

医药卫生

应用 K4b² 心肺功能测定仪对日常体力活动能量消耗的测定

刘健敏 李 颜¹ 杨晓光^{2*}

(河北医科大学实验动物学部, 石家庄 050017, 北京大学医学部营养与食品卫生学系¹, 北京 100191;

中国疾病预防控制中心营养与食品安全所², 北京 100050)

摘 要 应用 K4b² 心肺功能测定仪对日常体力活动的能量消耗进行现场测定, 以期为我国体力活动指南的制定提供基础资料。选取 23 名北医青年学生作为受试者, 其中男 11 名, 女 12 名, 应用 K4b² 心肺功能测定仪对受试者在静息、慢走 (3 km/h)、快走 (6 km/h)、慢跑 (8 km/h)、骑自行车 (12 km/h) 状态下的能量消耗进行测定。各项体力活动的能量消耗及代谢当量由大到小排列, 依次为慢跑 ((6.26 ± 1.22) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 6.0 MET)、骑自行车 ((4.30 ± 0.67) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 4.2 MET)、快走 ((3.75 ± 0.73) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 3.6 MET)、慢走 ((1.24 ± 0.26) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 1.2 MET)、静息 ((1.08 ± 0.24) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 1.0 MET), 按照体力活动强度分级, 属于中低强度体力活动。慢走、快走、慢跑、骑自行车等日常体力活动适于在中国人群中推广。

关键词 K4b² 日常体力活动 能量消耗

中图分类号 R165 **文献标志码** A

在我国, 随着科学技术的快速发展, 城市化进程加快, 人们的职业劳动强度降低, 久坐少动生活方式增加, 体力活动水平逐渐下降。大量的流行病学研究已经证实^[1], 体力活动不足与心血管疾病、糖尿病、肥胖等慢性疾病的发生密切相关。因此, 许多国家针对本国国情颁布了本国的体力活动指南, 用于评价居民体力活动水平, 制定体力活动推荐量, 以增加人们的体力活动, 促进健康。

目前, 我国关于大众体力活动的相关研究较少, 还没有自己的体力活动指南, 这直接影响了国民体力活动的科学评价和具体量化性指导。其中, 体力活动强度是体力活动指南中一个非常重要的体力活动量化指标, 是指单位时间内不同体力活动项目消耗的能量。在我国, 由于缺乏居民各种体力活动

能量消耗的基础数据, 评价体力活动水平只能使用国外的数据, 鉴于国情与体质的差异, 存在问题较多。本研究从能量代谢的角度出发, 采用国际先进的能量代谢测定仪器——K4b² 心肺功能测定仪 (Cosmed, Italy), 对受试者在静息及走路、跑步、骑自行车等日常体力活动的能量消耗进行测定, 为研究中国居民体力活动水平、制定我国居民体力活动指南积累资料。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究由中国疾病预防控制中心营养与食品安全所与北京大学医学部合作完成。通过问卷调查和体检 (血常规、肝功能、甲状腺功能), 在北大医学部在校学生中挑选出 23 名受试者, 其中男性 11 人, 女性 12 人。要求年龄 20 岁 ~ 25 岁, 体质指数正常 (BMI 在 18.5 ~ 24 之间); 身体健康, 无贫血、肝功异

2009 年 11 月 9 日收到 国家自然科学基金 (30771811) 资助
第一作者简介: 刘健敏 (1971—), 博士, 研究方向: 人体能量代谢。

* 通讯作者简介: 杨晓光, 研究员。

常、甲状腺功能异常及其他代谢疾病,近期末接受药物治疗;饮食、起居规律,无挑食、吸烟、酗酒等不良生活习惯,未接受专业体育训练,体质中等,情绪稳定。受试者于实验期间照常作息,测试前 24 h 内严禁任何剧烈活动、吸烟及饮用含有咖啡因的饮料。测试前统一就餐,穿上舒适的运动服和运动鞋,按照时间表准时参加测试。本研究通过了中国疾病预防控制中心营养与食品安全所伦理委员会的审查,受试者自愿参加本项研究工作并签署知情同意书。

1.2 体格测量

所有受试者清晨空腹,仅着内衣,准确测量身高、体重。身高采用固定身高尺(Lameris Utrecht The Netherlands)测量,精确到 0.1 cm;体重采用数字式体重秤(HW 100KGL, Japan),精确到 0.01 kg,计算体质指数(BMI)。体格测量在实验开始和结束时各进行一次,取平均值。

1.3 K4b²对能量消耗的测定

1.3.1 K4b²工作原理

K4b²全称 Quark K4b²运动心肺功能测试仪,是意大利 Cosmed 公司 1999 年推出的一套专业的便携式心肺功能测定系统,它采用间接测热法对能量消耗进行测定,其工作原理是通过内置的快速热敏式传感分析器及双向数字流速感应器即时检测气体的浓度和体积,从而实现对受试者每一次呼吸氧气消耗量及二氧化碳产生量的实时监测,最后利用 Weir 公式^[2]即可计算出单位时间的能量消耗。K4b²在 800 m 的距离内可以实现遥测,被广泛应用于安静和运动过程中能量代谢的测定。

1.3.2 静息代谢能量消耗的测定

受试者清晨统一进餐,测定工作在餐后 2.5 h 进行,以排除食物热效应对能量代谢的影响。要求受试者平躺、安静,室内温度控制在 (20~25)℃ 之间。应用 K4b²心肺功能测定仪,对受试者的静息代谢能量消耗进行测定,测试时间 6 min,一次测试完成后,受试者休息 (3~5) min,再重复一次。测试过程中受试者不能活动四肢、说话和摇头,以排除肌肉活动对静息代谢的影响。

1.3.3 骑自行车能量消耗的测定

受试者于测定前统一进餐,测定工作在餐后 2.5 h 进行,以排除食物热效应对能量代谢的影响。测试地点在北医操场 400 m 塑胶跑道上,测试环境温度 (19.0 ± 3.2)℃。受试者佩戴 K4b²遥测装置,使用 26 自行车(七成新),匀速 (12 km/h) 骑行 800 m,速度由领骑人员控制,受试者跟随领骑人员完成测试工作,记录实际应用时间。

1.3.4 走路、跑步能量消耗的测定

受试者于测定前统一进餐,测定工作在餐后 2.5 h 进行,以排除食物热效应对能量代谢的影响。测试地点在北医操场 400 m 塑胶跑道上,测试环境温度为 (20.7 ± 3.5)℃。受试者佩戴 K4b²遥测装置,在跑道上进行慢走、快走、慢跑三种运动,每一种运动完成之后,受试者坐位休息至心律恢复正常,再进行下一测试。三种运动方式的设置分别为:慢走 (3 km/h) 200 m,快走 (6 km/h) 400 m,慢跑 (8 km/h) 400 m,速度由领走(跑)人员控制,受试者跟随领走(跑)人员完成测试工作,记录实际应用时间。

1.4 统计分析

用 Microsoft Excel 2000 建立数据库,用 SPSS 11.5 软件进行统计分析,经正态分布及方差齐性检验后,采用均数和标准差描述分布 ($\bar{x} \pm s$)。

2 结果

2.1 受试者的基本情况

23 名受试者的基本情况如表 1 所示。

表 1 受试者的基本情况 ($n = 23, \bar{x} \pm s$)

性别	人数	年龄 /y	身高 /cm	体重 /kg	体质指数 /kg·m ⁻²
男	11	22.8 ± 1.7	174.3 ± 2.5	64.22 ± 1.86	21.15 ± 0.94
女	12	23.1 ± 1.0	161.2 ± 1.8	53.12 ± 2.21	20.44 ± 0.80

2.2 能量消耗测定结果

受试者各项体力活动能量消耗测定结果见表 2,其中的能量消耗值经受试者体重标准化,单位 kcal·kg⁻¹·h⁻¹。代谢当量 (Metabolic Equivalence, MET) 是单项体力活动能量消耗与静息消耗的比值,

是国际上通用的体力活动强度单位。根据这一原则, 我们计算出各项体力活动的代谢当量, 并根据 Pate 等^[3]提出的体力活动强度分级标准进行分级。

表 2 受试者日常体力活动能量消耗测定结果一览表 ($n = 23$ $\bar{x} \pm s$)

体力活动项目	能量消耗 /	代谢当量 /	强度
	kcal · kg ⁻¹ · h ⁻¹	kcal · kg ⁻¹ · h ⁻¹	
慢跑 (8 km / h)	6.26 ± 1.22	6.0 ± 1.3	中
骑自行车 (12 km / h)	4.30 ± 0.67	4.2 ± 1.1	中
快走 (6 km / h)	3.75 ± 0.73	3.6 ± 0.9	中
慢走 (3 km / h)	1.24 ± 0.26	1.2 ± 0.3	低
静息代谢	1.08 ± 0.24	1	低

根据代谢当量值, 将各项体力活动按强度排序, 由大到小依次为: 慢跑、骑自行车、快走、慢走, 各项活动均属于中低强度体力活动。

3 讨论

规律地参加体育锻炼是健康生活方式的重要组成部分, 但是锻炼 (或运动) 需要特定的时间, 而缺少时间锻炼正是现代人体力活动不足的主要原因之一。因此, 体力活动研究者认为, 间歇的、短时间的各种体力活动的积累是现代人达到运动目标的适宜方式。日常生活中的体力活动同样能达到运动的效果, 如步行、慢跑、骑自行车等都是容易被接受的锻炼方式, 它不需占用特别的时间, 也能达到很好的锻炼效果。因此, 本研究在体力活动项目的选择上, 以步行、慢跑、骑自行车等日常体力活动项目为主要研究对象, 应用 K4b²对其能量消耗进行测定。

体力活动强度是目前体力活动研究的热点问题, 其单位是代谢当量 (MET), 根据 1995 年 Pate 等^[3]提出的体力活动强度分级: 3 ≤ MET < 6 为中等强度体力活动, ≥ 6 MET 为高强度体力活动, < 3 MET 为低强度体力活动。本研究测定的各项日常体力活动的 MET 值在 1.2~6.0 之间, 属于中低强度体力活动。近年来的研究表明^[4], 剧烈的运动会降低身体对疾病的免疫力。相比而言, 小到中等

运动量会提高免疫系统的功能, 减少感染的可能性。高强度剧烈运动以消耗体内碳水化合物 (肌糖原、肝糖原) 提供的能量为主, 而中、低强度体力活动更多动员体内脂肪分解以提供能量。因此, 应强调多进行有氧的中、低强度体力活动。从我们的能量消耗测定结果来看, 走路、跑步、骑自行车等日常活动都属于中低强度体力活动, 值得推广。

目前, 我国关于居民体力活动评价的研究刚刚起步, 2002 年全国营养调查第一次将体力活动作为调查内容, 使用“一年回顾性身体活动问卷”收集调查对象的身体活动信息, 对问卷中各种身体活动强度进行赋值, 计算身体活动水平 (PAL) 作为判断身体活动充分或不足的标准^[5]。由于缺乏中国人群各种身体活动能量消耗的数据, 在对调查表中涉及的身体活动进行强度赋值时主要参考美国的“体力活动概要”^[6-8], 经过专家咨询和讨论, 根据中国居民的具体情况进行调整, 对各项身体活动的强度最终赋值。我们将实测的 MET 值与美国“体力活动概要”中相近体力活动的 MET 值及 2002 营养调查的取值进行比较, 结果见表 3。

表 3 日常体力活动代谢当量结果比较 / (kcal · kg⁻¹ · h⁻¹)

体力活动项目	K4b ² 现场测定值	“体力活动概要”取值	“2002 营养调查”取值
骑自行车 (12 km / h)	4.2	4.0	4.0
慢跑 (8 km / h)	6.0	8.0	6.0
快走 (6 km / h)	3.6	4.4	3.8
慢走 (3 km / h)	1.2	2.5	2.8

从比较结果来看, 除骑自行车外, “概要”中各项体力活动的 MET 值均高于 K4b²实测值, 分析原因, 可能是由于“概要”中的数据是根据对西方人实测数值得到的, 由于地域、饮食结构及体成分等的差异, 应用到中国人身上可能会存在误差。我国专家在实际应用中也考虑到这一因素, 在对 2002 年体力活动调查数据的分析中, 将慢跑、快走的强度降低, 这一取值与我们的实测结果非常一致。2002 营养调查中, 慢走赋值 2.8 取“概要”中慢走和遛狗的均值, 这一取值与我们的实测值有一定的出入, 原因除

了上述的中西方的差异以外,对于慢走概念的理解及速度的界定也是造成取值误差的原因之一。

综上所述,本研究从能量代谢的角度出发,采用国际先进的测试仪器——K4b²心肺功能测定仪(Cosmed Italy),实际测定了走路、跑步、骑自行车等日常体力活动的能量消耗,这些数据对于科学评价我国居民的体力活动状况具有重要意义。下一步,应该进一步扩大人群范围和体力活动的种类,为我国体力活动指南的制定提供更多的基础资料。

参 考 文 献

- 1 US Department of Health and Human Services. Physical activity and health: a report of the surgeon general. Atlanta: Georgia: US DHHS, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996: 146—148
- 2 Weir J B. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*, 1949; 109: 1—9
- 3 Pate R R, Pratt M, Blair S N, *et al*. Physical activity and public health—a recommendation from the centers for disease control and prevention and the american college of sports medicine. *J Am Med Assoc*, 1995; 273: 402—407
- 4 Shik M E, Olson J A, Shik M, *et al*. Modern nutrition in health and diseases(9th edition). New York: Williams & Wilkins, 1999: 1395—1418
- 5 马冠生, 栾德春, 刘爱玲, 等. 中国成年职业人群身体活动现状及其影响因素. *营养学报*, 2007; 29: 319—323
- 6 Ainsworth B E, Haskell W L, Leon A S, *et al*. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc*, 1993; 25: 71—80
- 7 Ainsworth B E, Haskell W L, Whitt M C, *et al*. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc*, 2000; 32: S498—S516
- 8 赵文华, 丛琳. 体力活动划分: 不同类型体力活动的代谢当量及体力活动的分级. *卫生研究*, 2004; 33: 246—249

Measurement of the Energy Expenditures in Daily Physical Activities with K4b²

LU Jian-min, LI Yan¹, YANG Xiao-guang^{2*}

(Department of Laboratory Animal Science, Hebei Medical University, Shijiazhuang 050017, P. R. China)

Department of Nutrition and Food Hygiene, Peking University Health Science Center¹, Beijing 100191, P. R. China

Institute of Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention², Beijing 100050, P. R. China

[Abstract] To measure the energy expenditures of daily physical activities with K4b² and provide elementary data for the formulating of the guide for physical activities of Chinese. Twenty-three young undergraduates from the Peking University were selected as the subjects (11 males and 12 females). The subjects completed several different physical activities such as slowly walk (3 km/h), fast walk (6 km/h), jogging (8 km/h), bicycle (12 km/h) as well as in quiescent condition, and the energy expenditures of these daily physical activities were measured by using the gas metabolic method—K4b². According to the values of energy expenditure and metabolic equivalent, the physical activities were arranged as follow: jogging ((6.26 ± 1.22) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 6.0 MET), bicycle ((4.30 ± 0.67) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 4.2 MET), fast walk ((3.75 ± 0.73) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 3.6 MET), slowly walk ((1.24 ± 0.26) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 1.2 MET), RMR ((1.08 ± 0.24) kcal·kg⁻¹·h⁻¹, 1.0 MET). And these physical activities were belonging to the physical activities of mild or low intensity. The daily physical activities such as jogging, bicycle, fast walk and slowly walk were very suitable for popularization in Chinese.

[Key words] K4b², daily physical activity, energy expenditure