



骨科康复医学

主编 范振华

骨



上海医科大学出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

骨科康复医学

主 编 范振华
副主编 胡永善

上海医科大学出版社

责任编辑 王德勋

责任校对 冯佳祺

骨科康复医学

主编 范振华

上海医科大学出版社出版发行

上海市医学院路 138 号

邮政编码 200032

新华书店上海发行所经销

昆山亭林印刷总厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 20.5 字数 498 000

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

印数 1 - 3 000

ISBN 7 - 5627 - 0483 - X/R·456

定价：58.00 元

如遇印、装质量问题，请直接与印刷厂联系调换
(地址：昆山市中山路 293 号 邮编：215300)

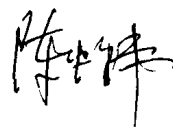
主 编	范振华	上海医科大学华山医院教授
副主编	胡永善	上海医科大学华山医院教授,康复医学科主任
编写者		
	范振华	上海医科大学华山医院教授
	胡永善	上海医科大学华山医院教授,康复医学科主任
	屠丹云	上海医科大学华山医院教授
	乔妙根	上海医科大学华山医院副教授
	吴 毅	上海医科大学华山医院教授,康复医学科副主任
	李 放	上海医科大学华山医院主治医师
	白玉龙	上海医科大学华山医院主治医师

序

言

康复医学是针对功能障碍的医学分支。骨科创伤及疾病经常引起肢体的功能障碍,严重时造成残疾。目前一般临床医师对如何积极消除功能障碍,恢复病人的活动能力关注得还很不够,编写出版一本《骨科康复医学》专著很有必要。

范振华教授及其所在的华山医院康复医学科从 50 年代开始着重进行骨科伤病的康复医疗,40 余年来积累了丰富的实践经验,有一些创造发明,部分工作曾获上海市科学技术进步奖。为了引起对骨科康复的重视,他们总结了自己的经验,并结合国内外文献资料,编写成这本《骨科康复医学》。本书内容新颖、充实,理论与实践并重,结构严密,文字流畅。可供广大骨科及康复医学界同道参考,并对促进骨科患者功能恢复,也即提高骨科的最终医疗质量有所帮助。



1999 年 6 月

前

言

近半个世纪来,康复医学在世界各国发展迅速,康复医学与预防医学、临床医学和保健医学一起,被认为是现代医学体系的四大支柱,我国卫生部也已规定预防、医疗、康复与保健为我国综合性医院的四大功能。我国的康复医学工作开展较迟,基础还很薄弱,必须积极地予以加强,以便在我国发挥其应有的作用。

骨科治疗的最终目标之一是恢复功能,而康复医学则是专门研究如何促进功能恢复的医学分支,骨科治疗与康复医学关系密切。骨科医务界与康复医务界应互相交流了解,以便加强工作配合。骨科医务界要了解康复医学的基本原理及常用方法,必要时也可以结合临床开展一定的康复医疗工作,以满足患者的需要。为此编写一本《骨科康复医学》专著,供康复医学界和骨科医务界同道查阅,有其重要意义。

骨科康复是整个康复医学工作中的一个重要方面,骨科伤病患者都是康复对象,为康复医学对象的重要部分,但国内重点介绍骨科康复的有具体内容的书籍甚少。编写一本《骨科康复医学》专著对从事康复医学工作的医务人员,可能也有所裨益。

本书系统介绍了康复医学的基本概念及基础理论,运动系统的功能检查及评价,以及各种常用康复疗法;分章介绍骨科常见伤病康复治疗的原则和方法,理论与实践并重,对一些较新课题作较深入的阐述,如专章介绍等速肌力测试与肌力训练技术,用较多篇幅介绍脊髓损伤、脊髓灰质炎后康复治疗的进展等。

本书为作者积多年从事骨科康复工作的经验,结合现代康复医学文献资料写成。由于作者水平有限,疏漏差错在所难免,尚望海内外同道不吝指正。

范振华

1999年6月



第一章	康复医学概述	[1]
第二章	运动疗法的生理学与力学基础	[6]
第一节	肌肉	[6]
第二节	韧带和肌腱	[13]
第三节	关节软骨	[19]
第四节	骨骼	[22]
第五节	关节	[23]
第六节	持续制动和卧床对全身的影响	[27]
第三章	运动系统功能检查与残疾评定	[29]
第一节	运动系统功能检查	[30]
第二节	日常生活活动能力评定	[58]
第三节	残疾评定	[60]
第四章	运动疗法	[63]
第一节	肌力练习	[63]
第二节	关节活动度练习	[67]
第三节	连续被动运动	[74]
第四节	有氧运动	[75]
第五节	全身和局部运动缺乏性改变的预防	[77]
第五章	作业疗法	[79]
第六章	物理疗法	[90]
第一节	概述	[90]
第二节	电疗法	[91]
第三节	光疗法	[101]

第四节	超声波疗法	[104]
第五节	传导热疗法	[105]
第六节	水疗法	[106]
第七节	冷疗法	[107]
第八节	磁疗法	[108]
第九节	肌电生物反馈	[109]
[附]	骨科常见病物理治疗选择	[110]
第七章	假肢、矫形器、助行器与轮椅	[114]
第一节	假肢	[114]
第二节	矫形器	[118]
第三节	助行器	[125]
第四节	轮椅	[127]
第八章	等速肌力测试和训练技术	[129]
第一节	基本概念	[129]
第二节	等速肌力测试	[132]
第三节	等速肌力训练	[144]
第四节	等速技术的临床应用	[145]
第九章	骨折与脱位后的康复	[152]
第一节	肌肉与骨关节系统基本功能	[152]
第二节	康复治疗基本方法	[155]
第三节	常见骨折与脱位的康复治疗	[160]
第十章	骨关节疾病的康复治疗	[174]
第一节	骨关节炎的康复治疗	[174]
第二节	类风湿关节炎的康复治疗	[175]
第三节	肩周炎的康复治疗	[178]
第十一章	手部外伤后的康复	[180]
第一节	手部外伤后康复的一般问题	[180]
第二节	常见手部外伤后的康复	[184]
第十二章	运动创伤的康复	[190]
第一节	运动创伤基本情况	[190]
第二节	运动创伤的康复评定	[191]

第三节	康复治疗的基本原则和方法	[192]
第四节	常见运动创伤的康复	[195]
第十三章	周围神经损伤的康复	[202]
第一节	周围神经损伤的一般情况	[202]
第二节	周围神经损伤的康复	[205]
第十四章	截肢后康复	[209]
第十五章	下腰痛的康复	[215]
第一节	下腰痛康复的基本问题	[215]
第二节	常见下腰痛的康复	[226]
第十六章	颈椎病的康复	[232]
第十七章	脊柱畸形的康复	[239]
第一节	原发性脊柱侧弯	[240]
第二节	圆背	[257]
第三节	凹背	[258]
第十八章	骨质疏松症的康复	[260]
第一节	全身性骨质疏松症	[260]
第二节	局灶性和继发性骨质疏松症	[276]
第十九章	脊髓损伤的康复	[279]
第一节	概述	[279]
第二节	脊髓损伤的病理及恢复机制	[280]
第三节	脊髓损伤的功能评定及预后估测	[281]
第四节	脊髓损伤的并发症及其防治	[287]
第五节	脊髓损伤的康复	[292]
第二十章	脊髓灰质炎后遗症的康复	[303]
第一节	脊髓灰质炎后功能改变及转归	[303]
第二节	残疾的表现及评价	[304]
第三节	脊髓灰质炎后的康复	[306]
第四节	脊髓灰质炎后期综合征	[311]

第一章 康复医学概述

一、康复医学的基本概念

康复(rehabilitation)是复原的意思,在医学上指伤病员的功能恢复。以恢复功能为目的的医学分支就称康复医学(rehabilitation medicine)。

疾病引起机体功能障碍,可是疾病的临床治愈往往并不伴随机体的功能恢复。如果说临床医学要解决的问题是疾病,则康复医学要解决的是功能障碍。随着社会经济的发展和医学的进步,医师和病人都不能以临床治愈为满足,而要求完善的功能恢复,其必然的结果是促进了康复医学的发展。同时由于医学上对人体功能的现代理解也从单纯的生理功能,扩大到精神活动功能、职业活动功能和参与社会生活的功能,现代康复的含义也相应地扩大到包括身体康复(physical rehabilitation)、精神康复(mental rehabilitation)、职业康复(vocational rehabilitation)和社会康复(social rehabilitation)。而以使患者重返社会为最终目的,这就是全面康复(comprehensive rehabilitation)的概念。很明显,全面康复不能单单依靠应用医学方法,需要综合地采取医学措施、教育措施、职业措施和社会措施,而医学康复措施是其中最基本的措施。

康复医学在我国渊源古老,我国的医学经典著作从成书于约 2 500 年前的《黄帝内经》起,就有关于功能恢复的理论和方法的记载,历代不绝。在西方,则可追溯到公元前 400 余年古希腊的希波克拉底时代。至于具有特殊概念、系统的理论及方法体系的现代康复医学是在 20 世纪逐步形成的,50 年代以后加速发展。康复医学已与预防医学、临床医学和保健医学一起,成为现代医学体系的四大支柱。80 年代早期现代康复医学随我国改革开放而被引进国内。近年来由于我国经济建设的迅速发展和医学卫生事业的进步,已有可能使康复医学与预防医学、临床医学及保健医学协调发展。

二、康复医学与其他医学科学的联系

康复医学与预防医学、临床医学的任务和方法不同,但同属医学科学体系,同样需要解剖学、生理学、病因学、病理学等基础科学为基础,在实践中康复医学和其他医学学科也不能机械划分,而是互相交叉、重叠和渗透的。在时间上常需治疗与康复并进,不能简单地划分治疗期与康复期。一些具体的医学措施有时可用于预防、治疗和康复的目的。在实施上除专职人员在专业康复医学机构内进行,根据具体条件,也可由临床专科医生结合治疗工作在所在专科内进行。康复医学在方法学上吸收了各种医学学科中有助于功能恢复的疗法,在统一计划下综合运用。康复医学与其他医学科学的联系可用

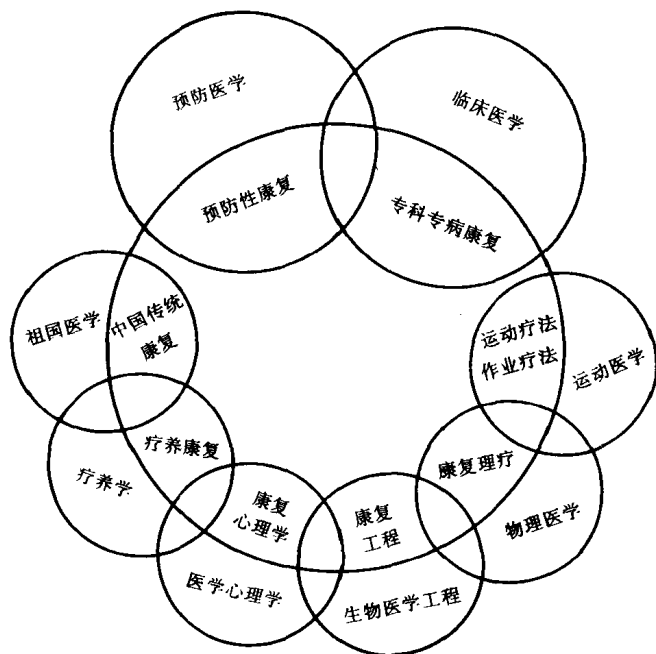


图 1-1 康复医学与其他医学学科的联系

图 1-1 作概略表示。

三、康复医学的作用途径

康复医学的目的是恢复功能,可通过促进功能恢复、功能代偿和提供功能替代三种途径来达到目的。当功能损害存在恢复的可能时,可通过功能训练促进其恢复。例如某些肌肉萎缩、关节纤维性挛缩时,有可能通过适当的肌力练习和关节活动度练习促进其恢复;当功能损害不可逆转时,例如脑卒中(中风)引起的神经损害或慢性阻塞性肺气肿引起的肺功能损害,可通过适当的训练,促进代偿功能的发展。人体各系统器官都具有相当大的代偿潜力,但必须通过训练才能使其

充分发挥。至于超出代偿范围之外的功能损害,例如截肢、高位截瘫后,只能通过安装假肢,或配用轮椅来进行功能替代,重建肢体功能和行动能力。

对于因伤因病引起的残疾,也应重视预防。从康复医学角度可以提出残疾的三级预防:
一级预防:做好预防工作,减少各种伤病,残疾也就减少。

二级预防:完善临床医疗,注意早期康复,促进功能恢复,防止功能上的后遗症,做到病而不残,伤而不残。

三级预防:对残疾者进行充分的康复医疗,发挥功能代偿或利用功能替代,达到残而不废。

由此可见在残疾的处理上,需要预防医学、临床医学与康复医学的密切配合,协同作战。

四、康复医学的主要手段

康复医学利用各种有利于功能恢复的疗法来有目的、有计划地选择应用。这些方法主要有:

(一) 主动锻炼

在医务人员指导下由患者自己完成或主动参与的锻炼,是促进功能恢复及功能代偿的主要手段,也是利用各种功能替代设施的必要过程。按目的与方法又有以下几种:

1. 运动疗法(exercise therapy) 或统称理学疗法(physiotherapy, PT)。可对受损害的系统或器官的基本功能进行针对性的锻炼,促进其功能恢复或代偿,也可对整个机体进行健身训练(conditioning exercise),以改善患者的体质(fitness)。其应用极为广泛并常需长期进行。是最基本、最积极,因而是最重要的康复医疗手段。

2. 作业疗法(occupational therapy, OT) 指导残疾人进行实用活动功能的锻炼,目的在帮助患者尽量恢复生活自理的能力,重新就业的能力,从事文娱活动的能力及参与社会生活

的能力,也可对精神、心理活动起调节作用。

3. 语言疗法(speech therapy,ST) 是语言障碍患者的语言学习或再学习过程。

4. 气功疗法 是通过主动的“调身、调息、调心”,对机体生理功能进行调节的一种方法,特别适用于高血压、溃疡病、神经衰弱等身心性疾病的康复。

(二) 被动治疗

被动治疗包括理疗、针灸、推拿、牵引治疗,以及药物治疗等。除直接的功能治疗作用外,多数作用在消除炎症及症状,为功能恢复创造条件,并为功能锻炼提供方便,也是临床上的非手术治疗。

1. 理疗 理疗方法很多,在康复医学中应用较多的如肌肉电刺激,对防止肌肉萎缩及促进其恢复有效。功能性电刺激(FES)可模拟肢体功能活动,帮助恢复行走功能。热疗、超声等治疗可软化疤痕组织,便利关节活动度的恢复。其他很多疗法可以消炎、止痛,便利功能活动和功能锻炼。

2. 针灸、推拿疗法 我国的针灸、推拿疗法可调节机体功能,或舒筋活血、消炎镇痛,为功能恢复创造条件。

3. 牵引疗法 通过机械作用扩大椎间隙或神经孔,以解除脊神经根受压;或通过减轻淤血肿胀而减轻神经受压,并解除肌痉挛,是颈椎病和腰椎间盘突出症的重要非手术疗法,为功能恢复创造必要条件。

4. 药物治疗 康复治疗中常配合使用一些非甾体类消炎药物或用皮质类固醇局部注射,以消炎、消肿,便利功能锻炼。在脑瘫、偏瘫、截瘫等病人有严重肌肉痉挛时,使用适当的解痉药物对改善功能十分重要。

(三) 康复工程

为残疾人设计制作各种功能辅助或功能替代装置,如各种功能支架、假肢、拐杖、轮椅、特制生活用具、助听器、导盲器、人工喉、人工耳蜗、室内环境调控装置等。

(四) 康复手术

旨在改善功能的手术,如脊髓灰质炎后遗症的矫形手术、白内障复明手术、人工关节置换、人工喉、人工耳蜗植入等手术。对某些残疾的康复起关键作用。

(五) 康复心理学

观察患者各阶段的心理反应,采取必要对策。通过宣教解释、讨论交流、集体治疗、经常的鼓励等方法,给予心理支持,使病人建立康复信心,提高功能锻炼的积极性,克服悲观、抑郁、消极情绪,及各种思想负担。必要时使用行为疗法及抗抑郁、抗焦虑的药物治疗。

(六) 康复护理

康复护理要求执行活动性生活制度,防止过多休息,缺乏运动引起肺炎、褥疮、静脉血栓形成等并发症,及长期少动的不利影响,在日常护理工作中要生理护理、心理护理并重,结合进行功能训练及心理引导,为功能恢复创造良好条件。

五、康复对象

随着康复医学的发展,康复对象也逐渐扩大,目前已包括以下4种人:

1. 残疾人 包括肢体残疾者,盲人和聋哑人等视、听器官残疾者,心、肺等内脏器官病变引起活动功能损害者,智力迟钝和精神异常致不能生活自理及从事正常职业和社会活动

者。据世界卫生组织(WHO)估计,全世界残疾人口约占全人口的 10%。据 1987 年全国抽样调查,我国残疾人总数为 5 164 万人,占当时全国人口的 4.9%。这些残疾人大部分需要一定时期的积极的康复治疗,使他们的活动能力恢复到最高水平,从而减少对家庭的依赖并改善其生活质量。

2. 慢性病患者 很多心血管、呼吸系统、代谢系统慢性病患者,疾病与功能损害互为因果,使疾病趋向恶化。康复医疗即功能疗法有助于切断这一恶性循环,控制病程,提高总的治疗效果。例如上海市高血压病研究所曾报道,结合康复治疗,使高血压病患者降压快,用药省,症状消除好,血压波动少。南京工人医院曾报道 90 例老年性慢性支气管炎肺气肿患者作康复治疗后,10 年死亡率为 25.6%,而对照组为 73.4%。

3. 急性病、创伤及手术后患者 在全身基本情况稳定后,及早开始康复治疗,可加速罹患器官及全身的功能恢复,防止合并症和功能后遗症。

4. 老年人 老年人经历着一个身心功能衰退的过程,这种衰退主要由遗传因素决定,也和年龄增长时实际活动水平习惯性下降有关,保持适当活动有可能减缓心血管、代谢及肌肉功能的减退速度,保持较好的活动能力,使晚景愉快。老年人常患有某些慢性病,也需要康复治疗的帮助。随着人口老龄化,老年康复的任务越来越重要。

六、骨科临床与康复医学的关系

由于康复医学牵涉范围太广,于是发展出一些专科专病康复,例如神经康复、心血管康复、精神康复、小儿康复、老年康复及骨科康复等。骨科康复发展较早,在第一及第二次世界大战时期,由于战伤治疗的需要,促进了骨科康复的发展。“复位、固定、功能回振”被作为骨折治疗的三部曲而写入 Watson Jones 的一部骨科经典著作。20 世纪初理疗医师重视各种电疗,骨科医师则重视开展运动治疗,对骨科康复作出了重要贡献。

骨科治疗的最终目标是功能恢复,但骨科的临床治疗往往只能为功能恢复创造必要条件,还需通过康复治疗,特别是功能锻炼才能实现功能的最大恢复,也就是使临床治疗收到最佳疗效。所以骨科医师关心骨科康复,利用康复疗法提高其医疗水平是十分重要的。同时在丰富临床知识的基础上进行康复治疗也有极大方便。骨科医师应把骨科康复视作自己基本工作的一部分。

骨科医师可以在病房内配置必要设备,亲自指导患者进行功能锻炼;可以在病区内配备康复治疗士,在骨科医师指导下进行康复治疗;也可密切与康复医学科的联系,由康复医学医务人员进行治疗。康复治疗中的一些重要问题,如停止制动和开始负重的时机等,常需骨科医师与康复医师协商决定。康复目的与步骤也可由双方讨论决定。

七、康复护理

护理工作也承担着重要的康复任务。1953 年发表的《护士伦理学国际法》上指出:“护士的基本职责包括三个方面:保存生命、减轻病痛和促进康复。”又说:“护士护理病人,担负着建立有助于康复的环境(包括身体的、精神的和社会的)的使命。”病室护理常规中应包含必要的康复护理内容,其目的是防止患者机体因疾病因素和制动引起的功能障碍或促进功能的恢复;防止因疾病或病室环境造成的运动缺乏引起的压疮、肺炎、深静脉血栓形成等合并症,以及保持各系统器官及代谢的功能水平,维持整体健康。

康复护理的内容有:

1. 制定病室生活制度,创造环境条件,使病人尽可能保持适当的运动。根据医嘱督促早期起床活动。

2. 在做好生活护理的同时,视病情许可,鼓励及指导患者练习自理生活,以促进生活活动能力的恢复。内容包括穿脱衣服、维持个人卫生、进餐、使用厕所和浴室等。

3. 为不能起床患者实施卧床保健操,内容为健康肢体的主动运动,适度的腹肌和背肌运动及呼吸运动。罹患肢体保持安静放松。可编制 2~3 套有不同运动量的体操酌情采用。可个别进行或在病室内集体进行。

4. 移乘练习,指帮助下肢功能障碍患者掌握在卧床、椅子或轮椅之间的转移。

5. 配合康复治疗,例如维持正确姿位,需要一日多次进行的被动运动或肌肉收缩练习等。

6. 重视心理护理,引导患者建立恢复功能的信心,鼓励积极从事各项功能锻炼。

(范振华)

参 考 文 献

[1] 卓大宏(主编).中国康复医学.北京:华夏出版社,1990;3~5

[2] 周士枋,范振华(主编).实用康复医学(修订本).南京:东南大学出版社,1998;1~12

[3] Kottke FJ(主编)(南登崑,刘 燧,黄彬鉴等编译).克氏康复医学.长沙:湖南科学技术出版社,1990;1~5

[4] Halstead LS, Grabojs M(Eds). Medical Rehabilitation. New York: Raven Press, 1985;1~5

第二章 运动疗法的生理学 与力学基础

人类作为一种动物,世世代代,每时每刻都在进行运动。在漫长的种属发展中,经常使用的运动器官如手,其结构越来越发达,其功能也越来越复杂完善。使用逐渐减少的运动器官如动耳肌则逐渐退化,这就是拉马克的“用进废退”规律。运动有赖于运动器官的结构和功能,又同时塑造了运动器官的结构,发展了其功能,运动和运动器官的形态和功能是互相制约,互相促进的。在人类的个体发展中也有类似的现象,充分使用的器官发育强大,功能良好,使用不充分的器官,就往往发育不良,功能软弱。前者反映机体对运动的适应(adap-tion),后者则是失用或废用(disuse)的结果,对于上述正负两种效应的正确认识和充分估价,是正确和充分利用运动疗法的基础。鉴于运动疗法是康复医疗包括运动系统康复医疗的基本手段,有必要对运动疗法的生理学与力学基础作一简要讨论。

第一节 肌 肉

一、基本结构

肌肉主要由肌纤维构成。每一肌纤维为一细长的多核细胞,一般直径 $50 \sim 70 \mu\text{m}$,长数毫米,在缝匠肌可长达数十厘米。其收缩物质为肌细纤维,内含肌动蛋白及肌球蛋白丝,平行及部分重叠交替排列。细纤维由Z线划分肌节(图2-1),此Z线实际上是两侧肌动蛋白丝的附着点,I带(isotropic band)是亮带,由肌动蛋白丝构成,A带(anisotropic band)为暗带,

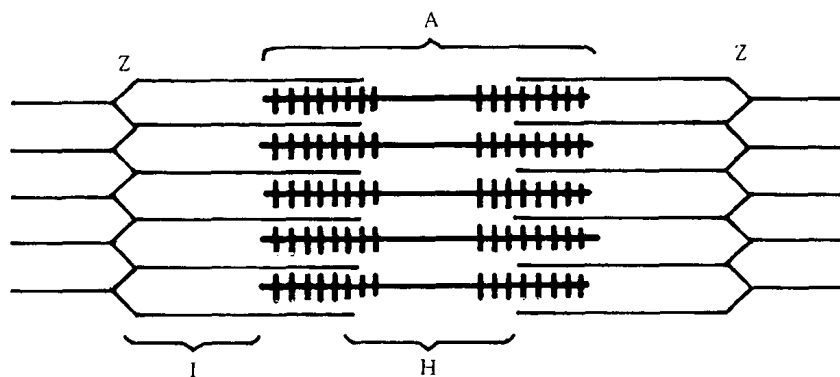


图2-1 肌 节

由肌球蛋白与肌动蛋白丝重叠构成,其中央的亮带 H 区则单由肌球蛋白构成。肌肉收缩时肌球蛋白的头状分支牵拉肌动蛋白丝使其向肌节中央滑动,肌节即随之缩短。所需能量由肌球蛋白上的 ATP 分解提供,肌肉松弛时肌动蛋白丝滑回原位,肌节随之延长。

二、骨骼肌的能量供应

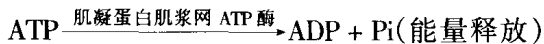
骨骼肌内直接的供能物质 ATP 的含量甚少($5 \sim 7 \mu\text{mol/g}$),在肌肉收缩时必须以与分解相同的速度不断再合成。肌肉含有另一种高能物质磷酸肌酸(PC),可作用于 ATP 的分解产物 ADP 以恢复 ATP。但 PC 含量也很少($15 \sim 20 \mu\text{mol/g}$),极易耗竭,故数分钟以上的运动必须利用糖类和脂肪酸代谢供能。

直接用于 ATP 合成的能源物为糖原。肌肉内含肌糖原 $10 \sim 15 \text{ mg/g}$,肌肉收缩时磷酸化酶及磷酸果糖激酶被激活,使糖原分解为丙酮酸,此为糖原的无氧酵解,可迅速地但少量地恢复 ATP。丙酮酸在线粒体内通过有氧分解被转化成 CO_2 和水,同时产生较大量的 ATP。有些肌纤维的糖原酵解能力大于其线粒体氧化丙酮酸的能力,此时丙酮酸在胞质内被转化成乳酸,这类纤维主要利用无氧代谢做功,极易疲劳。多数肌纤维除肌糖原外同时利用血糖,但肌纤维糖原摄取率相对的低于糖原分解率。肌肉的耐力有赖于其持续进行有氧代谢的能力,因只有有氧代谢能大量地恢复 ATP。

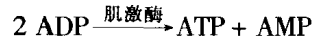
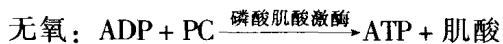
骨骼肌也利用脂酸,来自肌纤维内贮存的内源性三酰甘油(甘油三酯)及脂肪组织内三酰甘油分解释放的脂酸。

以上能量代谢过程可以简单地用以下的反应式表示:

1. ATP 利用:



2. ATP 合成:



三、肌纤维分型

在不同 pH 值中培养后作 ATP 酶染色,可将肌纤维区分为若干类型。一般在碱性时浅染者为 I 型,深染者为 II 型。II 型纤维中在 $\text{pH} = 4.6$ 时浅染为 II A 型,深染为 II B 型,此三型肌纤维的生理学及生物化学特点见表 2-1。

表 2-1 不同类型肌纤维的生理生化特点

	I 型	II A 型	II B 型
肌球蛋白 ATP 酶	低	高	高
肌浆网钙隔离能力	低	高	高
缩短速度	低	高	高
等长张力产生速度	慢	快	快
氧化酶活性	中—高	高	低

(续表)

	I 型	II A 型	II B 型
最大血流量	中—高	高	低
糖酵解能力	低	中—高	高
运动单位肌纤维数	低	中	高
运动单位产生张力	低	中	高
募集时作功强度	休息、低、高强度	低、高强度	高强度
疲劳	不易	中等	易

根据以上生理生化特点, I 型纤维也称慢—氧化型(slow-oxidative), II A 型纤维也称快—氧化—糖酵解型(fast-oxidative glycolytic), II B 型纤维也称快—糖酵解型(fast-glycolytic)。I 型统称慢肌(slow-twitch type)纤维, II 型统称快肌纤维(fast-twitch type), I 型与 II A 型肌纤维肌红蛋白含量较多, 周围毛细血管丰富, 色泽较红, 故又称红肌纤维, II B 则色泽较白, 称白肌纤维, 故红、白肌纤维与慢、快肌的区分不是一回事。此外, 尚有 II C 型纤维为 II A 与 II B 的中间型, II M 型纤维为一种含有独特肌球蛋白的超快型纤维, 数量极少, 研究不充分, 故从略。

简而言之, I 型纤维主要依靠有氧代谢供能, 其收缩较慢, 产生的张力较低, 但不易疲劳, 是作低强度运动及休息时维持姿势的主要动力; II B 型纤维依靠 ATP 分解及糖无氧酵解供能, 其收缩快, 产生张力高, 易疲劳, 是作高强度运动时的主要动力; 而 II A 型则介于两者之间, 兼有两者的一些特点。各型肌纤维在各肌肉分布不同, 影响各肌肉的功能, 如比目鱼肌以 I 型纤维为主, 腓肠肌则以 II 型纤维为主。一般人 I 型纤维占 50%~55%, II A 型占 30%~35%, II B 型约占 15%。各型纤维比例有一定的个体差异, 因而影响个体的运动素质。

四、运动单位

运动单位(motor unit)包括被一个运动神经元和其所支配的所有肌纤维。每一运动单元的肌纤维数少至 2~5 条, 如动眼肌; 多至 1 000~3 000 条, 如腓肠肌。功能越精细的肌肉每一运动单位肌纤维数越少。同一运动单位内的肌纤维属于同一类型, 同步收缩及松弛。一个运动单位的纤维可分布于数毫米直径的范围之内, 而与来自其他运动单位的肌纤维杂处。

运动单位的募集(recruitment), 不同运动单位募集规律不同, I 型肌纤维在静息时也被募集以维持体位及姿势。低强度运动时除 I 型纤维外, 也募集 II A 型纤维。运动强度增大时或高速度运动时才同时募集 II B 型纤维。哪些纤维被募集并非取决于运动速度, 而是取决于用力程度或收缩的强度。

由于各型肌纤维耐疲劳能力不同, 运动强度越大, 速度越快, 疲劳的发生也越早。

五、肌肉的收缩方式

根据肌肉收缩时产生的张力和外加阻力的关系, 可以区分等张、等长两种收缩方式:

1. 等张收缩(isotonic contraction) 等张收缩时肌肉张力大于阻力, 肌肉可自由缩短引起相应的关节运动, 故又称动力性收缩(dynamic contraction)。

由阻力的大小, 通过反射机制, 调节运动单位的募集来确定肌肉张力, 主观用力过大、募集过多时产生加速度运动, 而张力相对恒定, 故称等张收缩。

等张收缩使肌肉缩短, 肌肉的两端向中心靠近时, 称向心收缩(concentric contraction), 例