

高等医学院校教材

YUN DONG YI XUE

运 动 医 学

范振华 主编

上海医科大学出版社

高等医学院校教材

运 动 医 学

主编单位 上海医科大学

主 编	范振华	
编 写 者	浦钧宗	(北京医科大学)
	周士枋	(南京医学院)
	刘纪清	(哈尔滨医科大学)
	王嘉芙	(湖南医科大学)
	彭述武	(湖北医科大学)
	赵翱、吴毅文	(安徽医科大学)
	范振华	(上海医科大学)
审 定 者	范振华	傅 彬

上海医科大学出版社

责任编辑 王德勋
封面设计 吴 平

运 动 医 学

主编 范振华

上海医科大学出版社出版

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

江苏句容排印厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12 字数 292,000

1991 年 8 月第 1 版 1991 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—7 500

ISBN 7-5627-0100-8/R·91

定价: 3.18 元

编写说明

1962 年国家卫生部曾指定上海第一医学院主编一本《运动医学讲义》为全国通用教材,以后一直未加修订,早已不能使用。1989 年在郑州召开全国运动医学学术会议时,与会的医学院校共同发起联合编写一本新的教材,以利于运动医学教学工作,是为本书编写的缘起。

本教材分十六章,尽量采用较新及较成熟的内容。考虑医学生的实际需要,兼重基本理论及实际应用。本书在教学时数较多的学校可用作教材,教学时数较少的学校可兼作参考材料。本书也可供体育院校运动医学课程教学的参考读物,及作为体育医务工作者、康复医学工作者和一般医生的参考资料。

本书为一新编教材,不免有很多缺点,请采用单位提出意见,以便再版时修改,并希同道指正。

编者

一九九〇年十月

目 录

第一章 运动医学概论	1
第一节 定义和基本概念	1
第二节 运动医学的主要内容	1
第三节 运动医学简史及现状	2
第二章 运动医学中的功能检查	4
第一节 运动器官功能检查	4
第二节 心血管运动试验	8
第三节 肺容量和通气功能检查	15
第四节 神经肌肉电生理检查	16
第三章 运动对机体的影响	22
第一节 运动对骨骼肌形态和功能的影响	22
第二节 运动对心血管的影响	25
第三节 运动对呼吸系统的影响	27
第四节 运动对代谢的影响	28
第五节 运动对消化系统的影响	31
第六节 运动对泌尿系统的影响	31
第七节 运动对神经体液的影响	31
第四章 运动卫生	34
第一节 一般运动卫生	34
第二节 儿童少年、老年及妇女体育卫生	37
第五章 运动与营养	44
第六章 运动医务监督	51
第一节 基本任务和工作内容	51
第二节 运动员的体格检查	53
第三节 运动员选材	59
第四节 兴奋剂问题	60
第七章 运动性疾病	65
第一节 概论	65
第二节 各论	66
第八章 运动创伤	82
第一节 概论	82
第二节 腱肌单位损伤	84
第三节 关节软骨损伤	87
第四节 骨的应力性损伤	89

第五节 骨骺损伤·····	91
第六节 韧带结构损伤·····	92
第七节 周围神经损伤·····	95
第八节 滑囊炎·····	98
第九节 运动创伤后康复训练·····	98
第九章 医疗体育总论·····	101
第一节 基本概念和基本作用·····	101
第二节 医疗体育的基本方法·····	102
第三节 医疗体育的基本原则·····	106
第四节 医疗体育的指征·····	106
第十章 民族形式医疗体育·····	108
第一节 导引·····	108
第二节 气功·····	111
第三节 按摩·····	115
第十一章 心血管疾病的医疗体育·····	118
第一节 冠心病的医疗体育·····	118
第二节 高血压病的医疗体育·····	130
第十二章 呼吸系统疾病的医疗体育·····	134
第十三章 代谢障碍的医疗体育·····	143
第一节 糖尿病的医疗体育·····	143
第二节 单纯性肥胖症的医疗体育·····	145
第十四章 运动系统伤病的医疗体育·····	147
第一节 骨折的医疗体育·····	147
第二节 骨关节畸形的医疗体育·····	152
第三节 肩关节周围炎的医疗体育·····	155
第四节 颈椎病的医疗体育·····	156
第五节 腰痛的医疗体育·····	158
第十五章 神经系统疾病的医疗体育·····	163
第一节 周围神经损伤的医疗体育·····	163
第二节 偏瘫的医疗体育·····	168
第三节 截瘫的医疗体育·····	174
第十六章 运动处方原理及其应用·····	179
第一节 概论·····	179
第二节 运动处方的基本内容·····	180
第三节 运动处方的制订和实施·····	181

第一章 运动医学概论

第一节 定义和基本概念

运动医学(sports medicine)是医学和体育相结合的一门边缘科学。它研究与体育运动有关的医学问题,运用医学的知识和技术对体育运动进行指导和监督,防治运动伤病,并研究推广医疗性和预防性的体育运动,以帮助体育运动的普及和提高。

我国的体育运动按对象和目的来分,有竞技体育、保健体育和医疗体育三个基本组成部分。所谓群众体育、职工体育、学校体育等等是三个基本组成部分的适当组合。

竞技体育的对象是运动员,他们肩负着提高我国体育运动水平的重任。由于国际及国内运动水平的不断提高,要求运动员处于最佳的身体及精神状态,把体能和技术发挥到最高水平,才能在比赛中创造优异成绩。在训练工作中往往不能单凭教练员和运动员的经验,而必须有运动医学工作的密切配合,进行科学训练。

保健体育的对象是包括不同性别、年龄和职业的广大群众,其目的是增进健康,预防疾病,增强体质及工作能力,以达到延年益寿。对运动医学的要求是从医学、生理学角度宣传体育运动的價值,指导合理的锻炼方法,提供有关的监督和咨询,以保证体育运动的有效与安全。

医疗体育的对象是伤病员和残疾者,其目的是促进伤病痊愈和机体的功能恢复,防止并发症,保持全身健康。同时也是康复医学的重要的基本内容。医疗体育常须由医师按病情及功能损害情况开立运动处方,并在医务人员指导或监护下进行。

由上可知体育与医学有增进人民健康、增强人民体质的共同目的。开展运动医学工作,作为体育与医学之间的桥梁,使体育与医学互相配合、互相促进、互相补充、相辅相成,以达到实现人人健康的共同目的,具有重要意义。

第二节 运动医学的主要内容

运动医学所从事的实际工作及研究工作包括以下四类:

一、体育医务监督(medical supervision)

运用生理学、病理学、卫生学和有关的临床医学知识,对运动员的健康进行医学监护,对运动员机体机能状态进行动态评价,据以协助教练员制订科学的训练计划,从而提高训练效果,并预防、早期发现及治疗运动性疾病。为了进一步做好这项工作,需要进行以下各方面的科学研究工作:

(一)运动生物类型学(sports biotypology) 研究人类机体的形态结构与运动之间的相互关系,从而探讨各项运动的生理学评价,探索各项目运动员的适宜形态指标,为运动员选材提供科学依据。为此要进行各种人体测量、身体构成(主要指体脂及瘦体重)测定、体

型评价、肌肉纤维类型分布、心脏形态等研究。

(二) 运动病理生理学(sports pathophysiology) 研究运动后机体的生理性适应性改变、超出生理范围的病理性改变与一般疾病引起的病理性改变之间的区别,从而探讨机体对运动训练的适应限度,早期确定病理性变化,防止过度训练引起的不良后果。并研究不适当运动引起的各种急性和慢性病理改变的原因、机理、预防和治疗。

(三) 运动员的机能评价(medical evaluation of the athletes) 研究更灵敏、更可靠地评定运动员的机能状态,从而评定训练效果,为制定及修改训练计划提供依据,或从而评价各项运动的生理学价值。为此要寻求最有价值的检查指标、设计更好的检查方案及确定其正确的评价标准,引用各种现代化的医学检查方法。

(四) 消除疲劳的方法 研究用药物、营养、理疗、按摩、中医药、气功以及心理学方法促进运动疲劳的消除,从而强化训练效果。

(五) 运动员选材 研究培养优秀运动员的先天条件,改进从儿童期各项形态及功能检查结果,预测未来形态及功能发展倾向的方法。排除潜在的不利于运动训练的先天因素。

(六) 运动中药物滥用的监控(doping control) 研究各类兴奋剂对运动能力的影响及对运动员健康的影响,改进检测兴奋剂的方法,提出应归入禁用的兴奋剂范畴的药物种类,以保护运动员的健康,维护运动竞赛的纯洁及公平。

二、运动营养(nutrition in sports)

根据不同运动项目及不同训练时期的热量消耗及其他营养需要,制订合理的营养处方和膳食制度,选择适当的运动饮料。并指导运动员进行合理的体重控制。研究各种营养物质、微量元素、一般性和滋补性药物对运动能力的影响等。

三、运动创伤(sports injuries)的防治

根据运动创伤的发生规律提出预防运动创伤的措施并监督其实行。进行运动创伤的紧急处理、治疗及康复治疗,协助教练及运动员妥善安排伤后训练。研究运动创伤的发生规律、发生机理、病理变化,研究改进其预防、治疗及康复方法。

四、医疗体育(therapeutic exercise)

在医院、门诊部、疗养院、康复中心和群众中推广防治性体育运动,应用专门的体育锻炼来防治疾病,促进康复,包括提供医疗体育咨询或开设运动处方。为此要研究体育运动的医疗、预防作用,医疗体育对各种伤病和残疾的作用机理和各种疾病时医疗体育的方法学问题。在我国还包括研究各种传统医疗体育方法如气功、太极拳等各种动功、按摩等的作用、机理及其应用。

第三节 运动医学简史及现状

运动医学渊源久远,在我国用运动治病的历史可追溯到史前时代。成书于战国时代(公元前475~公元前221)的《黄帝内经》中就有导引(呼吸和运动练习)、按跷(按摩和运动)等记载。长沙马王堆出土的西汉(公元前206~公元前24)帛画《导引图》描绘了导引动作40余幅,说明当时导引已有相当发展。汉末华佗模仿五种动物动态创造“五禽戏”对后世有较大影响,他以“户枢不朽”为喻说明运动的保健作用,并提出适度运动的观点。隋代巢元方主编的《诸病源候论》可谓导引疗法的专著。唐代孙思邈的《千金方》及以后历代重要的中医著作中

都有大量关于导引和养生的记载。宋代以后武术兴起,以太极拳、八段锦等运动充实了导引的内容。由于这些史实,我国被一些国外学者誉为“医疗体育的祖国”。

国外自古希腊开始有关于运动治病的记载。公元前150年左右古罗马有为角斗士治伤的体育医生。但现代运动医学只是在20世纪30年代才正式建立。世界大战后现代奥林匹克运动会的恢复和现代医学科学的进步促进了运动医学的发展,逐渐成为一门完整的、独立的医学学科。国际运动医学联合会(International Federation of Sports Medicine, FIMS)成立于1928年。50年代以来很多国家建立了许多运动医学中心和研究所,很多大学(医学、体育等院校)也开展了运动医学的科学研究。

新中国成立后,体育运动成为我国政府提倡的一项重要事业,现代运动医学也随之建立和发展。1955年起,北京医学院、北京体育学院先后请进外国专家为我国培养运动医学高级专业人员,以后在全国医学院校及体育院校相继建立运动医学教学研究机构,开设运动医学课程。1958年在国家体委领导下建立北京体育科学研究所,下设运动医学研究室。一年后北京医学院建立北京运动医学研究所,此后陆续建立了约20个省、市级及部队所属的体育科学研究机构,其中包括运动医学研究及防治机构,形成一个全国性运动医学工作网。

1978年成立了中国运动医学学会(Chinese Association of Sports Medicine, CASM),1980年参加国际运动医学学会。1983年出版专业杂志《体育科学》与《中国运动医学》。平均每两年召开一次全国性大型运动医学学术会议,还有更多的专科、专题学术会议。1985年召开首届北京国际运动医学学术会议。我国的曲绵域教授当选为国际运动医学学会副主席,标志着我国运动医学工作正式步入国际行列。

从历史看未来,只要体育运动继续向前发展,世界及我国的运动医学事业也必将继续发展。同时由于康复医学在国外及国内兴起,医疗体育作为康复医学的主要内容之一,必将得到更大的发展。

(范振华)

第二章 运动医学中的功能检查

运动医学中的功能检查是运动员身体检查的进一步深入,是运动医学实际工作与科学研究的重要手段之一。常用以达到以下目的:

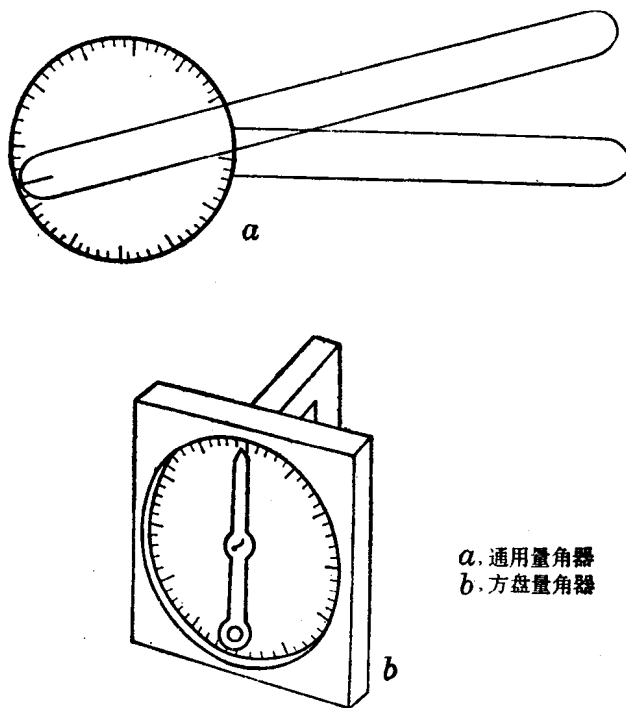
1. 评价运动员的机能状态及训练前后变化,作为评价运动员训练水平、制定及修改训练计划、预防及早期发现运动性疾病的重要依据;
2. 作为评价不同运动项目的生理效应及不同训练方法的效果的客观依据;
3. 作为运动员选材的重要依据;
4. 作为医疗体育处方及体疗效果评价的重要依据。

运动医学中机能检查的内容极广泛,项目繁多,本章就其中较常用的进行介绍。

第一节 运动器官功能检查

一、关节活动度检查

关节活动度(range of motion, ROM)检查多用于有关节活动功能障碍的患者。其检查及评价方法在文献上多有不同,但在同一单位内必须统一,记入文献时应有所说明。



a. 通用量角器
b. 方盘量角器

图 2-1 量角器

(一) 检查及评价方法

1. 通用量角器检查：是传统的常用方法。通用量角器用圆规或半圆规连接两根直尺制成(图 2-1)。使用时要摸清半圆规中心点及两尺远端在肢体上的放置位置的骨性标记。常用方法及正常值见表 2-1。

2. 方盘量角器检查：这种量角器由上海华山医院设计，为一正方形有圆形分角刻度的木盘，刻度的“0”点在正方形一边的中点，向左右各为 180 度，中心有一可旋转的指针，后方再加把手构成(图 2-1)。指针由于重心在下而始终指向上方。把手与刻度面上 0~180 度连线平行。使用时使关节一端处于水平或垂直位，另一端肢体在垂直面上运动至最大幅度，以方盘的一条边紧贴另一端肢体同时使“0”点对向规定方向，即可读得关节所处角度。具体操作及正常值见表 2-2。此法迅速方便，精确度较高。所反映角度以关节功能轴心为中心，较为合理。

表 2-1 关节活动度检查

关节	运 动	测 量 姿 位	量 角 器 放 置 标 记			O 点	正常值
			中 心	近 端	远 端		
肩	屈、伸	解剖位、背贴立柱站	肩峰	腋中线(铅垂线)	肱骨外上髁	两尺相重叠	屈180° 伸50°
	外展	同上	同上	同上	同上	同上	180°
	内、外旋	仰卧、肩外展、肘屈90°	鹰嘴	铅垂线	尺骨茎突	同上	各90°
肘	屈、伸	解剖位	肱骨外上髁	肩峰	尺骨茎突	两尺成一直线	屈150° 伸0°
前臂	内、外旋	坐、肩内收、肘屈90°	手掌尺侧缘	铅垂线	紧贴掌心	两尺相重叠	各90°
腕	屈、伸	解剖位、拇掌屈	桡骨茎突	前臂纵轴	第二掌骨头	两尺成一直线	屈90° 伸70°
	尺、桡屈	解剖位	腕关节中点	同上	第三掌骨头	同上	桡屈25° 尺屈65°
髋	屈	仰卧、对侧髋过伸	股骨大粗隆	水平线	股骨外髁	两尺成一直线	125°
	伸	仰卧、对侧髋屈曲	同上	同上	同上	同上	15°
	内收、外展	仰卧、避免大腿旋转	髂前上棘	对侧髂前上棘	髌骨中心	两尺成直角	各45°
	内、外旋	仰卧、两小腿桌缘外下垂	髌骨下端	铅垂线	胫骨前缘	两尺相重叠	各45°
膝	屈、伸	仰卧	股骨外髁	股骨大粗隆	外髁	两尺成一直线	屈150° 伸0°
踝	屈、伸	仰卧	内踝	股骨内髁	第一跖骨头	两尺成直角	屈45° 伸20°
	内、外翻	俯卧	踝后方两踝中点	小腿后纵轴	足跟中点	两尺成一直线	内翻35° 外翻25°

(二) 注意事项

1. 在正确姿位下检查，按严格要求进行操作，提高检查的精确性。
2. 避免在运动或按摩后进行检查。
3. 如关节的主动运动幅度与被动运动不一致时，提示有关节外的肌肉瘫痪、肌腱挛缩或粘连等问题存在，关节活动度宜以被动运动幅度为准。
4. 关节活动度有个体差异，检查时宜与健侧比较。

表 2-2 用方盘量角器作关节活动度检查

关节	运 动	测 量 姿 位	量角器放置位置	刻度盘方位	正 常 值
肩	屈、伸	站立背后紧贴立柱	上臂后方中段	0点指向近端	屈180°,伸50°
	外展 内、外旋	同上 仰卧肩外展,肘屈90°	上臂内缘中段 前臂尺侧缘中下段	同上 0点指向远端	180° 内旋80°,外旋90°
肘	屈、伸	坐、上臂平贴桌面	前臂中段尺骨皮下面	0点对向尺骨	屈150°,伸0°
前臂	内、外旋	站立、上臂外侧紧贴立柱,肘屈90°,紧握量角器把手	量角器把手紧贴掌心	0点指向桡侧	内旋65°, 外旋135°
腕	屈、伸 尺、桡屈	前臂平贴桌面,掌心向下 同上,掌心垂直,拇屈	第三掌骨背面 第二掌骨桡侧缘	180°点对向掌骨 同上	屈80°,伸70° 尺屈40°,桡屈20°
髋	屈	仰卧、对侧髋过伸	大腿前缘中段	180°点对向大腿	120°
	伸	仰卧、对侧髋屈曲	同上	同上	15°
	内收、外展	侧卧、垫高腰部使两髋前上棘呈垂直位	大腿外侧中段	同上	各45°
	内、外旋	仰卧,两腿分开伸直	足掌内侧缘	0点指向远端	内旋50°,外旋65°
膝	屈、伸	坐或仰卧	在股前中段小腿前中段 各测一次,相加	180°点指向膝部	屈160°、伸5°
踝	跖屈	站立、足掌不离地,小腿尽量后倾	胫前缘中段	0点指向近端	40°
	背伸	同上,足跟不离地,小腿尽量前倾	同上	同上	25°
	内、外翻	向患侧侧卧,小腿平贴台面,外踝在桌缘上	紧贴足掌横弓	0点指向足内侧	内翻45° 外翻20°

二、肌力检查

用来评价运动员肌力及其训练效果,各组拮抗肌肌力平衡情况,以及评价患者神经肌肉系统功能损害的范围、程度及康复锻炼疗效等。

(一) 检查方法及评价

1. 肌力分级法: 主要用于患者。方法是在适当姿位下作标准动作,通过触摸、观察动作完成情况来评定肌力。评定标准见表 2-3。必要时可在分级上附加“+”、“-”号以作更为精细的分级。

表 2-3 肌力分级标准

分 级	符 号	评 定 标 准
0	零 0	无可测知的肌肉收缩
1	微 T(trace)	有轻微收缩,不能引起关节运动
2	差 P(poor)	在减重状态下能作全幅度关节运动
3	可 F(fair)	能抗重力作全幅度运动,不能抗阻力
4	良 G(good)	能抗重力和较轻阻力运动
5	正常 N(normal)	能抗重力和充分阻力运动

注: 减重状态指肢体悬挂下在水平面上运动,阻力由检查者以手施加。

2. 四肢各组肌力测定：用于对运动员或肌力在“4”以上的病员进行进一步的定量测定：

(1) 等长肌力测试：可在标准姿势下通过钢丝绳及滑轮装置牵拉固定的测力器来测定。上海华山医院 1978 年收集的青、中年正常人平均肌力资料见表 2-4。由此表也可看到男女、左右侧肌力差异及各组拮抗肌之间的肌力比。

表 2-4 四肢肌力测定(kg)

动 作	测 定 姿 位(坐)	着力点	男(67例)		女(55例)	
			左	右	左	右
腕 屈 伸	腕中立位,前臂旋后	掌心	28.1	30.3	15.3	16.4
	同上,前臂旋前	同上	11.6	13.8	7.1	8.2
肘 屈 伸	肘屈90°,肩内收	同上	19.4	21.0	10.3	11.6
	同上	同上	12.8	13.2	6.8	7.6
肩 外展	肩外展45°,肘伸直	同上	8.7	9.4	4.2	5.5
踝 背伸 跖屈	踝中立位	跖趾关节	19.3	19.6	11.5	11.7
	同上	同上	20.5	19.9	13.3	12.9
膝 屈 伸	膝屈45°	踝部	19.1	19.9	11.1	13.0
	同上	同上	30.5	30.8	18.8	20.1

(2) 等张肌力测试：测定完成一次运动负荷时能承受的最大负荷量,称 1RM 量；测定连续完成 10 次标准运动所能承受的最大负荷量,称 10RM 量。用于运动员，测试前应对测试结果有所估计,避免多次试举引起疲劳。

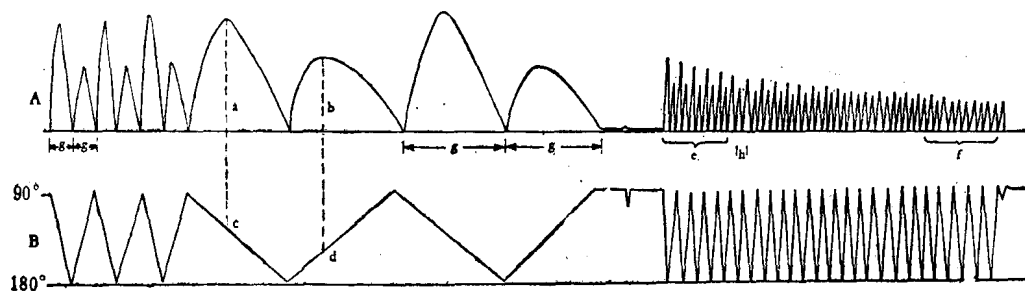


图 2-2 等速测力曲线(膝伸、屈)

A. 力矩曲线, B. 关节角度曲线

a, b. 伸膝及屈膝峰力矩, c, d. 伸膝及屈膝最佳用力角度, e, f. 为前5次及末5次运动, g. 代表1.5秒(运动速度60°/秒), h. 代表3/8秒(运动速度240°/秒)

(3) 等速肌力测试：用带电脑的 Cybex型等速测力器可同步记录运动中的力矩及关节角度变化曲线(图 2-2),并自动计算一系列原始及派生数据。在国外已成为常规的肌肉功能评定及肌肉力学特性研究方法。测试方案很多,一般用慢速(60°/秒)作 5 次往复运动,再用快速(240°/秒)作 25 次往复运动,每一动作都要求以最大力量及幅度完成。可得以下测试数据：①峰力矩(peak torque)：即在每种速度运动中出现的最大力矩。关节屈、伸时各有其峰力矩。出现峰力矩时的关节角度即最佳用力角度。②峰力矩体重比(peak torque/BW

ratio): 即峰力矩与体重之比值,对负重肌较有意义。如运动员在 60° /秒速度时,股四头肌峰力矩体重比应在 100% 以上。③指定角度时的力矩,如伸膝至 135° 时的力矩。④拮抗肌力矩比,反映拮抗肌肌力平衡情况。⑤最大动幅与平均动幅: 如有明显差异,提示极度疲劳或受试者合作不佳。⑥力矩加大能力(torque acceleration energy, TAE): 指力矩产生头 1/8 秒中的作功量。代表肌肉的灵活性或爆发力。⑦一次运动所作的功: 即一次运动力矩曲线下的面积之和,由计算机自动积算。⑧平均功率: 运动所作总功除以实际工作时间,以 W 为单位。⑨耐力比(endurance ratio): 为肌肉的耐力指标。即以 240° /秒 速度运动 25 次,最末 5 次与最初 5 次运动所作之功的比值。

(二) 注意事项

1. 肌力检查受被试者主观用力程度的影响很大,试验前应作适当动员,并作简单准备活动。
2. 必须采用测试的标准姿势,以提高结果的可比性。
3. 不宜在疲劳或饱餐后进行测试。
4. 测试时的强力等长收缩及闭气可引起心血管系统特异反应,老年人及心血管系统患者慎用。

第二节 心血管运动试验

用定量的运动负荷提高心血管功能检查的敏感性的方法即称心血管运动试验。其种类繁多: 按运动器具及用力部位分,有功率车试验、跑台试验、台阶试验等俱为下肢试验,手摇功率计试验为上肢试验,划船功率计试验为全身试验;按观察时机分,在运动结束后观察的为恢复试验(recovery test),如二级梯试验、联合机能试验等,在运动当时进行观察的称劳力试验(exertion test),如功率车试验、跑台试验;按终止试验的运动强度分,有极量试验包括症状限止试验、亚极量试验和低负荷试验;按运动程序分,有单级负荷试验及多级负荷试验等,此外还有在运动场上进行的 12min 跑试验及在实际运动中进行测试的实战试验等。择较常用者进行介绍。

一、简易功能试验

简便易行,可在实验室或运动现场进行,多用于运动员及一般运动者。常用方法有:

(一) 联合机能试验 由苏联列杜诺夫提出,运动负荷由三部分组成即: ①30s 内做 20 次全蹲起;②原地快跑 15s,③原地慢跑 3min(男)或 2min(女)。速度为每分钟 180 步。上述每一负荷后检查脉搏与血压每分钟 1 次,3 次负荷后各测 3、4、5min。

评定方法:

1. 正常反应: 运动后脉搏和收缩压适当增加,舒张压轻度下降或不变。脉搏和血压在 3、4、5min 内基本恢复。
2. 紧张性增高反应: 负荷后收缩压升高很多($>23.99\text{kPa}$),舒张压上升($>2.66\text{kPa}$),脉搏明显加快,恢复时间延长。多见于有高血压倾向者,也见于正常发育期青少年。
3. 梯形反应: 负荷后收缩压不是在第一分钟达最高水平,而是逐步上升。一般认为是心血管机能不良出现的惰性现象。见于运动水平下降或早期过度训练的运动员。
4. 紧张性不全反应: 负荷后舒张压很低,可以到 0。见于两种不同情况: 一种是负荷

后心跳极快, 心肌收缩力强的训练状态良好的运动员; 另一种是由于疲劳等原因使血管调节机能改变, 使血管张力明显下降。

5. 无力性反应: 负荷后脉搏明显加快, 收缩压升高不显著, 舒张压升高或不变, 脉压缩小。表明心脏无力, 每搏量减少。多见于明显疲劳的运动员。

以上异常反应常需多次重复检查才能可靠审定。

(二) 哈佛台阶试验 由哈佛大学提出。试验时要求受试者在 50.8cm (女子为 42cm) 高的台阶上每分钟上下 30 次, 连续 5min, 体力不支时可随时中止。记录实际运动时间, 测定运动后第 2、3、5min 前 30s 脉搏数。然后按下列公式计算健适指数 (physical fitness index, PFI):

$$PFI = \frac{\text{运动时间(s)} \times 100}{2 \times 3 \text{次} 30\text{s} \text{脉搏数之和}}$$

评价: <55 为差, 55~64 为中下, 65~79 为中上, 80~89 为良, >90 为优。

或用下列简化法:

$$PFI = \frac{\text{运动时间(s)} \times 100}{5.5 \times \text{第2min 前 30s 脉搏数}}$$

评价: >80 为优, 50~80 为中, <50 为差。

(三) PWC_{170} 试验 反映心率达 170 时的身体工作能力 (physical work capacity)。根据运动时在一定范围内运动功率和心率呈直线相关的原理进行推算。方法是用功率车或两级台阶先作一较小功率运动 3min, 设其功率为 W_1 , 心率为 P_1 , 再作一较大功率运动 3min, 设其功率为 W_2 , 心率为 P_2 , 则可用作图法求得 PWC_{170} , 见图 2-3。

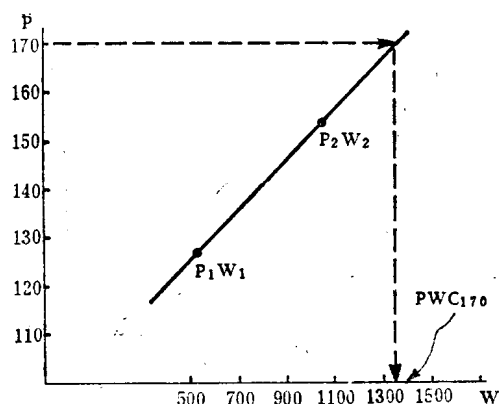


图 2-3 用作图法求得 PWC_{170}

或用下列公式计算:

$$PWC_{170} = W_1 + (W_2 - W_1) \left(\frac{170 - P_1}{P_2 - P_1} \right)$$

为了使计算更为精确, 可按下表选择两次运动功率 (表 2-5):

表 2-5 PWC_{170} 试验运动功率 (kg·m/min)

估计受试者 PWC_{170}	第一次运动负荷	第二次运动负荷		
		第一次负荷后心率		
		100—109	110—119	120—129
<1000	400	900	800	700
1000~1500	500	1100	1000	900
>1500	600	1300	1100	1000

国内资料 PWC_{170} 的平均值一般男性为 1060kg·m/min, 女性为 580kg·m/min。男运动员为 1520kg·m/min, 女运动员为 780kg·m/min。优秀运动员 PWC_{170} 值参见表 2-6。

表 2-6 中国优秀运动员PWC₁₇₀值(kg·m/min)

项 目	男		女	
	绝对值	每千克体重	绝对值	每千克体重
中 长 跑	1596	23.8	1090	20.2
短 跨	1433	20.8	985	17.5
跳 跃	1342	19.4	1096	18.8
投 掷	1697	17.4	1263	15.5
长 游	1608	21.8	1148	20.0
短 游	1563	22.7	1012	18.6
体 操	1155	20.8	747	19.0
篮 球			1359	17.8
排 球	1651	20.6	1225	17.8
足 球	1760	24.2		
羽 毛 球	1632	24.7	1129	19.4
乒 乓 球	1465	21.9	938	17.2

(四) 12min 跑试验 以 12min 跑步(或步行)所能达的最大距离为评判指标, 详见第十六章有关部分。

二、实验室检查

常用定量运动器械在密切监护下进行, 可用于运动员及进行医疗体育的患者。

(一) 多级负荷试验 用功率车、跑台或多级台阶(台阶高度可分级上升)等工具作多级负荷运动, 运动强度由自行车阻力、跑台速度和坡度, 以及台阶的高度来调节, 逐级上升。每级运动持续 3min 以使心血管反应达稳定状态。运动中作连续的心电图及心率监护。有条件时同步测定摄氧量及 CO₂ 排出量。于运动前及每级运动结束时观察心率、心电图、血压变化及症状与体征改变。

运动的强度可用物理单位如瓦(W)或千克·米/分(kg·m/min), 1W约等于 6kg·m/min。运动的生理强度常用心率、摄氧量(L/min 或 ml/kg 体重·min)为单位, 也可用梅脱或代谢当量(Met)为单位。梅脱值即运动时代谢率为静息时代谢率的倍数, 1 梅脱一般定为 3.5ml/kg 体重·min。

多级负荷试验具体方案很多, 举例见表 2-7。

按此类方案, 掌握不同的终止试验指征, 可进行不同强度的运动试验, 以适应不同对象的需要:

1. 极量试验: 运动强度逐级递增直至受试者感到筋疲力竭, 或心率、摄氧量不再上升为止。此法适用于运动员及健康的青年人以测定个体最大作功能力、最大心率(HR_{max})和最大摄氧量($\dot{V}O_{2max}$)(见后)。

2. 症状限止试验: 运动进行至出现必须停止运动的指征为止。停止运动的指征有: ①出现胸闷、胸痛、腿痛、晕眩等症状或其他明显不适; ②出现明显的气急、苍白、冷汗、步态不稳、神态模糊等现象, 或血压过于升高或下降; ③心电图出现频发、多形性或成对的室早、阵发或持续性室性或室上性心动过速、束支传导阻滞、Ⅱ-Ⅲ度房室传导阻滞, 或 ST-T 下降超过 2~4mm。

此试验适用于各种慢性病患者, 确定症状限止性心率(HRSL), 作为制订运动处方的依

据。要求有密切的监护及必要的应急设施。

3. 亚极量试验：运动心率达到亚极量心率 ($H_{rsubmax}$) 时，即按年龄预计最大心率 ($220 - \text{年龄}$) 的85%，或达 150~170 次/min，收缩压升至 29.26~31.92kPa 时结束试验，比较安全方便。可诊断隐性冠心病及检验对中等强度运动和体力活动的耐受能力，应用很广。

4. 低负荷试验：在运动强度达 3~4 梅脱时，出现上述停止试验的指征时，及心率达到 115 次/min 时停止运动试验。目的在检测从事轻度活动及日常生活活动的耐受能力。适用于心肌梗塞后或心脏术后早期康复病例，作为决定出院，考虑进一步治疗及用药的参考。

表 2-7 运动试验方案举例

自行车 试验	功率 kg·m/min W		25	150		50	300		75	450		100	600		125	750		150	900		175	1050		200	1200		225	1350		250	1500			300	1800
跑台 试验	速度 mph 坡度%		2					3					3.4																						
		0	3.5	7	10.5	14	17.5	21	24.5	28	31.5	35	38.5	42	45.5	49	52.5	56	59.5	63	66.5	70													
台阶 试验	台阶高 cm	0	10	15	20	25	30	35	40	45	50																								
梅	脱	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20														
摄氧量	ml/kg·min	3.5	7		14		21		28		35		42		49		56		63		70														
适 应 范 围	有症状的病人																																		
	恢复期病人																																		
	不活动的正常人																																		
	从事体力活动的正常人																																		
心功能分级	IV	Ⅲ	Ⅱ	I	I和正常																														

注：1. 每级试验各历时 3min， 2. 台阶试验速度每分钟上下 18 次，据 Hellerstein 及 Franklin (有增删)

(二) 最大摄氧量测定 最大摄氧量(maximal oxygen uptake, $\dot{V}O_{2max}$)也称最大吸氧量、最大耗氧量或最大有氧能力。它反映人体极量运动时心肺功能及代谢水平。是评价运动能力的重要指标。

1. 测定方法：

(1) 直接测定法：作极量运动试验达到极量负荷时的摄氧量即最大摄氧量。一般用自动气体分析仪器测定，也可用导氏气袋及吴氏气体分析器测定，判定达到运动极限的标准为：①分级运动中两级摄氧量差别在 5% 以下或 150ml/min 以下，或每分钟 2ml/kg 体重以下；②呼吸商 > 1.1 (成人) 或 > 1.00 (少年儿童)，心率 > 180 次/min；③继续运动时摄氧量开始下降；④受试者精疲力竭或出现其他停止运动试验的指征。

(2) 间接推算法：为了避免作极限运动试验，发展了很多间接推算最大摄氧量的方法，举例如下：

① Astrand 与 Ryhming 列线图法：利用 Astrand 与 Ryhming 于 1954 年提出的列线图(图 2-4)，可从用台阶或功率车进行的亚极量运动时的功率与当时心率推算个体的最