

高等学校教材

运动营养学

张 钧 张蕴琨 主编



Sports



高等教育出版社

高等学校教材

运动营养学

张 钧 张蕴琨 主 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动营养学 / 张钧, 张蕴琨主编. —北京: 高等教育出版社, 2006. 7

ISBN 7-04-019587-9

I. 运... II. ①张... ②张... III. 体育卫生
- 营养学 - 高等学校 - 教材 IV. G804.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 060855 号

策划编辑	尤超英	责任编辑	尤超英	封面设计	刘晓翔
责任绘图	朱静	版式设计	范晓红	责任校对	朱惠芳
责任印制	朱学忠				

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landrace.com
印 刷	北京新丰印刷厂		http://www.landrace.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	2006 年 7 月第 1 版
印 张	19.75	印 次	2006 年 7 月第 1 次印刷
字 数	340 000	定 价	24.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19587-00

内容提要

运动营养学是营养学中的一个新的分支,是运动医学的重要组成部分,是研究健身人群和运动员在运动过程中营养学问题的一门学科。全书共分为十章,内容主要包括运动营养学基础知识、运动与健康膳食指导、营养与健身运动、不同健身人群的营养需求、体力活动和营养与常见慢性病,常见的运动营养品、不同相群运动员的营养代谢特点和需要、运动员在比赛期的膳食营养、运动营养补充的误区及违禁药物、运动员的营养状况评定等内容。全书内容丰富、资料新颖、文字简明,反映当前运动营养学的新知识和研究进展。本书既是普通高等学校体育(教育)专业本科学生教材,也可作为运动人体科学专业、营养学专业、体育人文社会学专业以及运动训练专业学生的选修课教材和参考书。

前 言

运动营养学是营养学中的一个新的分支,是运动医学的重要组成部分,是研究健身人群和运动员在运动过程中营养学问题的一门学科。随着我国经济的发展和保健水平的提高,运动营养学已成为运动人群改善生理功能、提高运动能力、防病保健和治病康复中的一门重要学科。在“全民健身计划纲要”的指导下,我国的健身运动蓬勃开展,参与者已超过4亿(2002年统计)。与此不相适应的是,由于缺乏合理的营养指导,使健身者不知道采用运动营养补充来保证最佳的健身效果。同时竞技体育发展到今天,运动成绩已经越来越接近人体的能力极限。要想创造一个新的成绩,就必须从事超过极限的训练。没有强大的营养物质为基础就不可能达到预期目标。因此,运动营养对于我国运动员和健身人群具有重要的意义。

目前,运动营养学教材的建设有了一定的发展,但适合体育教育专业学生使用的,能够反映当前运动营养学新知识、新观念的、实用性强的运动营养学教材极少,难以满足广大体育教育专业学生的要求。为此我们组织了全国相关院校运动营养学及相关专业的教授、专家,编写了此教材,反映这些年来我国运动营养学的发展、成就和相关经验,并吸收国外运动营养学的新知识和先进技术,力求是该书具有实用性、科学性、先进性。

在编写过程中,我们注意到概括地介绍营养学的基础理论,全面阐述了运动营养在健身人群健身运动和运动员运动训练及比赛中的作用,以及运动和营养相结合对延缓运动性疲劳的发生,促进疲劳的恢复和增进人体健康的作用。重点阐述了运动营养在健身人群健身运动和运动员运动训练和比赛中的应用。

本书的主编为张钧,张蕴琨。参加编写的人员有:闫守扶(首都体育学院)编写第一章;田振军(陕西师范大学)编写第二章、第八章;常波(沈阳体育学院)编写第三章;张蕴琨(南京体育学院)和王斌(南京体育学院)编写第四章;张钧(扬州大学)编写第五章;曹建民(北京体育大学)编写第六章和第九章;王健(浙江大学)编写第七章;林华(辽宁师范大学)编写第十章。此外,李丽参加了第三章的编写。该书重点突出,强调科学性、实用性,以便学生掌握。由于编写人员

II 前 言

的水平有限,书中缺点和不足在所难免,希望批评指正,以便在今后的教学中不断修正和充实提高。

本教材在编写过程中得到华南师范大学邓树勋教授的指导,得到上海交大昂立生物医药研究院沙大年院长和扬州大学有关领导的支持和帮助,在此表示深切的感谢。

编者

2006年4月

目 录

第一章 运动营养基础	1
第一节 运动与宏量营养素	3
第二节 运动与微量营养素	20
第三节 运动与水	36
第四节 运动与能量	40
第二章 运动与健康膳食指导	49
第一节 运动、营养与健康	51
第二节 运动、营养与抗氧化	59
第三节 运动、营养与免疫	69
第四节 运动与膳食平衡	75
第三章 营养与健身运动	88
第一节 健身运动项目的营养特点	89
第二节 健身运动与能量平衡	99
第三节 健身运动的合理膳食营养	101
第四章 不同健身人群的营养需求	108
第一节 儿童、青少年健身锻炼的营养	110
第二节 孕期及哺乳期女子健身锻炼的营养	119
第三节 老年人运动锻炼的营养	130
第四节 减、控体重者运动锻炼的营养	134
第五章 体力活动、营养与常见慢性病	141
第一节 体力活动、营养与心血管疾病	143
第二节 体力活动、营养与糖尿病	153

第三节	体力活动、营养与骨质疏松	160
第四节	体力活动、营养与肥胖	168
第六章	常见的运动营养补剂	177
第一节	增加肌肉合成代谢和肌力的特殊运动营养补剂	179
第二节	促进能量代谢的特殊运动营养	190
第三节	促进疲劳消除和体能恢复的特殊运动营养补剂	202
第四节	减轻和控制体重的特殊运动营养补剂	214
第七章	运动员的营养需要特点	223
第一节	运动员的能量需要量	224
第二节	不同项群运动员的营养需要特点	226
第三节	部分专项运动员营养需要的特点	231
第八章	运动员比赛期的膳食营养	237
第一节	运动员赛前调整期的膳食营养	238
第二节	运动员比赛当日的膳食营养	243
第三节	运动员赛后的膳食营养	245
第九章	运动营养补充的误区与违禁药物	249
第一节	运动营养补充的误区	251
第二节	体育运动中的违禁药物	255
第三节	国际奥委会和我国有关禁用兴奋剂的规定	278
第十章	运动员营养状况评定	281
第一节	运动员膳食调查与评定	282
第二节	运动员营养状况的人体测量学评价	291
第三节	运动员营养状况的生物化学评价	299

第一章 运动营养基础

- 学习目标：**
1. 了解运动营养的基础。
 2. 熟悉运动与宏量营养素、微量营养素、水和能量的基本关系。
 3. 掌握糖类、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质和水在运动中的生物学作用和应用的原理。

本章提要： 糖类、脂肪、蛋白质、维生素、矿物质和水是维持生命活动、保证身体运动的基础，是运动营养学的核心问题。糖类、脂肪和蛋白质是生物体的主要结构物质和能源物质；维生素、矿物质和水则是作为生物体的环境物质，影响着物质变化、能量变化和机体内部环境的稳定。糖类、脂肪和蛋白质通过各自的代谢途径提供机体所需要的能量。运动作为增强人体机能的有效手段，直接影响着体内物质变化和能量变化，科学地利用营养因素可以有效地增进运动人群的健康和运动水平。本章着重介绍了宏量营养素糖类、脂肪和蛋白质；微量营养素维生素、矿物质和水的主要营养学功能和在运动中的应用。

关键术语：

血糖指数(Glycemic index, GI)是指与参照食物(葡萄糖或白面包)摄入后血糖浓度的变化程度相比,含糖食物使血糖水平升高的相对能力。

必需氨基酸(Essential amino acid, EAA)人们把组成蛋白质 20 种氨基酸中,机体无法自身合成必须由食物途径获得的氨基酸称之为必需氨基酸。必需氨基酸一共有 8 种。

呼吸商(respiratory quotient, RQ)食物在体内氧化生成 CO_2 体积与同时消耗 O_2 的体积之比成为呼吸商。

基础代谢(Basal Metabolism)是指维持人体基本生命活动的热量,即在任何体力和紧张思维活动、全身肌肉松弛、消化道处于静止状态下,用以维持体温和人体必要的生理功能所需要的热能。基础代谢一般是在清晨、空腹、静卧及清醒状态下进行,而且室温保持在 $18\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。

营养是人体不断从外界摄取食物,经过消化、吸收、代谢和利用食物中身体需要的物质(养分或养料)来维持生命活动的全过程,它是一种全面的生理过程。

人类为维持生命必须从外界摄取食物,食物中的养分称为营养素(nutrient),营养素是维持人类生命活动和健康的最根本的物质,其摄入的不均衡不但会影响人体的健康水平,而且会影响人体的活动能力。人体需要的营养素归纳起来分三大类,即由蛋白质、脂类、糖类组成的宏量营养素,由矿物质和维生素组成的微量营养素,以及由水、纤维素等组成的其他营养素。这些营养素在体内功能各不相同,概括起来有三方面作用:① 供给能量;② 构成和修补身体组织的材料;③ 在人体物质代谢中起调节作用。

第一节 运动与宏量营养素

一、运动与糖类

(一) 糖类的构成和分类

糖类是由碳、氢、氧三种元素组成的一类化合物,其中氢和氧的比例与水分子中氢和氧的比例相同,因而又称为糖类。根据其分子结构,糖类分为单糖、双糖和多糖三大类。

单糖是最简单的糖类,易溶于水,可直接被人体吸收利用。最常见的单糖有葡萄糖、果糖和半乳糖。人血液中的糖是葡萄糖。果糖存在于水果中,蜂蜜中含量最高。

双糖是由两分子单糖脱去一分子水缩合而成的糖,易溶于水。它需要分解成单糖才能被身体吸收。最常见的双糖是蔗糖、麦芽糖和乳糖。蔗糖是一分子葡萄糖和一分子果糖缩合而成,是我们日常生活中最常食用的糖。麦芽糖是两分子葡萄糖缩合而成,谷类种子发芽时含量较高。乳糖是由一分子葡萄糖和一分子半乳糖缩合而成,存在于人和动物的乳汁中。乳糖不易溶于水,因而在肠道中吸收较慢,有助于乳酸菌的生长繁殖,对预防婴幼儿肠道疾病有益。

多糖是由许多单糖分子结合而成的高分子化合物,无甜味,不溶于水。多糖主要包括淀粉、糊精、糖原。淀粉是谷类、薯类、豆类食物的主要成分。淀粉在消化酶的作用下可分解成糊精,再进一步消化成葡萄糖被吸收。当体内血糖水平下降时,糖原即可重新分解成葡萄糖满足人体对能量的需要。

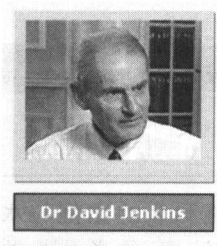
(二) 糖类的消化与吸收

糖类的消化从口腔开始主要完成于小肠。无论是寡糖还是多糖都必须转

化成单糖,然后才能由小肠壁细胞吸收。淀粉是最大的可消化糖类,需要经过最复杂的降解过程。而双糖只需经过一次分解即可被吸收。与此同时,不同糖分子的吸收率是不一样的,与糖分子的分子量、分子体积大小无关。因此,糖类的吸收过程是一个借助化学作用的主动吸收过程。

糖类被吸收后随血液循环进入肝脏、肌肉或其他组织,或是参与供能,或是转变成糖原储存在肝脏和肌肉,或是转换成其他非糖物质。例如,转换为甘油、脂肪酸、部分氨基酸和其他的单糖分子。正常的情况下,经过肝脏出来继续循环的血液中只含有葡萄糖。因此,通常所说的血糖指的是血液中含有的葡萄糖分子。

(三) 血糖指数 (glycemic index, GI)



血糖指数是加拿大多伦多大学大卫·詹金斯(David Jenkins)博士 20 世纪 80 年代初提出的概念。意思是指与参照食物(葡萄糖或白面包)摄入后血糖浓度的变化程度相比,含糖食物使血糖水平升高的相对能力。例如,机体在空腹条件下进食 50 g 食物后血糖的变化量与进食等量的参照食物后血糖变化量的比值。通常用于判断摄入不同类型含糖食物后血糖水平的变化情况。

一般来说,富含葡萄糖、易水解为葡萄糖的寡糖和容易被消化的淀粉等食物的 GI 相对较高。相反,富含不易消化、不易水解的寡糖和果糖食物的 GI 较低。所以,人们根据 GI 将食物分成为高 GI、适度 GI 和低 GI 三类(表 1-1)。

表 1-1 富含糖食物血糖指数(GI)举例

分类	食物	GI	分类	食物	GI
高 GI(>70)	葡萄糖	100	低 GI(<55)	橙汁	57
	脆玉米片	84		蔗糖	65
	烤土豆	85		熟香蕉	52
	运动饮料	95		麦片粥	49
	白面包	70		杂麦面包	45
	西瓜	72		牛奶	27
	蜂蜜	73		酸奶	33
适度 GI(55~70)	全麦面包	69	巧克力	49	
	速溶麦片	66	苹果	36	
	牛奶什锦早餐	68	橙子	43	
	冰淇淋	61	红扁豆	26	
	芒果	55	果糖	20	

(部分引自罗纳德·J. 莫恩主编,扬则宜译审. 运动营养. 北京:人民体育出版社,2005:77)

因此,在相同数量糖的条件下,GI可以用来指导饮食对血糖和胰岛素的调控。例如,低水平GI的食物可以用来制定糖尿病和高血脂症患者的饮食标准,并提高他们用餐后的饱腹感;在长时间运动后恢复期内,高GI的食物对肌糖原的恢复较低GI的食物对肌糖原的恢复效果要好。

(四) 运动中糖类的营养功能

(1) 供给运动所需的能量糖类是供给人体运动的最主要、最经济的能量来源。它在体内可迅速氧化及时提供能量。1g糖类可产生16.7kJ(4kcal)能量。脑组织、心肌和骨骼肌的活动需要靠糖类提供能量。

(2) 构成运动机体内一些重要生理物质糖类是细胞膜的糖蛋白,神经组织的糖脂以及传递遗传信息的脱氧核糖核酸(DNA)的重要组成成分。

(3) 节约蛋白质,减少运动中蛋白质的消耗在运动中糖类的摄入充足时,人体首先使用糖类作为能量来源,从而避免将宝贵的蛋白质用来提供能量。

(4) 抗生酮作用脂肪代谢过程中必须有糖类存在才能完全氧化而不产生酮体。酮体是酸性物质,血液中酮体浓度过高会发生酸中毒,影响运动能力。

(5) 糖原有保肝解毒作用肝糖原储备充足时,肝细胞对某些有毒的化学物质和各种致病微生物产生的毒素有较强的解毒能力。

因此,提高机体内部的糖原储备,有效利用膳食途径及时补充富含糖类的水和食物,对于保障机体的运动能力具有重要作用。表1-2是关于摄入糖类的几点建议。

表1-2 关于摄入糖类的几点建议

摄入的糖类物质种类	摄入糖类物质的具体建议
食用复合糖	膳食指导:每天食用5~9份的蔬菜和水果。每天吃6~11份的面包、谷类和豆类可提高多糖的摄入量。每天摄入量300g或总热量的60% 2010年健康人群标准:增加水果和蔬菜包括豆类的摄入量,每天至少5份;增加谷类产品的摄入量,每天至少6份 世界卫生组织:最低限度是摄入多糖量占总热量的50%;最高限度是摄入多糖量占总热量的75%
食用食糖	膳食指导:适量食用食糖 世界卫生组织:最低限度是摄入食糖量占总热量的0%;最高限度是摄入食糖量占总热量的10%

续表

摄入的糖类物质种类	摄入糖类物质的具体建议
食用膳食纤维素	膳食指导:通过食用许多不同的天然含纤维的食物提高纤维的摄入量 每天摄入量:25 g 膳食纤维/天或 11.5 g 膳食纤维/4 170 kJ 世界卫生组织:最低限度是每天 27 g 膳食纤维;最高限度是每天 40 g 膳食纤维

注:1. 每天摄入量定义为每餐摄入 8 360 kJ 热量。

2. 份的含义是指食物的数量。目前没有统一的标准。我们可以通过食品说明的成分表判断。

(引自:Frances Sienkiewicz Sizer 编著,王希成主译. 营养学—概念与争论. 北京:清华大学出版社, 2004:86)

(五) 运动与糖类

糖类对于运动机体最主要的功能之一就是提供能量。

1. 糖类在运动过程中的供能特点

运动中最直接和最快速的能量是三磷酸腺苷(ATP),但体内 ATP 的储存量很少,仅能维持几秒钟,ATP 需要不断合成。糖是剧烈运动中 ATP 再合成的主要基质,以糖原的形式分别储存于肌肉和肝脏。在无氧和有氧的情况下均能分解为 ATP 供给机体使用。糖在有氧氧化时耗氧量少,不增加体液的酸度,是机体基本的首选的供能物质。糖无氧酵解可生成 2 分子 ATP,反应终产物为乳酸,测定血乳酸,可反映运动员运动强度、训练水平、疲劳程度等情况。

2. 运动中的糖储备

肌体的糖储备是影响运动耐久力的重要因素,研究证明,糖储备与运动能力呈正相关。而且,肌糖原降低与运动性疲劳和运动性损伤的发生有密切关系。糖储备包括肌糖原、肝糖原和血糖。全身肌糖原约 250 g,肝糖原 75 ~ 90 g,血糖 5 ~ 6 g,糖储备总量约 300 ~ 400 g。一些长距离运动项目可使糖储备消耗殆尽。

大脑细胞主要靠血糖供能,而且几乎没有糖储备。糖储备耗竭后,极易引起中枢性疲劳的,甚至发生低血糖。膳食中糖类比例高,有利于糖原的合成和糖储备的增加。

3. 运动员膳食中糖的适宜比例

运动员膳食中糖类的摄入量应占总能量的 55% ~ 65%,耐力运动项目和缺氧运动项目可达 70%。近年营养调查显示,运动员糖类摄入较低而脂肪摄入较高的现象非常普遍。主要原因是运动员膳食中动物性食品所占比例较高,谷类、薯类等糖类的食物摄入较少。实际工作中,可在餐中和餐外适量补充纯糖类食品,同时降低高脂肪、高蛋白质的动物性食品摄入水平。

4. 运动与补糖

(1) 补糖的意义:补糖可分为运动前、运动中和运动后补糖。运动前补糖可增加肌糖原和肝糖原储备,还可增加血糖的来源。运动中补糖能够提高血糖水平,减少肌糖原消耗,延长耐力时间。运动后补糖促进肌糖原合成,有利于疲劳恢复。运动后补糖时间越早,肌糖原合成的速率越快。这是因为运动后骨骼肌糖原合成酶含量增高,活性增大,随着时间延长,酶含量和活性均逐步下降。

(2) 补糖的方法:运动前补糖有两种:一是在大运动量训练和比赛前数日,将膳食中糖类占总能量比增加到60%~70%(或10 g/kg);二是在运动前1~4 h补糖1~5 g/kg。固体糖和液体糖均可,但运动前1 h补糖最好使用液体糖。

运动中补糖:一般采用液体糖,应遵循少量多次的原则,每隔30~60 min补充一次,补糖量一般不低于60 g/h。

运动后补糖:原则是补糖越早越好。最好在运动后即刻、头2 h内以及每隔1~2 h连续补糖,补糖量为0.75~1 g/(kg·h),24 h内补糖总量达到9~12 g/kg。

(3) 补糖的种类:有多种类型的糖可供选择,葡萄糖吸收快,有利于肌糖原的合成;果糖较葡萄糖慢,主要参与肝糖原的合成,引起胰岛素分泌的作用较小,但使用量大时能引起肠胃不适,故使用量不宜超过35 g/L,同时应与葡萄糖联合使用。低聚糖一般由3~8个单糖组成,吸收速度比单糖和双糖慢,可延长耐力运动中糖的供应时间。纯淀粉或淀粉类食品吸收消化慢,缓慢释放入血,不会引起血糖或胰岛素的突然增加,有益于耐力型运动中不断供能,一般用于加强赛前餐以及赛后餐。

(六) 关于运动员糖摄入的建议

(1) 不同运动员和处于不同时期的运动员,即训练期间、比赛期间和恢复期间对糖类物质的需求是不一样的,不能一概而论。

(2) 对于耐力性运动员及时补充糖类物质可以缩短肌糖原的恢复时间,有助于提高训练能力。

(3) 在比赛前1~4 h通过富含糖的用餐可以提高机体内的糖原储备,有助于运动能力的保持和延迟运动性疲劳的产生。在比赛中可采用少量多次和每隔30~60 min补充一些含糖饮料或容易吸收的含糖食物方式,补充数量不超过60 g/h或1 g/min。在运动后开始补糖的时间越早越好。

(4) 合理选择补充糖的类型有助于提高补糖的效果。但在实际应用时

还需要注意到个体差异的问题,因为个体对摄糖的反应变异很大。一般可以让运动员通过试用不同类型的、不同浓度及口感的饮料选定赛前或赛中最终使用的糖饮料(表 1-3)。

表 1-3 不同类型糖的吸收与利用

糖的类型	特点		建议	说明
	优点	不足		
葡萄糖	吸收速度最快,有利于肌糖原的合成	易引起胰岛素效应	赛前 1 h 补糖最好采用液态糖	避免在运动前 30 ~ 90 min 补充葡萄糖预防胰岛素升高的提法,现有不同的观点
果糖	吸收速度低于葡萄糖,且主要为肝脏利用,其合成肝糖原的量约为葡萄糖的 3.7 倍。胰岛素效应较小,有利于脂肪的动员	使用数量过大时,可引起胃肠道紊乱	使用量 > 35 g/l; 最好和葡萄糖联合使用	
低聚糖	甜度小、渗透压低(为葡萄糖的 1/4)和吸收快,因此有助于更多的糖进入体内。稳定血糖水平稳定和保持运动能力			
淀粉	淀粉类食物含糖量为 70% ~ 80%,释放速度较慢,不易引起血糖或胰岛素的突然增加		由于淀粉类食物出含有葡萄糖外,还含有维生素、无机盐和纤维素,因此可在赛后稍微靠后的饭食中加强	

(七) 糖类供给量和食物来源

(1) 糖类供给量膳食中由糖类供给的能量以占摄入总能量的 60% ~ 70% 为宜。

(2) 糖类的来源谷类、薯类、豆类富含淀粉,是糖类的主要来源。食糖(白糖、红糖、砂糖)几乎 100% 是糖类。蔬菜水果除含少量果糖外还含纤维素和果胶(表 1-4)。

表 1-4 食物中糖的含量

食物	百分含量(以湿度计算)
蔗糖	100
大米、面粉(主要为淀粉)	65~78
水果	5~14
蔬菜(主要为不可利用的纤维素)	2~3
牛乳(主要为乳糖)	2~5
猪肝(主要为糖原)	2~3
蛋、肉、鱼类	0~1

(引自:陈吉棣主编. 运动营养学. 北京:北京医科大学出版社,2002:40)

二、运动与脂类

(一) 脂类的概念

脂类物质主要含有 C、H、O 三种元素,其中一些复合脂还含有 N 和其他元素。脂类的元素组成不像糖、蛋白质等那样有规律,说明脂类的组成比较复杂。脂类是脂肪和类脂的总称,一般指不溶于水而溶于有机溶剂的一类有机化合物。脂肪又称为中性脂肪或三酰甘油。类脂包括磷脂、糖脂、固醇类、脂蛋白等。

(二) 脂类的分类

根据脂类物质的组成情况可以将脂类分为单纯脂和复合脂两类(图 1-1)。其中,单纯脂主要是指脂肪酸与各种醇结合的酯。复合脂是指除了脂

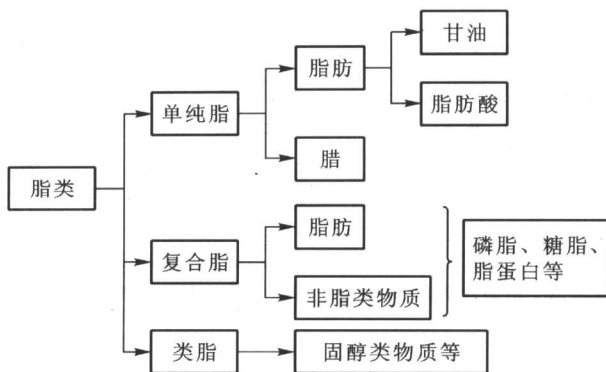


图 1-1 脂类物质的分类概况