

运动试验的临床应用

孙铁英

[关键词] 运动试验;肺功能;心功能;评定

[中图分类号] R448 [文献标识码] B [文章编号] 1006-9771(2009)05-0408-02

[本文著录格式] 孙铁英. 运动试验的临床应用[J]. 中国康复理论与实践, 2009, 15(5): 408—409.

运动试验(exercise test)作为一种诊察手段已广泛应用于宇宙医学、运动医学及临床医学中,与其他检查方法相结合,能够提供在人体动态下的心肺功能,有助于探讨疾病的病理生理机制,了解病情的程度及进展,判断疾病的疗效及预后。运动试验应用于临床主要通过以下两种类型:①用于诊断运动性哮喘的运动激发试验;②用于评价心肺功能的运动耐力试验;③用于运动康复。

进行运动试验的前提条件是要保证患者的安全,因此我们要严格掌握运动试验的禁忌症及必须立即停止该项检查的指征。进行运动试验检查前要行常规的十二导心电图检查,测定患者的静态血压,对部分患者还要测定血气分析;要准备进行心肺复苏术的一切必要的抢救药物和除颤仪等设备;在运动过程中还要监测患者的血压、血氧饱和度和心率等情况。存在以下几种情况者不宜行运动试验:①严重胸痛的患者;②严重呼吸困难的患者;③心肌梗死急性期的患者;④未经治疗的高血压患者;⑤存在室性心律失常的患者;⑥容量性心衰或存在心脏瓣膜疾病的患者;⑦严重的肺动脉高压患者。在运动过程中如出现以下情况需立即停止该检查:①胸痛伴或不伴 ST 段的改变;②出现严重的呼吸困难;③运动中出现眩晕、极度的恐惧和紫绀;④经常出现的室性早搏;⑤心室纤颤;⑥收缩压大于 ≥ 300 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和或舒张压 ≥ 140 mmHg;⑦与运动前比较收缩压或舒张压下降 ≥ 20 mmHg。

1 运动激发试验

运动激发试验用于诊断运动性哮喘(exercise-induced asthma, EIA)。运动性哮喘是指由一定运动量引起的一过性支气管痉挛和气道阻力增高的病理状态。据统计,70%~90%的哮喘患者有不同程度的运动性哮喘。运动性哮喘可发生在任何年龄,在儿童和成人哮喘患者中都很常见;另有部分患者,运动是诱发其哮喘发作的唯一激发因素。运动激发试验可用以:①评价潜在性哮喘;②诊断运动性哮喘;③区分心源性哮喘;④评价 EIA 防治疗效,为了解平喘药性能、作用时间和适宜剂量提供资料。

1960 年, Jones 等首次描述了“在跑步的第 1~2 分钟会产生一定的支气管舒张现象,当运动停止后的 5~10 分钟就会出现支气管收缩,产生气道阻塞,并出现咳嗽和喘憋。”之后不久,就有学者分别从运动的持续时间、运动的种类、运动强度、运动时吸入气体的温度和湿度等角度来阐述运动性哮喘。哮喘患者和正常人群在 6~8 min 的运动期间都会出现第 1 秒钟用力呼气容积(FEV₁)、最大用力呼气流速(PEF)的增加,儿茶酚胺释放的增加可能是造成这种现象的原因。运动结束后,运动性哮喘患者会出现肺功能的大幅度下降,并在运动结束后的 3~15 min 内达到高峰。而在运动结束后的 1 h,多数哮喘患者能恢复至运动前的水平。

运动试验的测试方法各异,主要有以下几种:①原地跑步测验:令患者在测试室内做原地跑步运动,至少连续跑步 3~5 min,于跑步前后分别测定肺功能;②蹲起测验:令患者在测试

室内连续做蹲下站起动作 20~50 次;③仰卧起坐测试:卧起次数可按患者体力不同而有所增减,一般 30~50 次;④蹬梯测验:运动持续 4~6 min;⑤功率自行车和平板测验:功率渐增,达到预计心率后,维持 4~6 min。

上述测试方法中,以跑步测验阳性率最高,但存在以下缺点:①不能监测环境的温度、湿度以及运动中是否同时吸入了过敏原等;②不能准确测量运动的强度;③不能监测运动时的心电图、血氧饱和度和心率等指标。功率自行车和平板诊断运动性哮喘的阳性率较跑步试验为低。但是,功率自行车和平板均能设定运动功率,并能监测运动过程中的心肺情况,因此诊断运动性哮喘以功率自行车和平板为最佳。运动性哮喘的程度与运动的强度有关。运动时过度通气所导致的水分和热量散失与运动性哮喘的发生有关;此外,炎性介质如组胺和白三烯也参与了运动性哮喘的形成。

吸入的 β_2 受体激动剂类药物、色甘酸钠、阿托品、抗组胺类药物、口服或吸入类糖皮质激素类药物均会影响运动激发试验的结果,因此试验前必须停用,而口服类 β_2 受体激动剂和茶碱类药物对其结果并无影响,无须停用。

除停用相关类药物外,运动试验前 4 h 应避免剧烈的体育运动、避免服用含酒精类和咖啡因类的食物和饮料。运动试验前肺功能 FEV₁ 应大于预计值的 65%。

2 运动耐力试验

运动耐力试验是明确劳力性呼吸困难原因的最有效的检查方法之一,不仅能判断呼吸困难的原因,也能明确疾病的严重程度并评价药物治疗的疗效。其检查内容包括动脉血气分析、呼出气体的收集和分析、心电图和血压等,近些年来,运动试验还被用来作为评价慢性阻塞性肺疾病(COPD)病情及疗效和制定肺康复治疗的处方与评价其疗效。

运动需要多种生理机制的密切配合,运动时机体代谢率大幅度增加,肌肉需要大量的 O₂ 供应,同时将肌肉产生的大量 CO₂ 排出以避免酸中毒对组织产生不利影响。运动时需要心脏功能和肺功能的协调作用,以及周围循环和肺循环的协调作用来满足运动期间通气量的增加。

2.1 常用指标及其临床意义

2.1.1 最大摄氧量(maximal oxygen uptake, VO₂ max) 指在健康或训练的特定条件下,机体利用氧的上限,是由心脏泵血极限和运动组织对氧摄取能力所决定。VO₂ max 是反应人体在极量负荷时心肺功能水平的一个主要指标。在未达到极量运动前,VO₂ 随运动功率增加而增加,当运动功率进一步增加,VO₂ 不能随之继续增加时,达到 VO₂ max。

2.1.2 无氧阈(AT) 随着运动功率的增加,肌肉消耗更多的氧,也产生更多的 CO₂,摄氧量、运动功率、通气量三者之间成一线性关系,当通气量迅速增加超出摄氧量与运动功率的增加时,该点即为无氧阈。无氧阈有助于鉴别与细胞代谢相耦联的心肺疾病,运动受限的疾病以及氧向运动肌肉流入的疾病都会造成无氧阈的降低;无氧阈也可用于评价治疗效果,因为它对氧流入组织的变化敏感且与努力程度相对无关。

2.1.3 氧脉搏(VO₂/HR) 氧脉搏是心脏每跳动 1 次周围组织所摄取的氧量或进入肺血液的氧量,等于搏出量与动脉-混合静脉氧含量差的乘积。随功率的增加,氧脉搏增加,这主要是

作者单位:北京医院呼吸科,北京市 100730。作者简介:孙铁英(1959-),女,博士,主任医师,教授,博士生导师,主要研究方向:呼吸系统疾病。

由于动脉-混合静脉氧含量差的增加。如搏出量降低,则动脉-混合静脉氧含量差就在相对较低功率时达到最大值,所以氧脉搏也就在相对较低功率时达到最大值。氧脉搏降低也见于以下疾病:贫血、高一氧化碳血症和低氧血症。

2.1.4 呼吸储备($MVV-VE$ or VE/MVV) 呼吸储备是最大通气量与最大运动通气量之差的绝对值,或以最大运动通气量占最大通气量的百分数表示。呼吸储备降低是原发性肺部疾病患者通气限制的特点,通气储备升高见于心血管疾病患者,其运动做功受到限制。

2.1.5 无效通气和死腔/潮气量(VD/V_t) 静息时生理死腔量约占潮气量的 1/3,运动时大约减少到 1/5 或更少。肺部疾病患者通气-血流比例不均匀或肺血管疾病患者肺泡低灌注或无灌注,在静息时 VD/V_t 增高,运动时不能正常降低。 VD/V_t 是一个有价值的指标,因为原发性肺血管疾病患者或继发于阻塞性或限制性肺部疾病的肺血管疾病患者其 VD/V_t 典型异常;有时它只是运动试验过程中唯一的气体交换异常表现,静息时 VD/V_t 可以只有轻度升高,在运动中由于通气-血流比例不协调表现得更为明显,而使 VD/V_t 保持不变甚至升高。

2.1.6 氧耗量(VO_2) 指机体每分钟消耗的氧量,可由以下公式算得:

$$VO_2 = FIO_2 \times VI - FEO_2 \times VE$$

FIO_2 指吸入气氧浓度, VI 指每分钟吸入气体量, FEO_2 指呼出气氧浓度, VE 指呼出气体量。

2.1.7 二氧化碳产生量(VCO_2) 指每分钟机体产生的 CO_2 量,可由以下公式算得:

$$VCO_2 = VE \times (FECO_2 - FICO_2)$$

2.1.8 呼吸商(VCO_2/VO_2) 指组织内每分钟 CO_2 产生量与每分钟 O_2 消耗量的比值。

2.1.9 通气当量(VE/VO_2) 指组织单位耗氧下的通气量。

2.2 方案 运动耐力试验的目的是以最准确的资料,患者承受最小的负荷,最短的时间,了解患者运动受限的病理生理原因。适当的检测可得到满足运动中气体交换需求的有关肌肉、心脏、肺脏、循环的同步资料,并能识别出是由于不够用力、肥胖或是过于焦虑等造成的运动能力下降。主要有以下两种运动方案。

2.2.1 每分递增试验 每分递增试验递增功率大小要考虑患者病史(尤其是每天工作强度和工作量)、体格检查(肥胖及心肺疾病的迹象)和肺功能(主要是 FEV_1 和最大自主通气量 MVV)。对于大多数受试对象,我们可根据以下公式决定患者的递增功率:

$$\text{递增功率}(W/min) = (\text{最大 } VO_2 - \text{无负荷 } VO_2) / 100$$

$$\text{无负荷 } VO_2 (ml/min) = 150 + 6 \times \text{体重}(kg);$$

$$\text{最大 } VO_2 (ml/min) = [\text{身高}(cm) - \text{年龄}(岁)] \times 20 (\text{男}) \text{ 或 } 14 (\text{女})$$

递增试验要在 10 min 内完成,在选择递增试验时,递增功率宁大勿小;递增量大缩短运动时间,患者会很快恢复体力,有助于重复试验;若递增量太小,患者会不明原因地停止运动,重复试验会感觉非常疲劳。

2.2.2 固定功率试验 即在某一固定的亚极限负荷下运动,其运动功率大小依不同患者情况而定。固定功率试验能更准确地判断治疗前后心肺功能改善的程度,并评价治疗前后的运动生理指标如(VO_2 、 VD/V_t 、 PaO_2)。

3 运动康复

运动耐力训练主要用于提高运动能力和生活质量,它对于健康人和许多患者均有作用。人们普遍认为,运动训练是康复训练中最有效的部分。运动试验是唯一适合评定运动训练效果的方法。此外,运动试验还可以发现一些不适宜进行严格的

运动训练的共存疾病;运动试验也可以用于测试患者和健康人在运动训练中出现的生理性改变。

运动训练的益处包括增加肌肉体积和线粒体数量,改善肌肉血流分布和肌肉氧供,减轻心脏负荷,减少乳酸生成,减少 CO_2 和 H^+ 生成,降低给定工作负荷下的通气驱动,改善患者的心理状况。

心脏病患者的运动康复训练的目的是改善患者的运动耐力和生活质量。由于运动肌群供血不足,心脏病患者表现为机体不活跃。美国心脏病学会在有关慢性心衰的康复、预防内容中强调了运动的重要作用。运动训练后心脏病患者最重要的生理改变是心率减慢,从而使心脏舒张时间延长、冠状动脉血供增加。由于有氧代谢增强、无氧代谢减弱,相应运动负荷下的乳酸血症减轻;随着呼吸驱动的下降,呼吸负荷减轻。最终,患者主观感觉改善,认为自己的身体更加强壮有力。

COPD 患者的运动康复训练可以改善 COPD 患者的运动耐力、减轻呼吸困难程度,心肺运动试验的结果证实了这一点。COPD 患者通常存在通气受限,其运动耐力取决于通气受限的程度。相应运动负荷下,患者的通气水平下降,运动的通气需求升高。最大通气量的测试结果显示,COPD 患者的通气储备几乎为 0。呼吸肌疲劳可能是由于气道阻力增加、肺过度膨胀导致的呼吸功增加。运动中,COPD 患者的潮气量和分钟通气量下降不明显。运动负荷增加后,动脉血 CO_2 分压增高,提示肺泡通气不能满足 CO_2 负荷的增加。

由于 COPD 患者存在通气受限,人们设想是否能够降低患者运动中异常增高的通气驱动。低运动功率时出现的乳酸血症、动脉氧分压下降、组织氧输送减少、肺血管阻力增高、心输出量下降、肌肉的无效灌注等因素都可以导致通气需求增加。以上原因以及使用糖皮质激素导致的肌肉萎缩,都可以导致患者运动能力下降。COPD 新的治疗策略认为,通过运动训练,患者的生理机能可以得到改善。经过运动训练后,患者运动时的血乳酸水平下降、 CO_2 和 H^+ 产生量下降。运动试验结果显示,经过严格的运动康复训练后,COPD 患者的运动耐力提高,相应运动负荷下的通气需求减少。

制定运动康复方案时,首先要确定运动训练的禁忌症,制定运动处方,阐明运动受限的机制。若要进一步提高患者的运动耐力,可以在运动时给患者进行氧疗,即使患者的动脉血气没有提示存在低氧血症。这种做法有很多益处:①可以减轻低氧血症和氢离子对颈动脉体的刺激,从而减慢呼吸频率;②呼吸频率减慢可以延长 COPD 患者的呼气时间,从而降低患者的呼气末容积;③氧气有扩张支气管的作用;④氧气可以促进通气血流比较低的区域的氮气排出,使患者的呼气末容积进一步下降。

[参考文献]

- [1]郭岩斐,孙铁英.运动性哮喘[J].中华呼吸与结核杂志,2000,23:373-375.
- [2]The American Thoracic Society. Guidelines for Methacholine and Exercise Challenge Testing[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2000, 161: 309-329.
- [3]郭岩斐,孙铁英,张洪胜.运动性哮喘患者嗜酸细胞 T 细胞和白三烯作用的研究[J].中华结核和呼吸杂志,2001,24:360.
- [4]孙铁英,郭岩斐,张洪胜,等.白三烯在运动性哮喘中作用的初步探讨[J].中华医学杂志,2002,82:54-56.
- [5]孙铁英,郭岩斐,张洪胜,等.孟鲁斯特钠治疗运动诱发性支气管收缩的临床研究[J].中华结核和呼吸杂志,2005,28:83-87.
- [6]ATS/ACCP. Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 167: 211-277.
- [7]郭岩斐,孙铁英,张洪胜,等. COPD 患者运动能力与其静息肺功能相关性的研究[J].中国医刊,2005,10:81-83.
- [8]许小毛,孙铁英,张洪胜,等.轻度慢性阻塞性肺疾病患者运动肺功能的研究[J].中国呼吸与危重监护杂志,2003,2:215-218.
- [9]许小毛,孙铁英.70 岁以上慢性阻塞性肺疾病患者运动训练的康复效果研究[J].中华老年医学杂志,2006,25(10):735-737.

(收稿日期:2009-03-11)