

实 用 心脏负荷试验手册

主 编 向定成 黄大显

**SHIYONG XINZHANG
FUHESHIYAN SHOUC**

人民军医出版社

K780.4
MC

7716124

实用心脏负荷试验手册

SHIYONG XINZANG FUHESHIYAN
SHOUCHE

主 编 向定成 黄大显
编著者 (以姓氏笔画为序)
石艳芬 刘宏斌 向定成
黄大显 滕爱萍



A0292948

人民军医出版社
北 京

(京)新登字 128 号

图书在版编目(CIP)数据

实用心脏负荷试验手册/向定成,黄大显主编. —北京:
人民军医出版社,1999.4

ISBN 7-80020-934-2

I. 实… I. ①向… ②黄… III. 心脏功能试验-负
荷(生物)-手册 IV. R540.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 00011 号

人民军医出版社出版

(北京市复兴路 22 号甲 3 号)

(邮政编码:100842 电话:68222916)

人民军医出版社激光照排中心排版

北京天宇星印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行

*

开本:787×1092mm 1/32·印张:8·彩页 2·字数:172 千字

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月(北京)第 1 次印刷

印数:0001~6000 定价:15.00 元

ISBN 7-80020-934-2/R·860

[科技新书目:490-166②]

(购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换)

内 容 提 要

系统介绍了以心电图、超声心动图以及核素心肌显像为检测手段的各种心脏负荷试验,包括心脏负荷试验的目的、原理、适应证、禁忌证、操作方法、阳性判定标准、临床意义和注意事项。内容涵盖了目前临床应用已趋成熟的负荷试验,以及负荷试验的研究进展,如各种新的药物负荷试验,用于鉴别冠心病、X综合征的负荷试验等,以使临床医师能在较短的时间内对心脏负荷试验有一个较全面的了解。同时在对各种心脏负荷试验进行比较的基础上,就临床应用中如何选择心脏负荷试验提出了建议。适合普通内科医师、心血管内科医师、门诊医师,以及心电图、超声心动图、心脏核医学诊断医技人员阅读。

责任编辑 冯江东 周国泰

前 言

运动心电图作为最早的心脏负荷试验应用于冠心病的辅助诊断已有半个多世纪的历史。至今,心脏负荷试验已有了很大的发展,其种类、方法、检查目的、适应证等诸多方面均已发生了很大的变化。除了传统的心电图负荷试验之外,超声心动图及核医学技术的发展大大提高了心脏负荷试验诊断的敏感性和特异性;负荷种类亦由早期的单一运动试验发展到分级运动试验、药物试验及心脏调搏试验等多种形式。目前心脏负荷试验不仅应用于辅助诊断冠心病,而且广泛用于冠心病患者病情评估以及检出需行介入或外科搭桥治疗的高危患者,药物以及介入治疗或搭桥术后的疗效评价,心肌梗死患者预后判定并指导康复计划的制订,心功能评价和劳动力鉴定以及特殊职业人员的筛选。此外,近年来,部分心脏负荷试验也被广泛试用于冠状动脉介入治疗前检测存活心肌以及术后筛选可疑再狭窄患者。由于心脏负荷试验的技术发展向多学科渗透以及其应用范围日益广泛,一方面为临床提供了更加有效的辅助手段,同时亦对临床医师提出了更高的认知要求,需要我们全面地了解各种心脏负荷试验的目的、诊断原理、适应证、禁忌证以及对疾病诊断的特异性和敏感性,只有如此才能合理地利用这些辅助手段为临床服务,这也是我们成就此书的初衷。

由于作者的学识水平所限,书中肯定存在不足甚至错误之处,恳请广大读者批评指正。

向定成 黄大显

1998年12月

目 录

第一篇 心电图负荷试验

第一章 心电图运动试验	(2)
第一节 运动的心血管反应及心电图运动试验原理	(3)
第二节 运动试验分类、计量单位及评价指标	(6)
第三节 运动试验的人员及设备条件要求	(11)
第四节 运动试验的目的、适应证、禁忌证和运动试验 终点	(12)
第五节 常用的心电图运动试验	(16)
第六节 运动试验中各观察指标的变化及其临床意义	(34)
第七节 心电图运动试验的临床应用及评价	(63)
第二章 心电图药物负荷试验	(80)
第一节 心电图潘生丁试验	(80)
第二节 心电图腺苷试验及三磷酸腺苷试验	(90)
第三节 心电图异丙基肾上腺素试验	(97)
第四节 心电图麦角新碱试验	(100)
第五节 心电图心得安试验	(103)
第六节 心电图运动—硝酸甘油试验	(108)
第三章 其它心电图负荷试验	(112)
第一节 心电图心房调搏试验	(112)
附：心电图潘生丁-心房调搏试验	(115)
第二节 心电图冷加压试验	(117)

第三节	心电图过度换气试验	(121)
第四节	心电图葡萄糖负荷试验	(123)
第五节	心电图饱餐或脂肪餐试验	(125)
第六节	心电图缺氧试验	(127)

第二篇 超声心动图负荷试验

第四章	超声心动图运动试验	(132)
第一节	室壁分段方法与节段性室壁运动分析	(132)
第二节	超声心动图运动试验	(137)
第五章	超声心动图药物负荷试验	(148)
第一节	超声心动图多巴酚丁胺试验	(148)
	附:超声心动图多巴酚丁胺-阿托品复合试验	(159)
第二节	超声心动图潘生丁试验	(159)
	附:超声心动图潘生丁-阿托品复合试验	(165)
第三节	超声心动图 arbutamine 试验	(166)
第六章	超声心动图食管心房调搏试验	(173)
第一节	M 型及二维超声心动图食管心房调搏试验	(173)
第二节	多普勒超声心动图食管心房调搏负荷试验	(179)

第三篇 核素心肌灌注显像心脏负荷试验

第七章	核素心肌灌注显像的原理与方法	(186)
第一节	核素心肌灌注显像的原理	(186)
第二节	核素心肌灌注显像方法与图像分析	(190)
第八章	核素心肌显像运动试验	(198)
第九章	核素心肌显像药物负荷试验	(206)
第一节	核素心肌显像潘生丁试验	(206)
第二节	核素心肌显像腺苷试验	(211)
第三节	核素心肌显像多巴酚丁胺试验	(216)
第四节	核素心肌显像硝酸甘油试验	(221)

第四篇 各种心脏负荷试验的比较和临床 选择心脏负荷试验的建议

第十章 各种心脏负荷试验的比较及评价	(227)
第一节 心脏负荷试验的发展、现状及未来展望	(227)
第二节 几种主要心脏负荷试验的特点比较	(230)
第十一章 关于临床选择各种心脏负荷试验的建议	(234)
第一节 具有危险因素的冠心病高危人群的体检	(234)
第二节 可疑冠心病患者人群	(236)
第三节 已经确诊冠心病者	(237)
第四节 急性心肌梗死后心脏负荷试验	(243)

第一篇 心电图负荷试验

心脏负荷试验(heart stress test)是指通过增加心肌的氧耗量来揭示冠状动脉供血不足或潜在的心功能不全的各种临床诊断试验。正常人体心脏功能的维持有赖于心肌血氧的供需平衡,健康人即使进行极量运动,心肌氧耗量的急剧增加亦可由冠状动脉血流量的增加得到代偿,使心肌血氧的供需保持平衡;而冠心病患者由于存在冠状动脉不同程度的狭窄,其血流量不能随运动量的增加而增加,当心肌氧耗量的增加超过冠状动脉的最大供血能力时,即出现冠状动脉供血不足的一系列表现,如心绞痛发作、收缩压下降、心电图上缺血性ST-T改变、各种心律失常、心脏整体及局部功能障碍等。上述表现可通过临床观察、心电图监测、超声心动图、心肌或血池显像等影像学方法加以检测。这就是心脏负荷试验的基本原理。

心电图是临床观察心肌缺血最常用的简易方法,许多冠心病患者尽管冠状动脉扩张的最大储备能力已下降,通常静息时冠状动脉血流量尚可维持正常,无心肌缺血现象,心电图可以完全正常。为揭示已减少或相对固定的血流量,可通过运动、药物或其它方法增加心脏负荷以诱发心肌缺血,并用心电图记录这种缺血性改变,辅助临床对心肌缺血作出诊断,此即心电图负荷试验(electrocardiographic stress test)。

心电图负荷试验的方法很多,本章主要介绍与冠心病诊断有关的各种心电图负荷试验,有些方法如盐水负荷试验等已趋淘汰,这里不再介绍。本书重点介绍目前常用的心电图运动试验、药物负荷试验及食管心房调搏试验。

第一章 心电图运动试验

1932 年 Goldhammer 等最先将心电图运动试验(exercise electrocardiogram test)用于冠状动脉供血不足的诊断。之后,Master 制定了二级梯运动试验的运动方案和运动心电图诊断冠状动脉供血不足的标准。由于二级梯运动试验敏感性较差,1950 年 Wood 等提出增大运动量以提高诊断的阳性率;1971 年 Bruce 等进行了一系列有关极量运动试验的研究,进一步加深了对运动试验在缺血性心脏病中的诊断价值及其极限性的认识,进而提出了 Bruce 方案,即通过改变运动时的速度和坡度,逐级增加运动负荷量及规定各级的运动时间,并预先按心率或症状限制选择运动试验的终点,从而使运动试验既可以定量又便于对患者进行监护和功能评定。70 年代由于冠状动脉造影术的广泛开展及对运动试验与冠状动脉造影相关性的对比研究,对运动试验的认识有所更新;80 年代以后运动试验的应用范围更加广泛。目前已不仅仅限于明确冠心病诊断,对于临床已明确诊断为劳力性心绞痛患者,运动心电图已成为筛选高危患者作冠状动脉造影并进一步作经皮腔内冠状动脉成形术(PTCA)或冠状动脉搭桥术(CABG)最常用的方法,亦是检测 PTCA 或 CABG 后再狭窄

的最简单的筛查方法。心电图运动试验亦被广泛应用于心脏病内、外科治疗的疗效评价。近年来心肌梗死患者出院前心电图运动试验受到重视,认为该方法有助于了解冠状动脉病变程度、指导治疗决策及康复计划的制订并评估患者预后。此外,运动试验亦可用于评价各种心脏病患者的心功能状态、劳动力鉴定、以及特殊职业的体检和体能测试。历经半个多世纪的研究和应用,心电图运动试验已被公认是一种简便、实用、可靠的诊断检查方法,若能遵循周密制订的方案,严格掌握适应证和禁忌证,亦是相对安全的无创性检查方法。

第一节 运动的心血管反应及 心电图运动试验原理

一、运动的心血管反应

由于目前的运动试验多为等张运动,现仅介绍等张运动的心血管反应。

(一) 最大氧耗量(VO_{2max})和运动能力(exercise capacity)

运动时随着运动量的增加,氧耗量相应地增加,最大运动能力取决于 VO_{2max} , VO_{2max} 反映了氧运输系统的综合能力,包括呼吸功能、血液携氧能力、周围组织摄取氧的能力以及心血管系统泵血功能。当这些因素发挥到最大限度时所能提供的氧为 VO_{2max} ,当呼吸功能正常、无贫血、周围组织摄取氧能力无障碍时, VO_{2max} 反映心血管功能,其计算方法如下:

$$VO_{2max} = \text{心率} \times \text{心搏量} \times \text{动静脉血氧差}$$

由此公式可知 $VO_2\max$ 主要取决于心排血量(心率 $\times$ 心搏量),因动静脉血氧差相对稳定。 $VO_2\max$ 正常应大于 $20\text{ml}/(\text{min} \cdot \text{kg})$,小于此值提示心功能下降。

(二)心搏量(stroke volume, SV)和射血分数(ejection fraction, EF)

心搏量是指心脏每个心动周期所排出的血液量,心排血量(CO)是指每分钟心脏排出的血液总量,是心搏量和心率的乘积。一般卧位时 SV 较直立位增加 $30\% \sim 40\%$,直立位运动时 SV 在次极量运动已达最大,较休息状态增加 $30\% \sim 40\%$,故运动时 CO 的增加主要依靠心率的增加。

左室射血分数(LVEF)是临床常用的反映左室收缩功能的指标,运动时 LVEF 应较休息时增加 5% ,运动时 LVEF 不增加或减少是冠心病的表现之一。

(三)心率(heart rate, HR)反应

HR 随运动量增大而增加是氧供给的主要因素,称为心脏的变时性储备,运动量可自 HR 推算。正常人的最大 HR 随年龄增加而下降(表 1-1)。

表 1-1 正常人最大心率推算表

年龄	低限	平均	高限
10~	190	205	220
15~	185	203	218
20~	173	193	213
30~	165	185	205
40~	156	176	196
50~	148	168	188
60~	141	161	181
70~	133	153	173
80~	125	145	165

(四)血压

在前后负荷不变的前提下,收缩压水平可以在一定程度上反映心肌收缩力,随着运动量的增加,收缩压成正比例升高,称之为心肌收缩力储备。收缩压增加的幅度若以氧耗量(MET, metabolic equivalent)为单位,则正常人平均水平为 $1\text{kPa}(7.5\text{mmHg})/\text{MET}$,若 $>1.6\text{kPa}(12\text{mmHg})/\text{MET}$ 为高血压反应,低于 $0.67\text{kPa}(5\text{mmHg})/\text{MET}$ 为低血压反应。正常人做极量运动试验时,收缩压平均增加 $8.8\text{kPa}(66\text{mmHg})$,舒张压一般不增加,如增加 $>1.33\text{kPa}(10\text{mmHg})$ 则为高血压反应。

(五)心电图反应

正常人做剧烈运动时心电图可出现以下改变:

1. J点及ST段上斜型压低 $<0.20\text{mV}$,持续时间 $<0.06\text{s}$ 。
2. Q-T间期缩短。
3. 可能出现T波方向改变或T波变高尖。
4. R波振幅轻度降低。
5. P-R间期缩短,P-R段下移。

二、心电图运动试验的原理

冠心病是由于冠状动脉狭窄致使通过病变冠状动脉的血流量降低,其支配区域内心肌血液供应不能满足生理需要而导致的一系列病理生理和临床症候群。缺血时心肌细胞和传导系统的能量供应障碍,抑制了各种离子泵和离子通道的活性,使静息膜电位和动作电位发生改变,心电图上可表现为缺血性ST-T改变或者各种心律失常,伴或不伴有心绞痛的临床表现,其中心电图改变要早于临床心绞痛,因此,通过描记

心电图可敏感地检测心肌缺血的存在。

静息状态下,心肌已摄取冠状动脉灌注血流中 70% 的氧,所以当心肌需氧量增加时基本上不可能通过提高血氧摄取率而满足心肌的氧需求,只能通过提高冠状动脉的血流量来实现。正常情况下,由于冠状动脉具有一定的储备能力,与静息状态相比,运动时冠状动脉血流量可增加 3~5 倍,以保证心肌的氧需求,健康人即使进行极量运动,心肌耗氧量的急剧增加亦可通过动用冠状动脉的强大储备而使血流量增加得到代偿,一般不会出现心肌缺血的表现;而冠心病患者由于存在不同程度的冠状动脉狭窄,冠状动脉的血流储备减少,一般认为当冠状动脉狭窄达 30%~50% 时冠状动脉的血流储备能力就开始下降,但即使冠状动脉面积狭窄率在 75% 以下时仍能维持一般性生理需要,部分患者甚至存在有更严重的狭窄,静息状态下亦无心肌缺血的表现。而运动时为了维持全身各器官对血流量需求的不断增长,心脏做功量及氧耗量亦不断增加,当心肌本身对血流的需求量超过冠状动脉的最大血流储备时,即可出现心肌缺血的心电图改变。心电图运动试验即是利用上述原理,通过运动增加心脏氧耗负荷来检测潜在的心肌供血不足,是临床上开展最早也是目前临床应用最广泛的心脏负荷试验。

第二节 运动试验分类、计量单位及评价指标

一、运动试验分类

运动试验可按不同的标准划分为不同的种类。

(一)根据肌肉运动形式分类

肌肉运动可分为等张运动(isotonic exercise, 又称动态运动 dynamic exercise)和等长运动(isometric exercise, 又称静态运动, static exercise)。

1. 等张运动: 不同肌组交替收缩和舒张, 主要是肌肉长度变化而张力变化不大, 如步行、蹬车等。等张运动时 CO 及心率增加, 与运动量大小成线性关系, 周围阻力下降或不变, 收缩压上升, 舒张压不变, 心血管反应与耗氧量成正比。此种运动方式临床上常用于心脏负荷试验, 如活动平板和踏车运动试验。

2. 等长运动: 运动肌肉持续收缩, 主要是肌肉张力变化而长度变化不大, 如举重、握力运动、拉力运动等, 等长运动是周围阻力明显增高, 收缩压和舒张压上升, 而 CO 及心率的增加相对较少, 心脏以压力负荷为主。此种运动不适合于心血管病人, 有发生急性肺水肿、严重心律失常、急性心肌梗死及猝死的危险。

(二)根据运动限量分类

根据运动限量可分为极量运动、次极量运动和症状限制性运动试验。

1. 极量运动试验(maximal exercise test): 随着运动量逐级增大, 氧耗量平行增加, 当达到某一高水平运动量时, 氧耗量达到最大, 继续加大运动量氧耗量亦不再增加, 此时即为极量运动。在临床上并无必要直接测定氧耗量, 临床上广泛应用的运动试验方案每级运动的氧耗量可直接自表格中查出。当受检者运动至精疲力尽时可认为已达到极量运动, 此时心率应达到该年龄组的最大心率平均值。

2. 次极量运动(submaximal exercise test): 运动量相当