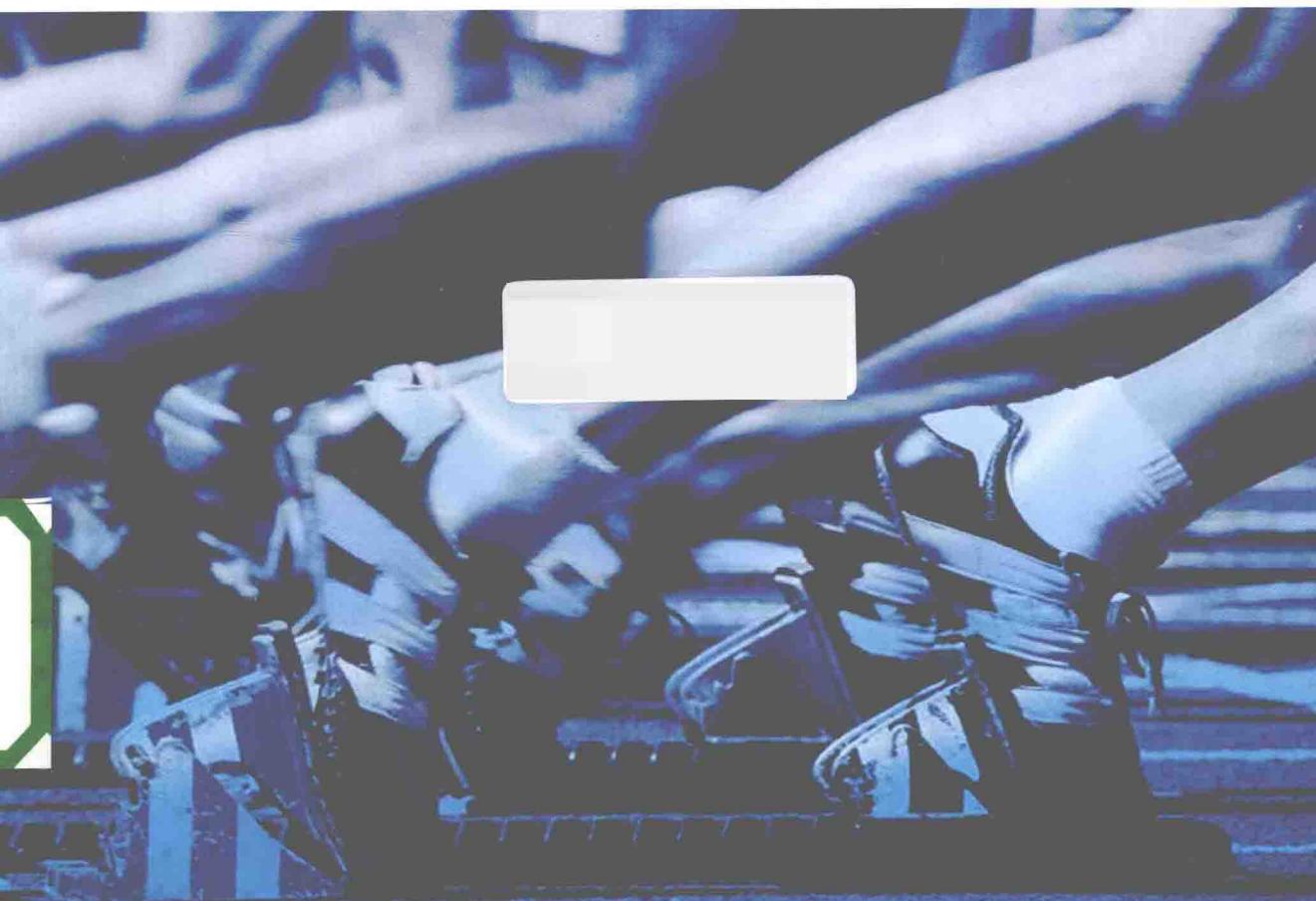


运动与能量代谢

—— 锻炼身体的科学与健康

肖国强 曹 姣 主编



人民体育出版社

运动与能量代谢

——锻炼身体的科学与健康

肖国强 曹姣 主编

人民体育出版社

图书在版编目(CIP)数据

运动与能量代谢: 锻炼身体的科学与健康 / 肖国强等主编.

-北京: 人民体育出版社, 2014

ISBN 978-7-5009-4708-0

I. ①运… II. ①肖… III. ①体育锻炼-关系-健康-研究

IV. ①G806

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 196911 号

*

人民体育出版社出版发行

三河兴达印务有限公司印刷

新华书店经销

*

787×1092 16 开本 15 印张 310 千字
2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷
印数: 1—4,000 册

*

ISBN 978-7-5009-4708-0

定价: 35.00 元

社址: 北京市东城区体育馆路 8 号 (天坛公园东门)

电话: 67151482 (发行部)

邮编: 100061

传真: 67151483

邮购: 67118491

网址: www.sportspublish.com

(购买本社图书, 如遇有缺损页可与邮购部联系)

前言

“锻炼身体”是为达到身体健康的“身体活动”行为。学习“锻炼身体”的科学知识有助于实施科学的运动处方，达到最好的身体锻炼效果。我们的身体应具备最基本的体能，应该是健康的体能。然而，具备健康体能的人并不一定具备优秀的竞技体能；具备优秀竞技体能的人也并不一定代表有健康的身体。锻炼身体与健康关系的研究不应仅在整体和器官水平，而更需要深入到细胞分子水平。运动、健康和长寿关系有赖于在运动实践中探索。

本书是博士生导师肖国强教授及其指导下的硕士、博士共同完成之作。从第一章到第五章介绍了人的寿命与运动、不同人群的寿命以及从事不同运动项目对其寿命的影响，提出健康的体育活动可能有益于寿命的延长；各国体质测试内容及其对身体运动能力的医学诊断、运动处方的科学实施、体质的科学评定系统等，为全民健身运动开展提供基础和保证。

第六章到第十二章论述了身体的运动能力与供能系统、循环系统、体成分、营养关系等问题。人体活动的能量供应分为有氧供能系统和无氧供能系统，而健康的体能与有氧供能系统关系密切。人体的生命活动受各器官系统机能的影响，其心血管系统功能在保持健康的体能中起着至关重要作用，文中涉及到心率的起源、影响因素及其在运动训练强度监控和运动训练效果评定中的作用，此外还包括最大摄氧量、乳酸阈与健康体能的关系及其在锻炼身体中的运用。健康的身体成分组成与标准体重的合理控制、有氧运动处方的实施及营养物质摄取等有关。衰老是不可避免的自然规律，为保持健康体能，还需进一步加强对骨骼肌的适宜运动刺激，防止骨质疏松的早现。第十二章主要论述女性与运动，包括月经周期、妊娠及更年期如何注意身体活动相关问题。

第十三章到第十七章论述了不同环境，包括无重力、低氧高氧及不同温度环境的变化对人体机能及运动能力的影响，特别是在高温环境身体活动时应注意的问题、如何预防中暑等。

第十八章到第二十一章介绍了糖尿病、高血压以及冠心病等现代文明病与健康体

能的关系，以及身体活动对其的防治作用。

在人的一生中会受到各种因素的影响，包括可变因素和不可变因素影响健康长寿。前者是指运动、疾病、不良行为习惯、饮食方式及服用药物等，后者是指年龄、性别、种族和遗传等。虽然自然界天生不公平，可能终身不喜欢运动人长寿于具有健康体能人的寿命，这是由于生命的遗传因素存在。然而无可厚非的是，坚持适宜的体育活动，养成锻炼身体的习惯，维持机体内环境的稳定，可在很大程度上延长我们的寿命，这即是我们撰写本书的目的。

编者

2014年6月

目 录

第一章 运动与健康	(1)
一、概述	(1)
二、运动与寿命	(2)
三、运动项目对人的寿命的影响	(5)
第二章 运动能力与健康	(8)
一、运动能力	(8)
二、运动能力的组成	(9)
三、形态与体成分	(11)
第三章 体质与健康	(20)
一、体质健康的科学研究	(20)
二、各国体质测试研究	(31)
第四章 运动能力的医学评定	(49)
一、运动能力的医学诊断	(49)
二、身体运动能力评定程序	(51)
第五章 运动处方	(58)
一、运动处方的概念及分类	(58)
二、健身运动的生理学基础	(66)
三、锻炼身体的原则	(67)
第六章 运动与营养、能量代谢	(69)
一、营养及其作用	(69)
二、身体运动的能源	(70)
三、能量的产生	(70)
四、能量的供给机构	(73)



第七章 运动与循环系统	(75)
一、心脏	(75)
二、血管系统	(78)
三、血液	(79)
四、氧的运输	(79)
五、心输出量	(80)
六、血压	(82)
第八章 运动心率与健康	(89)
一、心率的起源	(89)
二、影响心率的因素	(90)
三、心率在锻炼身体中的运用	(93)
第九章 最大摄氧量与健康	(94)
一、最大摄氧量	(94)
二、影响最大摄氧量的因素	(96)
三、最大摄氧量在锻炼身体中的运用	(98)
四、最大摄氧量的测定方法	(101)
第十章 运动与肥胖	(118)
一、肥胖与疾病	(118)
二、肥胖的判断方法	(118)
三、肥胖的对策	(124)
四、隐形肥胖	(126)
第十一章 运动与衰老	(129)
一、概述	(129)
二、随年龄的增加各器官系统的变化	(130)
三、随年龄的增加身体素质指标的变化	(133)
四、身体不活动对健康和体能的影响	(135)
五、老年人的运动	(136)
六、老年人如何进行健身运动	(140)
七、老年人健身运动若干问题	(143)

第十二章 运动与骨质疏松	(148)
一、骨盐量的测定	(148)
二、不同发育期的骨与运动	(149)
三、不同因素对骨的影响	(150)
第十三章 运动与女性	(155)
一、性周期与运动	(155)
二、妊娠与运动	(158)
三、更年期与运动	(160)
第十四章 无重力环境与身体运动	(163)
一、宇宙环境与体能	(163)
二、飞行中的体能训练	(166)
第十五章 低氧环境与身体运动	(169)
一、低氧环境与红细胞生成素	(169)
二、低氧环境中的体液代谢变化	(171)
三、吸低浓度氧训练的生理学效果	(172)
第十六章 高氧环境与身体运动	(175)
一、高压氧或高浓度氧的摄入对机体运动能力的影响	(175)
二、高压氧或高浓度氧的摄入提高运动能力的可能机制	(177)
三、高压氧或高浓度氧的摄入与氧中毒	(179)
第十七章 不同温度环境与身体运动	(181)
一、体温调节的生理学基础	(181)
二、体温的调节	(182)
三、高温环境中运动对人体的影响	(185)
四、运动员中暑的原因及类型	(189)
五、不同环境的运动与习服	(193)
六、热疲劳环境的测定	(195)
七、运动性中暑发生时的处理	(197)
八、冷环境对机体运动能力的影响	(199)



第十八章 高血压与体育锻炼	(201)
一、动脉血压	(201)
二、影响高血压的因素	(203)
三、运动与血压	(203)
四、运动对不同人群血压变化的影响	(206)
第十九章 糖尿病与体育锻炼	(209)
一、维持正常血糖浓度的机制	(209)
二、糖尿病患者适宜的运动	(210)
三、2 型糖尿病的特征	(211)
四、2 型糖尿病患者的运动	(211)
五、1 型糖尿病患者的运动	(212)
第二十章 冠状动脉硬化心脏疾病与体育锻炼	(213)
一、活动职业者与非活动职业者的比较	(213)
二、体育活动对防止冠状动脉硬化心脏疾病的效果	(214)
三、少年时期体育活动对预防冠状动脉硬化性心血管疾病的作用	(215)
第二十一章 运动中的猝死与预防	(217)
一、运动中的猝死	(217)
二、运动中猝死的预防	(218)
参考文献	(220)

第一章 运动与健康

【提要】寿命是健康的重要指标，生命应保持健康的长寿。如果在健康的基础上实施运动，有规律进行运动的人可能要比无规律人的寿命长。动物与人体健康运动的研究表明，为了保持长寿，应该提倡进行有氧耐力性的体育活动，这些运动项目包括步行、慢跑、游泳和体操等。同时要持续地坚持这种体育活动，少吸烟，维持适宜的体重，使心血管疾病和癌症的发病率降低，促进健康长寿。

一、概述

“人生 50 古来稀”，在半个世纪之前，世界上人的平均年龄也不过如此。当今世界上最长寿国人的平均年龄已超过 75 岁（图 1-1）。2004 年日本已成为世界第一长寿国，男子平均寿命为 78.64 岁，女子为 85.59 岁（表 1-1）。男女 80%可延年益寿到 65 岁以上，2005 年亚洲各国及地区人均寿命在 65 岁以上的比率急剧增加（表 1-2）。预测 2050 年平均 65 岁以上人口的比率，中国将达到 13.2%，香港达到 23.3%，日本达到 23.1%。2011 年末我国 60 岁及以上人口达到 18499 万人，占总人口的 13.7%。目前，对中老年人如何增进健康、保持健康

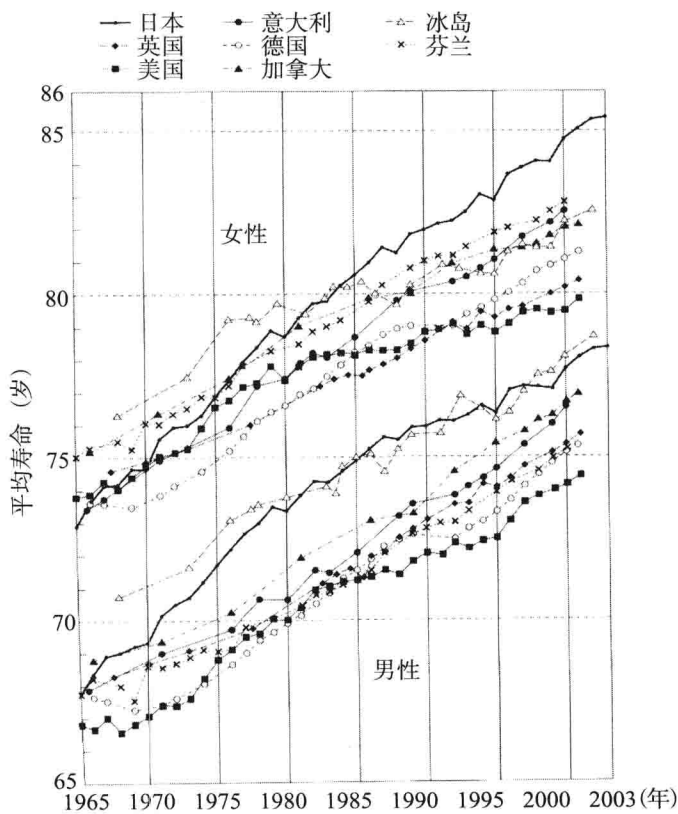


图 1-1 各国的平均寿命
(引自：厚生统计协会：2004)

的身体，特别是如何把握运动与健康等问题，已成为体育科研中一个非常重要的研究课题，这其中也包含运动与免疫、运动与疾病的预防以及运动与精神疲劳的消除等内容。

表 1-1 各国及地区平均寿命的比较

男子	年龄 (岁)	女子	年龄 (岁)
日本	77.19	日本	83.82
冰岛	76.20	冰岛	81.70
瑞典	75.91	瑞典	81.18
中国香港	76.30	中国香港	81.80
瑞士	75.30	瑞士	81.90
英国	74.06	英国	80.60
法国	74.0	法国	79.32
德国	72.99	德国	79.49
美国	72.40	美国	79.00

(引自：日本卫生统计协会，1999)

表 1-2 2005 年亚洲各国及地区人口在 65 岁以上的比率

	1995 年	2010 年	2025 年
中国内地	6.1	8.2	13.2
中国香港	11.0	13.9	24.3
印度尼西亚	3.6	5.4	8.6
日本	14.2	20.9	26.1
澳门	8.2	10.3	20.6
马来西亚	3.8	5.0	7.8
菲律宾	3.7	4.5	6.6
新加坡	6.7	10.4	20.6
中国台湾省	7.5	9.6	17.1
韩国	5.3	9.0	15.2
越南	4.9	5.1	8.0

(引自：Philips, et al., 1995)

二、运动与寿命

寿命是健康的重要指标，生命应保持健康的长寿。如果在健康的基础上实施运动，有规律进行运动的人要比无规律人的寿命长。从这点意义上讲，运动与寿命关系

的研究尤为重要。当然，此类问题的研究比较困难，这既要长期进行体育活动的人进行调查，又要跟踪调查对象直到死亡。寿命除了受运动的影响外，还受遗传、年龄和性别等因素的影响。

(一) 大学生时代的体育活动与寿命

对人类寿命的调查最早是在大学生人群中开展的。1928 年通过对美国大学生运动选手的死亡年龄（10 所大学）与同时代参加生命保险者进行比较，从中观察到体育活动非常活跃人的死亡年龄推迟，由此表明青年时期的体育活动可明显影响寿命。

1880—1905 年，对 4000 名大学毕业生在 20~45 年间的死亡情况调查发现，大学生运动选手的死亡率要比参加生命保险的人低 10%。与此同时，1829—1929 年 100 年间，参加英国划船比赛共 80 场的运动选手 1280 人被经过 4 期调查，合计死亡人数 394 人，通过与英国同龄死亡率预测值相比较，可以看出划船的大学生运动员比一般人的死亡率低。

表 1-3 不同项目运动选手的死亡年龄

	田径	旱滑	划船	橄榄球	一般大学生	优秀生
人数	203	176	167	218	325	362
死亡年龄	67.41	68.13	67.08	68.84	67.43	69.41

(引自：Rook, A., 1954)

表 1-3 是 1954 年对 1860—1900 年间美国某大学不同项目的大学生运动员死亡率与其学习成绩好坏、是否参加活动关系的调查。调查结果显示，田径、划船、橄榄球以及旱滑的运动选手平均年龄为 67~69 岁，与非运动员死亡年龄之间无明显差异。

波芬伯格（Paffenbarger, 1966）调查了 1916—1950 年美国哈佛大学入校的 16936 名男子毕业生在 1962 和 1966 年参加体育活动的情况。内容为每天步行距离、蹬楼梯台阶数、轻量运动和激烈运动的时间。根据身体活动算出每周的消耗热量分成 500kcal 以下、500~1999kcal、2000kcal 三组。此后在 1978 年对于这些人当中的死亡人数（1413 人）与运动量的关系进行了分析，研究表明 35~49 岁组每周消耗热量分别在 500kcal 以下、500~1999kcal、2000kcal 的死亡率分别为 1、0.97 和 0.79，三组间无显著差异，随着死亡年龄的增加，三组间的差异性增大；70~94 岁组在三组中的死亡率分别为 1、0.72 和 0.51。由此可知，自大学毕业以后，经常进行体育活动消耗能量较大的人，随着年龄的增加，死亡率下降而延长了寿命。

（二）运动员的寿命

长年进行体育运动训练、参加体育竞技比赛的专业运动员的寿命是否比一般人的长？美国生命保险公司（Metropolitan Life Insurance Company）调查了 1876—1900 年和 1901—1973 年两个时期的棒球运动员的死亡率。1900 年以前的专业运动员死亡率是白人的 97%，1901—1973 年比一般人下降，其原因并非运动员的运动量增大，而是由于进入 20 世纪运动员的社会、经济状态提高，以及运动队和运动员的自身健康管理进一步加强，导致死亡率下降。

（三）运动对寿命的影响

在芬兰，滑雪运动很普及。卡尔沃宁（Karvonen）对滑雪运动员和一般人的寿命调查发现，一般男子的生存率随着年龄增加而逐步提高，优秀运动员 50% 的生存率年龄在 73 岁，普通人在 3 个年代中（1931—1935 年，1946—1950 年，1956—1960 年）50% 生存率的年龄分别为 68.9 岁、68.7 岁和 70.2 岁，数据显示优秀运动员的生存率较高（图 1-2）。

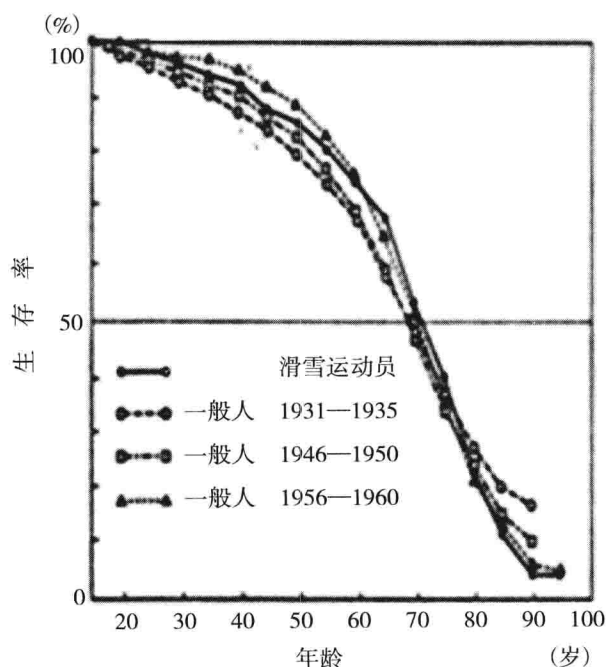


图 1-2 滑雪运动员的生存率和普通人男子的比较

（引自：Karvonen M.J., et al., 1974）

三、运动项目对人的寿命的影响

(一) 不同运动项目对人的寿命的影响

研究表明，坚持体育运动可以延长人的寿命，什么运动项目可以延长人的寿命？萨尔纳（Sarna，1993）于 1989 年对 1920—1965 年参加奥林匹克运动会、世界体育运动大会、欧洲体育运动大会的芬兰男子运动员（项目包括耐力运动、团体赛、爆发力运动）的生存状态进行了调查，并将其与一般男子进行比较。结果显示，在 50 岁时各组成员都健在，此后生存率发生了变化，耐力运动项目的寿命最长，其次是团体赛项目，而爆发力项目与一般人无显著差异（图 1-3）。在 1985 年对他们的健康生活的调查中发现，无论哪种运动项目组，坚持体育活动人的生存率都超过 50%，而一般男子组生存率却只有 17.1%。抽烟者在一般男子组中占 73.5%，而在 3 个运动项目组中吸烟者较少，运动项目组体重与 20 岁时比较有所增加，但和一般男子组相同。此外每月饮酒量与一般人大致相同，但耐力项目运动员的体重变化和饮酒量少，而且从死亡者的检查结果发现，耐力运动项目组的心血管疾病和癌症的死亡率约是一般人的 50%。此外，与其他因素死亡相比较，爆发力项目和耐力运动组的死亡率分别是一般人的 2 倍和 1.2 倍。

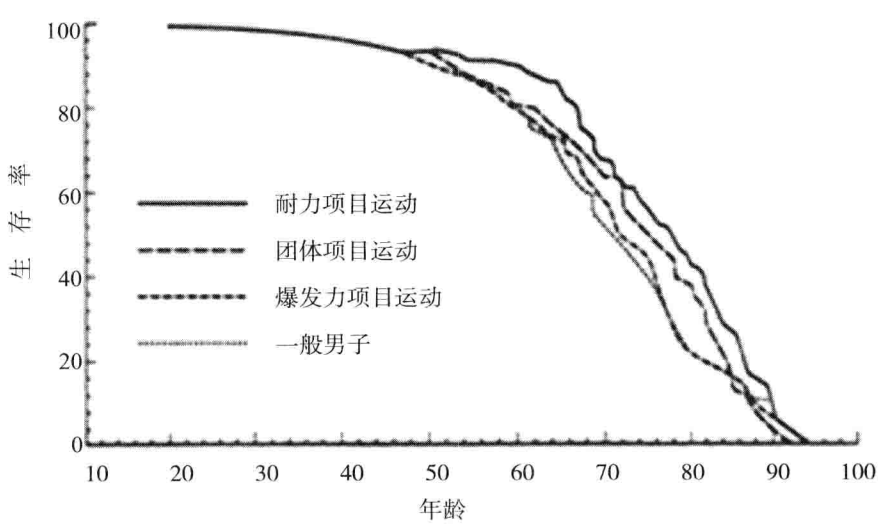


图 1-3 不同项目的运动员生存曲线与普通男子的比较

(引自：Sarna, S., et al., 1993)

上述调查结果表明，为了保持长寿，应提倡进行有氧耐力性的体育活动，包括步行、慢跑、长距离游泳和郊外滑雪等，同时要长期坚持运动，少吸烟，维持一定的体重，降低心血管疾病和癌症的发病率。

哈基姆（Hakim）对 707 名 61~81 岁不吸烟的退休人员每天的步行距离进行了跟踪调查，12 年后的死亡调查结果表明，每天步行 2.1~8.0 英里（1 英里 = 1.6 公里）者的死亡率是每天步行 0.9 英里者的 1/2。在步行距离长的组中，心血管疾病的死亡率低，危险率在 5% 以下。提示即使退休后，为保持健康长寿也要养成坚持活动的习惯（图 1-4）。

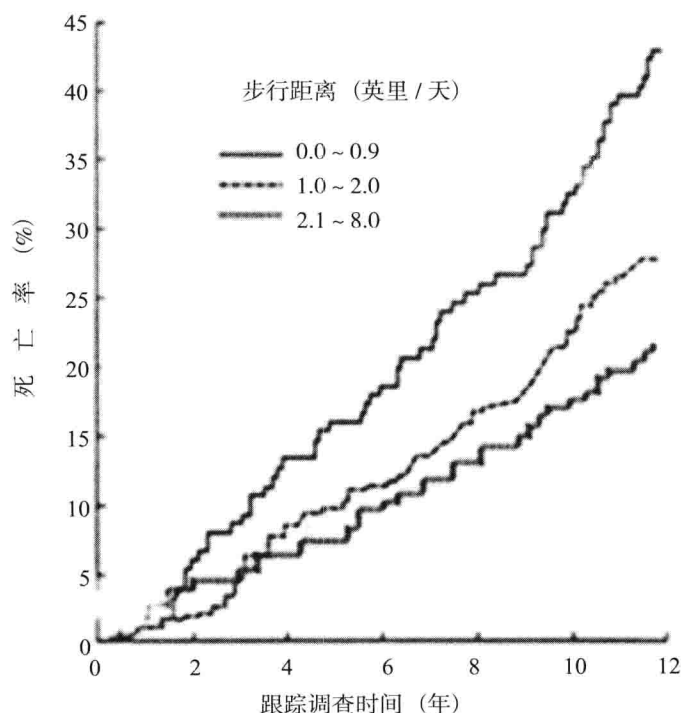


图 1-4 不同组步行速度 / (天) 死亡率的比较

(引自: Harkim, A.A., et al., 1998)

(二) 不同活动方式对动物寿命的影响

研究者采用因白化病 (albino) 死亡的小鼠，进行运动组（运动负荷采用活动跑台按照每天 10 分钟，11.5 米 / 分进行）和非运动组之间的实验观察。其结果发现，雄性和雌性运动组的生存天数最长。提示适宜的运动能在一定程度上延长寿命。

运动对寿命的影响还与其开始时间早晚有关。研究发现，早期训练的小鼠生存率要比晚期进行训练的高。

运动持续时间长短影响其寿命的效果。研究将小鼠分别放在带有转轮的铁笼和普通的铁笼中进行饲养（带转轮铁笼中的小鼠在夜间自由进行旋转活动，铁笼可自动记录旋转数，自由摄食），观察小鼠在年龄增长时期内体重与生存率的关系。结果发现，在带有转轮铁笼中的雄性和雌性小鼠，体重轻的生存率要比普通铁笼中的高，表明长期坚持活动的小鼠寿命要比不太活动的长。

有趣的是，将肥胖高血压小鼠分为自由摄取食物非运动组、限制食物非运动组和摄取食物运动组三组进行食物和运动条件不同的实验，调查其平均寿命、心脏大小、食物摄取量和能量消耗。从出生后第 45 天开始，按照 20 米 / 分、60 分 / 天在活动跑台上进行训练。结果发现，高血压小鼠限制食物非运动组的寿命最长，而自由摄取食物运动组的寿命最短（表 1-4）。但此项研究并不能观察到运动限制食物对寿命影响的结果，因此进一步研究高血压状态下运动结合限制饮食对寿命影响具有非常重要的意义。

表 1-4 跑对高血压小鼠的寿命及各指标的影响

项 目	非运动 + 限制食物组	非运动 + 自由摄取食物组	运动 + 自由摄取食物组
死亡年龄（日）	512.0±28.0	228.0±7.0	339.0±22.0
心脏异常面积比率（%）	2.8±1.0	7.5±2.1	1.6±0.4
48～251 天食物摄取量（g/d）	21.2±1.1	30.2±1.0	35.2±1.3
48～251 天推测摄取量（kcal）	12.602	16.426	20.302

（引自：Booth, E.W., et al., 1980）

（肖国强）

第二章 运动能力与健康

【提要】 运动能力是指在特定条件下能够满足身体活动的能力。力量、速度、耐力、灵敏性和柔韧性等身体素质反映着运动能力，构成运动能力的重要因素。形态是指人身体体的大小，体型是由身高、体重、胸围、坐高等体型指数综合表达。组织和器官、或分子和元素构成身体成分。多种测定方法可间接推测人体的身体组成（体成分），包括脂肪量、去脂肪体重和体脂肪率等。

一、运动能力

“运动能力”也可通俗为“体力”。我们累的时候或走不动了，常常会说我的体力不行了，而不会说我的体能下降了。这是由于体能的深层含义不及体力的口头表达，所以在现用的运动人体科学教科书中多用“体能”而不用“体力”单词。形象的表达若将体力两字分开，“体”是指身体，“力”则是力量。体力和精神力是相对立的，然而在体力中也包含着精神力，力也包括着“身体运动能力”“记忆力”等各种能力。日本运动生理学家石河利宽先生认为“体力对精神力而言，是指人体活动的基础能力”。可以说体力是个人所具备的身体活动能力，而健康体力是指在不损伤身体的情况下，能充分发挥个人精神的、身体的能力。

“运动能力”进一步可以解释为“体能”，在英语中的体力相当于“physical fitness”，它包括适应各种条件下的运动能力。体能可以用各种反映身体机能或运动能力的指标，以不同的层次表现和评价，然而健康的评价却很难表达。也就是说体能可以用数值指标来测定，而健康却无法用数值测定。体能和健康在本质上是很难分离的概念。能够充分地发挥体力必须是健康的，不具备某种体力亦不能说是不健康。1948年世界卫生组织（World Health Organization, WHO）将体力定义为“身体运动能力是指在特定条件下能够满足身体活动的的能力”。

克拉克（Clarke, 1976）认为体能应从日常生活中下定义，即“身体运动能力是指能够精神饱满地完成 ze 常 ze 作的能力，并不感到太累，同时也具备充分的能量对待非常情况的出现”。