

有氧运动 对执行功能的影响

文世林 著



有氧运动 对执行功能的影响

文世林 著

科技创新服务能力建设

——有氧运动促进身心健康发展的机制与应用研究（科研类）

项目编号 · 154218001/002



中央民族大学出版社
China Minzu University Press

图书在版编目 (CIP) 数据

有氧运动对执行功能的影响 / 文世林著 . — 北京 :
中央民族大学出版社, 2018.9

ISBN 978-7-5660-1420-7

I. ①有… II. ①文… III. ①气体代谢 (运动生理) — 影响 — 认知功能 — 研究 IV. ①B842.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 217806 号

有氧运动对执行功能的影响

著 者 文世林

责任编辑 吴 云

封面设计 舒刚卫

出 版 者 中央民族大学出版社

北京市海淀区中关村南大街 27 号 邮编: 100081

电话: 68472815 (发行部) 传真: 68933757 (发行部)

68932218 (总编室) 68932447 (办公室)

发 行 者 全国各地新华书店

印 刷 厂 北京建宏印刷有限公司

开 本 787×1092 (毫米) 1/16 印张: 12.25

字 数 120 千字

版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5660-1420-7

定 价 52.00 元

序 言

李鸿江

身体和精神好比人的生命所孕育的一对孪生兄弟，二者相互影响，缺一不可。在人的生命长河中，只有让这对孪生兄弟同步健康发展，才会使生命之花绽放得更加灿烂。

身体健康是心理健康的基石，只有拥有健康的身体，才能承载健康的灵魂和精神。个人如此，民族亦然。2016年8月召开了全国卫生与健康大会，颁布了健康中国2030规划纲要，首次把健康作为国家优先发展战略。这充分体现了党和政府对人民群众健康权益和促进人的全面发展的高度重视，体现了“没有全民健康，就没有全面小康”“体育大国向体育强国迈进”的国家意志。全民健康是一个国家的软实力，也是民族昌盛、国家富强的重要标志。

历史证明，一个体质羸弱的民族是没有竞争力、没有尊严的民族，也是一个难以自立于世界民族之林的民族。学校体育是健康中国建设的重要内容，具有基础性和战略性。长期以来，学校体育并没有得到应有的重视，也受到各种因素的影响，20年来学生体质持续下降，超重和肥胖者快速增加，视力不良者占比居高不下。国内一所著名大学对来自全国300多所中学的400多位尖子学生进行了

体质达标测试,其中成绩优秀者仅为5人,占1.2%,不合格率却近3成。体质不佳,谈何栋梁;少年不强,民族何强;民族不强,国家何强。这绝不仅仅体现在体质的强弱上,更关乎一个人的人格和一个民族的整体素质和民族精神的塑造。

有研究公布了目前对我国中小學生心理健康测量所得出的数据,有心理行为问题者,小学生占10%,中学生占15%,高中生占20%。这在一定程度上反映了我国目前青少年心理健康的状况,而近年发生的不断增多的青少年犯罪案例,也确实使人触目惊心,令人堪忧。

体育是教育,体育是文化,体育的双重属性决定了体育的内在品格,其内涵远远超越了强身健体的原始范畴。其对培养和践行社会主义核心价值观、促进人的身心和谐发展,已具有独特而不可以替代的作用。

作为体育院校的研究者,如何发挥体育运动促进人的身心和谐发展的最大功效,是一项关乎民族健康发展的伟大使命,也体现了对体育学科发展的一种责任和担当。与人文学科不同的是,自然科学的研究是要把一些宏观的命题落地生根,使之变得可以证伪。比如,从科学的视角对体育运动与心理健康之间关系的有关机制进行探索,获得可信度高的证据链,进而为大众进行身心健康的管理和维护提供理论指导。在自然科学研究的范式中,事物之间关系的论证可通过实验设计、对感兴趣的研究变量进行操纵,从而获得变量之间的内在联系。这种关于“因果关系”的论证是探索两个事物之间关系

的最有效的方式。

有氧运动对执行功能影响的系列研究是基于上述研究思路来设计的,旨在探讨有氧运动与执行功能的关系。研究紧紧围绕有氧体能(aerobic fitness)对执行功能,以及急性有氧运动(acute aerobic exercise)对老年人、大学生执行功能的影响来开展的,最终形成学术性专著《有氧运动对执行功能的影响》。众所周知,对人的认知和大脑活动变化的研究,不仅难度大,而且存在许多不可控因素,富有挑战性。上述研究的开展,实验条件是摆在研究者面前所需解决的第一个问题。首都体育学院重点实验室(认知与脑成像实验室)于2009年从日本引进了一台多通道近红外光谱仪(ETG4000),该设备对探索大脑皮层神经元活性具有非常高的精度,这就使得上述研究的开展具有了重要的条件保障。另一个条件,就是研究者需要具备良好的研究动机,且能为之孜孜不倦地努力。我的博士生文世林同学,也是本书的著者,对该领域有较大的研究兴趣,通过博士期间3年的系统培训和学习,积累了该领域相对丰富的基础理论和实操技能。他在运用神经生理、心理学等相关理论的基础上,通过设计3个实验(每个实验均包括行为实验和脑血氧的同步监测),获得了可靠的实验证据和可喜的研究结果。研究选定行为表现与局部脑区感兴趣区激活水平变化两个因变量进行论证和分析,较为系统地阐述了短期有氧运动、有氧体能和不同心理任务水平等自变量与上述两个因变量之间的关系,进而佐证了通过体育锻炼可有效促进人的身心和谐发展的命题。至于研究细节,请各位读者参阅本书

正文，这里不再赘述。

在研究的过程中难免会遇到各种各样的难题，如近红外光谱数据的处理、脑血氧的成像技术等。面对难题，作者并没有退缩，而是为之付出了许多日夜的艰辛工作，并一一攻破。这种执着探索的精神，难能可贵。辛勤的付出，终究会有回报。文世林同学凭借上述成果成功地申请到教育学博士学位。上述研究成果是体育锻炼促进身心发展领域具有开创性的研究成果之一。

值此研究成果出版之际，作为文世林博士的导师，对给予其指导和帮助的单位和个人表示诚挚的谢意。特别感谢北京体育大学对文世林同学的培养，感谢首都体育学院在研究过程中给予的大力支持，感谢蒋长好老师在实验设计和实施过程中所提供的帮助！由于作者水平有限，难免会在研究中出现观点和文字表述等不妥当的地方，请各位读者不吝批评指正。

2018年7月20日 于北京

目 录

001...	1 导论
002...	1.1 选题依据
004...	1.2 文献综述
004...	1.2.1 有氧运动、执行功能、fNIRS 技术
022...	1.2.2 有氧运动促进执行控制功能的研究范式
025...	1.2.3 有氧运动促进执行控制功能的研究手段
032...	1.2.4 有氧运动促进执行功能的研究内容
050...	1.2.5 有氧运动促进执行控制功能研究的变量
054...	1.2.6 存在的问题
055...	1.3 研究目的和意义
055...	1.3.1 研究目的
056...	1.3.2. 研究意义
057...	2 研究对象、研究方法和技术路线
057...	2.1 研究对象
057...	2.2 研究方法
057...	2.2.1 实验法
060...	2.2.2 数理统计法
060...	2.3 技术路线
060...	2.3.1 研究设计路线
061...	2.3.2 具体实施计划
062...	3 研究一：有氧体能对大学生执行功能的影响
062...	3.1 研究问题

062...	3.2 研究假设
063...	3.3 实验对象
065...	3.4 实验设计
066...	3.5 fNIRS 监测方案
066...	3.5.1 fNIRS 监测步骤
067...	3.5.2 fNIRS 数据处理
072...	3.5.3 空间配准与功能成像
078...	3.6 研究结果
078...	3.6.1 Flanker 任务的行为表现
081...	3.6.2 fNIRS 结果
086...	3.7 分析讨论
090...	3.8 结论
091...	4 研究二：急性有氧负荷对大学生 执行功能的影响
091...	4.1 研究问题
091...	4.2 研究假设
092...	4.3 实验对象
092...	4.4 实验设计
094...	4.5 有氧运动方案
095...	4.6 fNIRS 监测方案
097...	4.7 研究结果
097...	4.7.1 运动过程心率监控与 RPE 结果
097...	4.7.2 Flanker 任务的行为表现
101...	4.7.3 fNIRS 结果
105...	4.8 分析讨论

109···	4.9 结论
110···	5 研究三：急性有氧负荷对老年人 执行功能的影响
110···	5.1 研究问题
110···	5.2 研究假设
111···	5.3 实验对象
111···	5.4 实验设计
113···	5.5 有氧运动方案
114···	5.6 fNIRS 监测方案
115···	5.7 研究结果
115···	5.7.1 运动过程心率监控与RPE结果
116···	5.7.2 Flanker任务的行为表现
119···	5.7.3 fNIRS 结果
123···	5.8 分析讨论
128···	5.9 结论
129···	6 综合讨论
134···	7 总论
135···	参考文献
153···	附录
153···	附1：统计表格汇总

153···	1 研究一
153···	1.1 有氧体能实验被试信息表
155···	1.2 行为数据统计分析表
157···	1.3 oxy-Hb 信号数据统计分析表
158···	2 研究二
158···	2.1 大学生被试信息表
159···	2.2 行为数据统计分析表
163···	2.3 Oxy-Hb 信号的数据统计分析表
165···	3 研究三
165···	3.1 老年人被试信息表
166···	3.2 行为数据统计分析表
169···	3.3 oxy-Hb 信号的数据统计分析表
171···	附2: 实验知情同意书
173···	附3: RPE 量表
174···	附4: 800 米跑评分表
176···	附5: 实验图片
178···	附6: 感兴趣区 (ROIs) 的 MNI 坐标值与解剖学定位
180···	附7: 缩略词表
182···	后记

1 导论

有氧运动促进人的身心健康已是不争的事实。有氧运动不仅能提高人体生理机能，如让身体结构和机能产生适应性变化，而且可促进人的心理发展，如运动增强认知功能、运动改善人际交往、运动调节负性情绪等。基于上述锻炼效益，有氧运动在医疗保健、健身养生和教育等领域备受青睐。在有氧运动促进身心健康发展的研究中，研究方法的发展和革新对研究水平的提升起着重要的推动作用。一方面，有氧运动对人体生理机能的改善可通过精密的生理生化仪器进行监测，并以科学的数据对运动所引起的生理变化进行佐证；另一方面，运动对心理功能的改善不仅可以通过心理测量或行为实验的方法进行检测，还可采用生理监测和心理测量相结合的方法同步完成。特别是神经影像技术出现以来，可直接观测到由有氧运动所引发的大脑脑区的血氧信号、血流速度或神经激活水平变化，这就给运动促进身心发展的研究提供了更为精确和客观的数据支撑。

因此，在有氧运动促进认知发展的研究中，既可通过行为实验来测量认知操作水平，又可通过神经影像技术监测脑区激活水平的变化来同步验证有氧运动所带来的锻炼效益。

1.1 选题依据

执行功能是一种最高级和最复杂的认知能力^[1]，包括刷新、抑制和转换三个子功能^[2]。执行功能与运动过程中身体动作的计划、决策和控制密切相关，且它一直处于发展变化的过程中，还能通过后天的训练进行干预。比如，经常从事某项体育运动的人，与该运动项目相匹配的执行功能会得以提高。可见，了解有氧运动与执行功能的关系将对身心健康的发展有着重要意义。

国外主流研究表明，适宜的身体活动可改善人脑的认知功能^[3-5]。该领域的研究内容主要包括：有氧运动对执行功能^[6-9]、记忆能力^[10-12]、智力发展^[13, 14]、情商^[15, 16]、精神疾病^[17, 18]等方面的影响。近年来，对于有氧运动与执行功能关系的研究逐渐引起研究者的重视，同时也涌现了一大批研究成果。研究成果主要集中在以下三个方面：从有氧体能的角度探讨身体能力与执行功能的关系^[19-22]；急性有氧运动（**acute aerobic exercise**）对执行功能的影响^[23-26]；长期有氧运动（**chronic aerobic exercise**）对执行功能的影响^[27-29]。该领域的研究大多在严格控制的实验条件下完成，研究手段也越来越多样化。随着神经影像技术的发展，各类脑成像技术被广泛应用到该领域的研究中，如通过功能性磁共振成像（**fMRI**）、单光子发射计

算机断层成像 (SPECT)、功能性近红外光谱技术 (fNIRS) 来监测认知过程中大脑激活水平的变化。

近年来,国内学者也系统地研究了不同强度^[30]、不同持续时间^[31]、不同运动类型^[32]的急性有氧运动,以及不同运动组合的长期有氧运动^[33]对儿童执行功能的影响,并积累了大量的实验证据。然而,仍有其他影响执行功能的变量需进一步探讨,比如有氧体能、年龄特征等。

那么,不同有氧体能的人群在认知过程中大脑脑区激活水平是否存在异同?急性有氧负荷是否会影响大学生和老年人的脑激活模式?上述问题均需进行系统研究。如果上述问题得到了合理的解决,既能为运动促进认知发展之说提供理论依据,又有利于体育工作者指导不同人群进行合理的体育锻炼,并可为锻炼者在运动时间和强度的选择上提供参考。

1.2 文献综述

1.2.1 有氧运动、执行功能、fNIRS 技术

1.2.1.1 有氧运动

(1) 有氧运动的相关概念

根据目前有氧运动与执行功能研究的相关成果,有氧运动包含许多的下位概念及不同的提法,为了表述方便,研究中将有氧体能、急性有氧负荷和长期有氧运动统称为有氧运动。有氧体能(aerobic fitness, 或 endurance fitness)是指尽可能长时间地维持肌肉力量或速度输出的能力^[34],评价有氧体能的指标包括最大摄氧量(the maximal oxygen uptake, VO_{2max})、运动经济性(exercise economy)、乳酸/通气阈(the lactate/ventilatory threshold)和摄氧量动力学(oxygen uptake kinetics)^[35]。此外,有研究用握力(grip force)和心血管能力(cardiovascular fitness)两项指标来评价体适能(physical fitness),用肩关节柔韧性、灵敏能力、平衡能力等指标来评价运动体适能(motor fitness),并分析了体适能和运动体适能与老年人认知能力的关系^[36]。

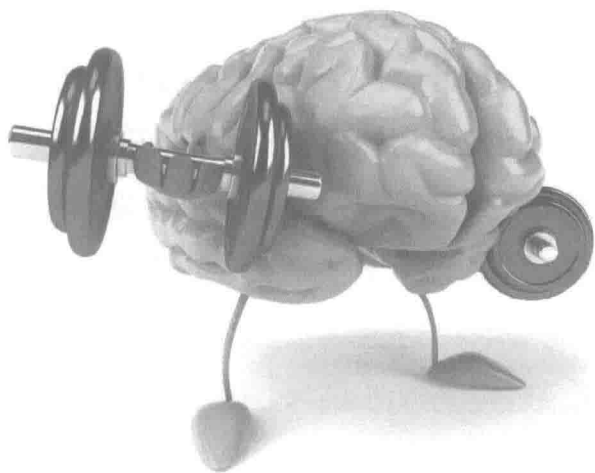


图 1 运动与脑健康

有人认为，运动负荷是指人体在接受外部刺激之后所表现出来的生理和心理方面的应答程度^[37]。有研究表明运动负荷是“一定时间”内的“工作量度”，并指出练习内容、时间、方式与节奏是运动负荷量度的基础，只有在此基础上，才能更好地认识负荷量和负荷强度^[38]。运动训练学研究认为，多次运动负荷刺激所产生的训练效益可累积转化为有氧体能，基于这种说法，有氧体能与有氧负荷可能存在因果关系。同样，体育锻炼过程中每一次的有氧负荷刺激都可获得短暂的训练效益，并可长期累积，达到较好的体育锻炼效果。但是不同的运动时间、运动强度、运动内容都有可能产生不一样的锻炼效果。为了更好地了解有氧运动所产生的锻炼效果，下面简单介绍运动负荷的剂量效应。

(2) 运动负荷的剂量效应与体育锻炼效果的关系

“剂量效应”一词源自“药理学”。药理学把药理效应与剂量在一定范围内所成比例称为“剂量-效应关系”(dose-effect relationship, 简称量-效关系)。通过量-效关系可分析在一定范围内药物的剂量(或浓度)增加或减少时,药物的效应随之增强或减弱的变化特征^[39, 40]。以药物的剂量或浓度为横坐标,以效应强度为纵坐标做图,获得直方双曲线;如果将药物剂量改为对数值做图,则呈现对称S形曲线,称为量反应的量效曲线。量效曲线反映以下几个特定位点:最小有效量(minimal effective dose),即刚能引起效应的最小药量;最大效应(maximal effect, E_{max}),即当效应增加到一定程度后,若继续增加药物浓度而其效应不再继续增强时的效应强度;效价强度(potency),是指能引起等效反应的相对浓度或剂量,其值越小则强度越大。效价强度大时,最大效应未必高,两者表达的含义完全不同。

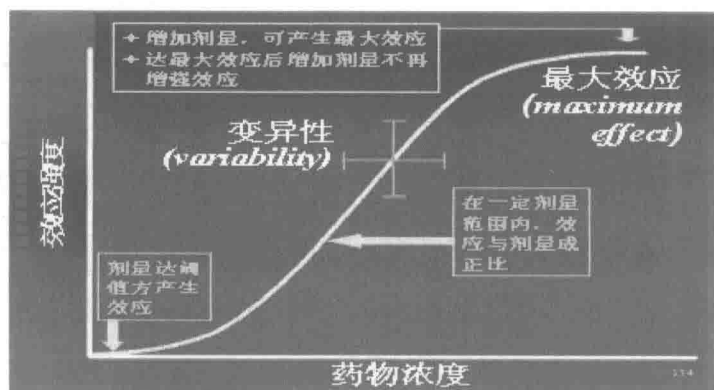


图2 剂量效应