

· 特约稿 ·

心脏康复的演变与进展

陆 晓¹



陆晓教授

临床医疗技术的进步(如循证使用药物、冠状动脉介入技术、非体外循环不停跳冠脉旁路移植术等)使冠心病患者死亡率下降,治疗结局改善。但生活方式改变造成的高血压、高血糖、高血脂等冠心病危险因素不断加剧,发病率不断攀升。如何控制危险因素,提高心肺功能,避

免心血管事件的再发、反复住院和英年早逝,是多年来心脏界思考的热点与难题。而心脏康复即应用各种干预措施,包括康复评估、运动训练、指导饮食、指导生活习惯、规律服药、定期监测各项指标和接受健康教育等,可以促使患者改善生活质量,回归家庭与社会,并预防心血管事件的发生^[1]。大量循证医学证据证实,心脏康复能够延缓动脉粥样硬化发展进程,降低再发冠状动脉事件风险和反复住院率,降低医疗费用,延长寿命^[2-3]。欧洲心脏病学会、美国心脏协会和美国心脏病学会,均将心脏康复列为心血管疾病治疗中最高级别的推荐(I级推荐)^[4-5]。

西方的心脏康复始于200多年前。250年前Heberden支持心绞痛患者活动,认为其有益。但20世纪初,美国Herrick医生与Mallory医生描述了心肌梗死(心梗)的临床特征及病理学演变,指出心梗后心肌瘢痕形成需要6周时间,因此要求严格卧床6—8周。20世纪40年代后期大量文献对此提出疑问。Levin和Lown建议急性心肌梗死患者采用“椅子疗法”,即在心梗死后第1天让患者坐在椅子上1—2h,启动了心脏康复新纪元。1944年Dock证实坐位较卧位的心脏获益来自于避免长期卧床导致血栓栓塞、肌肉萎缩、骨密度降

低、胃肠功能紊乱、泌尿道并发症和血管舒缩功能不稳定。20世纪50年代,以急性心肌梗死患者早期活动为基础的心脏康复概念雏形初现。60年代早期开展心脏住院期康复(I期康复),至70年代Wenger小组总结了住院期间心脏康复方案,首次发表了以运动疗法为主的急性心肌梗死康复14步疗程,即I期心脏康复(住院期康复)。心脏疾病出院后康复(II期)从70年代初开始至80年代,Hellerstein等开创了院外心脏康复的先河,提出心肌梗死患者出院后在严格的医疗监测下进行运动训练,通过采取连续的心电监测和运动监管保证运动康复的安全性和有效性。80年代至90年代注重老年心脏疾病患者或高危因素心脏疾病患者康复并把心脏康复延续至社区^[6-7]。

1 我国开展心脏康复的现状

2014年《中国心血管病报告》显示了心血管疾病人数达2.9亿,全国冠心病介入治疗人数45万余人,每年以10%—20%的人数增长^[8]。面对众多的心血管病急性发病患者和数十万PCI术后患者,目前我们重点关注发病急性期的抢救与治疗,对于发病前的预防以及发病后的康复没有得到应有重视,导致患者反复发病、反复住院,重复冠状动脉造影与血运重建,医疗开支不堪重负。因此心脏康复/二级预防在中国势在必行。我国心脏康复的工作开始于60年代,当时开展的项目主要是风湿性心脏病的运动锻炼。之后80年代初周士枋教授和励建安教授等启动慢性冠心病的康复,80年代末曲镭教授启动急性心脏康复进程,90年代刘江生教授启动中国心脏康复专家共识工作,21世纪初胡大一教授启动心脏康复五大处方进一步促进了心脏康复的普及,尤其是2013、2014年发表了关于心脏康复的两个共识。如《慢性稳定性心力衰竭运动康复中国专家共识》、《冠心病康复与二级预防中国专家共识》对开展心脏康复具有重要的指导意义^[9-10]。

2 心脏康复适应证的拓展

心脏康复的适应证已逐步拓宽,除了心肌梗死以外,稳定性心绞痛、冠状动脉旁路移植术后、冠状动脉支架植入术

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.01.003

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,210029

作者简介:陆晓,女,主任医师;收稿日期:2016-09-22

后、起搏器术后、心源性猝死存活患者、各种原因导致的慢性心力衰竭、先天性心脏病、植入埋藏式心脏复律除颤器、瓣膜心脏病术后、心脏移植术后及外周血管疾病患者均为心脏康复的适应证^[11-12]。

脑卒中患者是康复科的主要收治人群,脑卒中患者常常伴发心脏疾病,尤其是冠心病与脑卒中有许多相同的危险因素。心脏康复中的有氧运动对各种危险因素具有干预作用,可有效降低血压,血脂和血糖等。此外卒中患者年龄较大本身心肺功能有所下降,且卒中患者早期卧床也易导致心肺功能下降。这些均会直接影响卒中患者训练的耐受度,从而影响患者感觉运动控制能力的提高。因此脑卒中患者也应进行心脏康复训练^[13]。

脊髓损伤患者其制动和老龄相关的心血管问题(深静脉血栓形成、动脉粥样硬化、冠心病等)也很多,且患者也同时存在因制动造成的心肺耐力下降。因此心脏康复有氧训练也有助于提高患者的心肺耐力,使其更好地耐受训练量,同时降低冠心病等的发生率^[14]。

心脏康复的禁忌证包括:不稳定心绞痛,心功能Ⅳ级,未控制的持续心动过速和心动过缓,严重有症状的主动脉瓣或二尖瓣狭窄,肥厚梗阻性心肌病,严重肺动脉高压,静息收缩压 $>200\text{mmHg}$ 或静息舒张压 $>110\text{mmHg}$,急性心肌炎或心包炎,血栓性静脉炎,体循环或肺循环栓塞。目前对上述列出的心脏康复禁忌证是否就真的成为禁忌证,有学者提出了质疑,如心功能Ⅳ级的患者,有学者进行了极低强度运动康复训练,包括低强度肌肉主动运动和被动运动,发现仍然可以临床获益,且具有很好的安全性。因此,对上述心脏康复禁忌证的人群,进一步探索心脏康复模式很有必要。

3 心脏康复评估的进展

3.1 运动试验

心脏康复前进行运动试验可以揭示运动情况下的生理反应,发现异常并有助于运动处方的开立。运动试验可以分为症状限制性运动试验(包括分级运动试验及心肺运动试验)及亚极量步行试验(6min步行试验)^[15]。其优缺点及适用人群见表1。运动试验的结果结合心脏其他指标可以进行危险性分层^[16],见表2。

3.2 身体虚弱相关指标

身体虚弱(frailty)在心血管疾病患者比较常见,在常规运动试验外,虚弱相关的功能评估也要考虑。如步速减慢是身体虚弱的特征之一,通常用4m步行速度来判定,即让患者步行4m,如速度 $>1.0\text{m/s}$,相对强壮;如速度 $<0.8\text{m/s}$,是虚弱的标志。时间限制的站立及行走测试(timed up and go test)即计时患者从椅上站立,行走3m,转身并坐回椅子的时间,用以评估患者的虚弱程度,跌倒的风险及动态平衡能力,但

判断的标准($>10-30\text{s}$)因人而异。肌力的减退在冠心病患者很常见,尤其是在心衰患者,因此以握力及膝伸直肌力为代表进行肌力的评估非常重要^[15]。

根据以上相关指标在心脏病患者进行肌力,动态平衡等相关训练的研究目前较少,值得今后进行深入的临床研究。

4 运动处方中值得探索的若干问题

4.1 运动方式

4.1.1 有氧训练与静、动态抗阻训练的权衡:传统的心脏康复计划强调有氧训练。它要求大肌群有规则节律性运动,例如骑车和慢跑等。有氧训练主要是通过骨骼肌从循环血液中摄取及利用氧能力的增加,使心脏工作负荷减轻,从而改善心血管系统功能。抗阻运动为肌肉在对抗外力情形下作静态(等长收缩)或动态收缩(抗阻训练)的主动运动。目前的研究认为在心脏康复中增加抗阻训练可以提高肌力和耐力,改善心功能和生活质量,有益于控制高血压,高血糖、高血脂、肥胖等心血管危险因素。因此抗阻运动作为有氧训练的补充,已被纳入心脏康复计划中。常用的抗阻训练方法有中等强度循环抗阻训练(moderate intensity circuit resistance training, MICRT)和高强度抗阻训练(high intensity resistance training, HIRT)。MICRT是一项低危险性运动,近几年应用广泛。它采用中等强度(45%—65%1RM)、高重复次数(8—12次)和短间隙(1min)的训练方式。HIRT是一种高强度(65%—85%1RM)的抗阻训练方法,随着阻力的增大,训练强度可达到85%—100%。中等强度的循环抗阻训练由于安全性较高,更为推荐^[16]。

对抗外力的静态收缩即等长收缩训练,传统的观点认为等长收缩训练会额外增加心脏负荷,因此被排除在心脏康复训练计划之外。然而日常生活中的很多活动如推、举物体等均均为等长收缩,在心脏康复计划中排斥等长收缩会使患者在日常生活中进行此类活动时发生心血管意外。近年来国内外很多研究对等长收缩的心血管反应、效果及安全性进行了研究。发现等长收缩时心率、收缩压、舒张压增加,被动等长收缩(isometric exercise, IE)(感应电刺激引起IE)时心血管反应较主观用力(极量握力)等长收缩低^[17]。在同等运动负荷条件下,上肢运动的心率及舒张压反应弱于下肢运动,而收缩压反应强于下肢运动^[18]。励建安等对冠心病患者等长收缩运动时研究发现其心肌缺血发生率低于动力性运动^[19]。进一步的动物研究及发现兔心肌缺血模型中,正常肢体等长收缩运动可促进心肌缺血区侧支循环形成^[20]。陆晓等对冠心病患者的研究也发现冠心病患者在PTCA术中球囊扩张的同时做等长收缩运动可以使侧支循环指数明显增加即促进侧支血流募集^[21]。上述一系列的研究结果提示了等长收缩训练对心脏病患者训练的效果及安全性,认为等长收缩训练在

表1 几种运动试验的比较

运动方式	优点	心脏康复中的应用	目标人群	缺点/局限性
分级运动试验	<ul style="list-style-type: none"> 最大做功负荷下的机体反应(心率、血压、心律不齐、缺血、有无氧合作用的症状) 计算最大(症状限制性)运动能力 	<ul style="list-style-type: none"> 运动安全性 运动处方制定 症状评估 预后分析 心脏康复后再评估 	<ul style="list-style-type: none"> 任何进入心脏康复程序的患者 稳定的冠心病患者 	<ul style="list-style-type: none"> 医疗康复费用 需要受过专业训练的人来监督和实施 可能会延缓心脏康复启动(如早期及相对重症患者)
心肺运动试验	<ul style="list-style-type: none"> 具有分级运动的优点,另外 可靠评估(金标准)有氧运动能力(峰值耗氧量) 客观评估用力程度(RER) 识别供氧受限的机制(心/肺/外周原因) 加强预后判断(心力衰竭) 评估影响运动表现的疾病相关因子(心力衰竭) 	<ul style="list-style-type: none"> 运动安全分析 运动处方制定 症状评估 预后分析 心脏康复后再评估 	<ul style="list-style-type: none"> 任何进入心脏康复程序的患者 心力衰竭患者 不能解释的呼吸困难或运动不耐受(确定潜在病因) 需要更精确运动强度评估的 	<ul style="list-style-type: none"> 有一定花费 需要专门设备及专业人员实施 需要患者和实施人员花费一定时间 可能会延缓心脏康复启动(如早期及相对重症患者)
6分钟步行运动试验	<ul style="list-style-type: none"> 亚极量负荷下的机体反应(心率、血压、心律不齐、缺血、有无氧合作用的症状) 容易整合进心肺康复实践 成本低 连续测试更加可行 更能反应日常活动 	<ul style="list-style-type: none"> 运动安全分析 运动处方制定 评估心脏康复介入反应 预后分析 避免延迟参与 连续测试 	<ul style="list-style-type: none"> 任何进入心脏康复程序的患者 对功能状态差的-也可以近似“最大”测试 	<ul style="list-style-type: none"> 较难实现标准化和重复性 不同人群代表不同运动刺激(亚极量 OR 极量) 困惑于借助工具步行的结果
身体功能和虚弱	<ul style="list-style-type: none"> 可以衡量身体机能的其它方面(力量、平衡、活动度) 洞察跌倒风险 洞察残疾风险 容易整合进心脏康复的训练中 成本低 连续测试可行 	<ul style="list-style-type: none"> 确认有氧能力之外的功能限制 良好的监测以最小化摔倒或受伤风险 预后分析 进一步评估和治疗参考 	<ul style="list-style-type: none"> 老年人 患有多种慢性疾病 近期入院 功能状态差 步行不稳定 	<ul style="list-style-type: none"> 只能是虚弱的筛查,不能代替综合评估 不能评估心肺功能 其针对心脏康复中弱点的益处没有完全确立

表2 用于心脏康复的冠心病患者的危险分层

低危	中危	高危
<ul style="list-style-type: none"> 运动或恢复期无症状,包括无心绞痛症状或征象(ST下移); 无休息或运动导致的复杂性心律失常; MI、CABG、血管成形术或支架术后无合并症,MI溶栓血管再通; 运动或恢复期血流动力学正常; 无心理障碍(抑郁、焦虑等); 左室射血分数(LVEF) > 50%; 心功能储备≥7METs; 血肌钙蛋白正常 每一项都存在时为低危 	<ul style="list-style-type: none"> 中等强度运动(5—6.9METs)或恢复期出现包括心绞痛的症状/征象; LVEF为40%—49% 不符合典型高危或低危者为中危 	<ul style="list-style-type: none"> 低强度运动(< 5METs)或恢复期出现包括心绞痛症状/征象; 休息或运动时出现复杂性心律失常; MI或心脏手术等合并心源性休克或心力衰竭; 猝死或心脏停搏的幸存者; 运动时血流动力学异常(特别是运动负荷增加时收缩压不升或下降,或出现心率不升); 心理障碍严重; LVEF < 40%; 心功能储备 < 5METs; 血肌钙蛋白浓度升高。 存在任何一项为高危

注:MI:myocardial infarction心肌梗死;CABG: coronary artery bypass grafting冠脉搭桥术;LVEF:left ventricular ejection fraction左室射血分数;MET: metabolic equivalent of energy 能量代谢当量

冠心病康复运动方式的选择中应作为重要训练形式,纳入至冠心病患者的康复方案中。

4.1.2 生理性缺血训练方式的创新: 国外多项研究表明,适当的心肌缺血可以促进冠脉侧支循环的生成,能够起到保护心肌的作用。但在缺血心肌直接诱发缺血存在伦理及安全

性上的顾虑。励建安、陆晓等创新性地提出生理性缺血训练(physiological ischemia training,PIT)的新型运动方式,即在正常肢体骨骼肌上人为造成反复的短暂的生理性缺血,通过训练的远隔作用来促进病理性缺血部位的侧支循环生成。生理性缺血可以采用袖带加压及等长收缩(等长收缩时肌肉

内张力提高,50%最大自主收缩力即可把肌肉内血流完全阻断)两种训练方式。在动物研究中,励建安等发现与单纯心肌缺血组相比,生理性缺血训练组心肌缺血区毛细血管密度及侧支循环血流量明显增加^[22],梗死面积明显缩小^[23]。冠心病患者进行3个月等长握拳诱发的生理性缺血训练,发现训练组核素心肌显像心肌缺血明显改善,且训练过程中无一例患者出现心血管意外,证实了生理性缺血训练的安全性。生理性缺血训练方式的创新为冠心病患者早期及家庭期康复开创了一条安全、有效、经济的新途径。

4.2 运动强度

运动训练必须达到的基本训练强度称为靶强度,可用最大心率、心率储备、最大吸氧量(VO_{2max})、MET、主观劳累计分(rating of perceived exercise,RPE)等方式表达。靶强度与最大强度的差值是训练的安全系数。传统有氧训练靶强度一般为中低强度即40%—50% VO_{2max} (主观劳累计分RPE 11—12分),或中高强度50%—75% VO_{2max} (主观劳累计分RPE 12—15分)。靶强度越高,产生心脏训练中心效应(心肌缺血区侧支生成)的可能性就越大。长期以来冠心病临床及康复策略均致力于抑制或避免心肌缺血的发作,认为其可造成心肌细胞损伤,因此大部分的临床和实验研究均把运动训练强度定为缺血阈下强度。但近年来的研究发现,短暂心肌缺血可以促进心肌侧支循环生成,可通过增加或减低耗氧来诱发或缓解心肌缺血,并在停止运动或者降低运动负荷时,立即减缓心肌缺血,因此运动诱发适宜可控性心肌缺血从而促进缺血区域侧支循环的生成可能是冠心病康复治疗的新思路。即在冠心病康复治疗中是否可以数次以极短时间达到缺血阈强度以促进中心效应即侧支循环的生成?励建安、陆晓等人建立小型猪可控性心肌缺血动物模型结果显示短暂缺血阈运动组缺血区相对心肌血流量,毛细血管密度均显著高于假手术组及缺血组。光镜及电镜检查缺血区心肌细胞无明显异常^[24]。证实适宜负荷的短暂缺血阈强度运动是安全有效的。临床研究中高强度间歇训练(high-intensity interval training,HIIT)近年来研究较多,HIIT是指短时间高强度(>85% VO_{2max})与低强度训练相结合。根据持续与间歇时间高强度间歇训练可分为以下三种类型:①长时间:即3—15min 80%—90% VO_{2max} ;②中等时间:即1—3min 95%—100% VO_{2max} ;③短时间:即10S—1min 100%—120% VO_{2max} (缺血阈强度运动)。在冠心病及心衰患者的研究中证实第3种方案即短时间的高强度运动与传统的有氧训练相比平均吸氧量下降,主观劳累计分下降,患者可以耐受更长的运动时间,患者不易产生疲劳及气喘,耐受度更好,因此适合于健康状况比较好的心血管病患者或在Ⅲ期进行^[25]。进一步证实了短时间缺血阈强度训练在临床运动的可能性。

4.3 运动频率

运动频率国际上多数采用每周3—5次的运动频率。认为高于5次不增加训练效应,少于3次训练效应不足。因此从训练效应的角度而言,不需要天天运动。但天天运动有助于养成良好的训练习惯。

4.4 运动时间

有氧运动就提高心肺功能而言,最少需要5min,因为在最低有效强度情况下(最大心率的60%),能使呼吸循环系统克服惰性,充分动员起来的有效时间是5min,而在较强运动时,启动心肺功能的有效时间是3min。若包括准备活动及整理活动,实际运动所需时间最少为15—20min,这是有氧运动时间的最低限度,又称必要运动时间^[26]。当然,必要运动时间只表示可以对机体产生刺激,而这种刺激是不充分的,在机体心肺功能动员起来之后,还应持续一段时间,只有如此,才能对其产生较深刻的影响,故一般的有氧锻炼的有效时间为20—60min,即靶强度下的运动一般持续15—60min。

4.5 训练安排

每次训练都必须包括准备、训练和结束活动。①准备活动:目的是预热(warm up),即让肌肉、关节、韧带和心血管系统逐步适应训练期的运动应激。运动强度较小,运动方式包括牵伸运动及大肌群活动,一般采用医疗体操、太极拳等,也可附加小强度步行。②训练活动:指达到训练靶强度的活动,中低强度训练的主要机制是外周适应作用,高强度训练的机制是中心效应。③结束活动:主要目的是冷却(cold down),即让高度兴奋的心血管应激逐步降低,适应运动停止后血流动力学的改变。运动方式可以与训练方式相同,但强度逐步减小。充分的准备与结束活动是防止训练意外的重要环节(75%的心血管意外发生在这两个时期),对预防运动损伤也有积极的作用。

5 心脏康复的安全性

近年来日本对136家医院参与心脏康复的共383096运动小时的调查发现,威胁生命不良事件(adverse event, AE)(急性心梗、死亡、心脏停跳)的发生率为3.13或0.26/100000运动小时。最常见的不良事件是心律失常,其他还有心肌梗死、心脏停跳和死亡。易于发生不良反应的高危患者包括:6周以内的心肌梗死、运动可诱发的心肌缺血、左室射血分数<30%、持续性室性心律失常的病史、持续性威胁生命的室上性心律失常的病史、突发心脏停跳病史治疗尚未稳定、新近植入自动复律除颤器和/或频率应答心脏起搏器等。AE及致命性AE的发生率在正规康复组(运动试验确定运动处方)显著低于非正规康复组^[27]。因此,为了提高心脏康复的安全性,训练前一定要对患者进行风险评估,并依据评估结果制定个体化的运动处方。同时,在运动场所,配备相应抢救仪

器及药品,康复医师和护士要接受心脏急救培训关于心脏康复的安全性问题。

6 未来心脏康复发展的思考

6.1 加强医生及患者对心脏康复的认知,提高转诊率及依从性

心脏康复的发展是必然趋势。但是我国心脏康复的发展依然大大落后于心血管临床治疗技术的进展。最关键的因素是心血管领域的专家、学者、医生和患者都需要对心脏康复有正确的认识,并积极参与和支持。这一方面需要在一些专科的大型会议上设置心脏康复专场,加强医生队伍对心脏康复的认识。同时也要注意科普工作,通过科普小册子,网络、电台、电视等加深患者对心脏康复的认知。同时建立相应的医保支付政策,从政策层面提高转诊率及依从性。

6.2 拓展心脏康复的内涵,建立多学科团队

心脏康复不仅是监护下的合理运动训练,胡大一教授提出心脏康复的五大处方包括:运动处方、营养处方、药物处方、心理处方及戒烟处方,真正关注到心脏病患者康复需求的各个层面,达到全面康复。这样的康复需求需要我们建立多学科的团队面对庞大的心脏病群体,包括心脏康复医师、治疗师、营养师、心理咨询师等,真正做到以患者为中心,将患者作为一个整体的个体看待,而不是割裂的器官。

6.3 建立心脏康复的三级服务体系

卫生部要求建立三级康复服务体系,即三甲医院注重急性期及亚急性期的康复,康复医院或二级医院关注稳定期患者的康复,社区及家庭层面关注慢性期患者康复。对心脏康复而言,在可预期的未来,也应建立心脏康复的三级服务体系,即三甲医院注重心脏病或心脏术后急性期及亚急性期的康复,稳定出院后至二级医院心脏康复科进行进一步的门诊康复,最后需要在社区层面建立档案,定期检查,持续关注患者运动、营养、药物、心理等各方面。

6.4 充分利用物联网及可穿戴式设备实现社区家庭的可持续康复

心脏病患者需要长程甚至终身康复与管理,因此长时间的康复必然在社区及家庭进行,如何提高社区及家庭层面的康复效果及安全性是心脏康复工作者需要关注的问题。物联网即以互联网为基础,把可穿戴设备、智能手机通过物联网域名相连接,进行信息交换和通信,以实现智能化识别人体运动状态、监测静止及运动时心率,心电图、血压等。实现心电异常时的自动报警、实时提醒并监测运动处方的执行情况,并可存储并上传数据,以利于心脏康复中心医生的远程监测。因此未来基于物联网及可穿戴式设备即可真正实现心脏康复的长程及终身管理,从而大大降低心血管病的发生率及死亡率。改变只有药片、支架与手术的“冰冷”医学,推

动心理-生物-社会医学模式发展!

参考文献

- [1] Price KJ, Gordon BA, Bird SR, et al. A review of guidelines for cardiac rehabilitation exercise programmes: Is there an international consensus[J]? Eur J Prev Cardiol, 2016, Jun 27[Epub ahead of print]
- [2] Oldridge N. Exercise-based cardiac rehabilitation in patients with coronary heart disease: Meta-analysis outcomes revisited [J]. Future Cardiol, 2012, 8(5): 729—751.
- [3] Lawler PR, Filion KB, Eisenberg MJ. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Am Heart J, 2011, 162(4): 571—584.
- [4] Balady GJ, Williams MA, Ades PA, et al. Core Components of Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Programs: 2007 Update : A Scientific Statement From the American Heart Association Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention Committee, the Council on Clinical Cardiology; the Councils on Cardiovascular Nursing, Epidemiology and Prevention, and Nutrition, Physical Activity, and Metabolism; and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation[J]. Circulation, 2007, 115(20): 2675—2682.
- [5] Marjorie L. King, Mark A. Williams, Gerald F. et al. Medical Director Responsibilities for Outpatient Cardiac Rehabilitation/Secondary Prevention Programs : A Scientific Statement From the American Heart Association/American Association for Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. Circulation, 2005, 112(21): 3354—3360.
- [6] Certo CM. History of Cardiac Rehabilitation[J]. Physical Therapy, 1985, 65(12): 1793—1795.
- [7] 胡大一. 心脏康复: 它山之石, 可以攻玉[J]. 中华高血压杂志, 2015, 23(3): 201—202.
- [8] 陈伟伟, 高润霖, 刘力生, 等. 《中国心血管病报告 2014》概要[J]. 中国循环杂志, 2015, 30(7): 617—622.
- [9] 中国康复医学会心血管病专业委员会, 中国老年学学会心血管病专业委员会. 慢性稳定性心衰运动康复中国专家共识[J]. 中华心血管杂志, 2014, 42(9): 714—720.
- [10] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心血管病专业委员会, 中国老年学学会心脑血管病专业委员会. 冠心病康复与二级预防中国专家共识[J]. 中华心血管病杂志, 2013, 41(4): 267—275.
- [11] Rosenbaum AN, Kremers WK, Schirger JA, et al. Association between early cardiac rehabilitation and long-term survival in cardiac transplant recipients[J]. Mayo Clin Proc, 2016, 91(2): 149—156.

- [12] Goel K, Pack QR, Lahr B, et al. Cardiac rehabilitation is associated with reduced long-term mortality in patients undergoing combined heart valve and CABG surgery[J]. *Eur J Prev Cardiol*,2015,22(2):159—168.
- [13] Tang A, Closson V, Marzolini S, et al. Cardiac rehabilitation after stroke-need and opportunity[J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*,2009,29(2):97—104.
- [14] Brurok B. Spinal cord injury and aerobic capacity: chronic and acute effects from arm-crank exercise, lower extremity functional electrical stimulation and leg vascular occlusion [J].*IEEE International Conference on Automation Science & Engineering*.2013,47:236—243.
- [15] Reeves GR, Gupta S, Forman DE. Evolving Role of Exercise Testing in Contemporary Cardiac Rehabilitation[J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*,2016,36(5):309—319.
- [16] 陆晓,励建安. 心血管病患者康复中的抗阻训练[J]. *中华理疗杂志*,199,21(6):359—363.
- [17] 陆晓,励建安,林松,等.电刺激等长收缩运动心血管反应与肌群质量的关系[J].*中国运动医学杂志*,2000,19(4):392—395.
- [18] 蓝敏,励建安,周士枋. 血浆内啡肽在等长收缩运动时对心血管运动反应的调节[J]. *中华物理医学杂志*,1998,20(2):105—108.
- [19] Li J,Zhao W,Zhou S,et al. Relationship between isometric exercise and myocardial ischemia in patients with coronary artery disease: an Echo Doppler study[J]. *Chin Med J*,2000,113(6):493—497.
- [20] Shen M, Gao J, Li J, et al. Effect of ischemic exercise training of normal limb on angiogenesis of pathological ischemic limb in rabbit[J].*Clin Sci*,2009,5(117):201—208.
- [21] 陆晓,林松,励建安. 等长收缩运动促进急性冠状动脉闭塞时侧支血流募集[J]. *中华物理医学与康复杂志*,2012,34(10):747—751.
- [22] Gao J,Shen M,Guo X,et al. Protomotic mechanism of myocardial angiogenesis augmented by remote ischemic training of skeletal muscle in rabbit[J].*Cardiovasc Ther*,2011,29(3):199—210.
- [23] Lin A, Li J, Zhao Y, et al. Effect of physiologic ischemic training on protection of myocardial infarction in rabbits[J]. *Am J Phys Med Rehabil*,2011,90(2):97—105.
- [24] Lu X, Wu T, Huang P, et al. Effect and mechanism of intermittent myocardial ischemia induced by exercise on coronary collateral formation[J]. *Am J Phys Med Rehabil*,2008,87(10):803—814.
- [25] Gayda M, Ribeiro PA, Juneau M, et al.Comparison of different forms of exercise training in patients with cardiac disease: Where dose high-intensity interval training fit?[J]. *Can J Cardiol*,2016,32(4):485—494.
- [26] Witt BJ, Jacobsen SJ, Weston SA, et al. Cardiac rehabilitation after myocardial infarction in the community[J]. *J Am Coll Cardiol*,2004,44(5):988—996.
- [27] Saito M1, Ueshima K, Saito M, et al. Safety of exercise-based cardiac rehabilitation and exercise testing for cardiac patients in Japan: a nationwide survey[J]. *Circ J*,2014,78(7):1646—1653.