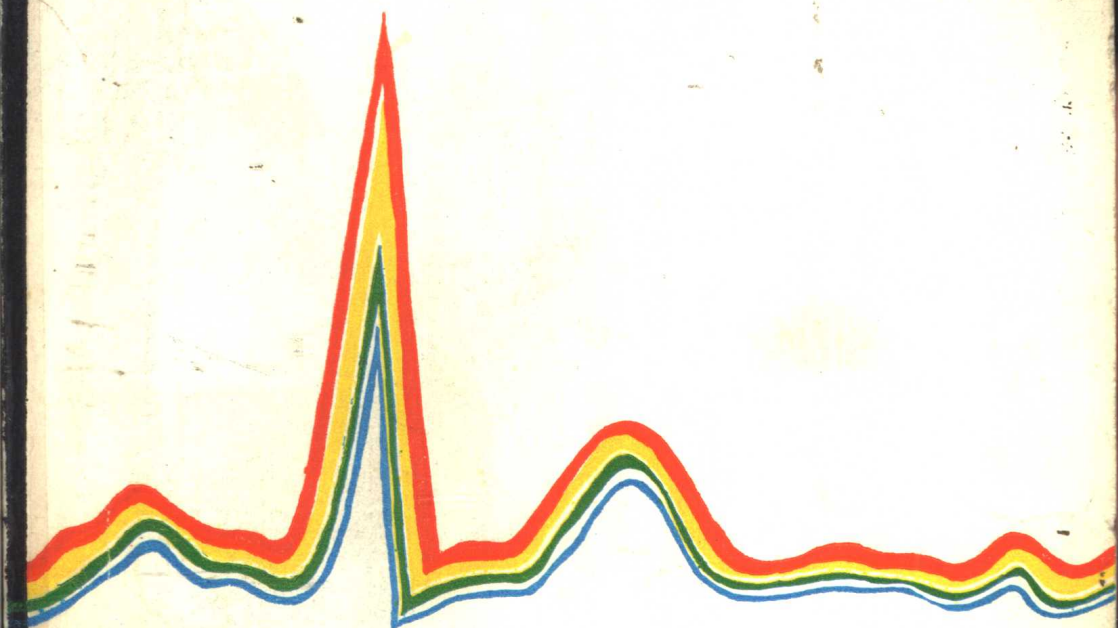




运动生理学

人民体育出版社

运 动 生 理 学

作者：〔瑞典〕佩尔-奥洛夫·奥斯特朗
〔挪威〕卡尔·罗道尔

译者：杨锡让 乔居库 李海萍
孙祥燮 陈诚献

校者：陈诚献 孙祥燮 刘玉瑛 李玉瑞
李海萍 刘曾复 杨锡让 杨瑞智

人民体育出版社·1982

原 本 说 明

书名: Textbook of Work Physiology

Physiological Bases of Exercise

作者: PER-OLOF ÅSTRAND, M. D.

(Professor, Department of Physiology

Swedish College of Physical Education

Stockholm, Sweden)

KAARE RODAHL, M. D.

(Director, Institute of Work Physiology

Professor, Norwegian College of Physical

Education Oslo, Norway)

出版者: McGraw-Hill Book Company, N. Y.

出版时间: 1977年 第二版

运 动 生 理 学

作者: Per-Olof Åstrand

Kaare Rodahl

译者: 杨锡让 乔居岸

李海萍 孙祥燮 陈诚献

人民体育出版社出版

江西印刷公司印刷 新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 1/32 446千字 印张25

1984年8月第1版 1984年8月第1次印刷

印数: 1—8,700

统一书号: 7015·2017 定价: 3.65元

责任编辑: 骆勤方 封面设计: 鲍岳廷

译者的话

佩尔-奥洛夫·奥斯特朗和卡尔·罗道尔两位学者是当今国际运动生理学界颇为熟悉的著名运动生理学家，他们合著的《运动生理学》是目前国际上许多生理学家广泛引用的重要著作之一。鉴于本书有重要的参考价值，因此，我们本着学习的态度将此书译成中文，供国内同行们参考。

正如作者在前言中指出的，这本书的主要对象是供那些已经具备物理学、化学和人体解剖学、生理学知识的人们阅读的。不过为了便于了解运动和劳动中人体生理机能和生物化学的基本变化情况，书中也有不少生理和生物化学的基本知识。

该书不仅对体育教学，同时对临床医学的教学和应用生理学方面的教学都是有重要的参考价值的。

最后应当说明，本书虽经仔细校订，但由于我们的水平有限，难免还会有不妥和错误之处。如蒙读者给予批评指正，则不胜感激之至。

1137/14

目 录

译者的话

序	(1)
---------	-----

第一章 人体的活动

第二章 能量的释放和转换

能量转换	(11)	控制系统	(29)
高能磷酸酯	(14)	无氧产能和有氧产能之间	
燃料的氧化	(18)	的相互影响	(31)
无氧产能	(18)	各种贮存能的相对重	
有氧产能	(22)	要性	(33)
ATP的形成	(24)	结语	(35)
能量的产生	(27)	参考文献	(36)

第三章 肌肉收缩

结构	(38)	兴奋	(48)
肌原纤维的微细结构	(48)	收缩	(49)
肌纤蛋白和肌凝蛋白的相		放松	(49)
互作用	(48)	不同类型的肌纤维	(53)
安静时	(48)	参考文献	(55)

第四章 神经肌肉的机能

运动神经元和神经冲动的		冲动从神经轴突到骨骼肌	
传递	(60)	的传递: 运动单位	(73)
解剖学	(60)	反射活动和本体感受器的	
静止膜电位	(62)	某些基本机能	(77)
易化-兴奋	(64)	Renshaw 氏细胞和其	
抑制	(68)	他抑制性中间神经	
兴奋与抑制	(71)	元	(79)
神经传导速度	(73)	p-型运动系统	(81)

Golgi氏腱器	(85)	学习	(103)
交互抑制(神经支配)		肌肉特性与肌肉收缩	(107)
.....	(86)	运动单位	(107)
关节感受器	(86)	机械功	(112)
安静时与激活的肌肉	(87)	姿势	(114)
外抑制	(87)	肌肉长度和收缩速度	
运动神经元的脊上调			(115)
节	(88)	“力量的调节”	(120)
大脑皮质运动区	(89)	协调(共济运动)	(130)
小脑	(93)	神经的退化与再生	(131)
参与运动的各种脑神		肌肉的疲劳	(132)
经核	(97)	肌肉疼痛	(138)
运动中神经元活动的		肌力、性别和年龄	(139)
整合	(98)	参考文献	(142)

第五章 血液和体液

体液	(153)	缓冲作用——血液的	
血液	(154)	pH—CO ₂ 的运输	
血量	(155)		(158)
细胞	(155)	粘滞性	(163)
血浆	(157)	参考文献	(163)
特殊热	(158)		

第六章 循 环

心脏	(165)	血流和阻力	(173)
心肌	(165)	血管	(175)
血流	(165)	动脉	(176)
心动周期的压力	(167)	小动脉	(177)
心脏的神经支配	(168)	毛细血管	(179)
血流动力学	(169)	毛细血管结构和运输	
定义	(169)	机制	(180)
机械功和压力	(170)	过滤和渗透	(181)
流体静压	(171)	弥散-过滤	(182)
张力	(171)	静脉	(183)

骨骼肌的血管分布.....	(183)	心脏的功效.....	(204)
安静时循环的调节.....	(185)	静脉血的回流.....	(206)
动脉血压和血管舒缩		心输出量和摄氧量.....	(208)
张力.....	(186)	动脉血的氧含量和混合	
神经冲动对心脏的影		静脉血的氧含量.....	(211)
响.....	(188)	心搏量.....	(216)
中枢神经系统的控制与		心率.....	(219)
效应.....	(189)	血压.....	(222)
体循环动脉的机械感		运动的类型.....	(224)
受器.....	(191)	心脏容量.....	(225)
姿势.....	(192)	年龄.....	(227)
其他感受器.....	(194)	训练与心输出量.....	(228)
运动时循环的调节.....	(196)	结语.....	(230)
心输出量和氧的运输.....	(204)	参考文献.....	(231)

第七章 呼 吸

主要机能.....	(246)	休息时和工作时的肺通	
解剖学和组织学.....	(248)	气量.....	(267)
呼吸道.....	(248)	测定方法.....	(267)
血管.....	(253)	运动时的肺通气量.....	(268)
神经.....	(254)	无效腔.....	(269)
“空气调节”.....	(254)	潮气量——呼吸频率	
过滤和清洁机制.....	(255)		(273)
呼吸的力学.....	(256)	呼吸活动(呼吸是体力	
胸膜.....	(256)	工作的限制因素)	
呼吸肌.....	(257)		(275)
呼吸的总阻力.....	(258)	肺组织的弥散和气体分压	
肺容量的变化.....	(259)		(278)
术语和“静态”肺容量测		肺泡通气和血液充盈.....	(283)
定法.....	(259)	血液的 O_2 分压与氧结合	
年龄和性别.....	(262)	能力.....	(286)
“动态”肺容量.....	(264)	呼吸的调节.....	(288)
顺应性.....	(265)	安静.....	(289)
呼吸道的阻力.....	(266)	中枢性化学感受器.....	(290)

外周化学感受器·····	(291)	第二次呼吸·····	(303)
缺氧和 P_{CO_2} 改变的同		高气压, 屏息, 潜水·····	(304)
时作用·····	(294)	高气压·····	(304)
运动·····	(295)	屏息——潜水·····	(305)
运动时的缺氧作用·····	(300)	参考文献·····	(308)
呼吸困难·····	(302)		

第八章 骨骼系统

骨骼的几种机能·····	(318)	骨的修复-适应·····	(324)
骨骼系统的进化·····	(318)	关节·····	(326)
骨骼系统的结构·····	(319)	韧带和肌腱·····	(331)
骨的机能·····	(320)	腰背的病理生理学·····	(332)
骨的生长·····	(324)	参考文献·····	(338)

第九章 人体工作能力

要求与能力·····	(342)	乳酸的分布及消除·····	(364)
有氧代谢过程·····	(345)	氧债·····	(366)
工作负荷和持续时间		有氧产能和无氧产能的相	
·····	(345)	互关系·····	(369)
间歇工作·····	(349)	最大有氧能力——年龄和	
延长的工作·····	(353)	性别·····	(372)
参与运动的肌肉群·····	(356)	心理因素·····	(381)
无氧代谢过程·····	(359)	参考文献·····	(381)
缺氧——乳酸生成·····	(360)		

第十章 根据测验对人体工作能力的评定

身体素质测验·····	(390)	荷试验所取得的资料	
最大有氧能力的测验·····	(391)	进行预测·····	(402)
直接测定法·····	(391)	试验方法·····	(418)
Douglas 氏袋法·····	(397)	试验操作·····	(420)
负荷试验程序·····	(398)	负荷的选择·····	(421)
自行车测功计·····	(399)	负荷试验的评定·····	(421)
固定跑道·····	(400)	参考文献·····	(425)
根据安静时或极限下负			

第十一章 体型和肌肉工作

静力学.....	(435)	能量供应.....	(443)
动力学.....	(437)	儿童的最大有氧能力	
力量.....	(437)		(445)
“引体向上”.....	(437)	女子的最大有氧能力...	(447)
时间.....	(438)	最大心输出量.....	(447)
加速度.....	(438)	心脏重量, 氧脉搏.....	(449)
频率.....	(438)	心率.....	(451)
跑的速度.....	(439)	体型的长期增长.....	(452)
跳跃.....	(440)	老年.....	(454)
儿童的最大跑速.....	(441)	结语.....	(454)
动能.....	(443)	参考文献.....	(456)
外部功.....	(443)		

第十二章 体 育 训 练

引言.....	(459)	训练的长期生物学影响	
训练原理.....	(463)		(482)
连续运动和间歇运动		运动器官.....	(482)
.....	(465)	氧运输系统.....	(493)
肌肉力量的训练.....	(470)	心脏病患者的训练.....	(506)
无氧代谢能力的训练		运动后的恢复.....	(508)
.....	(471)	机械效率和技巧.....	(509)
有氧代谢能力的训练		人体组成.....	(510)
.....	(472)	激素.....	(510)
全年训练.....	(479)	心理变化.....	(511)
心理状态.....	(481)	参考文献.....	(512)
测验.....	(481)		

第十三章 应用劳动生理学

引言.....	(530)	的评价.....	(534)
影响持续体力工作能力的		最大有氧能力的评定	
因素.....	(531)		(534)
工作负荷与工作能力关系		体力劳动负荷的评定	

..... (534)	全身疲劳..... (555)
评定机体对作业总负荷	局部肌肉疲劳..... (556)
的反应..... (541)	昼夜周期生理节奏与工作
工作、休息和业余活动的	能力..... (557)
能量消耗..... (543)	人类的昼夜周期生理
工作的分类..... (543)	节奏..... (557)
每天的能量消耗率..... (545)	轮班劳动..... (558)
各种特殊活动的能量消	月经的影响..... (560)
耗..... (548)	参考文献..... (560)
疲劳..... (555)	

第十四章 营养与运动训练

引言..... (568)	持续数小时的运动项
营养概述..... (569)	目..... (593)
消化..... (571)	体力活动、食物摄取和
能量代谢和影响为肌肉工	体重..... (596)
作选择燃料的因素..... (573)	能量平衡..... (596)
调节机制..... (586)	食物摄取的调节..... (599)
运动员的饮食..... (591)	“理想”的体重..... (600)
持续不到一小时的运动	肥胖..... (601)
项目..... (592)	减轻体重的饮食..... (604)
持续1—2小时的运动项	营养的合理供应..... (605)
目..... (593)	参考文献..... (907)

第十五章 体 温 调 节

热平衡..... (618)	适应..... (641)
测定热平衡的方法..... (619)	热..... (642)
代谢率..... (622)	冷..... (644)
气候影响..... (623)	对温度的耐受限度..... (647)
冷..... (623)	正常气候..... (647)
热..... (627)	耐热的衰竭..... (648)
工作负荷对体温的影响	温度耐受的上限..... (649)
..... (629)	年龄..... (651)
体温调节..... (635)	性别..... (651)

训练状态.....	652)	体力劳动.....	(660)
协调动作.....	(652)	准备活动.....	(661)
智力工作能力.....	(653)	辐射.....	(663)
水平衡.....	(653)	空气流动.....	(665)
正常失水.....	(653)	衣着.....	(665)
口渴.....	(654)	小气候.....	(669)
缺水.....	(656)	参考文献.....	(670)
实际应用.....	(660)		

第十六章 应用运动生理学

引言.....	(686)	速度滑冰.....	(697)
能量生成.....	(686)	越野滑雪.....	(701)
神经肌肉机能.....	(688)	高山滑雪.....	(704)
各项运动的分析.....	(689)	皮艇.....	(708)
走步.....	(689)	赛艇.....	(710)
跑步.....	(690)	球类运动.....	(715)
游泳.....	(694)	参考文献.....	(720)

第十七章 影响工作能力的因素

引言.....	(726)	氧.....	(752)
高原.....	(726)	二氧化碳.....	(753)
物理因素.....	(727)	运动中吸入氧.....	(754)
人体工作能力.....	(729)	吸烟.....	(754)
限制因素.....	(730)	对循环的影响.....	(754)
氧运输.....	(732)	对呼吸的影响.....	(755)
高原适应.....	(738)	运动员的吸烟习惯.....	(756)
返回海平面后的工作		饮酒与运动.....	(756)
能力.....	(748)	神经肌肉机能.....	(756)
高原适应的实际应用		有氧和无氧能力.....	(757)
.....	(749)	兴奋剂.....	(758)
高气压.....	(751)	取胜的信念.....	(761)
压力的作用.....	(751)	参考文献.....	(763)
氮.....	(751)		

附 录

本书中应用的国际单位制.....	(777)
定义.....	(777)
单位缩写, 词头.....	(777)
物理常数换算表.....	(778)
符号表.....	(782)

序 言

这本《运动生理学》的重新修订出版，其目的与原版是一样的，那就是让生理学家、体育教育工作者和临床医师能共同研究那些影响人体运动能力的各种因素。大多数传统的生理学教科书，都只着重于研究人体安静时各种机能的调节。与此相反，本教科书特别着重研究人体活动时的调节机制。估计本书的读者，不仅学过人体解剖学和生理学，而且也具备一些基本的物理和化学知识。但是，为了便于理解工作负荷和身体训练时所碰到的一些生理学的和生物化学的问题，本书也介绍一些生理学和生物化学的基本知识。

在选材时，力求照顾到体育院校的大学生和研究生两者的现有知识水平，及其在学习中对现代科学的要求。因此，在本书中选取了比大多数教科书中所常用的更多的参考文献。但是，本书交稿后所出现的一些最新成果，本版则未能包括进去，这是在所难免的。

我们意识到这样一个实际情况，即在很多体育教学大纲中，不可能象本书那样对生理学进行综合性研究。为此，本书每章写得相当完整，各自保持相对的独立性。这样的安排对那些想进一步深入研究某一特殊领域或某一方面问题的学生也是有用的。

我们希望这本书不仅对体育教学有用，而且对临床以及实用生理学的教学也有用，并且也希望本书能有助于评价体育锻炼对青年人和老年人的健康和疾病所起的作用。

本书中许多未发表的资料是由斯德哥尔摩体育学院、奥斯陆运动生理研究所和体育学院的同事们协助搜集的。对他们的友好合作深表感谢，我们在和上述学院和研究所的许多同事的联系及讨论中得到了很大的帮助。我们要特别感谢O. Grönneröd和O.

Vaage在修改第二章中作出的宝贵贡献，还要感谢O. Vaage和N. Secher对第十六章赛艇这一节的整理工作。

我们也非常感谢Karin Marina和Joan Rodahl在整理手稿时所给予的技术协助。

Per-Olof Åstrand

Kaare Rodahl

第一章 人体的活动

阿米巴是动物生存的最简单形式。它的一切必要的机能，诸如新陈代谢、对刺激的反应、运动和繁殖等，都是在单个细胞内进行的。由于细胞很小，因此，食物、废物、电解质和溶解的气体，在细胞内部及其与周围环境之间进行交换时，主要是以弥散和渗透的方式进行的。单个细胞的体积现在并不比原始的稍大，其理由是细胞的大小应有一定限度才不致使自己窒息而死。Krogh (1941) 测知，在机体代谢很高时，只有当机体的直径小于1mm时，才能通过弥散的方式供给足够的氧(O_2)，因此很明显，每个细胞必须保持小的体积才有利于得到氧。

较高级的生物体在进化时，其整个体积是逐渐增大的。由于单个细胞不能变大多少，所以须增加细胞的总数。这些细胞应是有组织而又协调合作的。不同的细胞完成着不同的特殊机能，并形成特殊的组织和器官。在进化过程中，最终使得有机体的每个单细胞(图1-1)能够不直接与外界环境相接触。而且，在进化过程中，这个外界环境由水变为空气。这样，进化要求机体产生一个运输系统：它能把物质运送到外界，又能把物质从外界运送到体内，以及物质在身体内部进行转运；同时还要求产生一个能调节机体本身和进行通讯的系统。

当生物体从海洋转移到陆地的过程中，好象是把海水装在由皮肤制成的皮囊里一起带到陆地上来了。因此，人体含有50—70%的水。体液中所含的各种离子与古代海水中所含离子的比率是近似的。在人体内，单细胞(象阿米巴那样)能在液体中游动。细胞外液(或称间质液)的成分，对细胞的机能是非常重要的。它所含的有机物质如脂肪酸、葡萄糖、激素和酶，以及无机物质，都以

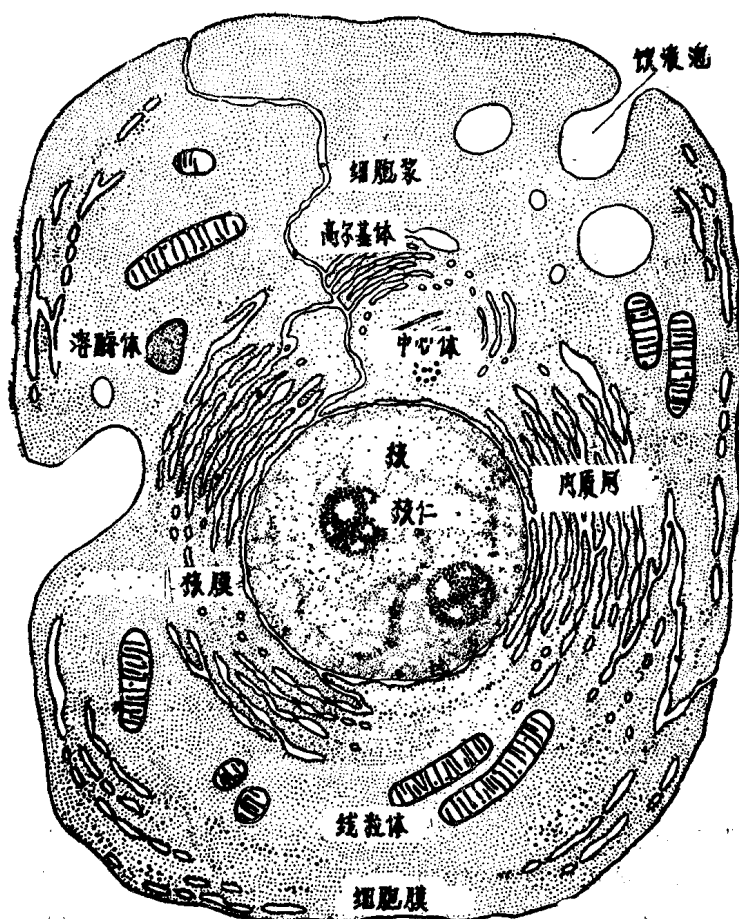


图1-1 典型细胞 (仿Jean Bracket, Scientific American, 205:3, 1961)。几乎在全部细胞活动中, 细胞膜起着决定性作用。它能主动地调节细胞的内环境以及将物质运到膜内或膜外。膜的结构是一双层脂质分子。每个脂质分子有一个头和两个尾。亲水性的头(溶于水)形成膜外层和内层表面, 疏水性的尾(对水亲和力小), 在膜的内部。然后膜的其他成份如蛋白质和糖蛋白嵌入膜内。这些分子也能提供其他的功用, 即能起到酶的作用或“泵”的功能以及用作运送物质穿过细胞膜的载体。在哺乳动物细胞膜上的许多脂质是不饱和的, 而且在体温时呈液态。因此,

细胞膜在片状结构内具有一种轻油的稠度,脂质和蛋白两种分子都能在细胞膜内相当自由地移动。蛋白分子可以紧挨着细胞膜的內面或外面,然后象架一座桥样地完全穿透细胞膜。线粒体的内膜具有同样结构,许多酶蛋白结合在上面,并有条理地排列着,在整个膜上形成许多分子组成的聚合体(Capaldi, 1974)。细胞膜内为细胞浆,它含有许多有形的和溶解的成份,其中包括促进细胞无氧代谢的酶。摄取氧的线粒体是一种杆状体(由双层膜包围着),相当于细胞的“发电站”。在线粒体中,燃料和氧产生能量并形成 ATP (三磷酸腺甙)。内质网是由膜形成的小管网,它可从细胞的外层表面一直延伸到核膜上。通过这些小管,可将物质从细胞外膜运送到核膜。排列在内质网上的小体即核糖体,它是合成蛋白的场所。核内含有染色体,后者含有基因和脱氧核糖核酸,是遗传因子的载体。细胞分裂时,每对染色体(纵切面呈棒状,横切面呈圆形)发生分裂而形成各个染色体的两极,最后分成两个染色体的复制体。

某种方式对细胞产生深远的影响。

尽管动物内外环境发生重大的变化或紊乱,许多器官机能的主要目的是根据“局部为整体、整体为局部”的概念来维持单个细胞内部的平衡。为了维持细胞的正常机能,在间质液和血浆之间必须不停地进行物质交换。当物质交换突然增长很多倍时,例如一个人从静止状态突然开始剧烈的运动,能量代谢在瞬间就能增加到30倍或更多。此时,通过毛细血管膜的物质交换会在细胞周围引起无数的运输问题。

高等动物的结构基本是为了适应运动而设计的,人亦如此。所以我们的运动装置和辅助器官构成了整个身体的主要部分。人的骨骼和肌肉的形状和体积的安排,虽然在速度方面不如羚羊,在强壮方面不如大象,但在多样性方面却确实是很突出的。

运动的基本工具是肌肉。肌肉的特点是能比其他组织更大幅度地改变自己的代谢率,事实上,工作的骨骼肌的氧化过程比其安静时可大50多倍(Asmussen等, 1939)。代谢率发生这样巨大的变化,必然使工作着的肌肉细胞产生一系列严重的问题。因为在