

轻松 降血脂

QINGSONG
JIANGXUEZHI

黄世敬 © 主编



金盾出版社

轻松降血脂

主 编 黄世敬

副主编 王彦云

编 委 (以姓氏拼音为序)

白文山 陈 雯 陈宇霞 黄世敬

潘菊华 王彦云 吴 巍 谭 赛

张晓南 张 颖 张永超



金盾出版社

内容提要

本书分四章,第一章基础知识,介绍血脂的生理作用、分布、代谢及正常范围,血脂异常的病因、危害、临床表现等;第二章自然疗法,介绍对降血脂有积极作用的运动方法和健康生活方式;第三章食物疗法,介绍常见降血脂食物及食疗验方;第四章药物治疗法,介绍常用中西医治疗药物、组方和用法、用量。本书内容丰富,方法科学实用,适合高脂血症患者和中医爱好者阅读,也可供临床医生和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轻松降血脂/黄世敬主编. —北京:金盾出版社,2015. 3
ISBN 978-7-5082-9662-3

I. ①轻… II. ①黄… III. ①高脂血症—防治 IV. ①R589.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 201538 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京盛世双龙印刷有限公司

正文印刷:双峰印刷装订有限公司

装订:双峰印刷装订有限公司

各地新华书店经销

开本:705×1000 1/16 印张:13.75 字数:190 千字

2015 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~5 000 册 定价:42.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)



前言

心脑血管病是我国人口死亡的第一位原因。近年来,缺血性脑卒中和冠心病的发病率、死亡率明显上升,说明以动脉粥样硬化为基础的缺血性心脑血管病发病率正在升高。而血清总胆固醇或低密度脂蛋白胆固醇的升高正是心脑血管病发病的独立危险因素之一。为此,对血脂异常的防治必须及早给予重视。

血脂异常通常是指血浆中胆固醇或三酰甘油的升高。实际上,血脂异常也泛指包括低高密度脂蛋白胆固醇血症在内的各种血脂异常。血脂虽占全身脂类的极小部分,但因其与动脉粥样硬化的发生、发展有密切关系,故备受公众关注。据调查,我国成人中血总胆固醇或三酰甘油升高者占10%~20%,甚至也有近10%的儿童血脂升高,而且血脂异常的发生率还有逐渐上升的趋势。专家研究证明,血脂异常与我国人民的生活水平明显提高、饮食习惯发生改变等原因有密切关系。

本书强调血脂异常早期防治的重要性,通过对血脂异常相关防治知识的普及,旨在帮助大众,尤其是中老年人群建立对血脂异常的正确认识,科学普及血脂异常防治的相关知识,并提供相关防治方法以延缓或减少心脑血管疾病的发生和危害。

由于科学研究进展迅速,本书根据相关文献研究进行整理,内容难免有错谬之处,敬请读者批评指正。

作 者



目 录

第一章 基础知识

一、脂质与血脂	(2)
(一)脂质与血脂的区分	(2)
(二)结构与特性	(3)
(三)生理作用	(4)
(四)消化与吸收	(5)
(五)合成、分布与代谢	(7)
(六)血脂成分	(9)
二、血脂检查	(11)
(一)要检查血脂的人群	(11)
(二)血脂检查注意事项	(12)
(三)家用血脂仪相关知识	(13)
(四)血脂正常值范围	(18)
三、血脂异常	(19)
(一)血脂异常的分类、患病率及危害性	(19)
(二)发病因素	(23)
(三)临床表现	(25)
(四)诊断	(26)
(五)治疗	(28)
(六)预防	(35)
四、调脂的意义	(35)



轻松

降血脂

- (一) 强调早期调脂 (35)
- (二) 重视血脂达标 (36)
- (三) 血脂异常防治任重道远 (36)

第二章 自然疗法

- 一、运动疗法 (40)
 - (一) 运动调血脂原则 (40)
 - (二) 运动调血脂注意事项 (43)
 - (三) 推荐运动方式 (46)
- 二、行为疗法 (56)
 - (一) 生活方式与血脂异常 (56)
 - (二) 防治血脂异常的日常行为方式 (57)

第三章 食物疗法

- 一、食疗原则 (68)
 - (一) 多吃谷类果蔬少吃肉 (68)
 - (二) 限制饮酒多喝茶 (69)
- 二、调脂食物 (69)
 - (一) 蔬菜类 (69)

大蒜 (69)	海带 (79)
洋葱 (71)	辣椒 (80)
菜花 (72)	菠菜 (82)
苦瓜 (73)	南瓜 (83)
芹菜 (75)	冬瓜 (84)
黄瓜 (76)	番茄 (86)
茄子 (77)	



轻松降血脂

Qingsong jiangxue zhi 2



(二)水果类	(87)
苹果	(87)
香蕉	(88)
荔枝	(90)
柚子	(91)
西瓜	(92)
葡萄	(94)
柠檬	(95)
草莓	(96)
猕猴桃	(98)
橄榄	(99)
(三)豆类	(100)
大豆	(100)
绿豆	(102)
绿豆芽	(104)
(四)干果类	(105)
腰果	(105)
榛子	(106)
花生	(108)
(五)粮油类	(109)
粟米	(109)
橄榄油	(110)
鱼油	(111)
黑芝麻	(112)
薏米	(113)
荞麦	(115)
燕麦	(116)
玉米	(117)
(六)海鲜类	(118)
青鱼	(118)
牡蛎肉	(120)
海参	(121)
(七)其他类	(122)
酸奶	(122)
牛奶	(124)
蜂蜜	(125)
蜂胶	(126)
醋	(127)

第四章 药物治疗

一、治疗原则	(132)
(一)不同调脂药物的联合应用	(132)





(二)治疗过程的监测	(135)
(三)各类调脂药物的合理使用	(136)
二、调脂西药	(139)
(一)他汀类	(139)
洛伐他汀	(139)
辛伐他汀	(140)
氟伐他汀	(140)
普伐他汀	(141)
阿托伐他汀	(142)
瑞舒伐他汀	(143)
(二)贝特类	(143)
吉非贝齐	(143)
非诺贝特	(144)
苯扎贝特	(144)
环丙贝特	(145)
(三)其他类	(145)
烟酸	(145)
胆酸螯合药	(146)
胆固醇吸收抑制药 ...	(146)
普罗布考	(147)
n-3 脂肪酸制剂	(147)
三、调脂中草药	(148)
(一)消食调脂类	(148)
麦芽	(148)
山楂	(149)
神曲	(151)
(二)通便调脂类	(153)
大黄	(153)
何首乌	(154)
决明子	(156)
瓜蒌	(157)
(三)清热调脂类	(158)
虎杖	(158)
黄连	(160)
黄芩	(162)
栀子	(163)
金银花	(165)
茵陈	(166)
(四)活血调脂类	(168)
丹参	(168)
红花	(169)
桃仁	(171)
郁金	(172)

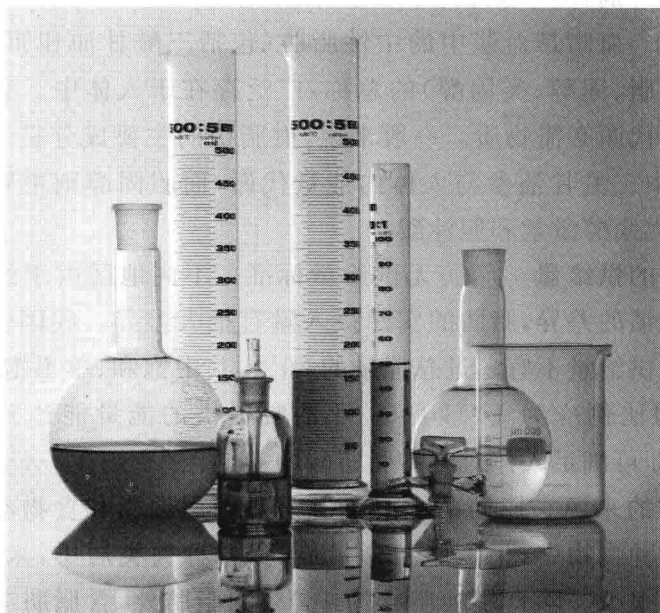




姜黄	(173)	银杏叶	(176)
蒲黄	(174)	葛根	(178)
穿山龙	(175)	玫瑰花	(179)
(五)利湿调脂类	(181)		
泽泻	(181)	薏苡仁	(184)
茯苓	(183)		
(六)理气调脂类	(185)		
半夏	(185)	枳实	(188)
陈皮	(187)	杏仁	(189)
(七)补益调脂类	(191)		
人参	(191)	大枣	(195)
黄芪	(194)	黄精	(197)
四、调脂中成药	(198)		
血脂康胶囊	(198)	决明降脂片	(206)
血滞通胶囊	(199)	绞股蓝总苷分散片 ...	(206)
降脂灵片	(200)	山楂精降脂片	(207)
荷丹片	(201)	桑葛降脂丸	(208)
脂可清胶囊	(202)	葶苈降血脂片	(208)
丹田降脂丸	(202)	血脂灵片	(209)
通脉降脂片	(203)	舒心降脂片	(210)
脂必妥片	(204)		
降脂宁片	(205)		

第一章

基础知识





一、脂质与血脂

(一)脂质与血脂的区分

1. 脂质 脂质又称为脂类,是油、脂肪、类脂的总称。人体内的脂类分成脂肪与类脂两部分。脂肪,又称为真脂、中性脂肪及三酯,是由甘油和脂肪酸组成的三酰甘油酯,其中甘油的分子比较简单,而脂肪酸的种类和长短却不相同。类脂则是指胆固醇、脑磷脂、卵磷脂等。脂肪可溶于多数有机溶剂,但不溶于水。

2. 血脂 血脂是血浆中的中性脂肪(包括三酰甘油和胆固醇)和类脂(磷脂、糖脂、固醇、类固醇)的总称,广泛存在于人体中。它们是生命细胞的基础代谢必需物质。一般来说,血脂中的主要成分是三酰甘油和胆固醇,其中三酰甘油参与人体内能量代谢,而胆固醇则主要用于合成细胞浆膜、类固醇激素和胆汁酸。

3. 脂肪的供给量 脂肪无供给量标准。不同地区由于经济发展水平和饮食习惯的差异,脂肪的实际摄入量有很大差异。我国营养学会建议膳食脂肪供给量不宜超过总能量的30%,其中饱和、单不饱和、多不饱和脂肪酸的比例应为1:1:1。亚油酸提供的能量能达到总能量的1%~2%,即可满足人体对必需脂肪酸的需要。

4. 脂肪的来源 脂肪的主要来源是烹调用油脂和食物本身所含的油脂。在各种食物中,果仁脂肪含量最高,各种肉类居中,米、面、蔬菜、水果中含量很少。除食用油脂含约100%的脂肪外,含脂肪丰富的食品为动物性食物和坚果类。动物性食物以畜肉类含脂肪最丰富,且多为饱和脂肪酸;一般动物内脏除大肠外含脂肪量皆较低,但蛋白质的含量较高。禽肉一般含脂肪量较低,多数在10%以下。鱼类脂肪含量基本在10%以下,多数在5%左右,且其脂肪含不饱和脂肪酸多。蛋类以蛋黄含脂肪最高,为30%左右,但全蛋仅为10%左右,其组成以单不饱和脂肪酸





为多。除动物性食物外,植物性食物中以坚果类含脂肪量最高,可达50%以上,不过其脂肪组成多以亚油酸为主,所以是多不饱和脂肪酸的重要来源。体内脂肪酸来源有二:一是机体依靠糖类合成,二是食物供给特别是某些不饱和脂肪酸,机体不能合成,称必需脂肪酸,如亚油酸、 α -亚麻酸。

5. 脂肪与健康 食物中的油脂主要是油和脂肪,一般把常温下是液体的称作油,而把常温下是固体的称作脂肪。动物油(如猪油、牛油、羊油、奶油及鱼肝油等)与植物油(如芝麻油、花生油、豆油、菜油等)都是各种三酰甘油的混合物。脂肪食入后通过代谢转化为热量供人体使用,或转化为体脂储存于脂肪细胞中。摄入过多的饱和脂肪酸容易诱发心脑血管病,会导致肥胖症,还将诱发高血压、糖尿病等。对于以植物油作为食用油的人,一般不会出现脂肪缺乏症。只要在膳食中补充一定量的欧米茄-3($n-3$)不饱和脂肪酸,即可预防高脂血症和老年痴呆症,在婴幼儿、儿童及青少年的饮食中补充适量的 $n-3$ 不饱和脂肪酸,可提高智商和记忆力。

(二)结构与特性

脂质所含的化学元素主要是碳(C)、氢(H)、氧(O)。部分还含有氮(N)、磷(P)等元素。通常脂类可按不同组成为5类,即单纯脂、复合脂、萜类和类固醇及其衍生物、衍生脂类及结合脂类。

脂质化合物种类繁多,结构各异,其中99%左右为脂肪酸甘油酯,即脂肪。脂肪酸和甘油构成的三酰甘油,又称中性脂肪。

脂肪是由甘油和脂肪酸组成的三酰甘油酯,其中甘油的分子比较简单,而脂肪酸的种类和长短却不相同。因此,脂肪的性质和特点主要取决于脂肪酸,不同食物中的脂肪所含有的脂肪酸种类和含量不一样。自然界有40多种脂肪酸,因此可形成多种脂肪酸三酰甘油。脂肪酸一般由4~24个碳原子组成。

脂肪酸分三大类:饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸。动物脂肪以含饱和脂肪酸为多,在室温中成固态。相反,植物油则含不





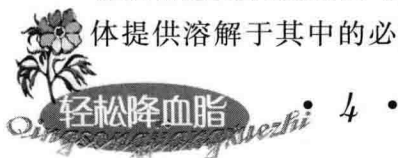
饱和脂肪酸较多,在室温下成液态。

脂类在化学组成和结构上有很大差异,但都有一个共同特性,即不溶于水而易溶于乙醚、氯仿等非极性溶剂中。体内脂质必须与蛋白质结合形成脂蛋白才能以溶解的形式存在于血浆中,并随血流到达全身各处。与临床密切相关的血脂主要是胆固醇和三酰甘油(TG)。循环血液中的胆固醇和 TG 必须与特殊的蛋白质即载脂蛋白(apo)结合形成脂蛋白,才能被运输至组织进行代谢。

脂肪比重:从外科手术中移出的体脂,即手术中必要时弃去的部分,经乙醚抽提出来的脂肪,在 37°C 时,其比重为 0.9 克/毫升。不同性别和身体各部位所测得的脂肪比重,其变异甚微。可以认为,用比重法测出的体脂比重,从而求出全身脂肪的比例是个比较可靠的参考数据。但应注意温度的改变常常改变脂肪的体积,平均每改变 1°C ,脂肪的比重改变为 0.00074 克/毫升(在 $15^{\circ}\text{C} \sim 37^{\circ}\text{C}$ 范围之内)。所以,发热病人及体温过低之人的体脂体积是有变化的。每个人的体重不同,体脂含量当然就有差异。国外有人以测量体内水含量求体脂。布鲁兹克(Brozek)由化学法分析人体水的含量,其平均值是,当年龄为 35.3 岁,身高 176.8 厘米,体重 65.4 千克时,身体中的水含量为 62.6%,脂肪为 15.3%,蛋白质 16.4%,灰分 5.7%。不管采用怎样的测量方法来求得体脂,成年男子的脂类含量占体重的 10%~20%,女子稍高。这种脂肪的含量随着营养状况和活动量的多少而有所变化,饥饿时,能量消耗,体内脂肪不断减少,人体逐渐消瘦;反之,进食过多,消耗减少,体内脂肪增加,身体则逐渐肥胖。

(三)生理作用

脂类具有重要的生物功能。脂肪是细胞内良好的储能物质,油脂是机体代谢所需燃料的贮存和运输形式,主要提供热能;脂类也是组成生物体的重要成分,如磷脂是构成生物膜的重要组分;有机体表面的脂类物质有防止机械损伤与防止热量散发、保护内脏、维持体温的作用;为机体提供溶解于其中的必需脂肪酸和脂溶性维生素,协助脂溶性维生素的





吸收;参与机体各方面的代谢活动,某些萜类及类固醇类物质如维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K、胆酸及固醇类激素具有营养、代谢及调节功能;脂类作为细胞的表面物质,与细胞识别,种特异性及组织免疫等有密切关系。

1. 供给维持生命必需的热能 保持体温和贮存热能。脂肪的能量密度是 37 000 焦耳/千克,亦即 9 大卡/千克。相对于糖类的 17 000 焦耳/千克和乙醇的 29 000 焦耳/千克,脂肪是密度最高的食物营养素。

2. 构成身体细胞的重要成分之一 脂肪中的磷脂、固醇是形成新组织和修补旧组织、调节代谢、合成激素所不可缺少的物质。

3. 脂肪是脂溶性维生素的溶剂 维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 等食物原料中的一些气味分子和营养分子不易溶于水而易溶于油脂,因此一定量的脂肪有助于食物的香味的提升和营养的吸收。例如,要充分利用胡萝卜中的胡萝卜素,则最好将之与一定的脂肪或含脂肪成分的物质一起烹调。

4. 给人体提供必需脂肪酸 一些脂肪酸是人体保持健康所必需的。例如,n-3 脂肪酸(烃基上第一个双键位于从末端数第三个碳原子处)有维持免疫和心血管功能的作用。

5. 提升食物香味 多数芳香物质都是脂溶性的,脂肪有利于提高食品的香气和味道,以增进食欲。

6. 延长食物在消化道内停留时间 利于各种营养素的消化吸收。

7. 其他作用 传热媒介,用来直接煎炸食物(主要是用色拉油),可以在表面达到高温($> 100^{\circ}\text{C}$)。炒菜中用来均匀传热和防止粘锅。改善食物口感,促成细腻、润滑的口感。缺乏脂肪的菜肴则经常被形容为“清汤寡水”。另外,脂肪还促进进食后的饱胀感。但过多食用会增加癌症患病率。一些脂肪如辣油、芝麻油被用作调味料。

(四)消化与吸收

1. 口腔中的消化 正常人一般每日每人从食物中消化 60 克的脂类,其中三酰甘油占到 90% 以上,除此以外还有少量的磷脂、胆固醇及其酯





和一些游离脂肪酸。脂类的消化从口腔就已开始,唾液腺分泌的脂肪酶可水解部分食物脂肪,对成人来说,食物中的脂类几乎不能被消化,这是由于口腔中没有消化脂类的酶,而婴儿口腔中的脂肪酶则可有效分解奶中短链和中链脂肪酸。

2. 胃中的消化 胃液中仅含有少量脂肪酶(可能是由肠液中的胰脂肪酶回流到胃),但此酶只有在中性环境(pH 值为 6.3~7.0)时才有活性。成人胃液酸性强,脂肪酶不易发挥作用,故脂肪在成人胃内也几乎不被消化;但婴儿胃酸浓度低,胃中 pH 值接近中性,且乳中脂肪呈乳化状态,故婴儿可以在胃内开始少量消化脂肪。

3. 小肠内的消化 无论婴儿还是成人,脂肪消化的主要部位是小肠,首先在小肠上段,通过小肠蠕动,靠胆汁和胰液来完成脂肪的消化。胆汁能使脂质乳化成细小的微团,增加各种消化脂类的酶和脂类的接触面积,有利于脂类的水解。同时,胰腺分泌大量的消化脂类的酶,包括胰脂肪酶(辅脂酶)、磷脂酶 A₂、胆固醇酯酶等。胰脂肪酶水解大部分脂肪为甘油一酯和脂肪酸,少量脂肪为甘油和脂肪酸;磷脂酶 A₂水解磷脂为溶血磷脂和脂肪酸;胆固醇酯酶促进胆固醇酯水解生成游离胆固醇和脂肪酸。

4. 脂类的吸收 食物中的脂类经上述胰液中酶类消化后,生成甘油一酯、脂肪酸、胆固醇及溶血磷脂等,这些产物极性明显增强,与胆汁乳化成混合微团。这种微团体积很小(直径 20 纳米),极性较强,可被肠黏膜细胞吸收。

脂类的吸收主要在十二指肠下段和盲肠。甘油及中短链脂肪酸无须混合微团协助,直接吸收入小肠黏膜细胞后,进而通过门静脉进入血液。长链脂肪酸及其他脂类消化产物随微团吸收入小肠黏膜细胞。食物脂肪的吸收率一般在 80% 以上,最高的如菜籽油可达 99%。

5. 吸收后的脂肪 主要消化产物甘油一酯和长链脂肪酸被吸收后,先在小肠细胞中由脂酰辅酶 A 转移酶催化,由甘油一酯和长链脂肪酸活化后生成的脂酰辅酶 A 重新合成三酰甘油,称为甘油一酯途径;大部分磷脂的消化产物溶血磷脂重新合成磷脂;约 2/3 胆固醇重新形成胆固





醇酯。

在小肠细胞中重新合成的三酰甘油、胆固醇酯与磷脂、胆固醇,以及小肠黏膜细胞合成的载脂蛋白形成乳糜微粒(CM),主要以三酰甘油为内核,运输外源脂类,由淋巴系统从胸导管进入血液循环,随血液流遍全身,以满足机体对脂肪和能量的需要。可见,食物中脂类的吸收与糖的吸收不同,大部分脂类通过淋巴直接进入体循环,而不通过肝脏。因此,食物中脂类主要被肝外组织利用,肝脏利用外源的脂类是很少的。

(五)合成、分布与代谢

1. 脂肪酸的生物合成 脂肪的生物合成包括 3 个方面。

(1)饱和脂肪酸的从头合成:脂肪酸碳链的延长和不饱和脂肪酸的生成。脂肪酸从头合成的场所是细胞液,需要 CO_2 和柠檬酸的参与, C_2 供体是糖代谢产生的乙酰辅酶 A。反应有两个酶系参与,分别是乙酰辅酶 A 羧化酶系和脂肪酸合成酶系。首先,乙酰辅酶 A 在乙酰辅酶 A 羧化酶催化下生成,然后在脂肪酸合成酶系的催化下,以酰基载体蛋白(ACP)作酰基载体,乙酰辅酶 A 为 C_2 受体,丙二酸单酰辅酶 A 为 C_2 供体,经过缩合、还原、脱水、再还原几个反应步骤,先生成含 4 个碳原子的丁酰 ACP,每次延伸循环消耗一分子丙二酸单酰辅酶 A、两分子酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADPH),直至生成软脂酰 ACP。产物再活化成软脂酰辅酶 A,参与脂肪合成或在微粒体系统或线粒体系统延长成 C_{18} 、 C_{20} 和少量碳链更长的脂肪酸。

(2)由不饱和脂肪酸转变生成:多聚不饱和脂肪酸在高等动物不一定产生,可以从摄取的不饱和脂肪酸的碳素链的延长等而转变形成。在真核细胞内,饱和脂肪酸在 O_2 的参与和专一的去饱和酶系统催化下,进一步生成各种不饱和脂肪酸。另外,环丙烷脂肪酸由 S-腺苷甲硫氨酸的 C_1 ,结合于不饱和脂肪酸的双键上而产生。脂肪酸作为辅酶 A 衍生物,用于合成各种底物。高等动物不能合成亚油酸、亚麻酸、花生四烯酸,必须依赖食物供给。

(3)磷脂的生成:磷脂酸是最简单的磷脂,也是其他甘油磷脂的前



体。3-磷酸甘油与两分子脂酰辅酶 A 在磷酸甘油转酰酶作用下生成磷脂酸,磷脂酸与三磷酸胞苷(CTP)反应生成胞磷胆碱(CDP)-二酰甘油,在分别与肌醇、丝氨酸、磷酸甘油反应,生成相应的磷脂。磷脂酸水解成二酰甘油,再与 CDP-胆碱或 CDP-乙醇胺反应,分别生成磷脂酰胆碱和磷脂酰乙醇胺,构成脂肪。

2. 分布 脂肪存在于人体和动物的皮下组织及植物体中,是生物体的组成部分和储能物质,亦为食油的主要成分。

血脂与全身脂类的关系:血浆脂类含量虽只占全身脂类总量的极小一部分,但外源性和内源性脂类物质都需经血液运转于各组织之间。因此,血脂是生命细胞的基础代谢必需物质,含量可以反映体内脂类代谢的情况。

3. 代谢

(1)脂肪燃烧:脂肪燃烧只能在细胞线粒体内进行。问题在于脂肪的大分子很难穿透线粒体膜,因此无法持续、大量的燃烧。要想让脂肪顺利进入线粒体,就必须有一种辅助酶的参与,那就是左旋肉碱。左旋肉碱是脂肪代谢过程中的一种必需的辅酶,能促进脂肪酸进入线粒体进行氧化分解。它好像一部铲车铲起脂肪进入燃料炉中燃烧。脂肪如果不进入线粒体,不管你如何锻炼、如何节食,你都不能消耗它。而左旋肉碱正好充当了脂肪到线粒体的“搬运工”。要想达到理想的脂肪燃烧程度,体内便需要一个理想的肉碱含量平衡。然而,人体自身的肉碱合成量及从食物中摄入的量远远达不到需要,而且随着年龄的增长,脂肪堆积逐渐成为必然。就是因为体内左旋肉碱含量水平在逐渐降低,所以只有很少人能保持一定的左旋肉碱含量。

(2)生物降解:在脂肪酶的作用下,脂肪水解成甘油和脂肪酸。甘油经磷酸化和脱氢反应,转变成磷酸二羟丙酮,纳入糖代谢途径。脂肪酸与 ATP 和辅酶 A 在脂酰辅酶 A 合成酶的作用下,生成脂酰辅酶 A。脂酰辅酶 A 需借助线粒体膜外侧的肉碱脂酰基转移酶 I 和内侧的肉碱脂酰基转移酶 II 的作用,由肉碱将脂酰辅酶 A 携带至线粒体,经 β -氧化降解成乙酰辅酶 A,再进入三羧酸循环彻底氧化。 β -氧化过程包括脱氢、水