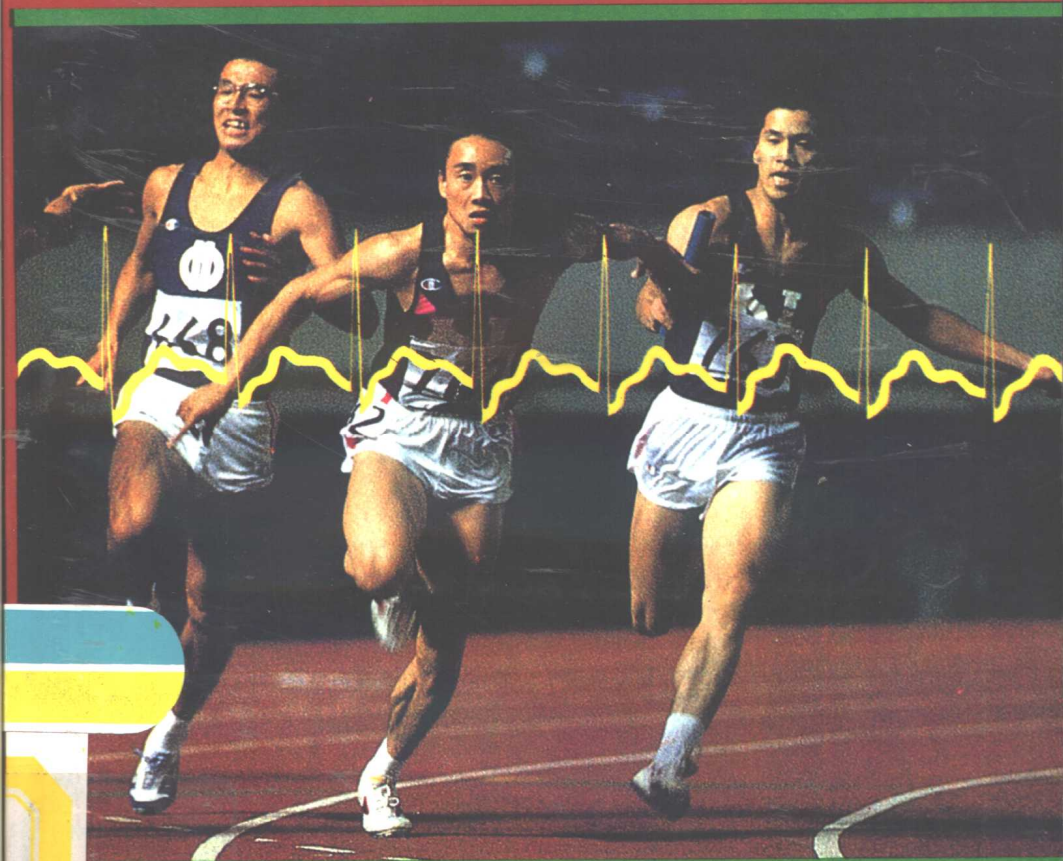


# 实用体育健康医学

杨锡让 傅浩坚 主编

北京体育大学出版社



APPLIED MEDICINE OF  
PHYSICAL FITNESS

# 实用体育健康医学

主 编

杨锡让 教授      傅浩坚 教授  
(北京体育大学)      (香港浸会大学)

北京体育大学出版社

〔京〕新登字 146 号

责任编辑:顾刚臣

责任校对:莉 克

责任印制:长 立

图书在版编目(CIP)数据

实用体育健康医学/杨锡让,傅浩坚主编. —北京:北京体育大学出版社,1995

ISBN 7—81003—973—3

I. 实… II. ①杨…②傅… III. ①体育保健学②运动医学 IV. ①G804.3②R87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 05424 号

实用体育健康医学

杨锡让 傅浩坚 主编

北京体育大学出版社出版发行  
(北京西郊圆明园东路 邮编:100084)

新华书店总店北京发行所经销  
雅艺彩印有限公司印刷

开本:850×1168毫米 1/32

印张:9.5

定价:12.00元

1995年4月第1版

1995年4月第1次印刷

印数:2000册

ISBN 7—81003—973—3/G·742

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

普及全民健身,倡导科学锻炼。向作者致  
崇高的敬意!



北京体育大学校长

王世安 教授

1995.1.18

AA2 64/14

本书的出版,标志着北京体育学院及香港浸会学院正名为大学的重要时刻,同时亦推进两地高等院校的学术交流和合作。实具双重意义。

近年的研究证明,两地的普罗大众对健康觉悟愈来愈高。此际广泛推介健康医学的知识,是最合时和适切的。

谨在此向本书的作者祝贺和致意。



香港浸会大学校长

孙志伟 博士



傅浩坚 教授  
香港运动医学会及  
科学学会会长  
香港浸会大学  
体育系主任



杨锡让 教授  
中国运动医学会  
副主席  
北京体育大学  
学位委员会副主席

## 前 言

当今,在世界上的各个角落,亿万人们都在热情地进行着健身锻炼,他们锻炼的目的,不是为了把3倍于自己体重的杠铃举过头顶,不是为了越过2米多高的横竿,更不是要像体操运动员空翻4周,他们的锻炼目的只是为了一个朴素的人生哲理:青少年是为了健康的发育成长,打好健壮的基础;中年人是为了保持健康的体魄,在繁重的工作中进行拼搏;老年人是为了健康长寿,潇洒地走完人生。

但是,在即将走向二十一世纪的时候,随着全球科技的发展,人们的注意力更多地集中在竞技体育上,研究人员贪婪地吸吮着现代科技的乳汁,研究提高运动成绩的方法。而我们认为,对于亿万人民的健身锻炼,引进先进的理论和科学的方法,更是当务之急,这是我们撰写本书的目的。

本书的读者对象,是各年龄阶段的体育爱好者,意在作为他们科学锻炼的指引。本书是由香港浸会大学体育系和北京体育大学生物科学系的同事们共同编著的,在这些人中有多人从事教学的老教授,有毕业多年的博士,也有在读的博士生,可谓老中青结合的集体创作。

以本书编写的章节为顺序,他们是:香港浸会大学傅浩坚(前言和第二十章);北京体育大学杨锡让(第一、第十五和第十六章);北京体育大学田野(第二章);北京体育大学赖柳明(第三章);北京体育大学王从容(第四章);北京体育大学张冰(第五章);北京体育大学王瑞元(第六章);香港浸

会大学李文昌(第七章);北京体育大学佟后良(第八章);香港浸会大学吴梁美丽(第九章);香港浸会大学雷雄德(第十章);香港浸会大学冯莲娜(第十一章);北京体育大学张问礼(第十二章);香港浸会大学钟伯光(第十三章);北京体育大学张勇(第十四章);北京体育大学陆一帆(第十七章);香港浸会大学卢灶炎(第十八章);香港浸会大学张小燕(第十九章);北京体育大学何玉秀(第二十一章);香港浸会大学潘家辉(第二十二章)。全书共分4个部分22章。

编著者

1995年2月



# 目 录

---

<b>第一部分</b>	<b>体育锻炼对身体各系统的影响及机能评估</b> .....	(1)
第一章	运动时的能量供应及改善.....	(1)
第二章	有氧与无氧供能的测定及评估 .....	(12)
第三章	心血管机能的改善和评估 .....	(33)
第四章	呼吸机能的改善和评估 .....	(40)
第五章	神经机能的改善和评估 .....	(47)
第六章	肌肉机能的改善和评估 .....	(52)
第七章	身体成份的改善和评估 .....	(74)
<b>第二部分</b>	<b>特殊人体机能的生理特点及机能评估</b> .....	(95)
第八章	体育锻炼对少年儿童生长发育的影响 .....	(95)
第九章	体育锻炼对女子的影响.....	(112)
第十章	体育锻炼对老年人健康的作用.....	(122)
第十一章	伤残人的体育锻炼.....	(130)
第十二章	体育锻炼对防治某些疾病的作用.....	(144)
<b>第三部分</b>	<b>体育锻炼对体能先天和后天的影响</b> .....	(183)
第十三章	体育锻炼与遗传.....	(183)
第十四章	特殊环境中体育锻炼的生理学分析.....	(195)
第十五章	体育锻炼对运动技能的影响.....	(212)
第十六章	体育锻炼对身体素质的影响,测量与评价 .....	(226)
第十七章	体育锻炼与免疫.....	(250)
<b>第四部分</b>	<b>改善身体健康的一些方法</b> .....	(259)

第十八章	气功、太极拳的生理作用 .....	(259)
第十九章	普及体操的健身作用 .....	(264)
第二十章	冷敷疗法的生理作用 .....	(271)
第二十一章	休闲恢复的生理作用 .....	(280)
第二十二章	其他推广康乐运动的方法 .....	(286)

# 第一部分 体育锻炼对身体各系统的影响及机能评估

北京体育大学 杨锡让

---

## 第一章 运动时的能量供应及改善

运动时,肌肉中的 ATP 在酶的催化作用下,首先迅速分解为 ADP 和无机磷酸,同时放出能量。每克分子 ATP 分解为 ADP 时,可释放 7—12 千卡的热能。这个能量就是肌肉收缩时唯一的直接能源。但由于肌肉中 ATP 的贮备量很少,所以必须边分解、边合成,ATP 一被分解,就立刻由自身产物再合成,因为当肌肉中存在有 ADP 时,肌肉中的 CP 立即分解为磷酸和肌酸。并放出能量不断地把 ADP 和磷酸再合成 ATP。每分解 1 克分子 CP,可以再合成 1 克分子 ATP。但是,肌肉中的 CP 含量也是有限的。也必须不断地再合成。CP 的再合成所需要的能量来自糖酵解和氧化,以及脂肪和蛋白质的氧化。

人体的有氧供能能力是无氧供能能力的基础。高度无氧能力应建立在高度发展的有氧过程的基础上。因为高度有氧供能能力不仅有助于更有效地促进氧化过程,最快地消除无氧过程中积累的乳酸,而且还能有效地提高肌肉中糖元的贮备量。而肌糖元贮备量又与无

氧能力有关。

总之,有氧氧化和无氧酵解是人体在不同活动水平上,根据需氧量的不同,所表现出来的两种供能方式。两者是紧密相连,不可分割的,只不过在比例上有所不同而已。这种比例上的差别,反映了不同项目的供能特征,也是采用不同训练手段的根据之一。

## 一、运动时的能源物质(无氧与有氧供能)

食物内的营养物质并不能直接为细胞提供能量。营养物质内储存的能量必须经过释放转变成含有高能键的磷酸化合物,由高能磷酸化合物裂解高能键释放出能量,才能被细胞利用。在体内只有三磷酸腺苷(ATP)可以作为肌肉作功的直接能源。因此,ATP在肌内中的储存量、分解速度和再合成速度,就成为影响肌肉运动能力的重要因素。ATP在安静时肌肉中的含量为6.9毫克分子/公斤湿肌。运动对肌肉中ATP的储存量影响不大,但可以提高ATP酶的活性。由于肌肉中ATP的含量少,而又不能从血液中提取,因此,依靠肌肉中ATP作功只能维持1秒钟左右。从能量供应的角度看,ATP消耗后的恢复速度是影响运动能力的最重要因素。

ATP的恢复必须向其它化学物质索取能量。ATP的合成有三个主要途径,一是磷酸肌酸(CP)释放的能量;二是无氧条件下肌糖元酵解生成乳酸过程中释放的能量;三是有氧条件下细胞线粒体内糖与脂肪酸分解生成二氧化碳和水的过程中释放的能量。

每个供能系统供给ATP的能力与所进行的运动项目有关。例如:在从事时间短、强度大的项目运动时,ATP主要由高能磷酸化合物系统供给;耐力项目主要靠有氧供能;介于上述二者之间的运动项目,则需无氧与有氧代谢混合供能。三种能源系统供能的一般特点见表1-1)。

表 1-1 三种能源系统的一般特点

ATP-CP 系统	乳 酸 系 统	有 氧 系 统
无氧代谢	无氧代谢	有氧代谢
供能很快	供能快	供能慢
化学能源:CP	食物能源:糖元	食物能源:糖元和脂肪
ATP 生成很少	ATP 生成有限	ATP 生成很多
肌肉中贮量少	乳酸可导致疲劳	没有导致疲劳的副产品
进行短时间、大 强度运动时的供能方式	进行 1-5 分钟 运动时的供能方式	进行长时间运动时的供 能方式

### (一)无氧供能

它包括在无氧或氧供应不足的情况下由 ATP 和 CP 分解供能和糖元无氧分解供能,前者称非乳酸能,后者称乳酸能。人体负氧债能力的大小,是无氧化供能的标志,与非乳酸能和乳酸能相对应。氧债可分为非乳酸氧债和乳酸氧债。而非乳酸氧债是非乳酸供能能力的标志;乳酸氧债是乳酸能供能能力的标志。

非乳酸能供能是在肌肉运动刚开始时,所有的能量都是由 ATP 和 CP 分解供给的。由于 ATP 和 CP 分解释放能量时不需要氧,也不产生乳酸,故叫非乳酸能。非乳酸供能可持续几秒钟。肌细胞内在缺氧的情况下迅速合成 ATP 的途径是磷酸肌酸分解反应。CP 是高能磷酸化合物,主要存在于肌浆内。细胞内 CP 的浓度大约是 ATP 浓度的 3-5 倍。快缩肌纤维内的 CP 含量高于慢缩红肌纤维。运动能使 CP 含量增多。从实验中可以了解到,动物进行速度训练后肌肉内 CP 的含量高于对照组 58%;力量训练后高于对照组 15%。运动对肌酸激酶(CPK)活性也有影响,速度训练后的动物酶活性提高 20%。由此可见,运动训练能提高体内 CP 的贮备量,增强肌酸激酶的活性,有利于将 CP 分子内贮存的能量转移给二磷酸腺苷(ADP)分子,

生成 ATP,以保证短时间剧烈运动时肌肉内的能量供给,也有利于恢复期 CP 含量的再合成。

糖原酵解供能(乳酸能)是指由肌糖原分解为乳酸时放出的能量。此能量由 ADP 接受,再合成 ATP。在进行剧烈运动时,需氧量大大超过耗氧量。这时肌肉无氧代谢过程中由于葡萄糖分解而产生的一部分乳酸,暂时在体内积存下来,留待供氧充分时再继续氧化,因而欠下氧债,即为乳酸氧债。据研究,当组织缺氧达 70% 时,糖酵解供能即开始。无氧酵解的供能能力,可用人体负氧债的能力来衡量。糖酵解供能是速度耐力素质的物质基础。运动强度大的项目,多需要糖酵解供能。

## (二) 有氧供能

在氧供应充足的情况下运动时,葡萄糖和肌糖原(或脂肪)被氧化成水和二氧化碳,并释放能量。这一过程称为糖的有氧氧化或有氧代谢,此时所释放的大量能量,供 ADP 再合成为 ATP。人体的摄氧能力越大,有氧氧化水平也越高。所以人体最大摄氧量的大小是人体内有氧氧化能力的标志,而有氧氧化能力又是耐力素质的基础。由于人体内的有氧氧化能力与最大摄氧量有关,故限制最大摄氧量的因素,也就是影响有氧氧化的主要原因。

此外,人体内糖原的贮备量也与有氧工作能力有关。剧烈运动时,随着肌糖原的消耗,肝糖原即分解为葡萄糖进入血液和肌肉,供肌肉工作利用。已经证明,在剧烈运动开始后 10—15 分钟,肝糖原即分解为葡萄糖进入血液,随着运动时间的延长,肌肉从血液中吸取的葡萄糖也随着增加,如肝糖原贮备不足,血糖便降低,而出现低血糖。低血糖首先将引起神经系统的机能发生障碍,使工作能力下降。所以也可以用运动时血糖的变化衡量运动员的耐力水平(图 1-1)。

1. 当氧气供应不足时,能量来自糖的酵解,结果产生乳酸。乳酸最后在氧供应充足时,1/5 又继续氧化,放出能量使其余的 4/5 乳酸再合成为肝糖原。所以,肌肉收缩时最终的能量来源,是糖与脂肪的

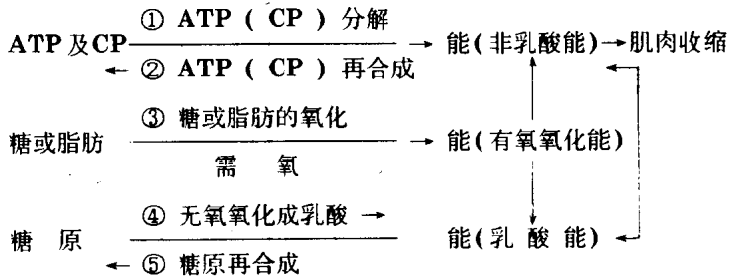


图 1-1 肌肉活动时供能关系

有氧氧化。

2. 当氧供应充足时,能量来自糖与脂肪的有氧氧化(表 1-2)。

表 1-2 进行不同时间最大运动时总能量供应中无氧和有氧代谢所占的相对比例(依 Berger. RA, 1982)

最大运动时间	相对比例(%)		主要能量来源	VO <sub>2</sub> max%
	无氧代谢	有氧代谢		
10 秒	83	17	ATP-CP	100
1 分	60	40	糖酵解	100
2 分	40	60	糖酵解和有氧氧化	100
5 分	20	80	糖酵解和有氧氧化	100
10 分	9	91	有氧氧化	95~100
30 分	3	97	有氧氧化	80~95
60 分	1	99	有氧氧化	80~90

## 二、影响有氧供能、无氧供能的因素

### (一)影响有氧供能的因素

影响有氧供能的生理学因素主要包括两个方面:即氧气的供应和能源物质的含量,其中氧气的供应是决定有氧供能能力的最主要

因素。

**1. 氧气的供应:**人体的摄氧能力越强,有氧代谢水平越高。人体在单位时间内呼吸、循环系统发挥最大功能水平摄入机体,并被组织细胞利用的最大氧气量称为最大摄氧量( $V_{O_2max}$ ),又称氧极限。最大摄氧量是体内有氧代谢能力的标志,也是机体有氧代谢的基础。一般人最大摄氧量为2—3升/分,高水平耐力运动员可达4—6升/分。由于人体的有氧氧化能力与最大摄氧量相关,故限制最大摄氧量的因素也是影响有氧代谢能力的重要因素。体内的氧气供应主要与呼吸、循环和组织细胞的代谢水平有关。

**2. 肺通气功能:**衡量肺通气功能的指标常见的有肺活量和肺通气量。它们分别反映肺一次最大换气功能和单位时间内的最大通气功能。

**3. 肺活量:**人体在一次深吸气后,用最大气力所能呼出的最大气体量称肺活量。正常成年人肺活量的平均值男性为3500—4000毫升,女性为2500—3400毫升,肺活量是衡量人体健康水平的重要指标之一,特别是对于处在生长发育阶段的少年儿童更是一项常用的生理学指标。机体的肺活量越大,表明机体的有氧代谢潜能越大,经常参加体育锻炼的人其肺活量高于一般人,而且运动训练可以提高机体对肺活量的利用能力。但从动态角度分析肺活量并不是制约机体有氧代谢能力的重要因素。

**4. 肺通气量:**单位时间内进出肺组织的气体量为肺通气量,肺通气量反映肺组织的换气功能,其中与体育活动或体育锻炼关系较密切的指标为最大通气量。以适宜的呼吸频率和呼吸深度单位时间内进出肺组织的最大气体量,亦可以用肺活量计测得。一般人的最大通气量80—100升,运动员的最大通气量水平高于一般人,可达180—200升,虽然运动可提高最大通气量水平,但由于一般人的最大通气量已达相当高的水平,足以满足肺换气的需要。所以,肺的通气功能并不是限制人体运动过程中有氧代谢能力的主要因素。

**5. 血液携带氧的能力:**血液对氧气的运输主要是通过血液中的



血红蛋白完成的。血红蛋白是血液中一种含铁的蛋白质，其中的珠蛋白可与氧气进行可逆性的结合，每克血红蛋白可结合 1.34—1.36 毫升的氧，每 100 毫升血液中血红蛋白的含量平均约 14 克，故每 100 毫升血液中血红蛋白与氧结合的最大量约为 19—20 毫升。血红蛋白与氧的结合主要受氧分压的影响，在肺组织中氧分压较高，血红蛋白与氧气结合，而在肌肉等组织细胞中氧分压较低，血红蛋白与氧解离，解离出的氧释放到组织细胞供组织利用。由于血红蛋白与氧的最大结合量是相对不变的，所以如果要提高携带氧能力只能提高血液中血红蛋白的含量，而血红蛋白含量过高会引起血液的粘滞性增高，因此，在一般正常人血液的携带氧能力也不是限制有氧代谢能力的重要因素。

**6. 心脏的射血功能：**单位时间内流经组织的血流量越多，其血液运送氧的能力也就越强，而流经组织器官的血流量主要取决于心脏的射血功能。从费克氏公式可见心脏的射血功能在影响摄氧量中的作用：

$$\begin{aligned} \text{摄氧量} &= \text{心输出量} \times (\text{动脉血氧量} - \text{静脉血氧量}) \\ &= \text{心率} \times \text{每搏输出量} (\text{动脉血氧量} - \text{静脉血氧量}) \end{aligned}$$

心脏射血能力的高低可用心输出量衡量，一般人的心输出量为 3.5—5.5 升/分，人体的心脏功能有较大的机能潜力，可随不同的机能状态有较大的变化，运动时心输出量明显增加。心输出量又受心率和每搏输出量的影响，其中每搏输出量是影响心输出量的最重要因素，因而，也是影响机体有氧代谢能力的最重要因素之一。每搏输出量越大，心输出量水平也就越高，单位时间内运送氧的能力也就越强，机体的有氧代谢水平也就越高，因此，有人称心输出量是影响机体最大摄氧量的中枢因素，可见其在有氧代谢中的作用。

**7. 组织利用氧的能力：**前面提到血红蛋白与氧的结合与解离受氧分压的影响，组织的氧分压越低，与血液的氧分压之差就越大，血液释放并进入组织的氧也就越多。而组织中氧分压受细胞代谢能力的影响，组织中代谢水平越高，氧消耗越多，利用氧的能力越强，其氧