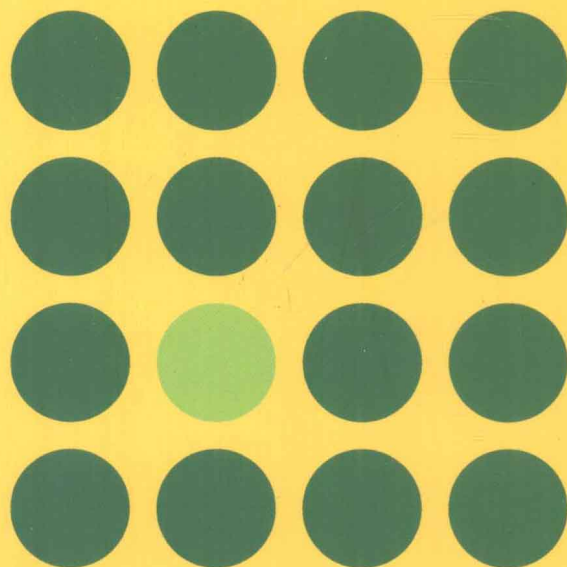


中国体育博士文丛 国家科技支撑计划—运动风险评估关键技术研究

(课题编号: 2006BAK33B02); 山西师范大学学术著作出版资助

成年人逐级递增负荷试验 中血管机能评价指标的 变化与应用研究

陈乐琴 著

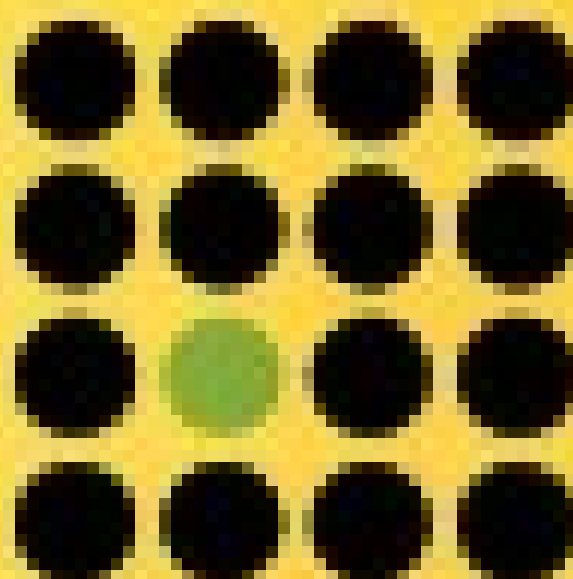


北京体育大学出版社

中国体育博士论文：2008年度选题研究——体育学硕博学位论文研究
(2008年度) (2009年4月出版) 1. 国家图书馆馆藏 2. 清华大学图书馆馆藏

成年人运动量增加负荷试验 中血管机能评价指标的 变化与应用研究

陈东明 著



北京体育大学出版社

中国体育博士文丛

国家科技支撑计划—运动风险评估关键技术研究

(课题编号: 2006BAK33B02)

山西师范大学学术著作出版资助

成年人逐级递增负荷试验中血管 机能评价指标的变化与应用研究

陈乐琴 著

北京体育大学出版社

策划编辑:李志诚
责任编辑:毅 力
审稿编辑:梁 林
责任校对:林学芹
版式设计:司 维
责任印制:陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

成年人逐级递增负荷试验中血管机能评价指标的变化与应用研究
/ 陈乐琴著. -- 北京:北京体育大学出版社, 2012.4
ISBN 978-7-5644-0921-0

I. ①成… II. ①陈… III. ①人体—血管—机能—评价指标—研究 IV. ①R331.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第059659号

成年人逐级递增负荷试验中血管机能评价指标
的变化与应用研究

陈乐琴 著

出 版:北京体育大学出版社
地 址:北京市海淀区信息路48号
邮 编:100084
邮 购 部:北京体育大学出版社读者服务部 010-62989432
发 行 部:010-62989320
网 址:www.bsup.cn
印 刷:北京昌联印刷有限公司
开 本:787×1092毫米 1/16
印 张:10

2012年4月第1版第1次印刷

定 价:28.00元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

序

在经济发展和人类社会进步的历史长河中，当运动健身已经逐渐成为人们的一种重要生活方式的时候，对于生命的理解才得到真正的升华。它标志着人类文明的一种进步。

随着《全民健身计划》的实施和深入开展，人们对于科学健身的需求倍受关注。增强体质，提高健康水平已经成为人们的迫切需要，并成为一种新的精神境界。在体质与健康这个命题和研究范畴中，与之相关的心肺功能、肌肉力量和耐力、身体成分、柔韧素质等，已经成为广大体育和医学科研工作者普遍关注的研究课题。

陈乐琴博士的《成年人逐级递增负荷试验中心管机能评价指标的变化与应用研究》学位论文，通过对中年人群的逐级递增负荷试验，揭示了递增负荷状态下、运动终止时和恢复期各年龄段人群心血管机能的变化特征。同时，进行了形态指标、身体成分、心血管机能生理和生化指标等与运动终止时各指标的相互分析。这些研

摘 要

在我国实施全民健身计划的过程中,国民健身意识大大增强,对健身的科学性和指导性都提出了更高的要求。要满足人们的这一要求,首要的问题是提高体质评价的科学性和针对性;而现行的体质测试指标主要是针对群体的,评价方法的敏感性和鉴别能力有待提高,尤其是心血管机能的评价指标和运动中心血管风险发生的筛查指标目前都还没有形成完整的监测及评价体系。因此,在大力提倡科学健身的今天,有必要在评价心血管机能指标体系的基础上进一步优化监测指标,完善国民体质监测体系。

选取北京市海淀区20~59周岁成年人266名作为研究对象,采用功率自行车进行逐级递增负荷试验,观察不同负荷下成年人心率、血压、脉搏波传播速度(ba-PWV)、中心动脉增益指数等指标的变化,得出如下主要结果:(1)在运动负荷试验中,40岁以下人群运动中收缩压变化幅度较明显,40~49岁人群中舒张压的变化幅度较大,50~59岁人群中收缩压(SBP)、舒张压(DBP)和脉压(PP)均发生明显的改变;(2)在相同年龄段的情况下,女性完成的负荷量和运动时间均小于男性;(3)在运动负荷的刺激下,BMI正常组人群心率值上升得较快;而肥胖组和超重组血压变化较明显;(4)在男性受试者中,终止标准占前3位的分别为ST段异常(16.8%)、RPE $\geq$ 17(15.0%)、收缩压 $\geq$ 200mmHg(14.2%)和下肢疲劳(14.2%);在女性群体中,占前3位的终止标准分别为下肢疲劳(52.9%)、RPE $\geq$ 17(26.1%)和ST段异常(20.0%);(5)臂踝脉搏波传播速度与安静时和运动终止时血压的变化呈中度相关,尤其与女性终止收缩压呈高度相关;(6)在女性群体中,血液指标中的血清总胆固醇(TG)、血清甘油三酯(TC)与运动时间、终止心率、终止SBP、终止DBP及安静脉压和baPWV均有较好的相关。

结论：（1）安静状态下的臂踝脉搏波传播速度在不同年龄段及BMI水平成年人中反映的差异比较明显；（2）从年龄特征分析，在运动负荷试验中，40岁以下人群主要是心率和SBP增加的幅度较大，而40岁以上人群运动中SBP、DBP和PP均出现明显升高。因此，随着年龄的增长，SBP、DBP和PP它们或单独起作用或联合起来产生协同效应，使运动中心血管事件的风险可能增加；（3）从性别特征分析，随着负荷增加，男性心血管机能的反应以外周血管阻力增加为主，而女性则是心脏泵血功能和收缩功能的增加；（4）从不同身体质量指数分析，在逐级递增负荷试验中，不同BMI人群血管功能表现出一定的差异，肥胖组人群心血管机能的反应以外周阻力的增加为主；（5）评价成年人运动中心血管风险的指标有臂踝脉搏波传播速度、脉压、动脉增益指数、安静舒张压。

关键词：血管机能；逐级递增负荷；成年人；心血管风险

目 录

1 绪 论	1
1.1 引 言	1
1.2 选题依据	2
1.3 研究目的与意义	4
2 文献综述	7
2.1 体质与心血管机能研究	7
2.2 评价血管机能指标的国内外研究进展	8
2.3 影响心血管机能或患心血管疾病风险的因素分析	19
2.4 运动与心血管的研究进展	23
3 研究思路与方法	36
3.1 研究思路	36
3.2 研究方法	37
4 结果与分析	41
4.1 安静状态下各年龄段人群心血管机能状况	41
4.2 递增负荷状态下各年龄段人群血管机能指标的变化特征	42
4.3 运动终止时各年龄段人群血管机能指标变化	70
4.4 恢复期不同年龄段人群心率、血压的变化特征	82

4.5 血管机能指标的敏感性筛查	90
5 讨 论	107
5.1 不同人群心血管机能指标差异的特征分析	107
5.2 血管机能指标在运动测试风险中的应用	112
5.3 对心血管运动风险评价指标的思考	116
5.4 ba-PWV在健身效果评价中的应用	117
6 结 论	119
7 研究局限与后续研究建议	120
7.1 本文的研究局限	120
7.2 后续研究建议	120
参考文献	121
中英文对照表	135
附 录	136
附件A	136
附件B	137
附件C	146
致 谢	147

1 绪 论

1.1 引 言

体质是人的质量，它是在遗传性和获得性基础上表现出来的人体形态结构、生理功能和心理因素综合的、相对稳定的特征^[1]。良好的体质是健康生活的基础，它可以提高人们的生活质量和工作效率。现阶段体质研究必须与全民健身发展战略相结合，为增强人民素质服务提供理论依据。由于体质水平与人的健康息息相关，于是有学者提出了健康关联体质的概念，并被许多专家和学者认可，其研究范畴主要涉及心肺机能、肌肉力量和耐力、身体成分、柔韧素质等与健康的关系^[2]。近几年来，由于社会的发展，人们的生活方式发生了改变，静坐少动的生活方式导致心脑血管发病年轻化，且成为全世界人类死亡的第一大疾病。因此，心血管机能和身体成分与健康风险关系之间的研究日益受到医学界和体育工作者的重视，并成为当前体质研究的重点课题。

在我国大力推行全民健身计划的过程中，国民健身意识大大增强，这就引发公民对健身科学性和指导性的渴望，要满足大众这一要求，引导公民积极参加体质评价，培养公民科学健身的关键在于进一步提升体质评价科学性和针对性。关注民生、关注健康也已被中国政府列入日常工作，并制定了“十一五”科技支撑计划“全民健康科技行动”，将体质测试新指标的开发及运动风险视为国民体质评价与全民健身服务体系之间的纽带^[3]。随着医学及生物学科的发展，人体机能与结构测试的新指标、新方法逐渐被引用到体质研究中来，进一步拓展、完善当前体质研究，是传统体质研究的有机组成与补充，使体质研究的内涵更加丰富。

实现全面建设小康社会的宏伟目标，最终是要促进人的全面发展，

塑造一个具有良好体质和健康理念的高素质民族。而健身运动作为提高人民健康素质的重要手段,日益受到重视,因此研究健身运动对健康的效益,进行科学的评价对加强健身的科学性与安全性具有积极的指导作用,从而使参与者获得更大健身效益,全面改善健康状况,提高健康素质。

1.2 选题依据

1.2.1 社会的发展促使人们对健康提出高要求

随着社会的发展,人们生活水平不断改善和提高,对健康的需求产生了新的认识;另外随着经济的快速发展,人们生活水平明显提高,生活方式发生了较大的改变,导致体力活动减少,出现较多明显少动静坐的生活方式,又加上饮食上营养过剩,给城乡居民的体质和健康带来一系列公共卫生问题,如肥胖症、心血管疾病的发病率增加所引起的疾病负担增加和与人们对健康的意识增强形成了一大矛盾对立体。随着2007年美国运动医学学会提出的新的健身理念——Exercise is Medicine,体育锻炼给机体带来的益处日益受到医学界和体育界专家的高度重视。因此,如何使国民在了解自身体质和健康状况的基础上,进行科学的锻炼,从而获得健康的体魄成为时代的要求,也成为体育工作者的主要任务。

1.2.2 大力推进国民体质监测社会化的需要

国民体质监测是全民健身体系的重要内容,是检验全民健身计划实施的有效手段。全民健身计划(2011~2015年)中再次明确指出:“科学健身指导服务不断完善,大力宣传推广科学健身方法,积极开展体质测定、运动能力评估。通过对公民进行日常体质测试,依据个人体质状况提供有针对性的科学健身指导服务,增强全民健身的吸引力,提高全民健身质量和水平。”^[4]而全民健身服务的有效保障之一就是开展国民体质监测,对他们进行体质测试与评价,引发国民参加体育锻炼的积极性,从而达到提高国民综合素质的作用。因此,进一步提高国民身体素质是衡量社会发展水平和人民小康生活的重要标准之一。今后,将以增

强国民身体素质为目标,将“以人为本”的理念融入构建“国民体质监测服务体系”的工作之中,认真贯彻落实十六大报告精神,构建与小康社会相适应的国民体质监测服务体系,大力推进国民体质监测服务社会化。

1.2.3 提升全民健身的科技含量

中共中央8号文件提出构建多元化全民健身服务体系的目标是要面向全体国民,重点突出、适应不同区域、满足不同人群需求的中国特色健身指导服务体系^[9];党的十六大文件中也指出,全民健身体系的完善是全面建设小康社会的目标之一,是关系国计民生的大事;中共中央7号文件也指出,要加强健身运动的科学性研究。目前,政府部门通过推进国民体质监测网络,开展国民体质监测和调研,动态监控国民体质的变化趋势,用科学的视角解读国民体质的变化规律,为进一步科学研究和评价全民健身事业的发展和实效,为有效增强中华民族的素质提供科学的依据。

国家体育总局在“十一五”规划中进一步强调:“加强国民体质监测评价和科学健身指导系统是群众体育的科研工作的重点,进一步加强科学健身知识的普及,全面提高大众健身科学化水平。”^[10]

1.2.4 健康及健身效果的个性化评价

健康评价体系的最终目标是用体质测定的结果对个体的健康状况进行个性化评价与信息追踪服务。用体质测定结果评价健康的方法比纯粹的医学体检更容易被认可。这种以体质监测为主的评价模式一旦得到大多数人们的认可,依赖先进的生物科学技术对每个个体进行个性化健康评价与干预将成为现实。每个人都可以随时随地了解自身健康状况,健康评价能够促进个体更加深刻认识自我健康状况,信息跟踪服务满足个体物质和精神需求,全民化的健康风险预警机制将成为国民体质研究和全民健身服务体系的核心内容。

关于健身效果的评价,目前在国内外尚未建立标准评价模式,一般是以达到健身目的为效果评价的主要标准。近几年,随着国民体质监测的不断推广,许多健身俱乐部渐渐引入国民体质测试和评价作为健身效果评价的方法,但是由于国民体质评价标准主要针对大样本评价,而在健身人群中进行健身效果评价尚不能全面反映健身效果。随着面向个体

的健康评价体系和信息服务平台开发研究深入展开、专家团队和社会资源的介入,针对不同运动健身方式建立起更加细化、指标针对性和操作性更强的健身效果评价指标和方法体系,建立个性化的运动健身效果评价体系将成为运动健身研究领域期待解决的问题。

1.3 研究目的与意义

1.3.1 进一步完善和优化国民体质监测体系

监测指标的筛选和指标体系的建立是国民体质监测的核心技术环节。目前,我国国民体质监测指标体系主要从形态、机能和素质三方面进行测试,其中评价心血管机能的指标有安静血压、心率、台阶指数。台阶指数被认为是评价心血管机能的唯一指标,而台阶试验只能够对受试者心血管机能水平做出好与不好的一般性判断,不能作为运动测试前心血管风险事件的筛查指标。另外,实施体质测定不仅要国民体质状况给予客观的评价,更要通过开具运动处方等手段,有针对性地指导国民科学健身,这标志着我国体质研究工作迈出了重要而关键的一步。但是,目前体质评价方法和技术还不能满足国民在健身锻炼过程中具有人群特征、针对性强的运动能力评价和健身效果评价等,突出表现在国民体质评价方法敏感性和鉴别能力还有待于提高^[7]。因此,在大力提倡科学健身的今天,应先在原有指标体系的基础上进一步优化监测指标,完善国民体质监测体系。

1.3.2 为运动风险理论提供科学依据

健身运动的科学性与安全性是提高国民健康素质、提升全民健身科技含量、构建个性化健身风险预警机制的基础,是构建比较健全、完善的全民健身服务体系亟待解决的问题之一。运动是一把“双刃剑”。健身运动对增强体质和促进健康的作用已被大都数人认可,但是运动伤害事故的发生给人们敲响了警钟。在运动健身中既要达到运动给机体带来好处,同时应该避免运动风险的发生。在运动伤害之中,心血管意外带来的危害最为严重,主要的是运动性猝死。而大部分发生运动性猝死是有已知或未知的心血管疾病的存在而引起的,若能对他们进行科学的运

运动前心血管机能的筛查就可以预防心血管事件的发生。因此,对参加体育锻炼的人群进行科学有效的运动前心血管机能筛查,成为预防或降低运动性心血管风险事件的当务之急。

目前,逐级递增负荷试验中心血管机能的监测主要针对的人群是病人和运动员,针对普通健身人群的研究尚不多见。在运动风险理论被提出的同时,为了避免锻炼人群中出现心血管事件的再次发生,了解不同人群心血管机能在运动负荷状态下的变化,从中获取评价不同年龄段人群心血管机能敏感指标,筛选与运动中心血管风险相关联的指标,为运动风险评估理论提供科学的支撑。

1.3.3 普通人群中血管机能评定研究理论相对匮乏

血管壁结构的病变是心血管疾病的基础,血管的病变在心血管疾病的很早一段时期就已经存在。随着对血管病变的深入认识,我们已知血管壁病变而不是管腔病变的发生发展是各种心血管事件发生的基础。因此,早期发现和干预亚临床期血管病变的进展是延缓和控制心血管事件的根本措施。

但目前有关评价血管机能指标体系的研究内容较少,尤其是无创性监测运动中血管机能指标变化的研究更是少见;其次,有关运动负荷过程中预测心血管风险指标体系的研究国外已经开展较多,大部分资料都是进行跟踪研究得到的,提出了身体质量指数、腰围、收缩压、舒张压、脉搏波传播速度、中心动脉增益指数以及血糖、血脂等敏感预测指标。这些指标的标准都是针对欧美白人进行跟踪研究得到的,而有关中国人群运动过程中血管机能指标变化的研究较少,尤其是进行大年龄段范围多指标的研究更是较为空白。

另外,国外关于运动风险的报道主要集中在心血管事件发生和体力活动与健康关联的领域;国内关于运动风险的研究还主要停留在用管理学理论探讨的层面。目前,在运动风险日益受到关注,成为体质与健康研究领域新的热点之时,关于运动中血管机能评价指标的筛查及与运动风险的相关性研究是体育界科研人员研究的重点。

综上所述,随着社会的发展、人们生活方式的改变,在大力提倡科学健身的同时,应先完善国民体质监测体系,关注不良生活方式所带来的健康风险,认识血管风险发生的因素与运动风险发生的关系,探讨不同年龄段人群运动时可能会出现心血管风险的敏感指标以及指标的变

化规律，以期得到不同年龄段人群中反映血管机能的敏感指标，从而控制心血管事件风险的发生，为提高健身运动的科学性与安全性提供理论依据具有深远而重要的现实意义、是当前体质与健康研究领域的核心问题和关键技术之一，对丰富体质研究内涵、完善全民健身服务指导体系具有重要的现实意义。

2 文献综述

2.1 体质与心血管机能研究

目前国民体质监测中测试指标主要分为形态类、机能类和素质类三大类。近几年的研究表明,心血管机能与健康风险之间有很大的相关,尤其是心肺耐力,它是指一个人持续身体活动的能力。心肺和血管的功能对于氧和营养物的分配、清除体内垃圾具有重要作用,尤其是在进行有一定强度的活动时,良好的心肺功能则显得更加重要。心肺耐力是指循环、呼吸和骨骼肌系统在运动时提供氧气、维持运动的能力。

心肺耐力通过对呼出的气体进行分析可进行直接测量。测量的方式主要是各种在跑台或功率车上进行的最大和次最大运动能力测试^[8]。心肺耐力水平被证明对于患有心血管病和没有症状的人群进行健康评估是十分有效的。

研究表明,心肺耐力是预测健康的中年男性冠心病(CHD)死亡率的有效指标^[9, 10],中等或较高心肺健康水平的男性与处于低心肺健康水平的男性相比,心血管病风险下降了52%^[11]。Steven等^[12]研究也证实,随着心肺健康水平的提高,发生心血管风险的机率降低了52%。相关研究^[13, 14]表明,较高的心血管病发生与死亡率存在于静坐少动人群和和健康状况较差的人群,并且认为这些风险可以通过改善心肺健康的程度或提高体力活动的水平来降低风险。

最大摄氧量($\dot{V}O_{2\max}$)和代谢当量(MET)是反映心肺耐力的两项指标。两项指标都可以评估心血管风险。有证据表明,心肺耐力每升高1MET,则各种原因的死亡率和心血管病事件分别下降13%和15%^[15, 16]。最新研究^[17]表明,心肺健康则是通过测试相对最大摄氧量实现的。通过对1016名学生的追踪发现,心肺健康水平在中年时期与心血管病风险因

素血压与BMI之间存在显著的负相关关系。

而在国民体质监测指标体系中,反映心血管机能指标的有台阶试验、安静心率、安静收缩压和舒张压。采用的体质评价方法是先将各体质单项指标进行评分,统一经过加权处理,得出体质总分,再根据体质总分分级进行评价。台阶指数是目前被广泛使用的运动负荷试验下评价心血管机能的主要指标,它是通过定量运动负荷后根据心率恢复的值而进行计算得到的,被认为是一种简易测量与评价心血管机能对运动刺激生成的反应效率或心血管对运动的适应能力的方法^[18]。

近年来,许多学者对台阶试验提出了很大的质疑,王建、邓树勋^[19]研究报道,作为一种评价机能的标准方法,台阶试验在评价心血管机能时仍存在问题,如应用台阶指数评价心血管机能具有“高误差和低相关”的现象,即在测试过程中影响受试的因素很多,从而导致误差的产生,使得出的指数和机体心血管机能的实际情况存在差异。另外陈嵘等^[20]研究表明,应用20m往返跑和库博12min跑成绩评价人体心肺功能的有效性明显优于现阶段我国采用台阶测试以及传统的哈佛台阶测试。其主要原因是台阶指数虽然对于机体运动适应的反应敏感性优于最大摄氧量($\dot{V}O_{2\max}$),但是作为心肺功能的评价指标,台阶指数未能客观地反应人体心肺功能增龄性变化规律和性别差异的特点。但用台阶试验来测试心血管机能有一定的优势,主要是其可以在场地允许的条件下进行较大规模的测试,不需要昂贵的仪器设备,便于普及和推广。因此,现在对与台阶试验可否继续在体质监测中使用或如何进行优化,有待于进一步研究。

综上所述,在实验室中测量和评价人体心肺功能的指标相对成熟,但针对大规模人群的简易测量指标与评价标准一直是体质研究中关注的内容。可以通过将实验室的精密测量方法转化成适宜大规模室外操作的简易测量。另外,在体质研究指标体系中,评价血管机能方面还没有一个确定的指标。因此,通过分析临床医学评价中血管机能,将其引用到体质研究中来,完善体质评价系统。

2.2 评价血管机能指标的国内外研究进展

最新国内外研究发现,血管壁结构和功能的异常是心脑血管疾病及急性心脑血管事件发生的根本原因^[21]。冠状动脉病变的形成是一个漫