

国外身体活动流行病学的研究范式与热点述评

王军利, 贾丽雅, 孙忠伟, 张冰

(清华大学 体育部, 北京 100084)

摘 要: 通过文献梳理, 探究身体活动流行病学研究的发端, 并考察这一新兴交叉学科的研究范式。结果发现: 1) 身体活动研究与体育学研究具有不同的思维范式, 为现代社会生态背景下的体质健康促进工作提供新的思路; 2) 身体活动与健康的剂量-效应关系、身体活动监测、身体活动干预等已成为该研究领域的热点问题; 3) 随着实用性与高技术含量测评工具的不断革新, 主观测量手段与客观测量手段的综合应用将成为研究与实践干预的重要方法学特征。

关 键 词: 运动医学; 流行病学; 身体活动; 剂量效应; 活动干预; 述评

中图分类号: G804.5; R18 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2013)03-0139-06

A review of research paradigms and hot topics in physical activity epidemiology abroad

WANG Jun-li, JIA Li-ya, SUN Zhong-wei, ZHANG Bing

(Department of Physical Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: By means of literature analysis, the authors probed into the origin of researches on physical activity epidemiology, examined research paradigms in this emerging interdisciplinary, and revealed the following findings: 1) researches on physical activities have different thinking paradigms different from the ones used by researches on the science of physical education, they provide a new way of thinking for promoting fitness and health under the background of modern social ecology; the dose-effect relationship between physical activity and health, physical activity monitoring, physical activity intervention etc, have become hot topics in this research area; 3) with the constant innovation of practical and high-tech measuring and evaluating tools, the integrated application of subjective measuring means and objective measuring means will become important methodological characteristics of research and practice intervention.

Key words: sports medicine; epidemiology; physical activity; dose effect; activity intervention; review

20 世纪 50 年代, 英美的社会医学研究人员发现身体活动与冠心病患病率之间有着积极的病源学联系, 并由此开创了身体活动流行病学研究的新纪元。在西方发达国家, 身体活动流行病学已经成为公共卫生与运动科学研究的重要领域, 并发展为一个新兴的交叉学科, 在人口与社会健康发展方面发挥着积极作用。而早在 1990 年李力研^[1]就提出, 2000 年及以后的中国健身体育必须接受“流行病学”的指导。当前我国正处于社会发展与转型的关键期, 国民体质健康状况不容乐观。若我国的体育学界及早开展身体活动流行病学研究, 不仅有助于提高人们对身体不活动行为

危害性的认识, 还有利于拓展体育学的交叉研究领域, 并为国民体质健康的干预实践提供理论与科学依据。

1 身体活动流行病学的研究范式

身体活动是指由骨骼肌肉运动产生并伴有消耗能量的任何身体动作^[2]。身体活动流行病学(Physical Activity Epidemiology)是与健康相关的交叉学科, 包括相互联系的不同研究分支领域^[3]。20 世纪 50 年代, 英国的 Morris 教授与美国的 Paffenbarger 教授几乎同时对身体活动与冠心病的关系进行了病源学调查研究, 在现代身体活动流行病学研究发展过程中具有里程碑意

义。身体活动流行病学研究的显著特征: 1)应用流行病学的方法手段研究身体活动与可逆的身体不活动行为和疾病之间的关系; 2)研究影响某一人群身体活动的假设因素与活动分布情况^[4]。

由于身体活动的减少带来了慢性非传染性疾病患病率急剧增加, 引起学界与政府的持续关注与重视。自 20 世纪 80 年代中期开始, 欧美发达国家的运动与健康专家逐渐开始了思维与实践范式的转变, 即由“exercise training to physical fitness”(运动锻炼增进体能)向“physical activity to health”(身体活动增进健康)转变^[5]。

所谓“范式”是指科学研究所赖以运作的理论基础和实践规范, 也是从事某一科学活动的研究者所共同遵从的基本价值判断和行为方式^[6]。每一学科或者科学研究领域都有自己的范式, 身体活动与健康的研究领域里也有过对其范式进行激烈的争论。在 1985—1995 年的 10 年间, 对身体活动与健康研究的目的和价值展开了一系列的学术讨论。有学者就认为, 运动或者锻炼(Exercise or Training)更多的是为了提高身体素质或者机体能力(Physical Fitness), 如心肺耐力、肌肉力量、平衡能力等, 这些素质或者能力的提高不等同于健康状态的提高^[7]。而且从概念的范畴也不难发现, 所有的运动或者锻炼都是身体活动, 但并非所有的身体活动都是运动或者锻炼行为^[2]。因此, 尽管身体素质或者机能能力和健康有重要的相互关系, 但身体素质或者机能能力与健康并不是一个概念。身体活动流行病学研究身体活动与健康间的因果关系, 在一定程度上涵盖了运动或者锻炼科学研究的范畴, 但并不仅限于此。基于身体活动流行病学的研究证据, 人们开始跳出传统的运动锻炼与身体素质提高的思维和范式, 转向身体活动与促进公共健康的广阔领域。随着社会经济、科技、文化等的发展与进步, 久坐与身体不活动行为已经成为一种社会行为习惯(模式)^[8-9]。非竞技运动性的生活式身体活动同样可以产生健康的益处而且便于坚持^[10], 再单一地追求余暇时间的体育健身增进体质健康非常不现实。因此, 美国疾病预防控制中心(USCDC)和运动医学学会(ACSM)在 1995 年联合推出了全球首个身体活动指南, 又在第 2 年发布关于身体活动与健康的科学询证报告(《Physical activity and health: a report of the Surgeon General》)^[4, 11]。这并不意味日常身体活动干预就能完全替代运动健身手段, 而是从健康的视角解决现阶段人类行为存在的问题。体育运动只是人类活动的一部分, 不足以承担维护健康促进的全部重担。身体活动流行病学研究的重要之处在于, 其涉及到心理学、药理学、流行病学、

人类学、生态学等多学科知识, 已打破了体质健康的体育思维模式, 开始倾向于非医疗手段的多管齐下促进健康模式。因此, 我国的全民健身指导思路应当借鉴国外的经验并及早做出调整, 关注包括工作、交通、家务、健身娱乐等相关的身体活动干预策略和手段。

2 身体活动流行病学研究的热点

2.1 身体活动与健康的剂量效应关系

到目前为止, 身体活动流行病学研究已经证实, 增加身体活动有助于改善或者预防二型糖尿病、心血管类疾病、慢性阻塞性肺病、抑郁症、癌症、肥胖症等慢性非传染性疾病, 美国公布的《身体活动与健康医生报告》和《身体活动指导委员会报告》也提供了全面且具有权威性的科学证据^[12-13]。其中重要结论是身体活动量与多种慢性非传染性疾病的发病率和死亡率存在显著负相关关系, 为居民身体活动推荐量的制定提供了科学依据。因此, 进入新世纪以来, 各国政府或者组织机构相继推出针对性的身体活动指南, 有利于居民实施有益于健康的生活式常态化、规律性的身体活动行为习惯。但是, 目前仍然缺乏特殊人群身体活动与健康的剂量效应关系研究, 对人们日趋增加的久坐行为与健康风险也有待进一步研究。

实验研究认为在身体活动总量不变的情况下, 每天按 1×30 min、3×10 min 或者 2×15 min 等方式锻炼, 对提高心肺功能与健康水平具有类似的效应结果^[14-15]。因此, 要获得维持和增进健康的良好效果, 每天进行多次不连续活动的单次持续时间不能少于 10 min^[16-17]。科学研究为多次较短活动时间的健康累积效应提供了证据支持, 练习者可以根据自己的生活实际安排相应的身体活动计划。目前, 身体活动总量与健康的剂量-效应关系论证表现有两种情况, 一类是有较充分证据支持二者的积极关系; 一类是基于观察的非实验研究的证据呈现较弱的支持^[18]。在 ACSM 推荐的有氧运动处方中, 明确表达了类似的观点^[17]。

2.2 身体活动测量方法与手段

身体活动流行病学研究已经证明了身体活动与健康的关系, 如何准确测量身体活动量或者能量消耗就显得尤为重要。因此, 研究人员研制出多种身体活动测量方法。尽管还很难用统一标准划分这些测量手段与方法, 但 Vanhees 等^[19]的分类具有建设性, 即标准测量方法、客观测量方法、主观测量方法 3 大类。其中标准方法包括双标水法(DLW)、测热法, 主要用于标定研究手段与方法; 客观方法主要包括机械与电子传感器方法与观察记录方法, 包括加速度计、计步器监测、心率监测、直接观察、活动记录等; 主

观方法主要是身体活动问卷，身体活动调查问卷包括回顾性问卷、身体活动历史问卷、活动日志等。但是，每种类型的身体活动测量方法各有优势与不足，但大规模的身体活动流行病学研究还是较多地采用主观测量方法。

1) 标准测量方法的应用与发展。

在测量自由状态下的身体活动能量消耗总量最精确的方法就是双标水法与测热法。两种方法都是利用人体能量代谢的原理，即能量物质的氧化分解产生水、二氧化碳和热量。即：身体活动能量消耗=总能量消耗-食物热量消耗-基础代谢率^[3]。双标水法是身体活动测量评价研究领域公认的“黄金标准”，虽然该方法具有无创伤、精度高、不影响身体活动等优点，但是试剂与测试费用昂贵，实验条件对人员与设备要求较高。而且单独使用只能测量人体的能量消耗总量，不能反映身体活动的相关信息，所以很难在大规模人群的身体活动流行病学研究中使用。测热法也具有相似的特点，一般情况下常作为客观训练方法与主观方法的标准效度验证手段来使用。此外，在身体活动流行病学研究中，这些能准确测量身体活动能量消耗的技术手段也受限于多种因素，如测试对象的人数、受试者的身体负担、文化与社会环境、测量的持续时间以及经费等因素^[20-21]。所以，该类型测量方法的应用受到极大限制，以至于近年来这些测量方法并没有取得实质性的发展。

2) 客观测量方法的应用与发展。

(1) 加速度计的应用。

加速度计由最初单轴、双轴发展到现在的3轴，一般是在实验室条件下测试各种运动参数与人体能量消耗数据，然后进行线性拟合推导出人体运动能量消耗的算法方程。最终借助电子化集成与程序编制处理，为不同年龄人群提供方便、实用、有效的人体运动能量消耗测量工具。

但是，研究人员通过3种加速度计(Actigraph、Actical与AMP-331)与间接测热法的比较发现，没有一种加速度计能够很好地测量多种类型的身体活动^[22]。加速度计与DLW法测量身体活动能量消耗的比较也有类似情况发生^[23]。也就是说，基于不同类型身体活动建立起来的加速度算法方程，如果测量日常生活式的活动时，可能存在低估或者高估的现象^[24-26]。例如基于运动平板上步行方式建立的算法方程会低估高尔夫与家务活动的代谢值30%~60%^[27]。此外，加速度计存在一个上限效应需要注意，当运动强度超过10梅脱(每公斤体质量1分钟消耗3.5 mL氧气的运动量称为1梅脱(MET))时，SenseWear Armband(某款加速度计产品)

明显地低估身体活动的能量消耗值^[28]。Koehler等^[29]对有训练的男子耐力项目运动员进行研究，也得出同样的结论。

于是，使用加速度计进行身体活动测量研究时，需要考虑研究的人群特征与测量目标，可能不同的加速度计型号或者不同算法方程会存在适用性问题。随着加速度计的算法方程不断改进，会提供越来越准确有效的身体活动测量与评价，也将会是身体活动流行病学研究中应用前景广阔的客观测量工具。

(2) 心率监测与计步器测量方法。

心率也是身体活动测量评价常用的检测指标，而且电子化的心率表已经具有了相当的功能和优势。Livingstone等^[30]通过确定安静状态到运动状态的拐点心率(Flex HR)，即日常活动的平均最高心率值和锻炼活动的最低心率值，监测平均每天总能量消耗，认为单独使用拐点心率也可以作为一个反映身体活动方式与心肺功能的客观指数。Livingstone等^[31]的研究认为，心率监测锻炼强度是更容易且可行的手段^[32]。在锻炼中使心率监测练习强度比自我报告要准确得多，是一种简易的评估指标^[33]，但容易受到非身体活动以外因素的干扰，预测身体活动能量消耗误差可能较大。此外，对于电子计步器而言，对走、跑类身体活动的步数具有高的测试精度^[34]。

3) 主观测量工具的应用与发展。

身体活动问卷(Physical Activity Questionnaire)是身体活动流行病学最常用的测量方法之一。其优势在于：(1)有效性，能够实现研究的测量目的；(2)可靠性，重复测量的结果不受影响；(3)实用性，能够被广泛地接受；(4)非应激性，测量不影响受试者的行为^[35]。

对39个常用身体活动问卷研制特征的比较，发现20世纪80年代是研制数量的集中爆发期，20世纪90年代后又开始逐渐减少。可能存在以下两个方面的原因：一是与身体活动问卷研制特点有密切联系，即趋向于国际化与标准化；二是与加速度计、计步器、心率表等新型客观测量评价手段的研发和应用有很大关系。目前，仍缺乏适用于不同文化背景、不同地域甚至不同职业人群的标准化身体活动问卷。在2000年，多个国家的研究人员合作研制了标准化的国际性身体活动问卷，即国际身体活动问卷^[36](分长卷与短卷)(International Physical Activity Questionnaire, IPAQ)，WHO在此基础上修改为全球身体活动问卷^[37](Global Physical Activity Questionnaire, GPAQ)。这是新世纪以来，身体活动问卷研制方面最为重要的成果，具有较好信度与效度，适合跨国人口群体间的研究与横向比较，不失为一个具有普适性的国际化与标准化身体活

动问卷。

但对任何一种身体活动问卷来说,没有一个具有“黄金标准”的优势。身体活动问卷的主观性、题目语言的清晰度、人口的受教育程度等都影响测量的精确性。Conway 等^[38]还认为,社会期望的心理因素也是身体活动测量问卷使用时必须考虑的因素。由此可见,使用身体活动问卷进行身体活动流行病学研究时,要注意一定的方法技巧。采用自我管理式填写身体活动问卷较好,应尽量避免心理效应因素对数据结果的影响。就目前而言,国际上使用最广泛的身体活动问卷是 IPAQ 和 GPAQ,但问卷测量与其他客观检测方法联合应用也是身体活动测量评价的重要方法学特征与趋势。

2.3 身体活动的监测与干预

美国政府过去一直鼓励民众有计划地增加业余时间的运动健身,而近年来,开始强调各种身体活动对健康的增益作用。美国已建立了以行为风险因素监测系统(BRFSS)、全国健康入户调查(NHIS)、青少年危险行为监测系统(YRBSS)、学校健康政策与计划调查(SHPPS)、全国个人家庭行为调查(NPTS)等为主的身体活动监测体系,都有不同的监测重点^[11]。为政府全面了解居民的身体活动情况提供可靠数据,有助于制定相应的身体活动干预政策、措施与目标,促进了美国健康公民计划的落实。

身体活动干预研究是身体活动流行病学研究必不可少的一部分,为身体活动干预计划与政策的制定提供有用的参考。Sallis^[39]发现 13~18 岁青少年的身体活动呈现快速下降趋势,此后下降速度放缓,但是下降的身体活动方式类型上,主要是剧烈活动与非组织形式的体育活动。而对 18~30 岁人群的长期跟踪研究发现,在青年初期阶段的身体活动下降是一个长期趋势,但年轻人应该成为身体活动促进工程的重要目标人群,以便在中年之前改变个体的或者群体的身体活动下降趋势^[40]。行为变化阶段理论认为,规律的体育锻炼行为阶段与年龄和性别都没有关系,而是应该采取行为变化阶段相适应的干预措施才行^[41]。此外,成功的身体活动干预需要充分考虑其体质水平、自身的控制力以及来自家庭、同伴、社区的支持^[42]。因此,运动科学已不能单独实施有效干预身体活动,需要公共政策、心理学、行为学、社会生态学等科学知识手段的综合应用。科技与社会发展使人类生物功能异化也许已不可逆转,但立体化的身体活动干预策略是必须的,如交通优化、建筑设计、健身娱乐设施、运动指导等,这正是身体活动流行病学研究预测的人们未来必须生活、工作、娱乐的行为方式。

3 结论

1)身体活动流行病学作为新兴起的交叉学科,已经建立了明确研究内容与目标体系。人们身体不活动行为的日益加剧,使得剂量效应关系、身体活动监测、干预研究等逐渐成为该研究领域的热点问题。但是,对特殊群体的身体活动研究与干预关注不够,今后应引起学者与相关部门的注意。

2)身体活动与健康的剂量效应关系已得到流行病学的科学论证,多次较短持续时间活动的累积效应有同样的健康增益作用。在保证身体活动总量的条件下,单次不少于 10 min,每周多数天里进行至少 30 min 的中等强度以上活动,可以获得有益健康效果。

3)身体活动的测量方法基本上划分为标准测量方法、客观测量方法与主观测量方法 3 类。标准测量方法的发展停滞不前,而客观测量方法的缺陷具有一定的隐蔽性,需要进一步改进其算法方程的精确性,研究者必须根据研究需要合理选择。尽管主观测量方法有明显的不足,但身体活动问卷仍然是大规模群体性身体活动研究的首选,应用时需要注意方法学问题。

4)身体活动监测与干预研究已成为研究的热点之一,宏观监测的系统性与计划性越来越强。人们的生活、工作、娱乐、交通等日常行为方式对健康增益作用影响甚大,这对我国全民健身指导工作提供了有益的启示。

参考文献:

- [1] 李力研. 2000 年及其以后的中国健康与体育——关于健身体育的预防医学阐释[J]. 天津体育学院学报, 1990, 5(3): 14-21.
- [2] Caspersen C J, Powell K E, Christenson G M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research[J]. Public Health Reports, 1985, 100(2): 126.
- [3] Welk G. Physical activity assessments for health-related research[M]. Illinois: Human Kinetics Publishers, 2002.
- [4] Dishman R K, Washburn R A, Heath G. Physical activity epidemiology[M]. Illinois: Human Kinetics Publishers, 2004.
- [5] Haskell W L. Health consequences of physical activity: understanding and challenges regarding dose-response[J]. Med Sci Sports Exerc, 1994(26): 649-660.
- [6] Kuhn T S. The structure of scientific revolutions[M]. Chicago: University of Chicago press, 1996.
- [7] Haskell W L, Montoye H J, Orenstein D. Physical

- activity and exercise to achieve health-related physical fitness components[J]. *Public Health Reports*, 1985, 100(2): 202.
- [8] Hamilton M T, Hamilton D G, Zderic T W. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease[J]. *Diabetes*, 2007, 56(11): 2655-2667.
- [9] Katzmarzyk P T. Physical activity, sedentary behavior, and health: paradigm paralysis or paradigm shift?[J]. *Diabetes*, 2010, 59(11): 2717-2725.
- [10] Dunn A L, Andersen R E, Jakicic J M. Lifestyle physical activity interventions: history, short-and long-term effects, and recommendations[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 1998, 15(4): 398-412.
- [11] Lee I. *Epidemiologic methods in physical activity studies*[M]. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- [12] General U S P H, Fitness P C O P, Us S. *Physical activity and health: a report of the Surgeon General*[M]. New York: Jones & Bartlett Pub, 1998.
- [13] Committee P A G A. *Physical activity guidelines advisory committee report, 2008*[R]. Washington, DC: US Department of Health and Human Services, 2008.
- [14] Jamurtas A Z, Koutedakis Y, Paschalis V, et al. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2004, 92(4): 393-398.
- [15] Osei-Tutu K B, Campagna P D. The effects of short-vs. long-bout exercise on mood, VO_{2max} , and percent body fat[J]. *Preventive Medicine*, 2005, 40(1): 92-98.
- [16] Pollock M L, Gaesser G A, Butcher J D, et al. ACSM position stand: the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1998, 30(6): 975.
- [17] Garber C E, Blissmer B, Deschenes M R, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2011, 43(7): 1334.
- [18] Oja P. Dose response between total volume of physical activity and health and fitness[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001, 33(6): S428.
- [19] Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, et al. How to assess physical activity? How to assess physical fitness?[J]. *Journal of Cardiovascular Risk*, 2005, 12(2): 102.
- [20] Ainslie P N, Reilly T, Westerterp K R. Estimating human energy expenditure—A review of techniques with particular reference to doubly labelled water[J]. *Sports Medicine*, 2003, 33(9): 683-698.
- [21] Valanou E M, Bamia C, Trichopoulou A. Methodology of physical-activity and energy-expenditure assessment: a review[J]. *Journal of Public Health*, 2006, 14(2): 58-65.
- [22] Crouter S E, Churilla J R, Bassett D R. Estimating energy expenditure using accelerometers[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2006, 98(6): 601-612.
- [23] Leenders N Y, Sherman W M, Nagaraja H N. Energy expenditure estimated by accelerometry and doubly labeled water: do they agree?[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2006, 38(12): 2165.
- [24] Bassett Jr D R, Ainsworth B E, Swartz A M, et al. Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2000, 32(9 Suppl): S471.
- [25] LE Masurier G U Y C, Tudor-Locke C. Comparison of pedometer and accelerometer accuracy under controlled conditions[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003, 35(5): 867.
- [26] Jakicic J M, Marcus M, Gallagher K I, et al. Evaluation of the SenseWear Pro Armband (TM) to assess energy expenditure during exercise[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(5): 897.
- [27] Hendelman D, Miller K, Baggett C, et al. Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2000, 32(9): S442.
- [28] Drenowatz C, Eisenmann J C. Validation of the SenseWear Armband at high intensity exercise[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2010(1): 1-5.
- [29] Koehler K, Braun H, de Marées M, et al. Assessing energy expenditure in male endurance athletes: validity of the sensewear armband[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2011, 43(7): 1328.
- [30] Livingstone M B, Prentice A M, Coward W A, et al. Simultaneous measurement of free-living energy expenditure by the doubly labeled water method and heart-rate

monitoring[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1990, 52(1): 59.

[31] Livingstone M B, Coward W A, Prentice A M, et al. Daily energy expenditure in free-living children: comparison of heart-rate monitoring with the doubly labeled water (2H_2 (18O) method[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 1992, 56(2): 343-352.

[32] Achten J, Jeukendrup A E. Heart rate monitoring: applications and limitations[J]. Sports Medicine, 2003, 33(7): 517-538.

[33] Gilman M B, Wells C L. The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables[J]. International Journal of Sports Medicine, 1993, 14(1): 339.

[34] Schneider P L, Crouter S E, Lukajic O, et al. Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400 m walk[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2003, 35(10): 1779.

[35] Laporte R E, Montoye H J, Caspersen C J. Assessment of physical activity in epidemiologic research: problems and prospects[J]. Public Health Reports, 1985, 100(2): 131.

[36] Craig C L, Marshall A L, Sjostrom M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2003, 35(8): 1381-1395.

[37] Bull F C, Maslin T S, Armstrong T. Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study[J]. Journal of Physical Activity & Health, 2009, 6(6): 790.

[38] Conway J M, Seale J L, Jacobs D R, et al. Comparison of energy expenditure estimates from doubly labeled water, a physical activity questionnaire, and physical activity records[J]. The American Journal of Clinical Nutrition, 2002, 75(3): 519.

[39] Sallis J F. Age-related decline in physical activity: a synthesis of human and animal studies[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2000, 32(9): 1598.

[40] Anderssen N, Jacobs Jr D R, Sidney S, et al. Change and secular trends in physical activity patterns in young adults: a seven-year longitudinal follow-up in the Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study (CARDIA)[J]. American Journal of Epidemiology, 1996, 143(4): 351-362.

[41] Phd D B M P, Phd D B H M. A stages of change approach to understanding college students' physical activity[J]. Journal of American College Health, 1995, 44(1): 27-31.

[42] Seefeldt V, Malina R M, Clark M A. Factors affecting levels of physical activity in adults[J]. Sports Medicine, 2002, 32(3): 143-168.

