

## 能量平衡观察法测定南方轻体力活动 健康成人总能量消耗量



龚偲 杨小姣 胡雯<sup>1,2</sup> 柳园<sup>1</sup> 石磊 朴建华<sup>3</sup> 黄承钰 李鸣<sup>2</sup>

四川大学华西公共卫生学院 营养与食品卫生学教研室 成都 610041

**摘要:**目的 采用能量平衡观察法探究我国南方轻体力活动健康成人的总能量消耗量。方法 选择符合能量代谢试验条件的34名南方轻体力活动健康成人作为研究对象,为其设计和制备三日循环膳食,用称重法准确获得每日膳食实际摄入量,并用化学分析法测得膳食能量平均摄入量,结合试验期间的体重变化,得到我国南方健康成人总能量消耗量。结果 采用称重-化学分析法测得膳食能量平均摄入量为(8424±1616)kJ/d [(2013±386)kcal/d],其中男性(9990±798)kJ/d [(2388±191)kcal/d],女性(7032±384)kJ/d [(1681±92)kcal/d]。16天的试验期间体重平均减轻0.02kg,其中男性体重平均增长0.15kg,女性体重平均减轻0.17kg。根据成人能量平衡原理最后计算出我国南方健康成人总能量消耗量为(8468±1762)kJ/d [(2024±421)kcal/d],其中男性为(9680±1759)kJ/d [(2314±420)kcal/d],女性为(7391±827)kJ/d [(1767±198)kcal/d]。结论 我国南方轻体力劳动健康成年男性总能量消耗量约为9680±1759kJ/d [(2314±420kcal/d)],女性约为7391±827kJ/d [(1767±198kcal/d)],与2000年制定的男、女性能量推荐值2400kcal和2100kcal相比,该研究男性测量值比其RNI值低86kcal,女性测量值比其RNI值低333kcal。

**关键词:** 能量平衡 膳食摄入量称重法 膳食能量化学分析法 能量消耗

中图分类号: R151.42

文献标识码: A

## Energy expenditure of healthy adults engaged in light activities in Southern China measured by energy balance method

GONG Cai, YANG Xiaojiao, HU Wen, LIU Yuan, SHI Lei,  
PIAO Jianhua, HUANG Chengyu, LI Ming

Nutrition and Food Safety Department of School of Public Health, Sichuan University, Chengdu 610041, China

**Abstract: Objective** To measure the energy expenditure of healthy adults engaged in light activities in southern China, and to provide reference database for revising Chinese RNI. **Methods** Thirty four healthy adults eligible for the energy metabolic experiment were selected. A 3-day recycled dietary prescription was designed. The food intake of all foods per person per meal were weighed and recorded, and the energy intake from diets was determined by chemical analysis. The energy expenditure was calculated by combining the change of body weight and dietary consumption. **Results** The average energy intake was (8424±1616)kJ/d [(2013±386)kcal/d], which was (9990±798)kJ/d [(2388±191)kcal/d] for men and (7032±384)kJ/d [(1681±92)kcal/d] for women. The average change of body weight of all subjects in 16 days was reduced 0.02kg, the men increased 0.15kg, and the women decreased 0.17kg. According to the energy balance principle, the ultimate energy expenditure of healthy adults in southern China was (8468±1762)kJ/d [(2024±421)kcal/d], the men was (9680±1759)kJ/d [(2314±420)kcal/d], and the women was (7391±827)kJ/d [(1767±198)kcal/d]. **Conclusions** The energy expenditure of healthy adult male engaged in light activities in southern China was 9680±1759kJ/d [(2314±420kcal/d)], and that of female was 7391±827kJ/d [(1767±198kcal/d)]. The energy expenditure of men and women measured in this study were 86kcal and 333kcal lower than the Chinese energy RNI (2400kcal and

基金项目 “十一五”国家科技支撑计划项目(No. 2008BAI58B01)

作者简介: 龚偲,女,硕士研究生,研究方向: 疾病与营养, E-mail: dolphin\_714@163.com

1 四川大学华西医院临床营养科

2 通讯作者: 李鸣, E-mail: iliman@126.com; 胡雯, E-mail: wendyhu67@21cn.com

3 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所

2100kcal) established in 2000.

**Key words:** energy balance, energy expenditure

正常成年人的能量代谢应处于零平衡状态<sup>[1]</sup>,即摄入的能量与消耗的能量相等,才能保持适宜体重,因此能量消耗量是确定其RNI值的基础。FAO/WHO/UNU(1985年)专家委员会认为<sup>[2]</sup>,应尽可能用实际测量或合理估计的能量消耗量来确定人体的能量需要量。能量平衡观察法综合运用了称重法和化学分析法,并考虑了体重变化对能量需要量的影响,其测量结果较准确可靠。由于目前我国关于成人能量需要量的实测值研究很少。本研究以我国南方地区从事轻体力活动的健康成人作为对象,采用能量平衡观察法测定其总能量消耗量,为修订我国的能量RNI值提供参考数据。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

在成都某高校选择来自长江以南地区并在成都生活3年以上,年龄18~45岁,BMI值18.5~23.9<sup>[3]</sup>的轻体力劳动水平的健康成年人34名,其中男性16人,女性18人。经过问卷调查和实验室检查,所有对象均有规律的作息时间和三餐饮食规律,无主动节食减肥、偏食、挑食及烟酒等不良嗜好,体重稳定,经检查无贫血、肝、肾功能和甲状腺功能正常,女性月经规律(避开月经期),近期末服用过影响能量代谢的药物。

试验时间为4月~6月,所有对象分批集中居住在代谢实验室,室内温度控制在18~25℃,房间湿度控制在40%~60%,在同一地点统一进餐,白天活动如常,从事轻体力活动,试验时间为16天。该设计方案经过了疾病预防控制中心营养与食品安全所伦理委员会审批,并与受试对象签订了书面知情同意书。

### 1.2 体重和身高测量

采用国产金属立柱式身高坐高计测量身高,精确到0.1cm。每天清晨起床排出隔夜尿后,着统一配发的短衣裤,采用数字式体重秤(HW100KGL,Japan)赤足称量体重并记录,精确到0.01kg。

### 1.3 食谱的制定及实施

采用膳食登记法调查研究对象平时的饮食情况并选择有代表性的食物,以中国营养学会推荐的“每日膳食中营养素供给量”及膳食宝塔和《食物成分表》为依据,根据平衡膳食的原则,结合当地的饮食习惯、市场供应情况和季节设计三日的标准食谱(碳水化合物、脂肪、蛋白质的功能比分别为55%~65%、20%~30%、10%~15%,优质蛋白占总蛋白摄入量的40%,早中晚三餐能量分配比控制在2:4:4)。食谱三天循环一次,所有对象配菜定量供给,可自由添加主食,水果统一配给,不得食用实验膳食以外的任何食物,每个对象每天进食的所有食物及剩食均进行称量和记录(精确到0.01g)。根据对象体重总体变化情况适当调整食谱,力求对象体重在试验期内变化不大。

### 1.4 膳食留样

采取双份饭法,留取该标准食谱内所有食物的样本,用匀浆机打碎搅拌均匀后取100g装入带盖的密封瓶内,于-20℃冰箱保存备检。

### 1.5 膳食营养素分析

蛋白质采用GB/T 5009.5—2003、脂肪采用GB/T 5009.6—2003、水分采用GB/T 14769—1993、灰分采用GB/T 5009.4—2003规定的方法测定。膳食纤维含量(g) = 食物原料的单位纤维含量(g/100g) × K。其中K = 取样当餐该菜品的生重/该菜品的熟重,食物原料的纤维含量查2002年食物成分表获得。计算膳食总能量摄入量 = 供能营养素 × 能量折算系数<sup>[4]</sup>。

熟食可利用碳水化合物含量(g/100g) = 100g 熟食重量 - 蛋白质含量 - 脂肪含量 - 水分含量 - 灰分含量 - 膳食纤维含量。

膳食总能量摄入量(kcal/d) = 蛋白质摄入量(g/d) × 4 + 脂肪摄入量(g/d) × 9 + 可利用碳水化合物摄入量(g/d) × 4 + 膳食纤维(g/d) × 2。

其中,膳食营养素摄入量 = Σ(各种熟食摄入量 × 该种熟食单位营养素含量)

### 1.6 数据处理

用Microsoft Excel 2003建立数据库,数据录入采用双录入的方法,所有数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示。根据食物能量摄入量 and 体重变化值,利用Thomson的能量转换系数,即每增加或减少1kg体重需要增加或减少29MJ的能量<sup>[5]</sup>,来计算每个对象每天维持能量零平衡时的总能量消耗量。计算公式为:

体重有增加时:

能量消耗量(MJ) = 每天实测能量摄入量(MJ) - 平均体重增加值(kg) × 29(MJ/kg) / 调查天数(d)

体重有减轻时:

能量消耗量(MJ) = 每天实测能量摄入量(MJ) + 平均体重增加值(kg) × 29(MJ/kg) / 调查天数(d)

## 2 结果

### 2.1 一般情况

男性对象最小20岁,最大27岁,平均年龄为(23 ± 2)岁,平均身高(170.3 ± 4.4)cm,平均体重(60.19 ± 6.25)kg,BMI平均为(20.7 ± 1.5);女性对象最小20岁,最大35岁,平均年龄为(23 ± 3)岁,平均身高(159.4 ± 4.2)cm,平均体重(50.24 ± 4.82)kg,BMI平均为(19.8 ± 1.1)。

### 2.2 标准食谱

经过预试反复修正调整,最后确定3日循环食谱,该食谱在整个试验期间内反复使用,对象总体接受度好。

### 2.3 总能量摄入量及主要产能营养素分析

在为期16天的试验期间,利用食物称重-化学分析法测得的总体对象每人每日总能量摄入量为(8424 ± 1616)kJ/d [(2013 ± 386)kcal/d],其中男性(9990 ± 798)kJ/d [(2388 ± 191)kcal/d],女性(7032 ± 384)kJ/d [(1681 ± 92)kcal/d]。男女对象的三大产能营养素功能比除蛋白质稍高外,基本与原计划中食谱设计的要求相符,能满足此次试验的需求(见表1)。

### 2.4 三餐营养素供能比

就总体对象而言,早、午、晚餐提供的能量占全天总能量

摄入量的比例分别为 24%、37% 和 39% ,其中男性对象三餐供能比例为 22%、39%、39% ,女性对象为 25%、37%、38%。

表 1 总能量摄入量及各产能营养素供能比

营养素	总体(n=34)	男性(n=16)	女性(n=18)
能量摄入量(kJ)	8424 ± 1616	9990 ± 798	7032 ± 384
碳水化合物占总能量(%)	58.0	59.3	56.4
蛋白质占总能量(%)	17.4	17.1	17.7
脂肪占总能量(%)	23.4	22.4	24.6
膳食纤维占总能量(%)	1.2	1.2	1.3

## 2.5 总能量消耗量

由表 2 可见,在试验期内,总体对象的体重平均减轻了 0.02kg,其中男性对象体重平均增长 0.15kg,女性对象平均减轻 0.17kg。利用能量平衡原理,总体对象的每人每日总能量消耗量为(8468 ± 1762) kJ/d [(2024 ± 421) kcal/d],其中男性为(9680 ± 1759) kJ/d [(2314 ± 420) kcal/d],女性为(7391 ± 827) kJ/d [(1767 ± 198) kcal/d]。

表 2 体重变化及总能量消耗量

性别	n	体重变化(kg)	能量摄入量(kJ/d)	能量消耗量 <sup>(1)</sup> (kJ/d)
男性	16	0.15	9990 ± 798	9680 ± 1759
女性	18	-0.17	7032 ± 384	7391 ± 827
合计	34	-0.02	8424 ± 1616	8468 ± 1762

注:(1) 每天维持能量零平衡时的总能量消耗量。

## 3 讨论

我国现在使用的《中国居民膳食营养素参考摄入量》中能量的推荐摄入量是 2000 年中国营养学会参照 1985 年 FAO/WHO/UNU 有关能量方面的报告修订的<sup>[6]</sup>;其中,从事轻体力活动的 18 岁健康成年男性为 2400kcal,女性为 2100kcal。由于缺乏可靠的中国人实测数据,可能存在用 WHO 方程高估中国人基础代谢的现象<sup>[7-8]</sup>。

从我国 1982 年到 2002 年的三次全国营养调查可发现,按标准人计,我国居民实际能量摄入量逐渐下降,与推荐摄入量的差距加大。并且随着我国经济的转型,如超重、肥胖、糖尿病等营养失衡(能量过剩)相关疾病还呈明显上升趋势。由于过高的能量推荐值会增加人群超重甚至肥胖的风险,所以现行的能量推荐值已明显不适合中国人,需要大量我国居民的实测数据进行修正。

本研究能量平衡观察法之所以能量测定结果相对准确,不仅因为其考虑了体重变化对估算能量消耗量的影响,还因为其运用称重法能获得每人每餐各种食物准确的摄入量<sup>[9]</sup>,以及用化学分析法能测得每人每餐各种食物所含的准确能量,与称重法结合起来可准确获得各产能营养素摄入量。在刘健敏的研究中显示,能量平衡观察法的结果与“金标准”双标水的测量结果最为接近,仅高出 0.2%<sup>[10]</sup>,所以用此法测定总能量消耗的结果较为准确。

2001 年蒋卓勤等<sup>[11]</sup>用 24h 活动调查和要因加算法估算同为南方的广东省共 343 名轻体力男女对象总能量消耗量比

本研究测量值高出 2152kJ 和 2169kJ,造成此差距的原因,其一,可能是其研究中选取的男女对象平均 BMI 约为 22,而本研究对象的平均 BMI 约为 20,BMI 及体重的差异会造成能量消耗量的差异。其二,就是确实与我国居民现在的能量消耗量降低有关。从 2001 年到 2009 年间,我国居民的饮食结构、体力活动水平和生活方式等都在随经济的发展而变化,膳食摄入量逐年下降和体力活动水平的降低可造成能量消耗量的降低。其三,方法的不同可能会产生结果上的差异。24h 活动调查采取的是问卷调查,对象的回忆偏倚或理解错误有可能造成结果的高估<sup>[10]</sup>。而本研究综合利用称重法和化学分析法,加上考虑体重对总能量消耗量的影响,结果相较更为准确。

本研究依照能量平衡观察法得到的我国南方轻体力活动健康成人男性总能量消耗量比其 RNI 值降低了 86kcal,女性比其 RNI 值降低了 333kcal。由于试验的操作复杂,并且要求对象的依从性高,所以限制了本研究对象的来源和数量。但由于该方法能获得比较准确的能量摄入量,且对象均来自南方,在选取时又严格遵守纳入和排除标准,避免了节食、偏食、挑食等对象主观因素对试验依从性可能产生的影响,故认为研究结果能在一定程度上代表南方轻体力活动健康成人的能量消耗水平。

## 参考文献

- GENTON L, VAN GERMERT W G, SOETERS P B. Basic concepts in nutrition: nutritional requirements for health at rest and on exercise, adult subjects[J]. e-SPEN 2008; 163-166.
- FAO/WHO/UNU. Energy and protein requirements [M]. Technical Report Series 724 Geneva: WHO, 1984.
- 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值: 适宜体重指数和腰围切点的研究[J]. 中华流行病学杂志 2002; 23: 5210.
- 郭军, 杨月欣. 食物能量换算系数的现状[J]. 国外医学卫生学分册 2006; 33(1): 28-33.
- 葛可佑. 中国营养科学全书[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2004.
- 葛可佑. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000.
- CASE K O, BRAHLER C J, HEISS C. Resting energy expenditures in Asian women measured by indirect calorimetry are lower than expenditures calculated from prediction equations [J]. J Am Diet Assoc, 1997; 97: 1288-1292.
- LEUNG R, WOO J, CHAN D, et al. Validation of prediction equations for basal metabolic rate in Chinese subjects [J]. Eur J Clin Nutr, 2000; 54: 551-554.
- 李艳平, 王冬, 何宇纳, 等. 不同膳食调查方法评估人群能量和营养素摄入量的比较[J]. 中国慢性病预防与控制 2007; 15(2): 79-83.
- 刘健敏. 中国青年女性膳食能量参考摄入量的研究及日常体力活动能量消耗初探[C]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2008.
- 蒋卓勤, 杨月欣, 周福珍, 等. 城市轻体力劳动成年人能量需要量的初探[J]. 营养学报 2001; 23(4): 354-357.

收稿日期: 2011-04-23