

[美] 乔奇 A·布茹克司 著
汤姆士 D·法哈



杨锡让 等 译

运动生理学

YUNDONG SHENGLIXUE

北京体育学院出版社

运动生理学

(美) 乔奇A·布茹克司 著
汤姆士D·法哈

杨锡让 周石 陶心铭 译

杨锡让 刘炽光 校

北京体育学院出版社

运动生理学

[美] 乔奇A·布茹克司 著 杨锡让等译
汤姆士D·法哈

北京体育学院出版社出版

(北京西郊圆明园东路)

北京通县张家湾印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

* * *

开本787×1092毫米1/16 印张 29.5

1988年12月 第1版 1988年12月 第1次印刷

字数: 720000 印数: 4000

书号: ISBN7-81003-159-7/G109

定价: 6.40元 (压膜装)

(凡购买北京体育学院出版社出版的图书
因装订质量不合格, 本社发行部负责调换)

译 后 语

本书为美国著名生理学家乔奇A·布茹克司所著，是美国大学通用的运动生理学教材，颇受世界运动医学界推崇。书中集中了当今最新的运动生理学实验及研究成果，对运动训练的一系列具体问题都做了深入地研究，几乎论及运动生理和运动医学的各个方面。该书资料翔实，引用了大量的图表，内文层次分明，循序渐进。是专供体育院系专业教师、研究生参考使用的；也是技术课教师、本科学生提高理论水平的重要参考书；还可象工具书一样按需查阅。确系一本难得的学术价值较高的教学参考书。

此书在编辑出版过程中根据国际统一标准编序，将原书第一章绪论部分列为0章，以后各章以此为序顺排，次序不变。

原书每章后面附有参考书目，鉴于多数资料在我国尚难查询，故未编入。

本书在翻译过程中，还曾得到华明、朱良模、丁文京、丁锡琴等同志的帮助，特此表示谢意。

译 者

1988.9.20

M399/01

前 言

运动生理学是研究运动时人体机能的科学。我们认为，再也没有比分析运动时人体的工作能力更能引起人们的兴趣了，特别是以这些学生本身做为研究对象的时候。由于我们很多人，其生活要求有高能量的输出，因此，我们了解运动时人体的生理能力是重要的。因为运动时的生理能力决定了我们的成功与乐趣。研究运动生理学不仅是让学生们了解自己运动能力的调节机制，而且是使他们能知道在完成运动、工作、技艺、娱乐、预防及康复医学的知识，因此，这本书把生理学的研究与读者的个人兴趣联结起来了。

人体的工作能力决定了人类活动的多方面成果。我们的精力主要用于繁忙的工作，并学会保存能量作为生活的享受。当今的体力活动其主要作用已不再是为了生存，而是有助于发展和保持体力与思维的健全。一个人的体力受着遗传、成熟、营养、训练和环境等方面因素的影响，这些方面在本书都包括了。

在今天，引起虚弱和死亡的原因，已不再是传染病而是由退行性病变所代替，如冠心病(CHD)。引起冠心病的原因很复杂，但是与缺乏锻炼和适宜的娱乐活动有关。为此，不仅是适宜的体育锻炼在身体的生长发育期，而在青年和老年期，保持一定的体力活动也是需要的。当前已用运动来诊断冠心病，并且用运动延缓阻滞其发展以及治疗冠心病。运动训练和其它体疗方法，可以缩短当肌肉和关节受伤后及外科手术后的恢复期。

很多人帮助我们写了这本书，其中包括我们的老师W·D·玛柯道尔、J·A·R·E·拜尔、K·J·希托曼、F·M·哈利、G·L·莱瑞克和J·H·维路摩尔。我们受到现代的和以前的许多研究人员的启示，这些人在每章的最后参考资料中都提到了。我们也感谢其它教科书的一些作者，作为学生我们曾用过他们的书，包括：A·C·盖顿、P·O·阿斯特兰德、V·R·艾钦顿、E·福克斯、M·克莱勃、R·W·玛柯莱委瑞、A·J·万德尔、J·S·施尔曼和D·S·拉克诺。我们还感谢原稿的评阅人包括J·B·盖路、R·波特、K·柯耐特、K·柯尔顿和R·施道尔。

作为作者，我们也非常感谢并希望听到读者对本书的看法和意见，提出批评和建议，这些建议在本书以后的再版中将得到认真考虑与采纳。

乔奇A·布茹克司

汤姆士D·法哈

目 次

0 绪论	1
0.1 人体运动能力的限度	1
0.2 运动生理学的科学基础	3
0.3 体育运动与健身的科学	3
0.4 与体育、竞技和健身有关的生理学	4
0.5 人体象机器	4
0.6 限制比率的因素	5
0.7 最大摄氧量	5
0.8 影响生物体运动能力的因素	6
0.9 运动生理学的发展	8
0.10 小结	9
1 生物动能学	10
1.1 专有名词	10
1.2 热、温度和生物器官	11
1.3 热动力学的定律	12
1.4 放能反应与吸能反应	13
1.5 焓	14
1.6 自由能	14
1.7 平衡常数与自由能	15
1.8 真实自由能的变化	16
1.9 动能学与运动	17
1.10 小结	19
2 物质代谢的基础	20
2.1 生物范围内的能量转换	20
2.2 动物的物质代谢和热的生成	21
2.3 早期测量热的探索	22
2.4 间接测热计	26
2.5 小结	31

3	细胞内的能量转换.....	32
3.1	ATP——共同的化学中间物质.....	32
3.2	物质代谢酶的调节.....	35
3.3	小结.....	37
4	糖元分解、糖元酵解和葡萄糖异生作用;糖和淀粉(碳水化合物)在细胞内的分解与合成.....	38
4.1	葡萄糖——每日饮食的资源.....	38
4.2	糖酵解作用.....	40
4.3	肌肉中的糖酵解.....	40
4.4	有氧、无氧和无氧糖酵解.....	42
4.5	细胞浆线粒体的往返系统.....	46
4.6	糖元酵解产生 ATP.....	46
4.7	糖酵解的 功效.....	47
4.8	糖酵解的 调节.....	48
4.9	糖元分解作用.....	49
4.10	葡萄糖异生作用.....	53
4.11	训练对糖酵解的影响.....	55
4.12	小结.....	56
5	丙酮酸在细胞内的氧化.....	57
5.1	线粒体的 结构.....	57
5.2	柯里氏循环.....	60
5.3	电子传导键.....	63
5.4	葡萄糖分子的 ATP数目.....	64
5.5	训练对骨骼肌线粒体的影响.....	65
5.6	小结.....	68
6	脂类代谢.....	69
6.1	脂肪的定义.....	69
6.2	脂化作用和水解作用.....	72
6.3	饮食中的脂肪.....	72
6.4	运动时脂类的利用.....	73

6.5 做为燃料资源的肌肉内的甘油三脂和脂蛋白	78
6.6 组织利用脂类的特殊性	78
6.7 酮体做为燃料	79
6.8 不同运动时的脂类代谢	81
6.9 小结	83
7 蛋白质和氨基酸代谢	84
7.1 氨基酸和蛋白质的结构	84
7.2 食物中的蛋白质	85
7.3 氨基酸池	86
7.4 含氮类废物的排泄	88
7.5 葡萄糖异生氨基酸	90
7.6 形成磷酸烯醇式丙酮酸的旁路	91
7.7 支链氨基酸	91
7.8 葡萄糖—丙氨酸循环	93
7.9 作为氨的脱氧剂的谷氨酸和谷氨酰胺	95
7.10 耐力性训练对氨基酸代谢的作用	95
7.11 小结	96
8 神经、内分泌系统对新陈代谢的控制作用	98
8.1 血糖的自动调节与相对稳定	99
8.2 激素的特性	100
8.3 激素活动的机制	100
8.4 AMP 环——细胞内激素	100
8.5 胰岛素和胰高血糖素——血糖浓度的直接控制者	101
8.6 自主神经系统和肾上腺髓质	105
8.7 生长激素对持续性和间歇性运动的反应	108
8.8 皮质醇（氢化可的松）与垂体—肾上腺轴	110
8.9 甲状腺激素的允许作用	112
8.10 垂体后叶和抗利尿激素的分泌	113
8.11 小结	114
9 运动的代谢反应：运动后的过量消耗(EPOC)和 三个虚构物	116
9.1 为什么要测定运动时的代谢反应	116
9.2 间接测热法测定运动反应的可靠性	117

9.3 运动后的过量氧耗 (EPOC) 或“氧债”	118
9.4 20世纪早期经典的氧债理论	119
9.5 运动后乳酸代谢的命运	121
9.6 与运动有关的线粒体功能紊乱	122
9.7 废除氧债这个名词	124
9.8 运动时乳酸的转换 (产生与移除)	124
9.9 示踪研究的方法学原理	125
9.10 耐力训练对运动时乳酸代谢的影响	127
9.11 无氧阈——一个错误的名词	128
9.12 乳酸拐点的原因	130
9.13 小结	131
10 肺通气的机制	132
10.1 外呼吸、肺通气和内呼吸	132
10.2 环境对肺通气量的影响	133
10.3 氧进入血液	134
10.4 红细胞和血红蛋白在 CO ₂ 运输中的作用	137
10.5 碳酸氢盐缓冲系统对代谢酸的缓冲作用	140
10.6 肺通气对血液PH值的控制	141
10.7 代谢酸的缓冲途径	142
10.8 呼吸与交谈	142
10.9 小结	142
11 气体交换的方式	144
11.1 肺的解剖学	145
11.2 肺通气的机制	146
11.3 无效腔与肺泡通气	147
11.4 静态肺容量——肺的物理性尺度	149
11.5 通气中气体的物理性质	151
11.6 组织呼吸、循环以及肺通气	154
11.7 肺泡通气的控制	156
11.8 肺通气的控制——一种整合的、复杂的神经-体液机制	156
11.9 呼吸 (肺通气) 中枢	159
11.10 吸气中枢的中枢性传入冲动	159
11.11 呼吸中枢的外周传入冲动	160
11.12 运动性呼吸增强的控制	162
11.13 小结	162

12	肺通气与有氧做功能力	164
12.1	安静和运动时的通气血流比值 ($\dot{V}E/Q$)	164
12.2	运动中的氧通气当量	165
12.3	运动中最大通气量 $\dot{V}E_{max}$ 与最大随意通气量MVV	165
12.4	运动中的肺泡气氧分压和动脉血氧分压	166
12.5	供气体交换的肺泡总面积	166
12.6	呼吸肌的疲劳和其他限制因素对肺通气量的影响	166
12.7	小结	167
13	心脏及其调节	168
13.1	心脏的结构	168
13.2	心动周期	171
13.3	心脏的电活动和心电图	172
13.4	心脏活动的调节	173
13.5	小结	177
14	循环及其调节	178
14.1	循环	178
14.2	血流的决定因素	180
14.3	外周血管的调节与控制	182
14.4	冠状动脉	185
14.5	血流的长期调节	186
14.6	小结	187
15	运动期间的心血管动力学	189
15.1	运动期间决定心脏能力的主要因素	189
15.2	运动时的心血管能力	194
15.3	运动时和随意训练时心血管参数的改变	196
15.4	小结	204
16	有兴奋性的组织	206
16.1	兴奋性	206
16.2	跨膜电位的产生	207

16.3	动作电位	208
16.4	神经细胞(神经元)的解剖学	210
16.5	易化、抑制和全或无定律	210
16.6	运动单位	212
16.7	纤维类型募集的体积原则	214
16.8	运动员的肌纤维类型	214
16.9	小结	215
17	感觉、整合及运动模式	216
17.1	运动的神经控制	216
17.2	神经系统的大体解剖	217
17.3	反射的神经控制	219
17.4	感觉传入信息在运动活动中的作用	224
17.5	脊髓的运动	225
17.6	小结	225
18	骨骼肌的结构及其功能	226
18.1	骨骼肌的结构	226
18.2	赫胥黎关于肌肉收缩的滑行丝机制	227
18.3	兴奋-收缩偶联	229
18.4	肌肉运动的分子机制	230
18.5	肌肉收缩的特性	232
18.6	小结	235
19	肌肉力量训练	238
19.1	力量训练	238
19.2	运动中力量训练的分类	239
19.3	影响肌肉对阻力练习适应的因素	243
19.4	运动员的力量训练计划	247
19.5	小结	254
20	周期性运动项目的赛前训练	255
20.1	为参加运动比赛的训练	255
20.2	超负荷、刺激和反应	256
20.3	专门性训练、技术水平和发展代谢的机制	256

20.4	训练的量和强度	295
20.5	赛前减量	260
20.6	训练课的三个组成部分	260
20.7	评定训练强度的方法	261
20.8	训练中常见的错误	262
20.9	小结	262
21	在热和冷的环境中运动	263
21.1	人类属于温血动物	263
21.2	体温调节	265
21.3	在冷的环境中运动	271
21.4	在热的环境中运动	273
21.5	热造成的危害	275
21.6	小结	279
22	在高压和低压环境中运动——高原和潜水	280
22.1	气体定律	280
22.2	海拔高度	282
22.3	人体在高压环境中	291
22.4	高压下的运动	296
22.5	屏息潜水	299
22.6	小结	299
23	冠心病	300
23.1	动脉粥样硬化的发展	300
23.2	冠心病发展中的危险因素	301
23.3	人体需要多少运动	309
23.4	运动应激测验	310
23.5	小结	312
24	肥胖症和身体成分	313
24.1	肥胖症和健康	313
24.2	肥胖症的热力学	315
24.3	脂肪组织细胞过多	318
24.4	肥胖症的治疗	319

24.5 身体成分.....	322
24.6 理想的身体成分.....	325
24.7 小结.....	329
25 运动和疾病.....	330
25.1 运动的禁忌症.....	330
25.2 身体素质的消退和卧床休息.....	332
25.3 心脏康复.....	335
25.4 高血压.....	341
25.5 糖尿病.....	344
25.6 慢性障碍性肺病.....	345
25.7 气喘.....	347
25.8 肥胖症.....	348
25.9 关节炎.....	348
25.10 小结.....	349
26 营养和运动成绩.....	351
26.1 运动员的营养.....	351
26.2 肌糖元.....	351
26.3 糖类填充和糖元超量补偿.....	353
26.4 运动中氨基酸的作用.....	354
26.5 增加去脂体重(长块儿).....	355
26.6 运动中脂肪的利用.....	356
26.7 赛前饮食.....	357
26.8 正常的平衡饮食.....	359
26.9 运动员的饮食和微量元素.....	359
26.10 小结.....	360
27 增进机能的辅助手段.....	361
27.1 禁用药物.....	362
27.2 促合成代谢类固醇.....	363
27.3 生长激素.....	368
27.4 盐酸环朴哌啶.....	369
27.5 苯丙胺类药物(安非他明).....	369
27.6 可卡因.....	370
27.7 咖啡因.....	371

27.8 营养补剂.....	371
27.9 血液回输.....	372
27.10 氧气.....	373
27.11 颌间夹.....	373
27.12 电刺激.....	374
27.13 小结.....	374
28 身体工作能力的性别差异.....	376
28.1 性别的生理差异.....	378
28.2 运动对女子月经周期的影响.....	382
28.3 妊娠与运动.....	383
28.4 女子参加运动的安全性.....	387
28.5 小结.....	388
29 生长和发育.....	389
29.1 生长过程的自然规律.....	389
29.2 婴儿期和儿童期的生长.....	391
29.3 青春期的生长.....	392
29.4 生长过程中骨骼的变化.....	393
29.5 身体成分的变化.....	394
29.6 肌肉.....	396
29.7 心血管和代谢机能.....	397
29.8 遗传因素.....	399
29.9 小结.....	401
30 衰老.....	402
30.1 衰老过程的性质.....	402
30.2 衰老过程和运动的影响.....	404
30.3 老年人的运动处方.....	410
30.4 小结.....	411
31 肌肉运动时的疲劳.....	412
31.1 对疲劳的认识.....	412
31.2 代谢物质的排除.....	413
31.3 代谢产物的堆积.....	415

31.4 缺氧与肌肉线粒体的密度.....	416
31.5 体内平衡的失调.....	416
31.6 中枢和神经肌肉的疲劳.....	418
31.7 心理疲劳.....	418
31.8 心脏的疲劳.....	419
31.9 最大摄氧量与耐久力.....	420
31.10 疲劳的未来研究.....	422
31.11 小结.....	424
附 录.....	426

0 绪论

0.1 人体运动能力的限度

什么是人体运动能力的限度？人有可能用9秒钟跑完100米吗？
能把铁饼掷出300呎（91.5米）以外吗？

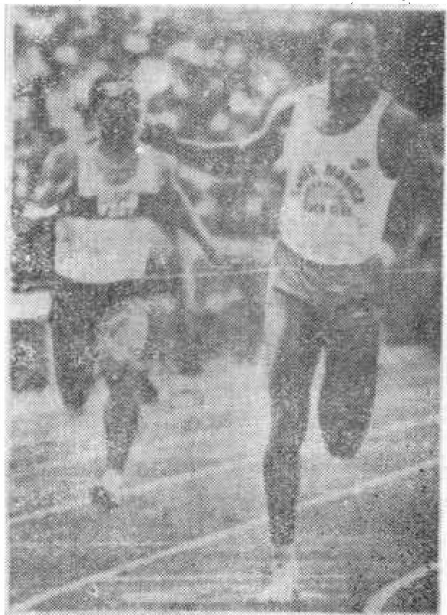


图 0—1

卡尔·刘易斯在100米赛跑中撞线，他是多次国际比赛的短跑冠军。

能够用不到40秒的时间游完100米吗？
能够用不到3分钟的时间跑完一哩吗？
奥林匹克体操运动员会不会把规定的体操动作完成得比现在更好、更复杂呢？
能够使麻痹的腿部肌肉恢复运动吗？
这些目的都是不现实的吗？或者是对人体运动能力的极限估计得过低吗？对这些重要问题，不仅体育教师和教练员，而且其它人士也是感兴趣的。

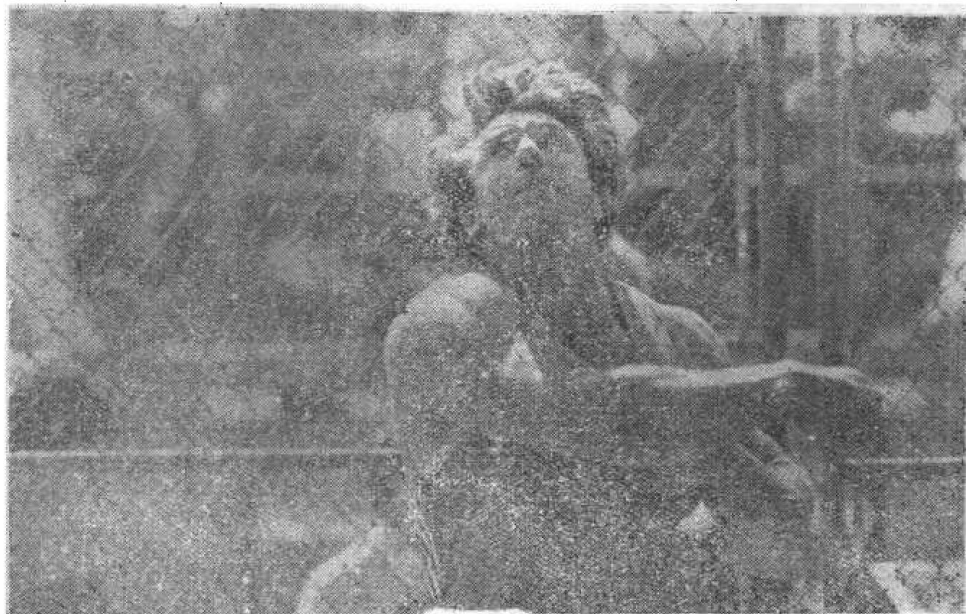


图 0—2

阿路奥特是四次奥林匹克铁饼金牌获得者。把铁饼掷出200呎（61米）以外，需要巨大的爆发力、协调性和良好的技术。

答案是可以预测的，铅球运动员投出80呎（24.4米）远的距离，就必需产生投那么远的推动力。一个运动员没有相应的肌肉质量，没有相应的物质代谢能力，而心血管功能、肌肉



图 0—3

赛巴斯坦·克在一哩跑中创世界纪录。运动员的技能代表了人在竭尽全力时的速度、爆发力和耐力。



图 0—4

彼得罗卡获得100米仰泳的奥林匹克金牌，在世界性比赛中被承认。运动员是依靠肌肉耐力、有氧能力和技术取胜的。

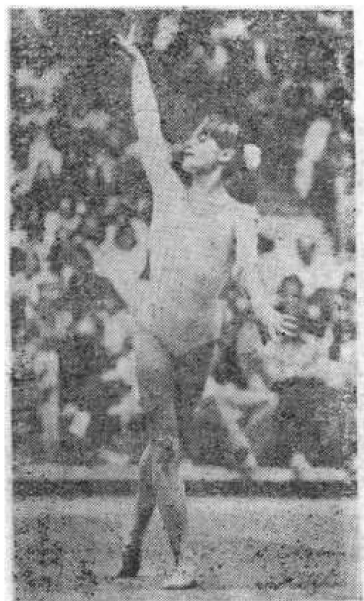


图 0—5

纳地阿·康门奇是现代杰出的女子体操运动员，她在完成自由体操动作时所具有的协调、力量、平衡等能力，使她获得了成功。



图 0—6

南·大卫由于汽车的意外事故，使她的三个椎骨横断面受伤，现在她正借助计算机，使她麻痹的双腿在维特国立大学的校园内骑车。