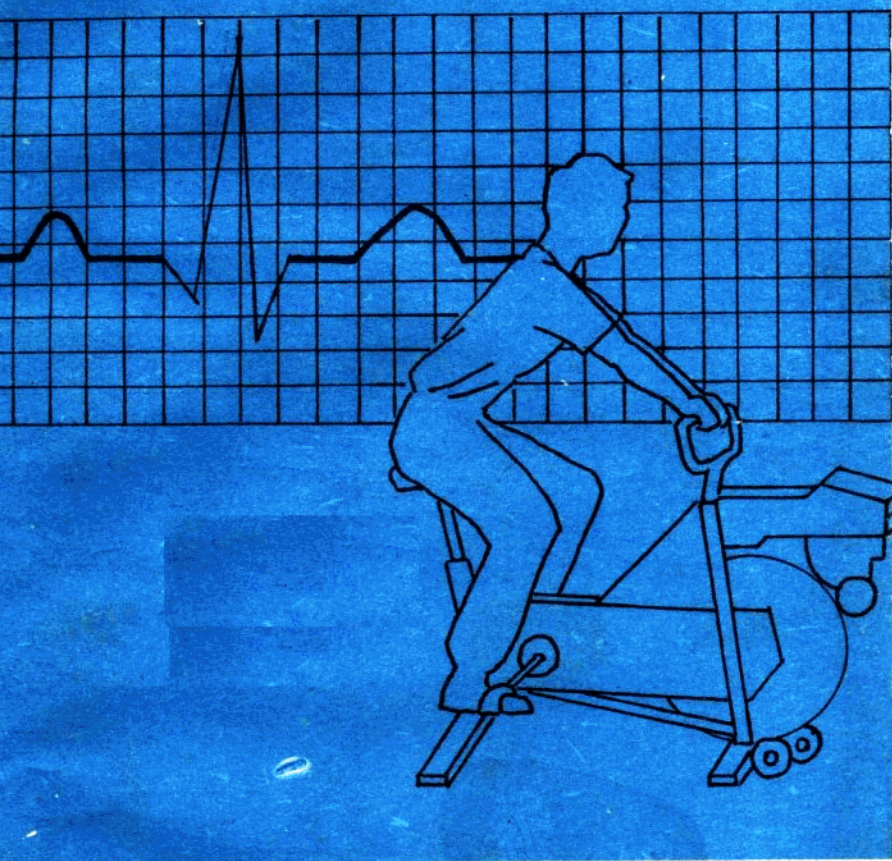




功能诊断与评价

前 言

《机能诊断与评价》是研究人体主要内脏器官机能的测定方法及其评价的一门实用性学科。它在体质研究、健康状况评估、运动员选材、运动处方制定和康复疗效评价等方面具有广泛的应用价值，是体育学院运动训练专业和保健康复专业学生必修的一门专业主干课程。

本教材根据学院教务处 95 年制定的教学大纲编写，教材内容兼顾到运动训练专业本、专科学生和保健康复专业学生的实际需要。评价标准尽量选择近期全国通用的统一标准。教师在使用本教材时可根据不同专业及培养人材层次的不同要求有所选择。本教材可作为机能诊断的工具书使用，适合于体育教师、教练员、体育科研人员及康复指导技师阅读。

本书内容在选编过程中得到冯绍楨教授的悉心指导，在此谨致以衷心感谢。由于编者水平有限，有错漏之处，恳请指正。

编 者

1996 年 10 月

《机能诊断与评价》目录

诸 言	(1)
第一章 心血管系统机能诊断	(3)
第一节 30 秒钟 30 次蹲起机能试验	(4)
第二节 哈佛台阶试验	(6)
第三节 一次机能试验	(10)
第四节 联合机能试验	(14)
第五节 PWC_{170} 机能试验	(18)
第六节 库珀试验 (12 分钟跑)	(22)
第七节 二阶梯试验	(27)
第八节 多级负荷试验	(33)
第二章 呼吸系统机能诊断	(39)
第一节 肺通气功能测定	(39)
一、肺活量和时间肺活量测定	(39)
二、肺通气量测定	(48)
三、肺通气量的间接推算法	(48)
四、影响肺通气功能的因素	(48)
第二节 最大吸氧量测定	(49)
一、间接测定法	(50)
二、影响最大吸氧量的因素	(58)
三、注意事项	(59)
第三节 无氧功能测定	(60)
一、屏息试验	(60)

二、纵跳试验	(61)
三、跑楼梯试验	(61)
四、Wingate 无氧自行车试验	(63)
五、影响无氧功能的因素	(65)
第三章 神经系统机能诊断	(66)
第一节 植物神经系统机能诊断	(67)
一、皮肤划痕试验	(67)
二、眼心反射	(68)
三、直立试验	(69)
四、卧倒试验	(69)
第二节 共济运动能力检查	(70)
一、动力型共济失调	(70)
二、静力型共济失调	(71)
第三节 深浅反射检查	(71)
一、浅反射	(72)
二、深反射	(74)
三、病理反射	(78)
第四节 动作神经反应检查	(79)
第四章 运动系统机能诊断	(81)
第一节 肌力检查	(81)
第二节 爆发力检查	(92)
第三节 柔韧性检查	(97)
第四节 灵敏性和协调性检查	(100)
第五节 速度和耐力素质检查	(107)
第六节 关节活动度检查	(117)

绪 言

机能诊断学是研究人体主要内脏器官机能的测定方法及其评价的一门实用性学科。机能水平的评定在体质研究、健康状况评估、伤病程度判断、运动处方制定及其康复疗效评价等方面具有广泛的应用价值。在体育教学与科研方面占有一定的重要地位，是体育院校运动训练专业和保健康复专业学生必修的专业理论课程。

人体各组织器官具有一定的生理功能，不同个体间对运动的适应能力也互有差异。经常从事体育锻炼可以增进健康，提高各组织器官的机能水平；当身体出现疲劳或患病之时，机能又会下降或表现异常。通过机能的诊断与评定，不但可以帮助我们了解各器官系统不同的机能状态，确定有无患病及其病变的性质与程度，对疾病的诊断、治疗、康复和预后具有重要的临床意义。在体育科学领域，对于运动员选材、训练效果的评定等也具有实际的应用价值。

机能检查的方法有器械检查（如握力、背力）、实验室检查（如心电图运动试验）以及运动现场机能检查（如库珀试验）。一般常用的机能检查是将受试者经检测所得到的生理、生化指标结果与正常值进行比较，了解各器官系统的机能状态，此方法在医学临床应用较为广泛。实验室检查是在一般检查的基础之上，采用增加某一器官生理负荷的方法来了解该器官机能，或发现其隐匿性疾患及潜在性机能失调的一种实验方法。在了解与运动密切有关的各主要内脏器官机能时，通常采用定量运动负荷试验的检查方法，即给予受试

者一规定的负荷，根据完成该负荷前后某些生理指标的变化来评定机能状态；或者根据受试者在规定的时间内完成某一负荷的数量（即成绩）来评定机能水平，这种方法也是本门课程所要学习的主要方法。

体育院校学生学习《机能诊断与评价》，以研究与运动和康复有关的各主要内脏器官机能的诊断方法与评价为主。要求学生在学习过程中重视实验方法的科学性、有效性和客观性，掌握每一种机能检查正确、规范的操作方法和适用范围，熟悉评价标准及其应用。通过理论学习和实验操作，能够运用所学知识对健身运动参加者或病患者进行准确的机能评定。在学习过程中培养学生严谨求实的科学态度和独立思考、分析判断的实践能力。

第一章 心血管系统机能诊断

心血管系统由心脏和各类血管构成，它是在神经和体液调节下的以心脏为动力的闭锁管道系统。心血管系统的机能状况，直接影响全身各组织器官的血氧供给，营养物质的输送和代谢尾产物的清除，是与运动能力最密切相关的重要内脏器官。

心血管机能诊断检查方法的原理是以定量的运动负荷来提高心血管的机能，检测心脏对体力活动或运动的适应能力及运动潜能。由于反映心血管系统机能的一些常用生理指标（如脉搏、血压、心电图等）与运动能力密切相关，因而在进行定量的运动负荷试验时，多数试验均以上述指标的变化，或者与上述指标有关的功率、抑或运动成绩，作为评定心功能的主要依据。

用于心血管系统机能诊断的运动试验种类繁多，目前在临床应用较广的有以下几类：

1. 按运动器械的用力部位分：上肢试验（手摇功率计试验）；下肢试验（功率自行车试验、跑台试验）；全身试验（划船功率计试验）。

2. 按观察时机分：在运动当时观察的劳力试验（跑台试验）；在运动结束后观察的恢复试验（二阶梯试验）。

3. 按终止试验的运动强度分：极量试验；亚极量试验；低负荷试验；症状限止试验。

4. 按运动程序分：单级负荷试验；多级负荷试验。

此外，还有在运动现场进行的试验（库珀试验）和在实际运动过程中进行测试的实战试验等。

进行心血管运动试验要根据受试者年龄、性别、体质、锻炼基础、有无患病及其病情轻重选择适宜的试验方法和运动负荷强度。有以下情况之一者在进行运动试验时要特别谨慎或须禁止进行。

运动试验的绝对禁忌症：心力衰竭，严重心律失常（包括室性、室上性心动过速、多源性早搏），不稳定型心绞痛，急性心肌梗塞，急性心肌炎，心包炎，室壁瘤，主动脉瘤，紫绀型先天性心脏病等器质性心脏病，严重的未控制的高血压（ $BP > 28.01/14.7 \text{ KPa}$ ），全身性急性炎症、传染病。

运动试验的相对禁忌症：主动脉狭窄或严重阻塞性心脏病，肺动脉高压，心脏明显扩大，完全性房室传导阻滞及高度窦房阻滞，频发室性早搏呈联律，预激综合征，严重肝、肾疾病，贫血及未控制的糖尿病，甲状腺机能亢进，骨关节疾病影响运动时。

第一节 30 秒钟 30 次蹲起机能试验

该试验由瑞典体育联合会研究设计，是一种测定运动员心脏功能的简易方法。

一、实验器材

节拍器、秒表、听诊器。

二、实验方法

受试者先静坐 5 分钟，测量安静状态 15 秒钟的脉搏数，乘以 4，标为 P_1 。然后令其起立，两足开立同肩宽，两臂自然下垂，做起蹲动作，要求在 30 秒钟内有节奏地重复起蹲

30 次，蹲起后立即测量 15 秒脉搏，再乘以 4，标为 P_2 。负荷后休息 1 分钟再测 15 秒脉搏，乘以 4，标为 P_3 。记录所测定之脉搏数。

三、评定

根据心功指数评定心血管系统的机能。

$$\text{心功指数} = (P_1 + P_2 + P_3 - 200) \div 10$$

评定标准：心功指数 < 0 为优； $0 - 5$ 为良； $6 - 10$ 为一般； $11 - 15$ 为不好； > 16 为差。此标准只适用于运动员，若用于评价一般人的心脏功能，需要重新制定标准。

四、注意事项

1. 蹲起

动作应规范。下蹲时要求臀部紧贴小腿，两膝深屈，两臂前平举，起立后身体直立，膝关节伸直，两臂回复于体侧（图 1-1）。

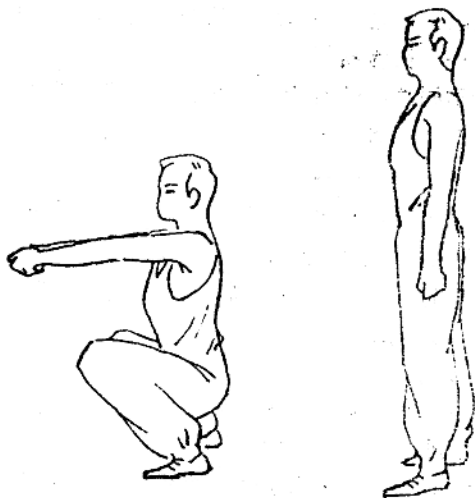


图 1-1 30 秒钟 30 次蹲起机能试验动作示意图

2. 测量脉搏要及时、准确。 P_3 的测量应从负荷结束即刻起计算休息时间，即包括 P_2 测量时间在内。若脉搏测量不熟练，也可使用听诊器测心率。

第二节 哈佛台阶试验

该试验由美国哈佛大学疲劳生理研究室的工作人员设计，用于评定第二次世界大战期间美国士兵的身体机能。由于该试验简单，评价可靠，便于大人群普查时使用，因而至今仍被世界各国广泛应用于评价心血管系统的机能。目前，一些国家根据本国实际，研究设计了一些改良方法。

一、实验器材

不同高度的台阶、节拍器、秒表、听诊器。

二、实验方法

(一) 哈佛台阶试验

受试者以每分钟 30 次的频率上下一定高度的台阶（男子 50.8 厘米、女子 42.6 厘米），持续 5 分钟，负荷后令其坐于附近椅子上，测量恢复期第 2、3、5 分钟前 30 秒的脉搏数，并记录之。

(二) 改良法

为了使台阶试验更加广泛地应用于不同种族、年龄和性别的人群，各国学者针对本国的实际情况，对哈佛台阶试验中的台阶高度、登阶速度、持续时间和测量脉搏的时间进行了改良，故称“改良法”。

我国目前采用的台阶高度成年人为男子 50 厘米，女子

42 厘米，恢复期脉搏的测量将第 5 分钟前 30 秒改为第 4 分钟前 30 秒，登阶速度和时间不变。评价仍采用哈佛试验评价标准。儿童少年在测试时可采用日本人制定的改良法标准。即台阶高度男子 40 厘米，女子 35 厘米（小学男女生均用 35 厘米）；持续登阶的时间 17 岁以上为 5 分钟，16 岁以下为 3 分钟；负荷后测量恢复期第 2、3、4 分钟前 30 秒的脉搏数。

三、评定

计算台阶指数，根据台阶指数大小评定心血管系统的机能。

$$\text{台阶指数} = \frac{\text{台阶持续的时间(秒)}}{2 \times 3 \text{ 次脉搏之和}} \times 100$$

评定标准：

1. 哈佛台阶法 台阶指数 > 90，心血管机能为优；80 - 89 为良；65 - 79 为中；55 - 64 为下；< 55 为差。
2. 改良法 见表 1-1。

表 1-1 合阶试验指数评定标准 (日本)

机能等级		1	2	3	4	5
小学	男	51.6 以下	51.7 - 52.8	62.9 - 74.0	74.1 - 85.2	85.3 以上
	女	44.8 以下	44.9 - 56.7	56.8 - 68.6	68.7 - 80.5	80.6 以上
中学	男	41.8 以下	41.9 - 56.5	56.6 - 71.3	71.4 - 85.9	86.0 以上
	女	36.6 以下	36.7 - 50.6	50.7 - 64.8	64.9 - 78.8	78.9 以上

引自《中小学生体质评价与测定》邢文华等编
不同运动项目运动员的台阶指数均值见表 1-2。

表 1-2 不同运动项目和一般人哈佛台阶指数均值

运动项目	哈佛台阶指数
越野跑运动员	111
自行车运动员	106
滑雪运动员	100
马拉松运动员	98
拳击运动员	94
游泳运动员	90
排球运动员	90
短跑和跨栏运动员	86
举重运动员	81
体院学生	85
一般人	62

引自《体育保健学》

表 1-3 几种改良的台阶试验方法 (中国)

研究者	试验对象	台阶高度 (厘米)	登阶频率 (次/分)	持续时间 (分)	备注
蒋冠琳	7-9 岁	30	30	3	取恢复期第 1、 2、3 分钟后 30 秒的脉搏
	10-12 岁	35	30	3	
	13-15 岁	40	30	3	
	16-17 岁 (女)	40	30	3	
	16-17 岁 (男)	42	30	3	
洪芝文	7-9 岁	25	30	3	
	10-12 岁	30	30	3	
	13-16 (女)	30	30	3	
	13-16 岁 (男)	35	30	3	
	17 岁 (女)	35	30	3	身高>160 者用
	17 岁 (男)	40	30	3	身高>170 者用
	18 岁 (女)	40	30	3	身高>170 者用
	18 岁 (男)	50	30	3	身高>180 者用

引自《体育保健学》

四、注意事项

1. 严格按规范动作和节奏完成试验。上台阶时要求全足登阶，膝关节伸直，身体挺直；下台阶后全脚掌着地，不要单脚跳跃或故意用力蹬踩（图 1-2）。

2. 若受试者中途连续 20 秒跟不上节奏，或身体感到不适，如出现头晕、心慌、恶心、面色苍白等症状，应立即中止试验，并从停止之时记录持续负荷的时间，恢复期脉搏的测量也从该时起计时。

3. 哈佛台阶试验适合于成年人(18岁以上), 儿童少年进行该试验时可参照改良法中提供的方法进行。

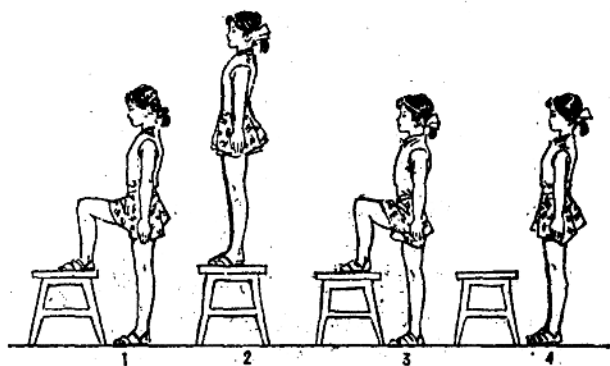


图 1-2

第三节 一次机能试验

该试验用于检查健康人或初参加锻炼者的心血管机能。较常采用的有以下两种方法。

一、30 秒钟 20 次蹲起

(一) 实验器材

节拍器、秒表、听诊器、血压计。

(二) 实验方法

受试者先静坐 5-10 分钟, 测量安静状态的脉搏和血压。安静脉搏要求取稳定值, 即连续数 3 个 10 秒脉搏数, 取其中 2 次相同的数据作为脉搏的稳定值。3 次脉搏之差不

得超过1次。然后令受试者起立，两足开立同肩宽，两臂自然下垂，接着做起蹲动作。下蹲时足跟勿离地，双膝深屈，两上肢前平举，起立后回复原状。如此重复在30秒内完成20次。起蹲结束后每分钟测量1次脉搏（前10秒钟内完成）和血压（后50秒内完成），共测3分钟。

（三）评定

负荷后脉搏上升不多，血压中等增高，3分钟内恢复到安静水平者，评为机能良好；负荷后脉搏明显上升（增加率超过70%），血压上升不明显或者明显上升，3分钟内未恢复者，表明机能较差。

负荷后脉搏上升百分比的计算方法为：

$$\text{负荷后脉搏上升\%} = \frac{\text{负荷后脉搏} - \text{安静脉搏}}{\text{安静脉搏}} \times 100\%$$

二、15秒钟原地快跑

（一）实验器材

节拍器、秒表、听诊器、血压计。

（二）实验方法

先测安静状态的脉搏、血压，脉搏测量取稳定值。然后令受试者以百米冲刺的强度原地快跑15秒钟，负荷后连续测量4分钟的脉搏和血压，每分钟测1次。脉搏和血压的测量方法同上。

（三）评定

将所测10秒钟的脉搏数乘以6，换算成1分钟脉搏数。根据所记录的脉搏数和血压的数据，绘制成曲线图（图1-3）。

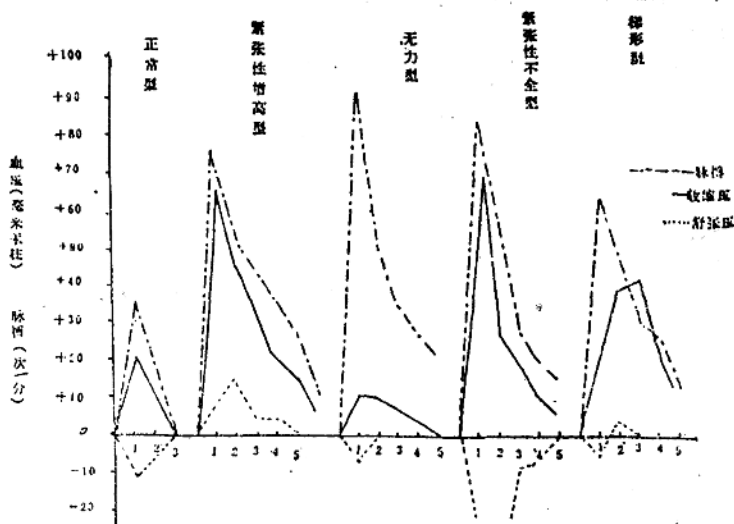


图 1-3 机能试验的反应类型

2. 根据曲线图中脉搏、血压的变化特点确定反应类型，并进行评价。

常见有以下几种反应类型（图 1-3）：

(1) 正常型 运动后脉搏与收缩压适度上升（脉搏负荷后即刻增加约 10 次/10 秒；收缩压增高 30 - 40mmHg；舒张压适度下降 5 - 10mmHg）或保持不变。负荷后 3 - 5 分钟

内脉搏、血压均恢复至安静时水平。此反应见于身体健康、心机能良好的正常人，训练水平差者恢复时间可适当延长。

(2) 紧张性增高型 负荷后第1分钟脉搏显著增加；收缩压明显升高，可达180-200mmHg；舒张压也升高10-20mmHg；恢复时间延长。此反应常表示周围血管调节障碍，多见于训练水平不高或初次参加训练的运动新手。青春发育期的少年心血管系统兴奋性较高，亦可见此反应。另外，高血压病人，早期过度训练的运动员，也会出现此反应类型。

(3) 无力型 负荷后第1分钟收缩压上升不多（一般不超过10-15mmHg），甚至下降；脉搏急剧增加；舒张压变化无规律，可稍降或升高；脉压差增加较少或减少；恢复时间延长。这种反应表明心脏收缩机能下降，每搏输出量减少，导致心率代偿性加快。多见于运动员患病或过度训练时。

(4) 紧张性不全型 负荷后第1分钟脉搏和收缩压均明显增加；舒张压显著下降，甚至降至“0”mmHg仍可听到音响，出现被称之为“无休止音”的现象。如果此现象持续存在2分钟以上，且负荷后收缩压上升不明显，恢复时间延长，说明心脏机能不良，系血管调节中枢功能障碍，血管紧张度下降所致。运动员发生早期过度训练时可见此现象。如果持续在1分钟以内，负荷后收缩压较高，说明心脏收缩力量强，系由于心率在负荷后加快，致舒张期缩短之故。训练良好的运动员在激烈运动后常见此反应。

(5) 梯型 负荷后收缩压不是在第1分钟升的最高，而是在第2或第3分钟升至最高，之后才逐渐下降；脉搏明显