肌酸含量较低的运动员,肌酸供给的反应效果比正常饮食者要好。因此,摄入肌酸对于素食的短跑运动员是一个较好方法。此外,摄入肌酸与训练计划的良好结合能够刺激肌肉对肌酸的摄取,因为训练有利于摄入的肌酸弥散到组织中。还有一点值得考虑的是由于增加了胰岛素的浓度,摄入肌酸与运动后碳水化合物,氨基酸有联合作用。肌酸不在兴奋剂禁用品目录上,在给予使用者指导的情况下,摄入肌酸对于健康的运动员是无害的。摄入肌酸会导致细胞外水含量的增加。水含量的增加对于一些运动员可能是有问题的,特别是那些努力维持爆发力和体重在一定比例的运动员。

#### 2.4.4 咖啡因

咖啡因作为一种刺激物,被包括运动员在内大多数人广泛应用。咖啡因存在于咖啡,茶,巧克力,可乐和一些所谓能量促进类饮料中。Graham<sup>[30]</sup>认为咖啡因影响运动能力主要作用机制可能是通过增强神经冲动和/或者提高肌肉纤维的募集能力。众所周知,小剂量的咖啡因(1~2 mg/kg)能够增加神经系统的敏感性,因此缩短反应时间,这对短跑运动员有着重要作用。然而在训练中必须注意咖啡因的用量,因为过量的咖啡因对反应时间有着消极的作用。

Bell<sup>[31]</sup>等认为对咖啡因摄入反应的差异很大程度上在于个体依赖程度的不同。因此,在训练中个性化调整剂量是很重要的。通常高剂量的咖啡因摄入会导致快速的适应效应,而需要更高剂量的咖啡因刺激。低剂量的咖啡因摄入通常认为是安全的,因为它是一种常规的刺激物。然而,高剂量的咖啡因摄入通常认为与健康效应的副作用联系在一起,特别是对心血管系统。2004年世界反兴奋剂大会把咖啡因从禁用药品中清除出去,目前咖啡因的应用处于监控中。

### 3 中长跑项目的营养策略

中长跑运动员是利用能量最为多样化的田径项目。高水平的运动员摄氧量是安静状态下的20倍,1500 m运动员能够在115%最大摄氧量状态下运动4 min,运动后血乳酸会超过20 mmol/L。800 m和1500 m运动员能量的60%~70%来源于有氧氧化。中长跑运动员取得良好的训练和比赛成绩,应该具有几种高度发达的能量产生途径,能够利用磷酸肌酸,碳水化合物和脂肪,并有着很强的肌肉缓冲能力,在不同的训练强度和竞赛中处理好不同的能量代谢需要。

#### 3.1 中长跑项目营养需要解决的主要问题

中长跑运动员必须通过训练量、训练持续时间和强度的安排来发展所有的能量途径和肌纤维类型。有氧训练阶段,

中长跑运动员的训练量与马拉松运动员相当,但是在赛前准备期,中长跑运动员更多地效仿短跑运动员的强度。因此为中长跑运动员安排训练和比赛时的营养策略时,必须理解不同能量系统和考虑ATP的来源。维持训练中的能量水平;训练后的快速恢复;用营养的手段优化训练的适应;加强机体耐受乳酸和缓冲乳酸的能力;保持比赛兴奋性,维持注意力;竞赛期营养的安排,这些是中长跑项目营养需要解决的主要问题。

#### 3.2 中长跑项目训练中的营养

训练周期的划分是为了在全年最重要的比赛中取得好成绩,根据训练目的的不同,把特定的时间段划分为分散的阶段。简而言之就是这些不同阶段的训练刺激存在着非常大的差异,其强度、训练量和持续时间都不同,因此运动员需要产生ATP的燃料也会有差别。

##### 3.2.1 训练中碳水化合物的摄入

在运动强度超过75%最大摄氧量时,碳水化合物的利用会有急剧的升高。在阻力性训练中,机体会较高的依赖于无氧供能。Koopman<sup>[32]</sup>报道在多组阻力性训练后,肌肉内的肌糖原会降低25%~40%。由于大部分的中长跑训练强度超过75%最大摄氧量,在年度训练中碳水化合物是绝大部分ATP的燃料来源,因此必须摄入足够碳水化合物丰富的食物。Bergstrom<sup>[33]</sup>的团队研究表明与低碳水化合物饮食相比,高碳水化合物摄入会提高糖原储备,延长运动到力竭的时间。相应的,低碳水化合物饮食(3~15%碳水化合物)会降低高强度和耐力性训练中的成绩。因此推荐耐力运动员摄入碳水化合物丰富的饮食,能够延长运动时间,承受较高负荷,进而提高训练的适应性。但高碳水化合物饮食比中等碳水化合物饮食在提高运动能力方面的作用的研究结果差异性较大。现在的研究表明在糖原耗竭状态下的训练能够提高训练适应和运动成绩。

在饮食回忆性记录中,男子耐力运动员摄入8.4~9.1 g/kg·day碳水化合物,这在推荐的范围内。Onywer<sup>[34]</sup>报道世界级别的非洲运动员碳水化合物摄入也较高。Burke<sup>[35]</sup>研究表明女子耐力运动员碳水化合物摄入相对较少,为5.5 g/kg·day,平均能量的摄入也较男子运动员少。因此对女子运动员重点应该放在能够满足她们碳水化合物和能量需要的食物上。在高碳水化合物饮食中,其他重要的营养素和微量营养素的保持也同样重要。因此为了维持免疫能力及恢复糖原储备,推荐高碳水化合物饮食(7~10 g/kg·day)。

##### 3.2.2 训练中蛋白质的摄入

在耐力性训练中,蛋白质只能提供2%~5%的能量消耗。然而,高强度训练时,长时间训练或者碳水化合物耗时,氨基酸氧化提供的能量还可以增加。由于蛋白质的摄入超过1.7 g/kg·day多余的会被氧化。Tamopolsky<sup>[36]</sup>估算大运动量和高强度训练的运动员最理想的蛋白质摄入量为1.5~1.7 g/kg·day。一些运动员(主要是女运动员)过度迷信轻体重所带来的益处,很多人认为运动员蛋白质的摄入会增加肌肉的重量,最终引起体重的升高。然而最近的证据表明特异性的刺激,不只是营养的干预在发散的信号传递中并且运动后蛋白质合成的类型起重要作用,这可以解释适应性反应和多样表现型。有氧训练能够减少对肌肉增生的刺激,增加线粒体,而不是肌原纤维。因此可以这样假设耐力性训练后蛋白质摄入不仅对于恢复和修复损伤的肌原纤维是很重要的,



而且对于优化线粒体的和肌浆蛋白质合成也有作用。

Tarnopolsky<sup>[36]</sup>从西方耐力运动员膳食研究表明运动员通常会摄入比推荐摄入量更多的蛋白质。总之,优秀耐力运动员在高强度训练期间应该摄入1.5~1.7 g/kg·day。对于70 kg运动员每天要摄入3500 kcal的能量,这其中12%来源于蛋白质,这不需要通过蛋白质补充剂就可以满足饮食平衡。

### 3.3 中长跑项目竞赛期的营养

运动员在参加主要的锦标赛时,经常要参加多轮比赛,每轮比赛后的快速恢复能力对其在最后的决赛中能否取得好成绩至关重要。因此,运动员安排一个合理的和切实可行的营养恢复方案非常重要。锦标赛前,在训练时评价几种个性化的赛前饮食方案是可行的,这种饮食应该含有较高的碳水化合物,并且应该在赛前1~6 h摄入。运动员应该在赛前60~120 min摄入400~600 ml的运动饮料或者含有电解质的水,除非天气比较寒冷或者运动员认为自己处于良好的水合状态。运动员在高度紧张的锦标赛上常见的错误是对饮食难以控制,或者受到其他运动员饮食的影响。运动员就会吃的太多,太少或者临时改变他们的饮食习惯。关键是知道什么饮食对运动员有利,并且摄入以前比赛中曾经用过的同样量和同种类型的食品。运动员实施一个特异性的营养计划对运动员易受影响的难以控制的饮食。运动员和教练员事先计划并且一直应用适量的运动后食品和饮料很重要,因为能够立即恢复几天的糖原储备和肌肉的恢复。在运动后最开始的4 h应摄入1~1.5 g/kg血糖指数中到高的碳水化合物丰富的食品和运动饮料。通常由于比赛的限制,很难在比赛结束后立即获得食物。在得到正常的饮食前,运动营养产品能够满足此时对碳水化合物和蛋白质的需要,并且方便和普通。

### 3.4 中长跑项目的补充剂

持续2~10 min最大强度运动引起的疲劳主要由无氧糖酵解产生的乳酸导致。尽管无氧糖酵解产生的ATP速率很快,但其代谢产物H<sup>+</sup>和La<sup>-</sup>会改变机体酸碱平衡。Maughan<sup>[37]</sup>等研究发现H<sup>+</sup>增加会引起细胞膜内PH值的下降,进而限制糖酵解酶,影响钙的处理,限制肌动蛋白和肌球蛋白的相互作用。因此任何能够直接缓冲细胞膜内H<sup>+</sup>或者增加H<sup>+</sup>从肌肉能流出的进程从理论上都会增加运动员的成绩。很早就已经知道摄入碳酸氢钠和柠檬酸钠会导致代谢性碱中毒,研究已经发现了碳酸氢钠对于高强度运动能力的急性和慢性作用。最近,β丙氨酸对于H<sup>+</sup>的缓冲作用已经被证实。所有这些物质都不是世界反兴奋剂组织禁用的物质。

#### 3.4.1 急性碳酸氢钠负荷

Matson<sup>[38]</sup>等研究了29名非训练个体服用碳酸氢钠的作用,研究表明服用组比非服用组的成绩有0.44的标准差。大多数数据表明运动训练前1~2 h摄入0.3 g/kg碳酸氢钠能够显著提高中长跑运动员的成绩。考虑到一些个体对于碳酸氢钠出现恶心,呕吐这样明显的胃肠不适症状,应该用更时效性和个性化的方案。对于运动员重要的是应用碳酸氢钠,这样在连续的比赛之中才能起到作用。因为对于大多数胃肠不适症状通常在半决赛后发生,这会影响到接下来决赛的表现。

#### 3.4.2 多天的碳酸氢钠的摄入

Douroudos<sup>[39]</sup>最近的研究表明与赛前急性单一剂量的供

给相比,多天的碳酸氢钠供给更有利于胃肠耐受力。这种慢性碳酸氢钠供给量为每天0.5 g/kg,连续应用5天。最近通过应用Wingate测试表明测试者的平均爆发力能提高12%。进一步的研究表明与急性应用碳酸氢钠相比,这种方法能够使高强度运动的成绩提高维持两天,能够缓解许多严重的胃肠方面的副作用。但对于这种方法应用的剂量和时间还需要通过优秀运动员的表现不断进行摸索。

#### 3.4.3 β丙氨酸和肌肽

50多年前就已经明了肌肉内肌肽能够作为跨膜缓冲的介质。最近的研究表明供给β丙氨酸能够增加肌肉内肌肽的含量,进而提高运动中的成绩。肌肉内肌肽的合成受到细胞内可利用β丙氨酸的限制。Harris<sup>[40]</sup>认为多天供给β丙氨酸能够显著增加肌肉内肌肽的含量。服用的剂量程序为一次冲击剂量3.2 g或者每天应用0.4~1.6 g,连续应用8天以上。通过这样连续供给,能够使肌肉内肌肽含量增加50~60%,并且能够维持4周。研究表明大剂量急性β丙氨酸冲击能够引起缓慢的皮肤过敏反应。然而这些短期的血管舒张类型的负反应会在2 h内消失。总之,缓慢给与β丙氨酸看起来是安全的,尽管一些急性β丙氨酸冲击能够引起脸红等副作用,但是没有证据表明长期应用β丙氨酸对健康有什么副作用。

尽管发现供给β丙氨酸会增加肌肉内肌肽的含量,但对成绩的影响并不十分明显。Zoeller<sup>[41]</sup>等研究了自行车测试15 min左右至力竭,对运动成绩提高没有明显作用。然而在以110%最大爆发力输出的稳定自行车测试中,整体的测试时间会有15%的提高。Hoffman<sup>[42]</sup>研究发现肌肉的力量通过最大力量测试方法测试肌肉最大力量有明显提高。更多的研究集中在决定是否多天摄入β丙氨酸能够提高运动员的成绩,并建立程序化的供给方法。尽管摄入β丙氨酸有一些积极的作用,但目前对于中长跑运动员并没有一个确定性的结论。最后应用任何强力性的营养品都必须在运动员,教练员严格的监控下,健康专家要认识到补充剂引起的污染和运动员应用补充剂多样性和依赖性。

## 4 长距离项目的营养策略

公路跑,环城跑和竞走这些需要延长努力的田径项目是在IAAF严格规定下进行的。通常长距离项目包括5 000 m、10 000 m、马拉松、半程马拉松,20 km竞走、50 km竞走和环城跑(女子8 km,男子12 km)。长距离项目运动员的成绩主要受最大摄氧量水平、在比赛时保持较大摄氧量分数、乳酸阈速度和跑步时能量消耗等因素的影响。此外运动员耐受高温的能力对成绩也有影响。营养因素对于所有水平的运动员达到他们训练和比赛的目标都起着重要的作用。

### 4.1 长距离项目营养面临的主要问题

长跑和竞走运动员营养方面的研究较多,目前长距离项目营养的研究主要集中在这样几个方面:维持训练中的能量水平;保证训练前中后足够的液体和电解质;用营养的手段优化训练的适应;训练后的快速恢复;保持理想的体形;竞赛期优化的液体和燃料补充;合理营养补充剂和营养食品的选用。

### 4.2 长距离项目训练中的营养

长距离跑通常采用周期性训练计划,分为基础训练阶



段,赛前训练阶段和比赛阶段。比赛前的耐热训练和高原训练也是长跑运动员和竞走运动员通常采用的训练手段。高原训练一直是一个存在较多争议的训练手段。大多数的运动员采用较大的训练量(3 000~5 000 m 运动员基础训练阶段每周训练80~150 km, 马拉松运动员每周训练150~220 km)。目前长跑运动员的训练趋势是采用极化的训练模式,即安排较大比例的有氧强度训练(70%~75%),较小比例(<10%)的无氧阈训练和(15%~20%)的高强度训练。

#### 4.2.1 长距离项目体形的保持

非常低水平的身体脂肪是一个成功长距离运动员的主要特征。然而,很难辨别这是一个决定成功的重要因素还是为了取得成功进行高运动量训练的一个结果。较低水平的总体重(决定跑步时总能量的消耗)和脂肪重量有益于快速和经济性的跑动。这些特征在长跑和克服重力跑的过程中显得尤为重要(例如公路跑和环城跑翻越山坡)。

一些长跑和竞走运动员拥有较小和非常瘦的体形是他们基因和训练的结果。尽管一些男性运动员有意地通过饮食和训练来降低脂肪和比赛时的体重,但较低体脂百分率和控制体重通常是女性运动员更关注的问题。这可能由于与男性运动员相比,女性运动员通常认为必须使自己的体形离正常体形差距更大一些。使身体脂肪远离明显的生物学缺陷会引起消极的结果,降低正常的脂肪会有严重的后果,例如缺乏对寒冷的抵抗。Burke<sup>[43]</sup>等报道其他应用营养和训练的手段控制体重和身体脂肪的手段,限制了能量、蛋白质、碳水化合物和微营养素摄入。Manore<sup>[44]</sup>等报道一些运动员会有直接的医学或者心理问题,诸如饮食紊乱,骨质疏松和慢性经期紊乱。进一步限制饮食会引起更多的问题。

#### 4.2.2 训练中碳水化合物的摄入

长跑和竞走运动员必须在每天训练和比赛期间快速恢复他们肌肉中燃料的储备。高碳水化合物摄入能够提高一次长跑跑的成绩,加快恢复和提高下面训练的成绩。尽管供给大量的碳水化合物,连续性高强度训练的24~48 h 肌肉糖原的浓度仍不能完全恢复。不经常发生的肌肉损伤或许会导致肌肉细胞功能的破坏,需要在恢复的第一个24 h 内增加碳水化合物的摄入或者更多的恢复时间(甚至多达7天)来完全替代肌肉糖原。

从逻辑上讲,训练课中急性恢复能力提高的益处应该更好的转化到训练适应和长期运动成绩上。Kerman<sup>[45]</sup>等人的研究表明良好训练的跑步运动员通过连续5天应用高(8 g/kg·day)或中等(4 g/kg·day)摄入量的碳水化合物能够提高他们的训练150%,但干预两周后,肌肉糖原的浓度仍然逐级下降,但高碳水化合物饮食中糖原能够较好保持,除此之外,不同速度下跑步的经济性更好。相反,Sherman<sup>[46]</sup>等人对两组不同碳水化合物的运动员进行7天的训练,一组摄入5 g/kg·day,另一组摄入10 g/kg·day,测试结束后,在80%最大摄氧量强度下运动至力竭状态,两者没有表现出明显的差异性。因此他们得出结论在高强度训练中,高碳水化合物饮食与中等碳水化合物饮食相比能够减少过度疲劳的症状,但不能完全阻止。

Hawley<sup>[47]</sup>等研究集中在饮食的周期性,即所谓的“训练中低碳水化合物,比赛中高碳水化合物”方法,长跑运动员有意在训练时保持较低糖原水平或者使碳水化合物的利用能够加强对训练刺激的适应,这样能保证他们比赛时充足

的碳水化合物。目前没有足够的科学证据推荐长距离运动员采用这种训练中限制碳水化合物摄入的方法。实际上Nimmo<sup>[48]</sup>研究发现这种方法的潜在不利方面在于增加了疾病和受伤的机率以及降低了训练能力和训练舒适感。除非更多确定的研究证明低碳水化合物的益处,长距离运动员应该尽量通过饮食利用碳水化合物,至少在每个星期最重要的训练课保持这样的饮食状态。在整个赛季采用周期化的营养方案和通过饮食摄入碳水化合物,较低的摄入是以保持体形为主要目标训练阶段时采用的,而高碳水化合物是比赛阶段或者恢复阶段以最大化糖原储备为目标时应用。

#### 4.2.3 训练中蛋白质的摄入

从训练得到的数据表明任何形式的运动都不会导致蛋白质需要改变。Tarnopolsky<sup>[49]</sup>等报道高水平运动员在大运动训练量和训练强度下,蛋白质的需要可能仅为久坐个体的两倍,即1.6~1.7 g/kg·day。甚至对于中等训练的个体会根据氮平衡的经验来估计蛋白质的需要。尽管没有特异性研究来计算优秀女运动员的蛋白质需要量,但氮平衡的数据表明女性的需要大约比男性低25%,也就是1.2~1.3 g/kg·day。大多数运动员能够在每天的饮食中取得这样的蛋白质摄入,蛋白质能够提供10~15%的能量。计算每公斤体重蛋白质的摄入是很重要的,从而避免那些限制能量摄入运动员可能出现的蛋白质缺乏。低能量的摄入对蛋白质的需要也有一个消极的影响。

Roy<sup>[50]</sup>等报道营养摄入的时间也是要注意的问题,特别是大运动量训练阶段。与早餐后服用营养补充剂相比,女性运动员在每次训练课后服用,能够提高氮平衡,减少体重丢失,提高成绩。

### 4.3 长距离项目的比赛营养

长距离项目,特别是半程马拉松,马拉松和长距离竞走,有氧代谢通常会提供大约95%的能量。然而所有的选手在重要的时间段都需要无氧能力,特别是加速,上坡和冲刺时,这可能会决定选手最终名次。持续时间和比赛时的环境是影响长跑和竞走运动员成绩的主要因素,但营养也是一个很重要的因素。诸如液体的平衡,碳水化合物的利用,酸碱平衡的紊乱等因素都可以通过饮食的策略进行调整,营养是运动员准备比赛的一个很重要组成部分。

#### 4.3.1 比赛中燃料补充

碳水化合物对持续时间较短的长距离项目影响并不明显。因为任何能够增加成绩的潜在机制都是中枢神经系统而不是供给肌肉燃料。Millard-Stafford<sup>[51]</sup>对炎热环境下在测试前和测试过程中摄入碳水化合物与给与安慰剂组相比,15 km 跑台最后的速度有提高。相反18 km 跑过程中碳水化合物的摄入与水对比,绝大部分的运动员或者最快的运动员没有明显的提高,高水平运动员在半程马拉松赛中摄入碳水化合物对运动成绩没有明显的提高作用。对于所有项目比赛前和比赛中摄入碳水化合物能够提高运动员成绩还需要进一步进行深入的研究。

#### 4.3.2 比赛时液体的摄入

在长跑和竞走项目中,特别是公路跑,沿途在特定的地点会提供液体,但优秀的运动员会事先把自己调配好的运动饮料放在特定的位置上。对长距离运动员理想的补水计划还存在争议。Almond<sup>[52]</sup>观察到大多数顶尖的运动员对于液体的摄入相对保守,而一些业余型的选手通常会在比赛时过量



服用液体。

在持续时间超过60 min的运动中应用碳水化合物-电解质饮料能为跑步和竞走者同时提供液体和碳水化合物的补充,并根据特定项目对再水合和燃料补充要求的不同,改变饮料中碳水化合物的浓度。运动胶和糖果通常也为长距离选手所应用。Hargreaves<sup>[53]</sup>报道在持续时间超过90 min的运动项目中摄入碳水化合物能够提高成绩,最早报道在19世纪20年代波士顿马拉松赛中就有运动员应用糖果减少肝糖原的丢失,增加运动能力。Millard-Stafford<sup>[51]</sup>等最近的研究表明摄入碳水化合物能提高炎热天气40 km户外跑,30 km公路跑和跑台上马拉松跑的成绩。Hargreaves<sup>[53]</sup>认为这种提高成绩的机制在于阻止了血糖的降低,节省了肝糖原,供给额外的燃料。

#### 4.4 长距离项目运动食品和补充剂

##### 4.4.1 碳水化合物负荷

对于比赛的准备是确保肌肉内碳水化合物的储备能够满足比赛需要。对于持续60~90 min的比赛,通过24~36 h的高碳水化合物摄入,肌糖原储备是足够的。在19世纪60年代碳水化合物负荷是为延长的训练准备,为了提高成绩,应用皮肤活检技术来检查肌肉中燃料的利用和酶的活性。这些研究为健康的没有经过训练的男性设计了经典的7天模式来过量补充肌肉的糖原储备。高强度训练3~4天给与低碳水化合物饮食,紧接着3~4天赛前减量阶段给与高碳水化合物。早期的运动场测试表明这种策略能够增加运动成绩,不在于能够使运动员跑的更快,而是延长了运动员保持跑步速度的时间。

改良的碳水化合物负荷方法是高水平的运动员不用过量消耗他们的糖原储备也能超量补充。改良的方法包括3天高碳水化合物的摄入和赛前减量,提供一个更可行的竞赛准备避免了疲劳和以往方法中消耗阶段的复杂饮食。Bussau<sup>[54]</sup>最近对高水平运动员经过1~3天休息和高碳水化合物摄入(10 g/kg·day)后,对肌肉糖原的浓度进行了测量,研究发现最佳的燃料再储备出现在最后一次训练课后的36~48 h,至少在运动员休息和消耗足够的碳水化合物后。

从理论上讲,碳水化合物负荷能够加强那些由于受到糖原消耗引起疲劳,影响长距离运动员的成绩。Pitsiladis<sup>[55]</sup>研究发现给与碳水化合物负荷,高水平运动员10 km跑台成绩没有明显提高,相反,Karlsson<sup>[56]</sup>发现碳水化合物能够提高30 km环城跑的成绩,Williams<sup>[57]</sup>发现30 km跑台的成绩有提高,通常与对照组相比,碳水化合物负荷不能全面提高运动员的跑速,但是能够保持运动员最后阶段的跑速。因此超过30 km以上跑步者和竞走者应该考虑应用碳水化合物负荷法。

##### 4.4.2 脂肪适应

长跑和竞走运动员在训练中应该具备较高的脂肪氧化能力,这是训练的一种必然适应。然而这种能力能够通过5天的训练中,给与较低的碳水化合物,高脂肪饮食的方法向上调节。对于训练的个体,在连续的次最大强度下运动脂肪适应能够显著的增加脂肪氧化和减少肌肉糖原的利用。这种方法的作用在碳水化合物负荷后,应用碳水化合物前期或者应用期间都能够保持。这种营养策略的组合被认为是为马拉松或竞走运动员准备期的最好方法。在最大化的增强脂肪氧化能力的情况下,优化碳水化合物的储备。对于耐力

和极端耐力运动员的影响却并不确切。

没有明显的证据表明开始的糖原节省会向下调节碳水化合物的代谢。Stellingwerff<sup>[58]</sup>认为脂肪适应和碳水化合物的补偿策略与调节碳水化合物代谢的关键酶丙酮酸脱氢酶的活性降低有关。这样的改变会在肌肉碳水化合物需要较高时降低肝糖原的分解速度。这也解释了在脂肪适应或碳水化合物负荷应用在模仿真实跑步的运动模式上-自我跑步,以及高强度训练和中等强度训练的相互穿插,这也弥补了高强度冲刺能力的不足。在很多耐力项目比赛中,重要的能力就是加速摆脱、翻越高山、终点的冲刺,都依赖运动员在高强度下的运动能力。有观点认为脂肪替代或者运动前耗竭策略不应该被长距离运动员采用。

##### 4.4.3 铁剂的应用

通常认为耐力运动员特别是长跑运动员有较高铁缺乏的危险性。由于铁离子在转运氧和酶功能方面有重要作用,通过测量血清铁,了解铁状况的方法而制定的运动员标准明显高于正常人。虽然长跑和竞走运动员真正由于铁缺乏导致贫血可能并不像认为的那么严重,但铁缺乏状态的发生或许对运动员的成绩或者对训练的适应有一定的影响,特别是高原训练。长距离运动员的铁需要应该更多些,因为胃肠和溶血丢失的铁较多。然而最主要的原因还是低能量和低铁饮食。女性、素食者和那些限制饮食数量和种类的人群有较高的缺铁危险性。增加总铁和可利用铁饮食等干预手段能够阻止铁状况的下降。

许多长跑运动员试图通过服用铁营养剂进行自我治疗。然而,对于没有证实出现铁状况问题的人服用铁剂会出现铁过负荷的危险。Nielsen<sup>[59]</sup>通过连续3个月每天100 mg的供给,能够恢复机体的铁储备。在某些不能通过饮食手段获得足够铁的情况下,可以通过连续应用小剂量铁来阻止进行性的铁消耗。在铁特别缺乏或者口服铁不能满足需要的情况下,肌肉注射铁能够快速增加铁储备。然而没有明显的证据表明口服铁剂对运动员的能力有额外的好处,但有较高的负面影响。对于那些没有达到理想铁状态的运动员,铁离子的注射不会增加血红蛋白的水平或者其他的铁成分。

##### 4.4.4 咖啡因

咖啡因能增加一些运动员的成绩。Maughan<sup>[60]</sup>最近给予耐力性训练前和训练中小剂量的咖啡因,研究发现,与服用大剂量咖啡因(6~9 mg/kg)相比,作用的效果是相似的。3 mg/kg的咖啡因摄入就能增加跑步的能力,包括8 km跑。然而在18 km公路赛中Van Nieuwenhoven<sup>[61]</sup>给与非常小剂量的咖啡因(1.3 mg/kg),运动员的运动成绩没有明显的提高。

##### 4.4.5 肌酸

肌酸负荷能加强重复性的冲刺训练,通常认为长距离运动员不宜采用这种方法。Balsom<sup>[62]</sup>研究发现应用肌酸负荷后,运动员在6 km环城跑的成绩有了较小的下降,可能是增加了运动员体重的结果。Nelson<sup>[63]</sup>认为尽管肌酸负荷增加了肌肉对糖原再合成能力,但是引起的体重增加会限制长跑运动员的能力,特别是山区比赛中。正常状态下热应激会限制运动员成绩,对水合甘油能够加强健康状况下体温调节功能还需要进一步研究。

目前市场上诸如强力营养剂等大多数声称能够提高成绩



补充剂和复合物的作用没有被科学研究所证实。当然, 这需要进行更多的研究, 应用严格控制和认真选择的程序对这些产品进行检测。

## 5 投掷、跳越、全能运动员的营养策略

优秀投掷、跳越和全能运动员营养需要, 膳食摄入和身体成分的研究较少。男子十项全能运动员和女子七项全能运动员, 这些项目需要运动员有良好的速度, 耐力, 力量, 爆发力和广泛的运动技巧。十项全能运动员需要在两天内进行100 m、跳远、铅球、跳高、400 m、110 m栏、铁饼、撑杆跳、标枪和1 500 m跑。女子七项全能则要进行100 m栏、铅球、跳高、200 m、跳远、标枪和800 m。投掷项目包括铅球、铁饼、标枪和链球, 需要运动员有良好的力量、爆发力、速度和一定的技术。成功的铅球选手体重很大, 上肢和下肢都十分发达。他们需要产生动力性的爆发力, 把铁制的球投的尽可能远。铁饼选手需要在一定的范围内, 使铁饼以最快的速度旋转, 并且像铅球选手一样有着良好的节奏感。标枪的重量低于其他投掷类器械, 需要选手快速跑动, 均匀的加速, 快速的投掷。链球选手需要相对大的体重和包括力量, 速度和放松这样的投掷技巧。

### 5.1 投掷、跳越、全能项目营养面临的主要问题

根据训练的周期性原则, 依据特异性, 强度和训练量差异把训练分为不同的周期, 营养的应用原则是根据训练的周期性, 安排不同的营养和膳食方案。运动员为了达到更好的训练和比赛目标, 几种营养因素需要被考虑到: 满足营养需要; 保证足够的水分, 在训练期, 训练中和训练后要消耗足够的液体和电解质; 碳水化合物的摄入时间为能量的来源提供足够多的燃料, 蛋白质对肌肉的修复, 生长和维持; 蛋白质的摄入来满足蛋白质的合成和转换的需要; 选择有效的营养和膳食补充剂。

### 5.2 投掷、跳越、全能项目训练中的营养

在准备期的训练中, 运动员应该努力达到他们比赛时的体重和体成分, 提高或者维持他们的肌肉力量和爆发力。O' Connor<sup>[64]</sup>对不同运动员体重、体成分、爆发力/重量的比值与运动成绩之间的关系及减少体重和体成分的策略都进行了详细的阐述。在训练, 比赛和两者之间的转换阶段营养需要是不同的。碳水化合物是主要的能量供给物, 蛋白质的需要量应该能满足肌肉形成和转换需要的氨基酸, 脂肪提供剩余的能量。

#### 5.2.1 训练中碳水化合物的摄入

Hargreaves<sup>[65]</sup>等认为体内储存碳水化合物的消耗是导致疲劳和运动能力下降的一个潜在因素。低强度或者类似技术练习这样较低强度训练后应该摄入3~5 g/kg碳水化合物来满足恢复阶段的营养需要; 在持续时间超过1 h的中等强度训练后恢复阶段需要摄入5~7 g/kg; 而在持续时间为1~3 h的中等强度或者高强度训练中就需要摄入7~12 g/kg来满足机体恢复阶段的能量需要。

与运动训练相关的碳水化合物摄入是很重要的。Hargreaves<sup>[65]</sup>认为应该在运动训练前1~4 h摄入1~4 g/kg的碳水化合物。跳高, 投掷和全能运动员的训练时间通常持续1.5~3.0 h, 主要消耗运动员的糖原储备。如果这些储

备在运动后没有及时恢复, 在接下来的训练中运动员的训练就会受到影响。力量训练能够增加肌肉的重量, 满足爆发力和重量的比例也需要足够的碳水化合物来提供能量, 确保整体的能量需要, 使蛋白质能更好的满足肌肉的生长和替代。运动员在中等强度或者持续时间超过1 h的间歇训练中应事先安排好碳水化合物的摄入, 通常推荐这种类型的训练摄入0.5~1 g/kg·h, 或者在整个训练阶段摄入30~60 g/h, 分散在10~30 min内。

Burke<sup>[66]</sup>等人研究发现在运动结束后的第一个小时糖原的恢复速度最快, 因此运动员应该安排好运动后的饮食, 以便更好的保持糖原的含量。运动结束后消耗1.0~1.2 g/kg, 运动后2 h再摄入同样的碳水化合物有助于补充糖原的含量。这种加强阶段的糖原储备与运动诱导的糖原活性酶增加有关, 运动诱导胰岛素的敏感性增加, 肌肉细胞膜对葡萄糖的传递。

碳水化合物作为微营养素对糖原的补给有一定作用。一些研究表明联合应用蛋白质能加强糖原的储备, 但这没有为所有的研究所证实。这种矛盾的结果在于试验设计时营养素的供给时间以及碳水化合物的总供给量不同。Ivy<sup>[67]</sup>应用碳水化合物和碳水化合物加蛋白质两组实验中, 在同样的间隔时间内, 运动后发现糖原的储备没有差异, 而应用2 h的间隔出现了不同。这些结果表明频繁的应用碳水化合物可能抵消了蛋白质在增加糖原再合成中的额外作用。Jentjens<sup>[68]</sup>在摄入大量的碳水化合物时(1.0 g/kg), 额外的蛋白质对糖原的再合成不能表现出任何的作用。

虽然运动之间的间隔时间很短, 但同样时间内应用碳水化合物和蛋白质饮食或者饮料比单纯应用碳水化合物在提高糖原方面的作用更大。目前还不清楚在运动后碳水化合物和蛋白质是否能够提高糖原的再合成, 特别的恢复时间比较短的运动中。但是联合应用碳水化合物和蛋白质饮食不会降低糖原的再合成作用。

#### 5.2.2 训练中蛋白质的摄入

蛋白质提供的氨基酸在蛋白质的形成和替代中起重要作用, 并且能够提供能量。Burke<sup>[69]</sup>男性爆发力运动员高阻力训练阶段, 应用1.5~1.7 g/kg蛋白质可以弥补他们在训练早期的蛋白质需要。高度训练的运动员在大强度和高负荷训练中摄入1.7 g/kg·day能够完全满足蛋白质的需要。这种蛋白质需要的原则也同样适用于女运动员。

Tamopolsky<sup>[70]</sup>报道大多数的爆发性运动员习惯摄入较高的蛋白质。据估算男性投掷运动员的蛋白质摄入为1.65 g/kg·day, 女性为1.14 g/kg·day。女性全能运动员通过膳食摄入蛋白质大约为1.4 g/kg·day。在赛季结束和训练转换阶段, 运动负荷和持续时间较短, 蛋白质的需求较少, 与恢复期的需求比较相似(0.8~1.0 g/kg·day)。

对于不同个体运动员精确的推荐蛋白质的摄入量是矛盾的。Tipton<sup>[71]</sup>最近回顾性研究表明对于蛋白质一致的需求是不现实的, 因为影响需求的因素很多。对于个体蛋白质的需要有两个因素很重要。首先, 全身能量的需要必须满足, 消化的蛋白质能够满足肌肉的修复, 维持和生长。其次, 蛋白质摄入的时间对运动相关的肌肉的无氧反应有无影响。

在跳高、投掷和全能运动员发展力量和爆发力阶段, 蛋白质摄入的时间很重要。Tipton<sup>[71]</sup>认为在肌肉增生、提高





爆发力和围度的比值作为运动员的主要目标时,重点应该放在保证充足的蛋白质和能量摄入上。应该确保蛋白质的消耗不会用来弥补其他营养素的不足,特别是碳水化合物,这对运动员的成功是很重要的。

食物来源的蛋白质能够提供所有的氨基酸,来满足蛋白质的需要。蛋白质补充剂可能是蛋白质和氨基酸的便利来源,但他们的作用并不比食物来源的更有效。

### 5.2.3 训练中液体的摄入

Coyle<sup>[72]</sup>认为正常水合状态能够延缓疲劳和一些与缺水相关的疾病。体重的改变和尿液颜色的变化可以用来评价机体的缺水状态,丢失1 L水分需要通过饮用1.5 L水来满足需要。通常运动员正常水合状态下尿液的颜色是黄色的,缺水状态时尿液的颜色会比较深。摄入过量的维生素同样也会改变尿液的颜色。

在运动前、中、后饮用足够多的液体对运动员促进恢复和准备后面的训练十分必要。其指导方针是运动员运动前4 h应该饮用5~7 ml/kg。Sawka<sup>[73]</sup>认为如果运动员尿量比较少或者尿液的颜色比较深,浓度较高,那么在运动前2 h还需要增加3~5 ml/kg。目前关于液体摄入和替代的指导方针和策略是基于满足丢失的目的。Casa<sup>[74]</sup>等认为取得理想的水合状态是比较困难的,但是限制液体的丢失在体重的2%以内是可行的,研究表明这不会对运动员的能力有较大影响。Shirreffs<sup>[75]</sup>等人研究了训练前中后液体的特异性指导原则。Armstrong<sup>[76]</sup>认为中等量(300~400 mg/day)的快速摄入和长期摄入咖啡因对训练中的水合状态没有什么消极影响。由于发现一些运动员摄入咖啡因有胃肠道不适症状,神经系统有过度刺激反应和失眠现象,在摄入咖啡因的时候要特别注意这方面的副作用。

### 5.2.4 训练中维生素和矿物质的摄入

对运动员维生素和矿物质的研究限制在女性人群和少数的运动项目。Volpe<sup>[77]</sup>最近的回顾性文章表明饮食中钙在女性运动员中较低,而女性运动员饮食中钙和铁离子的摄入较低。唯一评价全能运动员饮食的研究表明女性七项全能运动员没有摄入足够的维生素E。对于跳高,投掷和全能运动员关于维生素和矿物质摄入的研究比较少,因此很难仅从膳食中得出这些营养素对运动员运动能力的影响。Volpe<sup>[77]</sup>认为DRI对于微营养素的安排能够满足运动员的需要,只要运动员从推荐的丰富食物来源中满足他们的能量需要。对于这些运动员,维生素和矿物质供给在DRI推荐的范围内就是合适的。

一些维生素和矿物质的作用是抗氧化(特别是维生素E,维生素C),已经引起了足够的重视,因为运动训练会引起较高水平的氧化作用。有限的证据表明运动员需要通过饮食和抗氧化补充剂来获得抗氧化物,进而提高他们的成绩。Atalay<sup>[78]</sup>关于饮食抗氧化剂的研究发现每个运动员对于抗氧化物的需要是不同的,因此在供给抗氧化物时要进行一定的评估。运动员在考虑应用抗氧化物时,如果不是特别需要,应选择多功能的营养素。全麦、水果、蔬菜、坚果都能提供抗氧化物。

### 5.3 投掷、跳越、全能项目比赛阶段的营养

在比赛阶段计划营养支持对于所有的运动员特别是全能运动员是很重要,因为全能运动员要在两天的时间内完成所有的项目。

### 5.3.1 比赛中液体的摄入

液体应该在第一项开始的较长时间内饮用,并且应该个体化。在热身前2 h到4 h内饮用液体。在比赛前充分利用休息室很重要,因为大多数运动项目不允许在比赛时使用休息室。跳高、投掷和全能运动员在参与所有的项目中间都有一个较短时间的休息。这种安排会使运动员在运动前和运动后有充足的时间进行水合作用从而减少缺水的发生。Shirreffs<sup>[79]</sup>认为运动员应该特别注意饮用的水过量,这样会导致比赛时体重和水分过多。运动员在比赛时应该根据他们的比赛安排个性化的液体摄入量,从而避免缺水和过水合现象,当运动员在较高温度、湿度下或者持续时间超过60~90 min进行高强度的训练时,应该饮用含有碳水化合物和电解质的饮料。在常用的碳水化合物-电解质饮料中,电解质主要提供钠和钾,而碳水化合物主要提供一些能量。

在比赛时液体和电解质的摄入能够减少中暑性痉挛的发生。Ganio<sup>[80]</sup>研究表明中暑性痉挛在大腿和小腿活跃性的肌肉中经常出现,因此应用这些肌肉群的运动员如果饮用水的策略不很适合会增加中暑性痉挛的危险性。中暑性痉挛的机制还不是很清楚,尽管已经发现有大量的液体和钠的丢失。因此运动员不仅需要关注训练时液体的丢失,也要注意由于流汗导致的钠丢失。简单的策略就是在比赛时服用含钠的饮料和食物,阻止中暑性痉挛。

Ganio<sup>[80]</sup>认为比赛后的恢复不仅包括休息还包括水和燃料的再补充,这对全能运动员特别重要,因为他们要在两天的时间内参加7~10项的比赛。参加这么多项目的比赛增加了运动员缺水的危险性,在较热环境比赛时特别是最后一天降低运动员的能力。Shirreffs<sup>[79]</sup>认为与比赛前相比,运动员要恢复到原来的体重,每降低1 kg体重,就要相应的补充1.5 L的水。除了水量,运动员也要注意电解质的补充,主要是钠。一些研究表明通过在运动后补充含高钠饮料的再水合作用要优于程序化的应用饮料。

### 5.3.2 比赛中食物的摄入

Burke<sup>[69]</sup>通常推荐运动前1~4 h就餐高碳水化合物饮食,大约1~4 g/kg。Jeukendrup<sup>[81]</sup>赛前的饮食主要是碳水化合物为主的饮食或者类似的食物,以不引起胃肠不适为宜,在比赛项目时间超过1 h的运动项目,碳水化合物的消耗应该能够补充糖原的储备并且保持能量在较高的水平。这些碳水化合物可以通过液体的形式补充,如果条件允许的话,可以通过运动饮料的形式补充。

比赛后的饮食对于水分和碳水化合物的补充很重要。为了最大化保证运动能力,运动员在比赛前后以及比赛结束后应该安排合适的饮料和食物。

### 5.4 投掷、跳越、全能项目运动食品和补充剂

跳高、投掷和全能运动员对他们的关节给与了很大的压力。营养在保持关节健康方面有着重要的作用。对关节健康起主要作用的营养素包括:蛋白质、钙、磷、锌、维生素C、维生素D,维生素E。饮食中的欧米伽-3和胶原蛋白也能促进关节的健康。对于有关节伤病运动员可以应用几种关节健康的补充剂。目前,最通用的补充剂是硫酸氨基葡萄糖和硫酸软骨素。在骨质疏松病人给与安慰剂的对照试验中,不是特异性的运动员,应用这两种补充剂能够缓解关节的疼痛症状。对于中药和补充剂对关节健康的研究表



明在推荐优化的关节健康的补充剂前要进行更多的研究。

能够提高速度, 力量和爆发力的补充剂和强力物质对跳高、投掷和全能运动员也是有作用的。这些补充剂包括肌酸、咖啡因和碳酸氢钠。碳酸氢钠对于跳高和投掷项目运动员的作用效果不是很大, 但对于全能运动员在 400 m 到 5 000 m 的能力有提高作用。运动员应该注意的是污染的维生素、矿物质和其他的营养补充剂可能会导致误用兴奋剂的事件。

### 参考文献:

- [1] Burke, L.M., Kiens, B., & Ivy, J.L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, 22, 15-30.
- [2] Hargreaves, M., Hawley, J. and Jeukendrup, A. (2004). Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences* 22, 31-38.
- [3] Burke, L.M. (2007). Training and competition nutrition. In *Practical sports nutrition: A sport-specific approach to nutrition for optimal performance*. 5-12.
- [4] Paul G.L. (1989). Dietary protein requirements of physically active individuals. *Sports Medicine*, 8, 154-176.
- [5] DeCombaz, J. (2003). Nutrition and recovery of muscle energy stores after exercise. *Sportsmedicine and Sporttraumatologie*, 51, 31-38.
- [6] Koopman, R., Manders, R.J., Jonkers, R.A., Hul, G.B., Kuipers, H., & van Loon, L.J. (2005) Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 525-534.
- [7] Hawley, J.O., Brouns, F. & Jeukendrup, A.E. (1998) Strategies to enhance fat utilization during exercise. *Sports Medicine*, 25, 241-257.
- [8] Stellingwerff, T., Spriet, L.L., Watt, M.J., Kimber, N.E., Hargreaves, M., Hawley, J.A. et al. (2006). Decreased PDH activation and glycogenolysis during exercise following fat adaptation with carbohydrate restoration. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 290, E380-E388.
- [9] Costill, D.L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40, 149-154.
- [10] Phillips, S.M. (2006). Dietary Protein for Athletes: From Requirements to Metabolic Advantage. *Applied Physiology Nutrition Metabolism*, 273, 647-654.
- [11] Moore, D.R., Del Bel, N.C., Nizi, K.I., Hartman J.W., Tang, J. E., Armstrong, D., & Phillips, S.M. (2007). Resistance Training Reduces Fasted- and Fed-State Leucine Turnover and Increases Dietary Nitrogen Retention in Previously Untrained Young Men. *Journal of Nutrition*, 137, 985-991.
- [12] Tarnopolsky, M. (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20, 662-668.
- [13] Elliot, T.A., Cree, M.G., Sanford, A.P. Wolfe, R.R., & Tipton, K.D. (2006). Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 667-674.
- [14] Kimball, S.R., Farrell, P.A., & Jefferson, L.S. (2002). Invited review: Role of insulin in translational control of protein synthesis in skeletal muscle by amino acids or exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1168-1180.
- [15] Anthony, J.C., Yoshizawa, F., Anthony, T.G., Vary, T.C., Jefferson, L.S., and Kimball, S.R. (2000). Leucine stimulates translation initiation in skeletal muscle of postabsorptive rats via a rapamycin-sensitive pathway. *Journal Nutrition*, 130, 2413-2419.
- [16] Tipton, K.D., & Witard, O.C. (2007). Protein requirements and recommendations for athletes: Relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clinics in sports Medicine*, 26, 17-36.
- [17] Koopman R., Wagenmakers A.J., Manders R.J., et al. (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 290, E645-653.
- [18] Churchley, E.G., Coffey, V.G., Pedersen, D.J., Shield, A., Carey, K.A., Cameron-Smith, D., and Hawley J.A., (2007). Influence of preexercise muscle glycogen content on transcriptional activity of metabolic and myogenic genes in well-trained humans. *Journal of Applied Physiology*, 102, 1604-1611.
- [19] Biolo, G., Tipton, K.D., Klein, S., & Wolfe R.R. (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *American Journal of Physiology: Endocrinology and Metabolism*, 273, E122-E129.
- [20] Borsherm, E., Cree, M.G., Tipton, K.D., Elliott, T.A., Arslan, A., Wolfe, R.R. (2004). Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *Journal Applied Physiology*, 96, 674-678.
- [21] Abe, H. (2000). Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry (Moscow)*, 65, 757-765.
- [22] Hill, C.A., Harris, R.C., Kim, H.J., Harris, B.D., Sale, C., Boobis, L.H. et al. (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids*, 32, 225-233.



- [23] Suzuki, Y., Ito, O., Mukai, N., Takahashi, H., & Takamatsu, K. (2002). High level of skeletal muscle carnosine contributes to the latter half of exercise performance during 30-s maximal cycle ergometer sprinting. *Japanese Journal Physiology*, 52, 199-205.
- [24] Horswill, C. A. (1995). Effects of bicarbonate, citrate, and phosphate loading on performance. *International Journal of Sports Nutrition*, 5, S111-s119.
- [25] Harris, R. C., Hultman, E., (1992). Elevation of creatine in resting and exercise muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83, 367-374.
- [26] Skare, O.C., Wisnes, A.R., (2001). Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scandinavian Journal of medicine and Science in Sports*, 11, 96-102.
- [27] Terjung, R.L., Clarkson, P., Eichner, E.R., Greenhaff, P.L., Hespel, P.J., Israel, R.G., et al. (2000). The American College of Sports Medicine Roundtable on the physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 706-717.
- [28] Hespel, P., Maughan, R.J., Greenhaff, P.L., (2006). Dietary supplements for football. *Journal of Sports Science*, 24 749-761.
- [29] Burke, D.G., Chilibeck, P.D., Parise, G., Candow, D.G., Mahoney, D., & Tarnopolsky, M. (2003). Effect of Creatine and Weight Training on Muscle Creatine and Performance in Vegetarians. *Medicine Science Sports Exercise*, 35, 1946-1955.
- [30] Graham, T. E. (2001). Caffeine and exercise: Metabolism, endurance and performance. *Sports Medicine*, 31, 785-807.
- [31] Bell, D. G., McLellan, T. M., (2002). Exercise performance 1, 3, and 6 hours after caffeine ingestion. *Journal Applied Physiology*, 93, 1227-1234.
- [32] Koopman, R., Manders, R. J., Jonkers, R. A., Hul, G. B., Kuipers, H., & van Loon, L. J. (2005). Intramyocellular lipid and glycogen content are reduced following resistance exercise in untrained healthy males. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 525-534.
- [33] Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E., & Saltin, B. (1967). muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, 71, 140-150.
- [34] Onywera, V.O., Kiplamai, F.K., Tuitoek, P.J., Boit, M.K., & Pitsiladis, Y.P., (2004). Food and macronutrient intake of elite Kenyan distance runners. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 14, 709-719.
- [35] Burke, L.M., Cox, G.R., Cummings, N.K., Desbrow, B. (2001). Guidelines for daily carbohydrate intake: do athletes achieve them? *Sports medicine*, 31, 267-299.
- [36] Tarnopolsky, M.A. (1999). Protein metabolism in strength and endurance activities. In: Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine. *The Metabolic Basis of Performance in Exercise and Sport*, 125-164.
- [37] Maughan, R.J., Greenhaff, P.L., (1991). High intensity exercise performance and acid-base balance: The influence of diet and induced metabolic alkalosis. *Advances in Nutrition and Top Sport*, 147-165.
- [38] Matson, L.G., Tran, Z.V., (1993). Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *International Journal of Sport Nutrition*, 3, 2-28.
- [39] Douros, I., Fatouros, I.G., Gourgoulis, V., Jamurtas, A.Z., Tsitsios, T., Hatzinikolaou, A. et al. (2006). Dose-related Effects of Prolonged NaHCO<sub>3</sub> Ingestion During High-Intensity Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38, 1746-1753.
- [40] Harris, R.C., Tallon, M.J., Dunnett, M. Boobis L, et al. (2006). The absorption of orally supplied beta-alanine and its effects on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids*, 30, 279-289.
- [41] Zoeller, R.F., Stout, J.R., O'Kroy, J., Torok, D., Mielke, M. (2007). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on aerobic power, ventilatory and lactate thresholds, and time to exhaustion. *Journal of Amino Acids*, 33, 505-510.
- [42] Hoffman, J., Ramesh, N., Kang, J., Mangine, G., Faigenbaum, A., Stout, J. (2006). Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 430-446.
- [43] Burke, L.M. (2007). Middle-and long-distance running. In *Practical Sports Nutrition*. 109-140.
- [44] Manore, M.M., Kam, L.C., Loucks A.B., (2007). The female athlete triad: Components, nutrition issues, and health consequences. *Journal of sports sciences*, 25, S61-S71.
- [45] Kerman, J.P., Costill, D.L., Mitchell, J.B., Houmard, J.M., Flynn, M.G., Fink, W. J. et al. (1988). Carbohydrate balance in competitive runners during successive days of intense training. *Journal of Science in Sports and Exercise*, 65, 2601-2606.
- [46] Sherman, W.M., Doyle, J.A., Labm, D.R., (1993). Dietary carbohydrate, muscle glycogen, and exercise performance during 7 d of training. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 27-31.
- [47] Hawley, J.A., Gibala, M.J., & Berman, S. (2007). Innovations in athletic preparation: Role of substrate availability to modify training adaptation and performance. *Journal of Sports Sciences*, 25, S115-S124.
- [48] Nimmo, M.A., Ekblom, B., (2007). Fatigue and illness in athletes. *Journal of Sports Medicine*, 37, 485-489.
- [49] Tarnopolsky, M.A., MacDougall, J.D., & Atkinson, S.A. (1988). Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *Journal of Applied Physiology*, 64, 187-193.
- [50] Roy B.D., Luttmer, K., Bosman, M.J., & Tarnopolsky, M.A., (2002). The influence of post-exercise macronutrient intake on energy balance and protein metabolism in active females participating in endurance training. *International Journal of Sport Nutrition Exercise Metabolism*, 12, 172-188.



- [51] Millard-Stafford, M., Roskopf, L.B., Snow, T.K., & Hinson, B. T., (1997). Water versus carbohydrate-electrolyte ingestion before and during a 15-km run in the heat. *International Journal of Sport Nutrition*, 7, 26-38.
- [52] Almond, C.S.D., Shin, A.Y., Fortescue, E.B., Mannix, R.C., Wypij, D., Binstadt, B.A. et al. (2005). Hyponatremia among runners in the Boston marathon. *New England Journal of Medicine*, 352, 1550-1556.
- [53] Hargreaves, Mark., (1999) Metabolic responses to carbohydrate ingestion: effects on exercise performance, Perspectives in exercise science and sports medicine, *The metabolic basis of performance in exercise and sport*, 12, 93-124.
- [54] Bussau, V.A., Fairchild, T.J., Rao, A., Steele, P., & Fournier P. A., (2002). Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *European Journal Applied Physiology*, 87, 290-295.
- [55] Pitsiladis, Y.P., Duignan, C., & Maughan, R.J, (1996). Effects of alterations in dietary carbohydrate intake on running performance during a 10 km treadmill time trial. *British Journal of Sports Medicine*, 30, 226-231.
- [56] Karlsson, J., & Saltin, B., (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *Journal Applied of Physiology*; 31,203-206.
- [57] Williams, C., Brewer, J., & Walker, M., (1992). The effect of a high carbohydrate diet on running performance during a 30-km treadmill time trial. *European Journal Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65, 18-24.
- [58] Sterllingwerff, T., Boit, M., & Res, P. (2007). Nutritional strategies to optimize training and racing in middle-distance athletes. *Journal of Sports Sciences*, 25, S17-S28.
- [59] Nielsen, P., & Nachtigall, D., (1998). Iron supplementation in athletes. Current recommendations. *Sports Medicine*, 26, 207-16.
- [60] Maughan, R.J., Depiesse, F., & Geyer, H. (2007). The use of dietary supplements by athletes. *Journal of Sports Science*, 25, S103-S113.
- [61] Van Nieuwenhoven, M.A., Brouns, F., & Kovacs, E.M.R., (2005). The effect of two sports drinks and water on GI complaints and performance during an 18-km run. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 281-285.
- [62] Balsom, P.D., Ekblom, B., et al. (1993). creatine supplementation and dynamic high intensity intermittent exercise. *Scandinavian Journal of Medicine Science sports*, 3, 143-149.
- [63] Nelson, A.G., Kokkonea, J., (2001). Muscle glycogen supplementation is enhanced by prior creatine supplementation. *Medicine and science in Sports and exercise*, 33, 1096-1100.
- [64] O'Connor, G.J.M., Olds, T., & Maughan, R.J, (2007). Physique and performance for track and field events. *Journal of Sports Sciences*, 25 S29-S46.
- [65] Hargreaves, M., Hawley, J., & Jeukendrup, A., (2004). Pre-exercise carbohydrate and fat ingestion: effects on metabolism and performance. *Journal of Sports Sciences*, 22, 31-38.
- [66] Burke, L.M. (2007). Training and competition nutrition. In Practical sports nutrition: A sport-specific approach to nutrition for optimal performance, 5-12.
- [67] Ivy, J.L., Goforth, H.W., Damon, B.D., McCauley, T.R., Parsons, E.C. & Price, T.B., (2002). Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *Journal of Applied physiology*, 93, 1337-1344.
- [68] Jentjens RL, van Loon LJC, Mann CH, et al. (2001). Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *Journal Applied Physiology*, 91: 839-846.
- [69] Burke, L.M., Millet, G., & Tarnopolsky, M.A. (2007). Nutrition for distance events. *Journal of Sports Science*, 25, S29-S 38.
- [70] Tarnopolsky, M. (2006). Protein and amino acid needs for training and bulking up. *Clinical sports nutrition*, 90-123.
- [71] Tipton, K.D., Witard, O.C., (2007). Protein requirements and recommendations for athletes: Relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clinics in Sports Medicine*, 26, 1, 17-36.
- [72] Coyle, E.F., (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *Journal of Sports Science*, 22, 39-55.
- [73] Sawka, M. N. Burke, L. M. Eichner, E. R. Maughan, R. J. Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine; American Dietetic Association; Dietitians of Canada. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. *Medical Science Sports Exercise*, 2000, 2130-2145.
- [74] Casa, D.J., Armstrong, L.E., Hillman, S.K., Montain, S.J., Reiff, R.V., Rich, B.S.E. et al. (2000). National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid replacement for athletes. *Journal of Athletic Training*, 35, 212-224.
- [75] Shirreffs, S. M., S. Chevront, et al. (2004). Fluid and electrolyte needs for the preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 22, 57-63.
- [76] Armstrong, L.E., Pumerantz, A.C., Roti, M.W., Judelson, D.A., Watson, G., Dias, J.C. et al. (2005). Fluid, Electrolyte, and Renal Indices of Hydration During 11 Days of Controlled Caffeine Consumption. *International. Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 15, 252-265.
- [77] Volpe, S.L., (2007). Micronutrient requirements for athletes. *Clinics in Sports Medicine*, 26(1), 119-130.
- [78] Atalay, M., Lappalainen, J., & Sen, C.K., (2006). Dietary antioxidants for the athlete. *Current Sports Medicine Report*, 5, 182-186.
- [79] Ganio M.S., D.J. Casa, L.E., Armstrong, C.M., Maresh. (2007). Evidence-based approach to lingering hydration questions. *Clinics in Sports Medicine*. 26, 1-16.
- [80] Shirreffs S.M, Casa D.J, Carter R. (2007) Fluid needs for training and competition in athletics. *Journal of Sports Science*, 25: S83-S91.
- [81] Jeukendrup, A.E., (2004). Carbohydrate intake during exercise and performance. *Nutrition*, 20, 669-677.

(责任编辑: 何聪)