

## 膳食脂肪对运动能力的影响及运动时脂代谢的调节

陈 梅

(长安大学 体育部, 陕西 西安 710064)

**摘 要:**就膳食脂肪对运动能力的影响以及脂肪代谢的调节作一综述。运动强度、时间不同,脂肪供能所占的比例不同,脂肪供能对运动成绩的影响也有所差异。运动时脂代谢的调节受多种因素的影响,激素敏感性甘油三酯脂肪酶(HSL)是酶解速度的主要控制因素。

**关 键 词:**膳食脂肪; 运动能力; 甘油三酯脂肪酶

**中图分类号:**G804.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2004)06-0049-03

### Effects of dietary fat on exercise performance and regulation of fat metabolism during exercise

CHEN Mei

(Department of Physical Education, Changan University, Xi'an 710064, China)

**Abstract:** Based on literature study, the author summarized effects of dietary fat on exercise performance and regulation of fat metabolism during exercise. Due to different intensity and time of exercise, the effect of the fat metabolism on performance existed difference. Many factors impact metabolism of fat, hormone-sensitive triglyceride lipase is the main one.

**Key words:** dietary fat; exercise performance; triglyceride lipase

运动时,脂肪酸氧化供能是脂肪供能的主要形式,肝和肌肉是进行脂肪酸氧化的最活跃组织,其最主要的氧化形式是 $\beta$ -氧化。研究证实,无论是口服还是静脉注射脂肪酸均可提高血浆游离脂肪酸的水平,在运动中可使肌糖原节省<sup>[1-4]</sup>。高脂膳食两周,在中等强度(60%最大吸氧量)运动期间不发生酮症,延缓疲劳<sup>[5]</sup>。虽在大强度训练中未见这些效果,但高脂膳食并未损害运动能力<sup>[6]</sup>。另有实验报道,通过对9名有训练的跑、游泳、自行车、体操和棒球男性运动员进行实验,运动前单一高脂膳食能导致血浆游离脂肪酸水平升高和运动前期碳水化合物氧化降低,但在运动后期没有这种表现,因此,高脂膳食血浆脂肪酸水平升高不能引起自行车运动员耐力的提高。可见运动前提高血液脂肪酸的水平对运动能力的影响报道并不一致,可能与摄入脂肪酸的类型以及运动强度大小、时间长短等不同有关。张勇等<sup>[7]</sup>研究表明:一次长时间疲劳运动导致雄性激素水平及其生物活性降低,而不饱和脂肪酸可能影响血清中游离睾酮水平。不饱和脂肪酸通过改变运动后内源性雄激素的分布状态,改变疲劳运动后低水平的激素活性状态,对机体运动能力的提高和疲劳的恢复具有生理学意义。这可能是脂肪酸提高运动能力的一个机制。

一般认为,不饱和脂肪酸由于富含双键,极易为强氧化剂如 $H_2O_2$ 、超氧化物阴离子自由基( $O_2^-$ )或羟自由基( $OH\cdot$ )

所氧化,即发生脂质过氧化作用。膜脂质过氧化继而可引起膜蛋白氧化,从而严重影响膜的结构和功能。随着年龄的增长,自由基介导的脂质过氧化程度不断加强,不饱和脂肪酸的比例下降<sup>[8]</sup>。许多研究支持磷脂膜不饱和的程度决定其过氧化的易感性<sup>[9,10]</sup>。经过一段时间的适应,生物膜脂肪酸的组成受膳食脂肪的影响<sup>[11,12]</sup>。肝脏、肌肉和心肌等细胞膜的成分对膳食脂肪酸有不同的适应能力,心肌细胞膜对这种由于膳食脂肪酸种类不同而造成膜成分的变化抵抗最强。这种影响细胞膜过氧化水平的特异性,依赖于膳食脂肪的类型和进入细胞膜脂肪酸组成的比率<sup>[13]</sup>。从这个角度看,膳食中保持不同类型脂肪酸的比例有着重要的意义。有人提出占总量30%的脂肪酸摄取中,饱和脂肪酸应当小于10%,多不饱和脂肪酸小于10%,单不饱和脂肪酸为10%~15%<sup>[14]</sup>。

Havel等<sup>[15]</sup>报道,运动过程中,血浆FFA浓度与血浆对FFA的吸收成正比。FFA从脂肪组织的转移速度与血浆白蛋白浓度、动脉FFA与白蛋白比例、脂肪组织的血流量有关。KINES等<sup>[16]</sup>研究发现99.9%的FFA在血浆中与血浆白蛋白结合运载,FFA的吸收可能只是小部分依赖于非蛋白结合的FFA。在离体灌注大鼠骨骼肌实验中发现,肌肉吸收无蛋白结合的FFA存在饱和现象,且吸收率不随FFA在血液中的浓度上升而上升。超过了FFA浓度,载体转运就出现饱和和现

收稿日期:2004-09-06

作者简介:陈梅(1970-),女,讲师,硕士研究生,研究方向:运动生化与营养。

象,说明细胞膜有限制转运的作用。长时间运动锻炼可以提高血浆中高密度脂蛋白(HDL)的含量,降低低密度脂蛋白(LDL)的含量,从而有利于脂肪的运输和分解,这是运动良好适应的结果。

脂肪组织中的脂解是由交感神经系统(SNS)激活,脂肪从脂肪细胞动员开始,甘油三酯(TG)从主要脂肪组织中转运到胞浆的酶裂解位点,在激素敏感性甘油三酯脂肪酶(HSL)作用下 TG 在胞浆水解。酶解的速度主要取决于 HSL 的活性,HSL 活性有许多抑制和激活因子。SNS 功能状态和循环系统中肾上腺素的水平起重要调节作用。对体外脂肪细胞研究发现,在超生理浓度情况下,碳酸酐酶(CA)、糖皮质激素(GC)、生长激素(GH)、促肾上腺皮质激素(ACTH)、促甲状腺素(TSH)、甲状腺素、肠激素等都有促进脂解作用,而在生理浓度水平的调节作用尚未得到证实。烟酸、前列腺素 E<sub>2</sub>、乳酸、酮体特别是胰岛素有抑制 HSL 的作用。SNS 系统肾上腺对运动时脂解的调节作用,是通过 CA 与  $\alpha$ 、 $\beta$  受体结合介导的,CA 与  $\beta$  受体结合调节刺激 HSL 活性增高;CA 与  $\alpha$  受体(主要是  $\alpha_2$  受体)结合则对脂解起抑制作用,具体表现为腺苷酸环化酶系统被激活,从而激活蛋白激酶系统。微透析研究证实: $\alpha$ -肾上腺素抑制性调节安静状态脂解,而运动时主要由  $\beta$ -肾上腺素刺激剂起作用;在体实验发现,使用  $\beta_2$ -受体阻断剂乙得安可以完全阻断运动引起的血浆游离 FFA 和甘油浓度的升高,而  $\beta_1$  受体阻断剂甲氧心安只起到部分阻断作用,说明受体的分型不同结果也不尽相同。

在低、中等强度运动中,由于肾上腺素和去甲肾上腺素对胰腺的抑制作用,血浆胰岛素浓度下降,导致脂解加强,血浆 FFA 浓度升高。同时,脂肪组织中, $\beta$  受体对 CA 敏感性升高,也引起脂肪组织的脂解加强<sup>[17]</sup>。近年针对脂肪细胞胰岛素受体的研究发现,胰岛素受体数目的改变及其亲和力的改变都会影响胰岛素对脂解的调节作用。如果脂肪细胞上只有 2%~5% 的胰岛素受体与胰岛素结合,则会表现出很强的抑制作用。毋庸置疑,在长时间运动中胰岛素水平降低,为骨骼肌更多地动用脂肪而节省糖的利用起到重要作用。在 60% 最大吸氧量运动强度,超过 20~30 min 的长时间运动中,动脉血自由脂肪酸持续而缓慢地升高,肌细胞吸收血浆自由脂肪酸的供能比例加大。而在大运动强度(大于 80% 最大吸氧量),循环系统中的肾上腺素浓度升高、伴有糖酵解增多、血浆乳酸浓度上升,使脂解下降,脂肪的合成代谢加强,从而导致 FFA 水平降低。在低于 30 min 的运动项目中,减少脂肪酸供能,是提高运动能力的重要生化因素。其原因是产生等量的 ATP 时,氧化脂肪酸耗氧量比氧化糖多 10% 左右;脂肪酸氧化供能输出功率也低于糖。

体外研究证实高脂饮食可导致肌肉和脂肪细胞胰岛素刺激的葡萄糖转运减少,其机制仍不清楚。当血糖浓度低时,G-3-P 形成减少,FFA 再脂化相应下降<sup>[18]</sup>。但也有结果表明:经短暂性缺血后再灌注心肌,脂肪酸氧化代谢明显升高,且葡萄糖的存在对再灌注心肌脂肪酸代谢影响较小;虽然缺血后再灌注心肌的线粒体功能受到一定的损害,但脂肪酸利用仍是优先增加的,这可能与再灌注心肌代偿性增加

脂肪酸分解代谢,以迅速补充缺血时所造成的能量耗损有关<sup>[19,20]</sup>。由于运动及其恢复过程与缺血-再灌注有某种相似之处,推测脂肪酸代谢能力对运动恢复也有一定的作用。在运动恢复期,葡萄糖对脂肪酸代谢的影响尚未见报道。

#### 参考文献:

- [1] Dyck D J, Putman C T, Heigenhauser G J, et al. Regulation of fat-carbohydrate interaction in skeletal muscle during intense aerobic cycling[J]. *Am J Appl Physiol*, 1993, 265(6): 852-859.
- [2] Vukovich M D, Costill D L, Hickey M S, et al. Effect of fat emulsion infusion and fat feeding on muscle glycogen utilization during cycle exercise[J]. *J Appl Physiol*, 1993, 75(4): 1513-1518.
- [3] Griffiths A J, Humphreys S M, Clark M L, et al. Immediate metabolic availability of dietary fat in combination with carbohydrate[J]. *Am J Clin Nutr*, 1994, 59(1): 53-59.
- [4] Griffiths A J, Humphreys S M, Clark M L, et al. Forearm substrate utilization during exercise after a meal containing both fat and carbohydrate[J]. *Clin Sci*, 1994, 86(2): 169-175.
- [5] Lambert E V, Speechly D P, Dennis S C, et al. Enhanced endurance in trained cyclists during moderate intensity exercise following 2 weeks adaptation to a high fat diet[J]. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1994, 69(4): 287-293.
- [6] 闻芝梅. 现代营养[M]. 陈君实译. 北京: 人民卫生出版社, 1998: 404.
- [7] 胡慧, 张勇, 陆一帆, 等. 70%  $VO_{2max}$  疲劳运动和口服不饱和脂肪酸对血清雄激素的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2002, 21(1): 30-32.
- [8] 刘惠敏, 骆子生, 李兴发, 等. 大鼠不饱和脂肪酸的代谢变化与衰老的关系[J]. *中国老年学杂志*, 2002, 22(1): 42-43.
- [9] Huertas J R, Bsyino M, Lenaz G, et al. Changes in mitochondrial and microsomal rat liver coenzyme Q9 and Q10 content induced by dietary fat and endogenous lipid peroxidation[J]. *FEBS Lett*, 1991, 287: 89-92.
- [10] Halliwell B, Chirico S. Lipid peroxidation: Its mechanism, measurement and significance[J]. *Am J Clin Nutr*, 1993, 57: 715-722.
- [11] Mattson F H, Grundy S M. Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins[J]. *J Lip Res*, 26: 194-202.
- [12] Periago J L, Suarez M D, Pita M L. Effect of dietary olive oil, corn oil, and medium-chain triglycerides on the lipid composition of rat red blood cell membranes[J]. *J Nutr*, 1990, 120: 986-994.
- [13] Jose Mataix, Jose L Queiles, Jesus R Huertas, et al. Tissue specific interactions of exercise, dietary fatty acids, and vitamin E in lipid peroxidation[J]. *Free Radical Biology & Medicine*, 1998, 24(4): 511-521.
- [14] 陈吉楦, 王建芳, 李可基, 等. 推荐的运动员膳食营养供给量建议和说明[J]. *营养学报*, 1991, 13(3): 286-290.

- [15] Bulow J. Regulation of lipid metabolism in exercise[J]. Can J Sport Sci, 1987, 12: 117 - 119.
- [16] Kiens B, Essen - Gustavsson B, Christensen N J, et al. Skeletal muscle substrate utilization during submaximal exercise in man: effect of endurance training[J]. J Physiol, 1993, 469: 459 - 478
- [17] Wahrenber H, ENGFELDT P, BOLINDER J, et al. Acute adaptation inadrenergic control of lipolysis during physical exercise in humans[J]. Am J Physio, 1987, 253: 383 - 390.
- [18] Wolfe R R, Klein S. Role of triglyceride fatty acid cycle in controlling fat metabolism in human during and after exercise[J].

Am J Physiol, 1990, 258: 382 - 289

- [19] Renstrom B, Nellis S H, Liedke A J. Metabolic oxidation of glucose during early myocardial reperfusion[J]. Circ Res, 1989, 65. 1094 - 1101
- [20] 黄钢, Michel Comet, 赵惠扬, 等. 离体鼠心脏短暂缺血后再灌注时脂肪酸代谢的变化[J]. 中华核医学杂志, 1998, 18 (3): 167 - 169.

[编辑: 郑植友]

## 第16届全国体育院校学报研究会年会会议纪要

第16届全国体育院校学报研究会年会于2004年8月17~21日在成都体育学院召开,来自全国23所体育院校的学报工作者和部分论文作者50多人出席了会议。成都体育学院副院长陈宁教授、四川省委宣传部理论处处长王素同志、中国体育科学学会编辑学组组长李晓宪同志亲临大会,并作重要讲话;中国高校自然科学学报研究会理事长陈浩元同志也向大会发来了贺信。

此次会议召开之时,正值我国体育健儿在雅典奥运会上为祖国荣誉顽强拼搏、争金夺银之日,与会代表倍受鼓舞。会议围绕着“深入探讨体育院校学报可持续发展之路”这一主题,开展了体育院校学报编辑理论与实践、存在的问题及对策等学术研讨(论文交流),气氛非常活跃。

本届年会大会交流论文10篇。与会代表通过无记名评分的方式评选了优秀论文。成都体育学院王宏江同志的“论编辑意识现代化与高校学报可持续发展”、沈阳体育学院郭长寿同志的“体育学术期

刊存在的问题及对策研究”等4篇论文获一等奖;山东理工大学体育学院张永军、李丰祥同志的“创新视角中的中文体育类核心期刊研究”、北京体育大学李勇勤、孔垂辉同志的“关于提高体育院校学报质量的思考”等6篇论文获二等奖。

会议期间,全国体育院校学报研究会理事长冉强辉编审向与会代表通报了教育部组织的2004年全国高等学校优秀科技期刊、优秀编辑、优秀编辑学论著评比工作情况,使大家充分了解目前体育院校学报办刊过程中存在的主要问题。另外,常务理事会议召开,同意增补首都体育学院王子朴同志为研究会理事(王港同志因工作需要,已调离学报编辑部)。

成都体育学院领导、科研处和学报编辑部给予了人力和财力的支持,并付出了艰辛的劳动,使本次会议圆满成功,与会代表向他们表示衷心的感谢!

全国体育院校学报研究会  
2004年8月22日