

YOUXIUYUNDONGYUAN
YINGYANG
SHIYONGZHINAN

中国体育教练员参考教材

优秀运动员 营养实用指南

国家体育总局科教司组织编写
杨则宜 主编

人民体育出版社



中国体育教练员参考教材

优秀运动员营养实用指南

国家体育总局科教司组织编写

杨则宜 主编

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

优秀运动员营养实用指南/杨则宜主编. -北京:人民体育出版社, 2007

(中国体育教练员参考教材)

ISBN 978-7-5009-3148-5

I. 优… II. 杨… III. 优秀运动员-营养卫生-指南
IV. G804.32-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第031087号

*

人民体育出版社出版发行
北京华联印刷有限公司印刷
新华书店经销

*

787×1092 16开本 10.75印张 175千字
2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷
印数:1-1,500册

*

ISBN 978-7-5009-3148-5

定价:19.00元

社址:北京市崇文区体育馆路8号(天坛公园东门)

电话:67151482(发行部) 邮编:100061

传真:67151483 邮购:67143708

(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行部联系)

编委会名单

主 编 杨则宜

编 委 (以姓氏笔画为序)

孙风华

杨则宜

周 瑾

逢金柱

贺 刚

前 言

为满足我国竞技体育事业发展的需要和各专业队伍对重大比赛的备战需求,为促进我国运动营养的应用发展水平,在国家体育总局科教司的直接组织和指导下,由长期在我国备战奥运会一线的运动营养专家和工作人员编写了这本《优秀运动员营养实用指南》,并作为全国体育教练员参考教材使用。本教材主要针对我国高水平运动员、教练员在运动实践中常见的营养问题,根据国内外最新运动营养发展信息精心设计完成,旨在指导教练员及运动员了解和掌握运动营养学的基础理论知识及营养评估方法,树立科学的营养观,进一步帮助他们解决运动训练中的实际营养问题。

本教材的编写力求突出以下特点,即基础理论与运动实践相结合,突出实践性;系统性与针对性相结合,突出针对性。全书从营养学基础知识讲起,以实例的形式,介绍了运动员不同时期、不同环境、不同项目需求情况下常见的营养问题及其解决方案与对策,运动营养方案的制订和评估方法等内容。教材融入了运动营养学领域的最新研究成果,深入浅出,具有很好的实用性和参考价值。

本教材由杨则宜教授任主编并负责总体设计和统编。参加编写的作者有(按章序排列):逢金柱(第一章),杨则宜(第二章),贺刚(第三章),孙风华(第四章),周瑾(第五章)。

由于编写时间和水平所限,教材难免有不足之处,敬请使用者提出意见和建议,以使其进一步完善。希望本书能够成为广大教练员的良师益友,并在运动训练的实际过程中起到应有的作用。

编 者

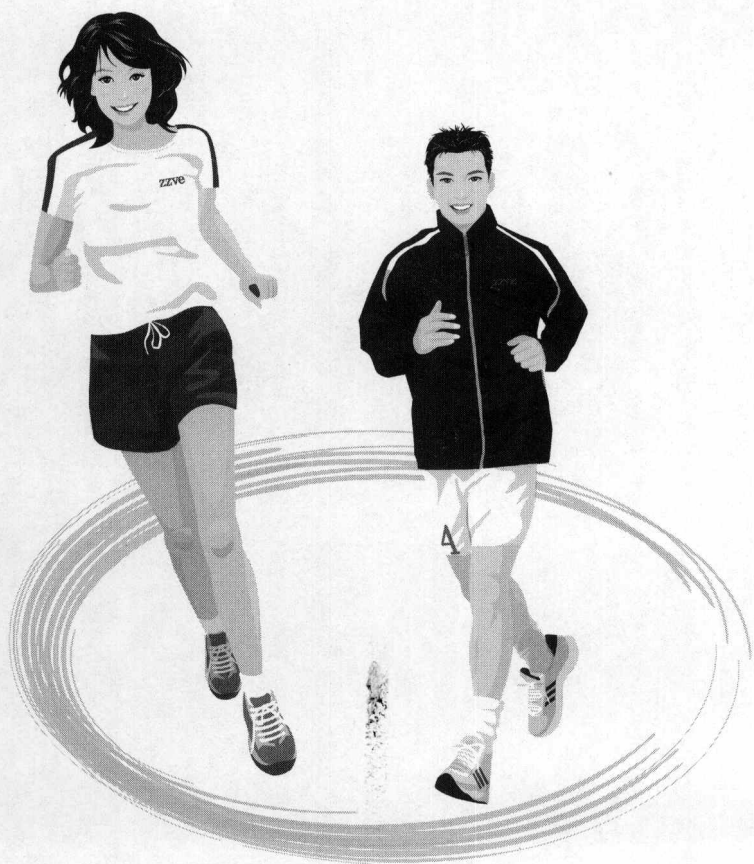
2007年2月7日

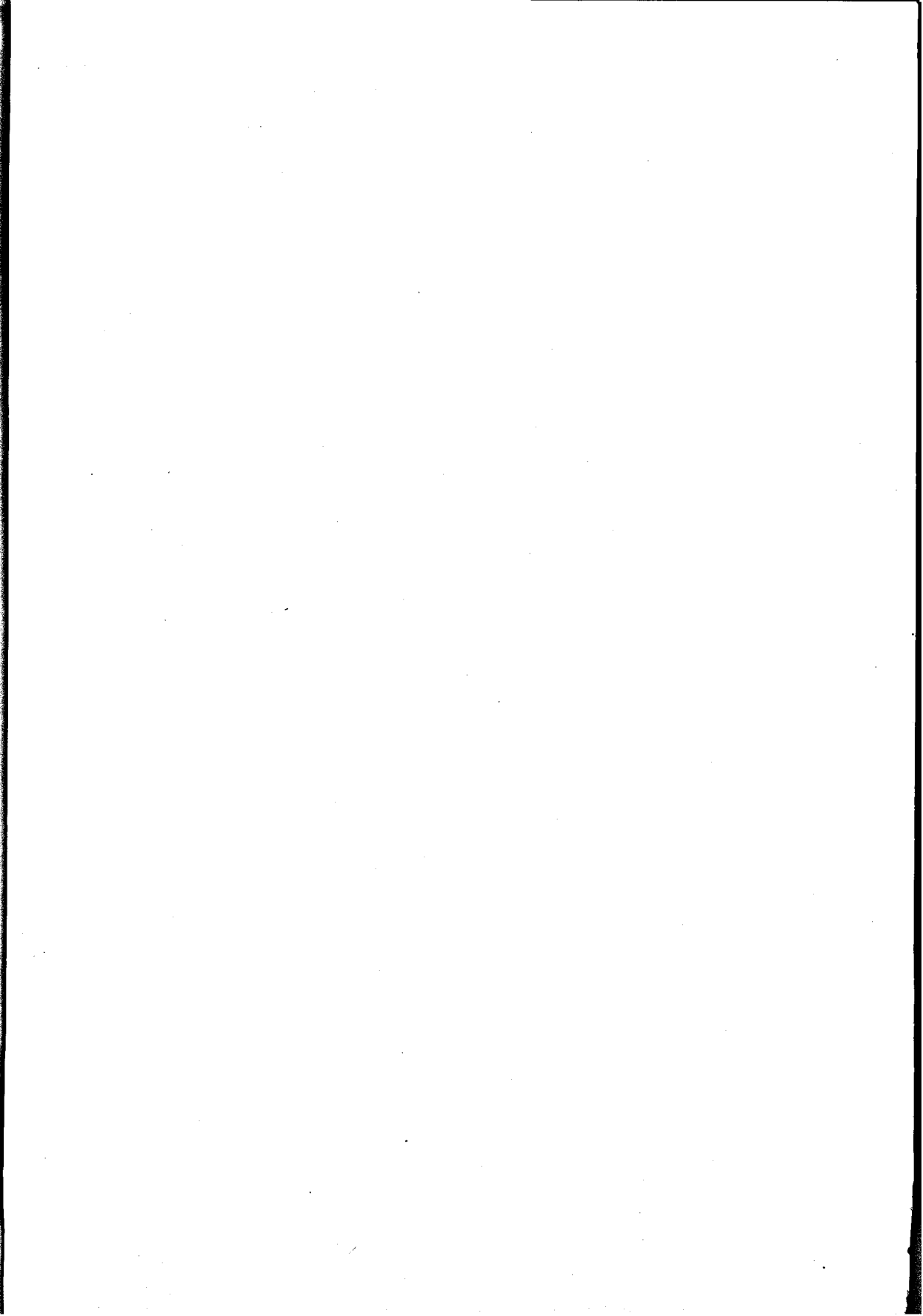
目 录

第一章	与运动相关的基础营养学知识	(1)
第一节	运动与能量代谢	(3)
第二节	运动与碳水化合物	(11)
第三节	运动与蛋白质	(20)
第四节	运动时脂肪的利用	(28)
第五节	运动与无机盐	(30)
第六节	运动与水	(36)
第七节	运动与维生素	(41)
第二章	运动训练过程中常见的营养问题及解决对策	(51)
第一节	体能不足的营养解决对策	(54)
第二节	力量素质低下的营养解决对策	(62)
第三节	运动性疲劳的营养解决对策	(70)
第四节	运动性低血清睾酮的营养解决对策	(75)
第五节	运动性贫血的营养解决对策	(77)
第六节	运动性免疫力低下的营养解决对策	(81)
第七节	减控体重期间的营养解决对策	(82)
第三章	训练和比赛期的营养补充	(89)
第一节	训练期间的营养补充	(91)
第二节	比赛期间的营养补充	(100)

第四章	特殊环境下的营养补充	(109)
第一节	高原训练中的营养补充	(111)
第二节	热环境下训练的营养补充	(119)
第三节	冷环境下训练的营养补充	(126)
第五章	运动员营养评估与运动营养方案的制订	(133)
第一节	运动员的营养评估	(135)
第二节	营养配餐与运动营养方案的制订方法	(150)

第一章 与运动相关的基础 营养学知识





第一节 运动与能量代谢

能量需求是营养学的一个最基本的问题。人体活动每时每刻都要消耗能量，生命活动过程是一个消耗能量的过程。与此同时，人体不断地从外界环境中摄取食物，并从中获得必需的营养物质，其中包括碳水化合物、脂类和蛋白质，一般称之为三大产能营养素。三大产能营养素经消化转变成可吸收的小分子物质被吸收入血，这些小分子物质，一方面经过合成代谢构成机体的组成成分或更新衰老的组织；另一方面经过分解代谢释放出所蕴藏的化学能，这些化学能经过转化便成为生命活动过程中各种能量的来源。而机体在物质代谢过程中所伴随的能量释放、转移和利用则构成了整个能量代谢过程，这是生命活动的基本特征之一。

运动时因人体骨骼肌内能量消耗大大增多，所以体育活动有能量代谢强度大、消耗率高等特点。对于健身者来说，了解能量以及自己对能量的需求是很必要的。

一、能量单位

“能”（energy）在自然界有多种形式，如太阳能、化学能、机械能、电能，它们之间可以相互转换。为了计量上的方便，国际上制定了统一的单位，即焦〔耳〕（joule, J）或卡（calorie, cal）。1卡指1克纯水的温度由15℃上升到16℃所需要的能量；而1焦则是指用1牛〔顿〕（N）力把1千克物体移动1米所需要的能量。1000焦等于1“千焦”（kilo joule, kJ）；1000千焦等于1“兆焦”（mega joule, MJ）。两种能量单位的换算如下：

$$\begin{aligned} 1 \text{ kcal} &= 4.186 \text{ kJ} & 1 \text{ kJ} &= 0.239 \text{ kcal} \\ 1000 \text{ kcal} &= 4.186 \text{ MJ} & 1 \text{ MJ} &= 239 \text{ kcal} \end{aligned}$$

二、能量来源

人体在生命活动过程中都需要能量，如物质代谢的合成和分解反应、心脏跳动、肌肉收缩、腺体分泌等。人体各种生理活动所需要的能量，基本由ATP（三磷酸腺苷）供给，肌肉活动的直接能量来源是ATP。而这些能量均来源于

食物。食物中所含的营养素可分为七大类：碳水化合物、脂类、蛋白质、矿物质、维生素、水和膳食纤维。其中，碳水化合物、脂类和蛋白质经体内代谢可释放出能量，三者统称为“产能营养素”或能源物质。人体的ATP由糖、脂肪和蛋白质三大能源物质的氧化分解产生，它们通过相应的分解代谢，将储存在分子内的化学能逐渐释放出来，并转移、储存至ATP分子内，以保证ATP供能的持续性。可见ATP的最终来源是食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质。

（一）食物的能量卡价

人体所需要的能量来源于动物性和植物性食物中的碳水化合物、脂类和蛋白质三种产能营养素。每克产能营养素在体内氧化所产生的能量值称为“食物的热价”或“食物的能量卡价”，亦称“能量系数”。

产能营养素在体内燃烧（生物氧化）的过程和在体外燃烧的过程不尽相同，体外燃烧是在氧的作用下完成的，化学反应激烈，伴随着光和热；体内氧化是在酶的作用下缓慢进行的，比较温和。特别是最终产物不完全相同，所以产生的热量（即能量）也不完全相同。根据“弹式热量计”测定，在体外燃烧时，1克碳水化合物平均产生能量17.15kJ（4.1kcal）；1克脂肪平均产能39.54kJ（9.45kcal）；1克蛋白质平均产能23.64kJ（5.65kcal）。但在体内氧化时，碳水化合物和脂肪与体外燃烧时的最终产物均为二氧化碳和水，所产生的能量也相同。蛋白质在体内氧化时的最终产物为二氧化碳、水、尿素、肌酐及其他含氮有机物；而在体外燃烧时的最终产物则为二氧化碳、水、氨和氮等，体内氧化不如体外燃烧完全。若将1克蛋白质在体内氧化的最终产物收集起来继续在体外燃烧，还可产生能量5.44kJ（1.3kcal）。因此，用“弹式热量计”体外燃烧试验推算体内氧化产生的能量：1克碳水化合物为17.15kJ（4.1kcal），1克脂肪为39.54kJ（9.45kcal），1克蛋白质则为 $23.64 - 5.44 = 18.2\text{kJ}$ （4.35kcal）。

另外，食物中的营养素在消化道内并非百分之百地被吸收。一般混合膳食中碳水化合物的吸收率为98%、脂肪为95%、蛋白质为92%。所以，三种产能营养素在体内氧化实际产生能量（表1-1）则为：

$$1 \text{ 克碳水化合物 } 17.15\text{kJ} \times 98\% = 16.81\text{kJ} \text{ (4.0kcal)}$$

$$1 \text{ 克脂肪 } 39.54\text{kJ} \times 95\% = 37.56 \text{ kJ} \text{ (9.0kcal)}$$

$$1 \text{ 克蛋白质 } 18.2\text{kJ} \times 92\% = 16.74\text{kJ} \text{ (4.0kcal)}$$

表 1-1 三大产能营养素的能量系数

营养素	能量系数	
	kJ	kcal
碳水化合物	16.81	4
脂肪	37.56	9
蛋白质	16.74	4

(二) 能量来源的分配

三类产能营养素在体内都有其特殊的生理功能并且彼此相互影响，如碳水化合物与脂肪的相互转化及它们对蛋白质的节约作用，因此，三者 in 总能量供给中应有一个恰当的比例。根据我国的饮食特点，成人碳水化合物供给的能量以占总能量的 55%~65%，脂肪占 20%~30%，蛋白质占 10%~15% 为宜。年龄越小，蛋白质及脂肪供能所占的比例应相对增加。成人脂肪摄入量一般不宜超过总能量的 30%。

根据《推荐的中国运动员膳食营养素和食物适宜摄入量》的建议，运动员三大供能营养素所占总热量的比例：蛋白质为 12%~15%（力量项目可增加到 15%~16%），脂肪为 25%~30%（游泳和冰上项目可增加到 35%），碳水化合物为 55%~65%（耐力项目可增加到 70%）。

三、能量消耗

能量从一种形式转化为另一种形式的过程中，其总量既不增加也不减少。这是所有形式的能量互相转化的一般规律，即能量守恒定律，机体的能量代谢也遵循这一普遍规律。即在能量转化过程中，机体利用蕴藏于食物中的化学能与最终转化成的能量和所做的外功，按能量折算是完全相等的。也就是说，机体的能量需要与消耗是一致的。在理想的平衡状态下，个体的能量需要量等于其消耗量。成年人的能量消耗主要用于维持基础代谢、体力活动和食物生热效应；孕妇还包括子宫、乳房、胎盘、胎儿的生长及体脂储备；乳母则包括合成乳汁；儿童、青少年应包括生长发育的能量需要；创伤患者康复期间也需要能量。

概括来说，人体的能量消耗主要包括以下几个方面：

- 基础代谢的消耗；
- 机体活动（包括娱乐、体育活动）的消耗；
- 摄入食物过程引起的消耗（称为食物的特殊动力作用）；
- 机体生长发育（生长阶段的儿童和怀孕的妇女）所需的能量。

其中前三项之和是成人每日能量消耗的总量，而儿童、孕妇和创伤患者的能量消耗还要包括生长发育所需的能量。

（一）基础代谢

1. 基础代谢与基础代谢率

基础代谢（basal metabolism, BM）是指人体维持生命的所有器官所需要的最低能量消耗，是在清晨而且极端安静的状态下，不受精神紧张、肌肉活动、食物和环境温度等因素影响时的能量代谢。单位体表面积、单位时间内的基础代谢，称为基础代谢率（basal metabolic rate, BMR）。一般是以每小时所需要的能量为指标。基础代谢的测量一般都在清晨未进餐以前进行，距离前一天的晚餐 12~14 小时，而且测量前的最后一次进餐不要吃得太饱，膳食中的脂肪量也不要太多，这样可以排除食物热效应作用的影响。测量前不应做费力的劳动或运动，而且必须静卧半小时以上，测量时采取平卧姿势，并使全身肌肉尽量松弛，以排除肌肉活动的影响。测量时室温应保持在 20~25℃ 之间，以排除环境温度的影响。

2. 静息代谢

静息代谢是一种与基础代谢很接近的代谢状态，测定中省略了摄入食物这个条件，测定过程要求全身处于休息状态，不用早上睡醒测量，也不是空腹，而是在进食 3~4 小时后测量。此时机体仍在进行着若干正常的消化活动，这种状态比较接近人们正常生活中的休息状态，在这种条件下测出的代谢率，称为静息代谢率（resting metabolic rate, RMR），静息代谢率与基础代谢率相差约 10%。静息代谢率一般占总能量消耗的大部分（60%~75%）。

（二）体力活动

除了基础代谢外，体力活动是影响人体能量消耗的主要因素。因为生理情况相近的人，基础代谢消耗的能量是相近的，而体力活动情况却相差很大，机体任何轻微活动都可提高代谢率。人每天的工作和生活中有很多的活动，其中包括娱乐和体育活动，这些活动都是由肌肉做功来完成的。机体能量消耗的增加与肌肉

活动的强度呈正比关系，若以相对代谢率进行比较，运动的能量消耗是安静时的两三倍甚至百倍以上。

运动中消耗能量的主要来源是糖和脂肪酸，两者供能的比例取决于运动强度和运动持续时间：运动强度达到最大摄氧量 75%或以上时，糖氧化供能比例增加；运动强度降低至最大摄氧量的 65%以下时，脂肪供能比例增加（表 1-2 和表 1-3）。

表 1-2 骨骼肌细胞利用的能量系统

系统	利用情况	运动举例
三磷酸腺苷 (ATP)	所有情况	力量训练，各种投掷、跳、百米跑等高强度运动
磷酸肌酸 (CP)	运动开始时，极限强度运动及其后短间歇	同上，高强度有间歇的运动训练
糖无氧酵解	高强度运动，尤其是 30 秒至 2 分钟的运动	200 米计时跑
糖有氧氧化	运动持续 2 分钟至 5 小时，强度越大，利用越多	篮球、排球、游泳、慢跑等
脂肪有氧氧化	持续时间长的低强度运动	长距离跑步、游泳和骑车
蛋白质有氧氧化	所有低强度运动	长时间耐力性运动

(引自：Lamb & Wardlaw, 1991)

表 1-3 不同运动持续时间的主要供能系统

运动时间	供能系统
< 30 秒	磷酸原 (ATP-CP)
30 秒 ~ 1.5 分钟	磷酸原和糖酵解
1.5 ~ 3 分钟	糖酵解和有氧氧化
> 3 分钟	糖和脂肪有氧氧化

(引自：陈吉棣, 2002)

在人体的整个能量消耗中，肌肉活动或体力活动占较大比例。通常各种体力活动所消耗的能量占人体总能量消耗的 15%~30%，所以参加体育健身者所消耗的能量比不参加者可以大很多，见表 1-4。影响体力活动能量消耗的因素：1. 肌肉越发达者，活动能量消耗越多；2. 体重越重者，能量消耗越多；3. 活动强度越大、持续时间越长，能量消耗越多；4. 与工作的熟练程度有关。其中活

动强度和持续时间是主要影响因素，而活动强度主要涉及活动时牵动的肌肉多少和负荷的大小。

表 1-4 不同生活活动和运动每千克体重每小时的能量消耗

体力活动方式		能量消耗 (kcal)
安静 (不活动)	静卧, 静坐, 睡觉, 躺着或斜卧着看电视、看书、写字、电话聊天	0.9
	静站, 坐着看书报	1.2
	坐着聊天, 玩牌	1.4
	坐着上课、学习, 站着聊天、看书	1.8
步行	缓慢步行	2.86
	110 ~ 120 步/分钟	4.58
乘车	坐车	1.6
登山	5°坡度	6.42
	7°坡度	14.52
跑步 (km/h)	跑走结合 (跑步不超过 10 分钟)	5.9
	一般慢跑	6.9
	8	7.8
	9.6	10.0
	10.8	10.9
	12	12.4
	13.8	14.0
	16.1	15.9
17.5	17.8	
体力活动方式		能量消耗 (kcal)
羽毛球	一般单、双打	4.5
排球	一般	3.1
	中等	5.01
篮球	投篮	4.5
	普通	5.9
足球	一般	7.86
	比赛	9.0
乒乓球	—	4.0
上楼	一般负重	9.0
下楼	—	3.1

游泳	踩水, 中等用力, 一般	4.0
	自由式, 慢、中等或轻度	7.8
	蛙式, 一般速度	10.0
自行车 (km/h)	<16, 一般, 休闲, 上班, 娱乐	4.0
	16~19, 轻度用力	5.9
	19.1~22.4, 休闲, 中度用力	7.8
	22.5~25.5, 比赛或休闲, 快, 重度用力	10.0
	25.6~30.5, 很快, 一般比赛	11.9
	>30.5, 比赛	15.9
家务劳动	洗、叠、挂衣服, 整理床铺等	1.9
	洗碗, 熨衣服等	2.1
	清扫房间, 做饭	2.4
	擦窗户, 拖地	4.5
	移动家具	5.9

(引自: Ainsworth BE, Haskell WL, 1993)

(三) 食物热效应

摄入的食物能为人体提供能量, 但是摄入这些食物本身也出现能量消耗额外增加的现象。由于机体摄入食物而引起机体能量代谢的额外增高称为食物热效应 (thermic effect of food, TEF), 过去称为食物的特殊动力作用 (specific dynamic action, SDA)。例如, 进食碳水化合物可使能量消耗增加 5%~6%, 进食脂肪可增加 4%~5%, 而进食蛋白质可使能量消耗增加 30%~40%。一般混合膳食所引起的能量额外消耗为 150~200kcal, 相当于总能量的 10%。食物热效应只能增加体热的外散, 而不能增加可利用的能; 换言之, 食物热效应对于人体是一种损耗而不是一种收益。当只够维持基础代谢的食物摄入后, 消耗的能量多于摄入的能量, 外散的热多于食物摄入的热, 此项额外的能量却不是无中生有的, 而是来源于体内的营养储备。因此, 为了保存体内的营养储备, 进食时必须考虑食物热效应额外消耗的能量, 使摄入的能量与消耗的能量保持平衡; 相反, 为了增加机体的能量消耗, 达到减脂的目的, 除控制膳食中总的能量摄入外, 可适当增加膳食中蛋白质的供能比例, 以增加食物热效应所消耗的能量。

(四) 生长发育中影响能量消耗的其他因素

处于生长发育中的儿童，一天的能量消耗还应包括生长发育所需要的能量。新生儿按公斤体重计算时，相对比成人的消耗多2~3倍的热量。3~6个月的婴儿，每天有15%~23%所摄入的热能被机体用于生长发育的需要而保留在体内。怀孕的妇女，由于子宫内胎儿的发育，孕妇间接地承担并提供胎儿迅速发育所需的能量。机体能量消耗除受上述影响基础代谢的几种因素影响之外，还受情绪和精神状态影响。脑的重量仅占体重的2%，但脑组织的代谢水平却是很高的。例如，精神紧张的工作可使大脑的活动加剧，能量代谢可增加3%~4%。当然，与体力劳动比较，脑力劳动的消耗仍然相对较少。

四、能量需要量

人体能量代谢的最佳状态是达到能量消耗与能量摄入的平衡，这种能量平衡（energy balance）能使机体保持健康并能胜任必要的社会生活。能量代谢失衡，即能量缺乏或过剩都对身体健康不利。在营养上，需要和供给是两个相联系而又相区别的概念，前者指维持机体正常生理功能所需要的数量，低于这个数量将会对机体产生不利的影响；而后者则是在已知需要量的前提下，考虑到人群中的个体差异和照顾群体的绝大多数所设置的一个安全量。因此，供给量的数值往往比需要量高，随着研究的进展，供给量往往要作相应的修订。

迄今为止，直接测定成年人在自由活动情况下的能量消耗量仍十分困难。由于基础代谢所消耗的能量占总能量消耗的60%~70%，所以它是估算成年人能量需要量的重要基础。世界卫生组织（1985）、美国（1989）、日本（1990）修订推荐摄入量时均采用了“要因加算法”（factorial approach）估算成年人的能量需要量，即以基础代谢率乘以体力活动水平（physical activity level, PAL）计算人体的能量消耗量或需要量。其公式为：能量需要量=BMR×PAL。对儿童、孕妇、乳母等特殊生理情况尚需考虑其特殊需要。

成年人的体力活动水平受劳动强度的影响，不同劳动强度的体力活动水平值见表1-5。