

南京市 40~60 岁人群能量消耗相关因素研究

鹿 琦,朱晓梅*

(江苏省体育科学研究所,江苏 南京 210033)

[摘要] 目的:了解南京市 40~60 岁成年人不同活动状态下能量消耗的相关因素。方法:招募南京市 40~60 岁男女性成年人 110 名,测量其身高、体重,并计算体重指数(body mass index, BMI)与体表面积(body surface area, BSA),通过双能 X 线体成分扫描仪获得体成分信息。观察其在能量代谢舱内生活 11 h 期间,处于平躺、运动、上网、睡眠、静息代谢状态的能量消耗。分析年龄、性别、体重、身高、BMI、体成分等指标对不同活动状态能耗的影响。结果:①男性受试者基础代谢为(2 036.25±226.45)kcal/d,女性受试者基础代谢为(1 673.21±173.37)kcal/d,差异有统计学意义($P<0.01$);不同年龄段受试者基础代谢相近,差异没有统计学意义($P>0.05$)。去除去脂体重(fat-free mass, FFM)的影响后发现,不同活动状态下女性的能耗高于男性且有统计学意义($P<0.01$);但不同年龄段受试者能耗差异没有统计学意义($P>0.05$)。②男女受试者不同活动状态的能耗与 FFM、体重、BSA、BMI 和体脂含量等指标存在显著相关($P<0.01$)。对各相关因素进行多元回归分析后发现,性别、FFM、体脂含量对能耗的影响有统计学意义($P<0.05$)。结论:南京市 40~60 岁成年人不同活动状态下的能量消耗主要受到 FFM 和体脂含量的影响。

[关键词] 成年人;能量代谢舱;去脂体重;能量消耗

[中图分类号] G804.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2017)04-437-05

doi:10.7655/NYDXBNS20170411

A study on the factors related to energy consumption among residents aged from 40~60 years at different activity states in Nanjing

Lu Qi, Zhu Xiaomei*

(Jiangsu Research Institute of Sports Science, Nanjing 210033, China)

[Abstract] **Objectives:** To learn the factors related to energy consumption among residents aged from 40~60 years in Nanjing. **Methods:** A total of 110 men and women were recruited in Nanjing, their height and body weight were measured, and then body mass index (BMI) and body surface area (BSA) were calculated. The body composition information was recorded according to the dual energy X-ray body scanner. The energy consumption was respectively observed for flat-lying, exercising, internet browsing, sleeping, and rest metabolism during 11 hours they lived in the metabolism chamber. The relationship was analyzed between the energy consumption of different activity states and age, gender, body weight, height, BMI or body composition. **Results:** ①The basal metabolism of male and female subjects was (2 036.25 ± 226.45) kcal/d, (1 673.21 ± 173.37) kcal/d, respectively, the difference was significant ($P<0.01$); There were no significant differences in basal metabolism between subjects of different age groups ($P>0.05$). The energy consumption of women at different activity states was significantly higher than that of male ($P<0.01$) when energy expenditure (EE)/fat-free mass (FFM); However, there were no significant differences in energy consumption between subjects at different ages when EE/FFM ($P>0.05$). ②The energy consumption of male and female subjects was significantly correlated with FFM, body weight, BSA, BMI, and body fat ($P<0.01$). According to the multiple regression analysis, it was found that the energy consumption under different active states was affected by gender, body fat, and FFM ($P<0.05$). **Conclusion:** The energy consumption of different activity states is mainly related to the FFM and body fat among the residents aged from 40~60 years in Nanjing.

[Key words] adult; energy metabolism chamber; fat-free mass; energy consumption

[Acta Univ Med Nanjing, 2017, 37(04):437-441]

[基金项目] 江苏省科技厅社会发展项目(BE2013726)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: 1071995407@qq.com

能量平衡是机体健康的重要保证。能量代谢与机体诸多因素有关,如性别、年龄、活动状态、疾病情

况,也包括体成分。因此,了解人类能量消耗的相关因素,对个性化地制订精准的能量需要量、预测机体能量消耗均具有重要意义。

我国近期的相关研究主要集中在利用呼吸面罩进行的中青年运动以及家务时能量消耗特征、不同人群基础代谢特点等方面^[1-7],但对较长时间内不同活动状态下能量消耗的相关因素尚缺乏精确的了解,给不同人群能量消耗的精准指导带来诸多不便,因此很有必要开展相关研究。

本研究以南京市40~60岁成人为研究对象,探讨了性别、年龄、体成分与不同活动状态下能量消耗的关系,以便为今后中老年人体力活动推荐量表提供数据支持与依据,也为以体成分来建立不同活动能量消耗的简易计算方法提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象

通过社区招募,在南京市选择40~60岁的男女女性成年人进行体检,剔除患有高血压、冠心病、糖尿病、甲状腺功能亢进、甲状腺功能减退等人群,最终确定受试者人数为男54例,女56例,受试者签订知情同意后参加相关测试。

1.2 方法

1.2.1 身体测量

受试者于测试当天进行基本信息调查,身高、体重测量,并用美国通用公司Lunar Prodigy型双能X线体成分扫描仪进行扫描,记录脂肪百分比、体脂重量、去脂体重、肌肉重量等信息。计算身体重指数(BMI)和身体体表面积(BSA), $BMI = \text{体重}(\text{kg}) / \text{身高}^2(\text{m}^2)$, $\text{体表面积}(\text{m}^2) = 0.010\ 061 \times \text{身高} + 0.010\ 124 \times \text{体重} - 0.010\ 099$ ^[8]。

1.2.2 不同活动状态下能量消耗的测定

目前,人体的能量消耗能够通过测量热量的流失(直接测热法)或者通过测量耗氧量(VO_2)、二氧化碳生成量(VCO_2)以及尿中氮的流失(间接测热法)来计算。我国近年来对能量消耗的研究大多采用呼吸面罩的方式,但是利用呼吸面罩测试人体能量消耗具有局限性^[9]。而研究人体较长时间的能量消耗和体力活动的详细情况,能量代谢舱(metabolic chamber)无疑是最好的选择,且国际上将能量代谢舱作为人体能量消耗测定的“金标准”^[10-11]。能量代谢舱为一个近似密闭房间,主要收集受试者呼吸出的气体,通过计算舱内气体成分的改变,从而推算受试者的能量消耗^[10]。本研究使用能量代谢舱进行人体不同活动状态下的能耗测定。

1.2.2.1 活动安排

受试者进入能量代谢舱前首先佩戴 IDEEA-III 穿戴式运动测量设备(可以24 h记录受试者的活动状态及能耗),并于7:00pm进入能量代谢舱,具体测试流程如下:①8:00pm~8:20pm受试者平躺;②8:40pm~9:00pm进行跑台运动;③9:20pm~10:20pm受试者上网浏览网页1 h;④10:30pm熄灯睡觉;⑤第2天6:30am受试者被唤醒后继续平躺30 min,测定基础代谢^[12]。7:00am受试者出舱,整个测试结束。

1.2.2.2 能量消耗测定

收集受试者进行各种活动时呼吸出的气体,使用Magnos 4G型氧气分析仪及Magnos 3G二氧化碳分析仪进行相关测试,并利用Winroom软件(美国MiniSun)进行计算后得到能量消耗的数值。

1.2.2.3 质量控制

①代谢舱恒定条件控制:代谢舱体积约为8 m³,始终保持室内温度21~22℃,湿度30%~40%,气压为1个标准大气压,受试者与外界的交流通过对讲机进行。②受试者活动控制:每次测试进行前受试者按下记录按钮方可开始。在进行基础代谢能量消耗测试时,若受试者提前醒来,嘱咐其卧床、闭眼休息,以保证所有受试对象都处于完全空腹、安静、清醒且舒适的状态。测试过程中受试者不能活动四肢、说话和摇头,以排除肌肉活动对基础代谢的影响。睡眠期间,受试者有较大动作能耗时 IDEEA-III 可以甄别并记录下来,在后期数据处理中予以剔除。③测试过程质控:实验期间,每测试5例,实验室整体精确度定标1次,时间持续12 h^[13]。

1.3 统计学方法

采用SPSS18.0统计软件进行统计分析,所有数据以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本t检验比较两组间差异,相关性分析用Pearson相关性分析,同时对不同活动中能量消耗的相关因素进行多元回归分析。 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 受试者基本信息

本研究中不同性别受试者身高、体重、体脂百分比、体脂重量、去脂体重及BMI的差异有统计学意义($P < 0.01$);不同性别受试者年龄差异无统计学意义($P > 0.05$);不同年龄段受试者体成分指标差异没有统计学意义($P > 0.05$,表1)。

2.2 不同活动状态的能耗对比

本研究中,不同性别受试者在不同活动状态的

能耗差异有统计学意义($P < 0.01$)。按照年龄段划分, 40~49 岁与 50~59 岁受试者在不同活动状态下的能量消耗差异没有统计学意义($P > 0.05$, 表 2)。在校正去脂体重后不同性别受试者的能耗差异有统计学意义($P < 0.01$), 而不同年龄段受试者不同活动状态下的能耗差异没有统计学意义($P > 0.05$, 表 3)。

2.3 不同活动状态下能耗与体成分间的关系

男女性的运动能耗与身高均不存在显著相关性($P > 0.05$), 而与体重、去脂体重、体脂含量、BMI 和体表面积存在显著正相关($P < 0.01$)。男性平躺能耗、上

网能耗、睡眠能耗和基础代谢均与体表面积、BMI、体脂含量、去脂体重和体重、身高存在显著正相关($P < 0.01$); 女性除平躺能耗与身高不存在相关性外, 其余能耗与体成分间的相关性与男性一致。不同活动状态的能耗与年龄均不存在显著相关 ($P > 0.05$, 表 4)。

2.4 能耗与体成分之间的回归分析

回归分析表明, 不同性别受试者在不同活动状态下, 去脂体重和体脂含量对能耗都产生了显著影响($P < 0.05$, 表 5)。

表 1 受试者的基本信息
Table 1 Characters of the participants

项目	性别		年龄(岁)	
	男(n=54)	女(n=56)	40~49(n=52)	50~59(n=58)
年龄(岁)	50.18±5.25	48.34±4.87	-	-
身高(cm)	170.91±5.81**	159.57±5.65	165.85±7.87	164.50±8.24
体重(kg)	72.95±10.44**	60.65±7.74	67.73±10.75	65.75±11.27
体脂百分比(%)	23.63±5.25**	34.38±5.58	30.42±7.27	27.92±7.82
体脂重量(kg)	16.77±5.69**	20.25±5.17	19.68±5.24	17.62±5.76
去脂体重(kg)	56.17±6.28**	40.40±4.19	48.16±9.84	48.21±9.57
BMI(kg/m ²)	24.93±3.00	23.82±2.84	24.55±2.81	24.20±3.10

与女性比较, ** $P < 0.01$ 。

表 2 受试者不同活动状态能耗指标对比
Table 2 Comparison of energy consumption between male and female at different activity states (kcal)

状态能耗	性别		年龄(岁)	
	男(n=54)	女(n=56)	40~49(n=52)	50~59(n=58)
平躺能耗(20 min)	32.88±4.46**	25.67±2.67	29.82±5.36	28.67±4.91
运动能耗(20 min)	100.10±20.52**	85.03±15.05	95.60±19.62	89.58±18.91
上网能耗(60 min)	101.07±11.32**	83.94±9.00	93.55±18.86	91.27±12.82
睡眠能耗(480 min)	641.12±56.66**	545.99±51.73	601.08±68.59	585.20±74.86
总能耗(660 min)	1 026.36±96.07**	857.72±73.98	954.89±119.03	927.61±120.61
基础代谢(1 440 min)	2 036.25±226.45**	1 673.21±173.37	1 850.90±267.58	1 851.90±276.02

与女性比较, ** $P < 0.01$ 。

表 3 受试者不同活动状态能耗指标去除去脂体重后对比
Table 3 Comparison of subjects with different activities of energy consumption removed fat-free mass (kcal/kg)

状态能耗	性别		年龄(岁)	
	男(n=54)	女(n=56)	40~49(n=52)	50~59(n=58)
平躺能耗	42.19±4.36**	46.05±5.24	45.12±5.56	43.29±4.71
运动能耗	129.86±16.95**	151.89±23.39	144.88±23.85	137.66±22.26
上网能耗	43.29±3.74**	50.11±5.28	47.44±6.26	46.15±5.16
睡眠能耗	34.38±2.66**	40.72±3.51	38.25±4.98	37.03±3.87
基础代谢	36.42±3.83**	41.63±4.40	39.13±4.98	37.03±3.88

与女性比较, ** $P < 0.01$ 。

表 4 受试者生理参数与各活动状态能耗的相关性

Table 4 Correlation between physiological parameters and energy consumption of the subjects at different activity states (r)

状态能耗		年龄	身高	体重	去脂体重	体脂含量	BMI	体表面积
平躺能耗	男	-0.06	0.52**	0.66**	0.66**	0.48**	0.50**	0.69**
	女	-0.26	0.25	0.55**	0.56**	0.23**	0.42**	0.56**
运动能耗	男	0.01	0.20	0.54**	0.47**	0.49**	0.53**	0.47**
	女	-0.18	0.17	0.60**	0.48**	0.50**	0.54**	0.49**
上网能耗	男	0.07	0.46**	0.74**	0.72**	0.55**	0.61**	0.72**
	女	-0.23	0.21**	0.42**	0.51**	0.23**	0.33*	0.40**
睡眠能耗	男	0.04	0.56**	0.76**	0.73**	0.58**	0.58**	0.78**
	女	-0.19	0.35**	0.62**	0.61**	0.44**	0.47**	0.60**
基础代谢	男	0.08	0.39**	0.54**	0.54**	0.40**	0.43**	0.55**
	女	-0.06	0.36**	0.42**	0.51**	0.20**	0.22**	0.46**

*P<0.05, **P<0.01。

表 5 受试者不同活动状态能耗与相关参数多元回归分析

Table 5 Multiple regression for energy consumption and the related parameters in the subjects at different activity states

状态能耗	因素	标化系数	标准误	t 值	P 值
平躺能耗	去脂体重	0.64	0.06	5.80	<0.01
	体脂含量	0.11	0.06	1.93	<0.05
	性别	0.21	1.19	2.01	<0.05
运动能耗	去脂体重	0.61	0.24	4.88	<0.01
	体脂含量	0.39	0.24	5.27	<0.01
	性别	0.07	4.79	3.24	<0.05
上网能耗	去脂体重	0.77	0.15	6.86	<0.01
	体脂含量	0.13	0.16	2.11	<0.05
	性别	0.05	3.11	2.07	<0.05
睡眠能耗	去脂体重	0.74	0.76	7.26	<0.01
	体脂含量	0.21	0.76	3.45	<0.01
	性别	0.12	11.3	2.53	<0.05
基础代谢	去脂体重	0.62	3.41	5.10	<0.01
	体脂含量	0.08	3.43	1.95	<0.05
	性别	0.19	68.77	1.89	<0.05

3 讨论

3.1 年龄和性别对能耗的影响

本研究发现,不同年龄段人群在不同活动状态下能耗差异没有统计学意义,即使在校正了去脂体重后,差异也没有统计学意义(P>0.05)。可能是由于本研究中受试者年龄的跨度不够大所致。不同活动状态下男性实测能耗高于女性,差异有统计学意义(P<0.01),但校正了去脂体重后,女性每公斤去脂体重的能耗显著高于男性,差异有统计学意义(P<0.01)。说明性别对能耗的影响是独立的。然而国外学者有不同的研究结论。Birgitte 等^[14]选取 235 名女

性及 78 名男性研究性别和年龄对能量代谢的影响,发现能耗差异的原因中约 90%是因为去脂体重、脂肪量、无意识的体力活动和运动时长的差异所造成,而年龄和性别并没有对此差异做出显著性的贡献。Lazzer 等^[15]的研究也同样证实白人肥胖受试者中性别对能耗没有影响。但是国外学者的研究与本实验的区别在于,受试者年龄及 BMI 的跨度较大。

3.2 体成分对能耗的影响

本研究结果显示,能耗与去脂体重、体表面积、体重、体脂含量、BMI 等指标显著相关(P<0.05)。夏韶民等^[16]在对 82 名平均年龄 80 岁的中国健康汉族老年人的能耗测定中也发现与本研究一致的能耗相关性。根据多元回归分析的结果可以看到不同活动状态下,性别、去脂体重、体脂含量对能耗有显著影响(P<0.05)。国外一些学者的研究与本实验研究结果一致。Dauncey^[17]测试了 4 男 4 女,年龄范围在 24~48 岁,发现这些研究对象的能量消耗与去脂组织有关。Garrow 和 Irsigler^[18-19]分别研究了 19 名年龄在 17~56 岁的肥胖女性能耗以及 13 名年龄在 16~23 岁的年轻女性的能耗,也证实了去脂体重和能耗之间的显著相关。

去脂体重(FFM)是一个可以表示人体活跃组织(细胞)量的一个统计学指标,是对于安静能耗、睡眠能耗或 24 h 能耗最好的单一性预测指标^[20]。根据这一指标来推算能量消耗,在国际上是广泛认可的。这是因为:①受试者尽管在年龄和体型上有差别,但可能具有相似的激素水平,而激素主要影响机体具有代谢功能的组织(即去脂组织)。②人体活跃组织是一个概念并没有明确的定义,但是它被认为是具有高代谢活动器官的总和(脑、肝脏、骨骼肌等),同时

不包括那些低代谢活动的身体组织(如脂肪、骨骼、皮肤等),所以去脂体重代表了体内主要的耗能成分。③老年人基础代谢率的降低是因为伴随年龄的增长,肌肉量相应减少所导致^[21]。男性和女性能耗的差异也与体成分有关,因为女性比男性拥有更多的脂肪和更少的去脂体重。

先前的一些研究显示,体脂重量(FM)对于睡眠能耗有显著的影响^[22]。刘燕萍等^[9]的研究结果显示脂肪重量与BMI呈显著正相关,但该研究对象为BMI正常人群。张荣欣等^[4]认为能耗的主要影响因素是FFM,但FM也是影响因素之一。本研究中的研究结果与前人相同。但也有不同的研究结果,Campbell等^[23]的研究结果显示,乳腺癌患者化疗中机体脂肪含量增加,但是静息能量消耗并未增加。还有研究认为,睡眠能耗由中枢神经系统与交感神经系统介导,与体脂含量呈负相关^[12]。由于男女的身体组成不同,女性比男性有更多的脂肪,且本研究男女性的体脂重量与能耗存在有意义的相关,故本文结果提示不同量和不同分布的脂肪组织对能量代谢存在影响,这有待今后进一步的研究予以证实。

综上,本研究选取不同的日常生活方式,通过能量代谢舱测量能量消耗值,发现不同活动状态的能耗与体重、BMI、去脂体重、体表面积等指标呈现显著性相关,多元回归分析显示去脂体重、体脂含量对能量消耗的影响较为显著。为今后中老年人体力活动推荐量表提供了数据支持与参考依据。但影响能量消耗的因素比较复杂,下一步研究将对运动时间、负荷等的作用作进一步探索,并对年幼、年老以及特殊病人群的能量消耗特点进行详细研究,能耗是否与体脂分布有关也需进一步的研究。

[参考文献]

[1] 徐杰.不同体重女性拖地和乒乓球运动中能量消耗的比较研究[J].郑州师范教育,2015,4(6):66-68
[2] 朱琳,陈佩杰,庄洁,等.12~14岁正常和肥胖男性青少年运动能耗的比较研究[J].中国运动医学杂志,2011,30(2):166-169,181
[3] 金丽,薛芹波,李然,等.八段锦、第九套广播体操能量消耗特征比较研究[J].中国运动医学杂志,2015,34(6):588-591
[4] 张荣欣,景洪江,张月红,等.不同体重成年人静息能量消耗分析[J].军医进修学院学报,2011,32(3):246-249
[5] 袁林,宋应华,刘心伟,等.不同体重人群爬楼梯过程中能量消耗的测定[J].中国体育科技,2012,48(3):104-107
[6] 余丹,曾果,李鸣,等.中国南方中青年体力活动

能量消耗研究[J].卫生研究,2010,39(6):715-718
[7] 张莹,吴景欢,洪平,等.北京市超重和肥胖成人基础代谢率的研究[J].卫生研究,2016,45(5):739-742
[8] 胡咏梅,武晓洛,胡志红,等.关于中国人体表面积公式的研究[J].生理学报,1999,51(1):45-48
[9] 刘燕萍,陈伟,毛德倩,等.间接测热法测定北京成年居民基础代谢率及与身体成分的相关性[J].协和医学杂志,2013,4(1):11-14
[10] Ravussin E, Lillioja S, Christin L, et al. Determinants of 24-hour energy-expenditure in man[J]. Int J Obes, 1987, 11(2):3
[11] 鹿琦,朱晓梅.能量代谢实验室的构建与特色[J].中国组织工程研究,2012,16(42):7965-7971
[12] Zhang K, Sun M, Werner P, et al. Sleeping metabolic rate in relation to body mass index and body composition[J]. Int J Obes Relat Metab Disord, 2002, 26(3):376-383
[13] 鹿琦,朱晓梅.能量代谢实验室酒精定标方法的研究[J].四川解剖学杂志,2013,21(2):21-24
[14] Birgitte K, Sren T, Arne A. Age and sex effects on energy expenditure[J]. Am J Clin Nutr, 1997, 65(4):895-907
[15] Lazzer S, Bedogni G, Lafortuna CL, et al. Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects[J]. Obesity (Silver Spring), 2010, 18(1):71-78
[16] 夏韶民,蔡威,汤庆娅,等.健康老年人静息能量消耗[J].营养学报,2002,24(4):347-351
[17] Dauncey MJ. Metabolic effects of altering the 24 h energy intake in man, using direct and indirect calorimetry[J]. Br J Nutr, 1980, 43(2):257-269
[18] Garrow JS, Stalley S, Diethelm R, et al. A new method for measuring the body density of obese adults[J]. Br J Nutr, 1979, 42(2):173-183
[19] Irsigler K, Veitl V, Sigmund A, et al. Calorimetric results in man: energy output in normal and overweight subjects[J]. Metabolism, 1979, 28(11):1127-1132
[20] Webb P. Energy expenditure and fat-free mass in men and women[J]. Am J Clin Nutr, 1981, 34(9):1816-1826
[21] Tzankoff SP, Norris AH. Effect of muscle mass decrease on age-related BMR changes[J]. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1977, 43(6):1001-1006
[22] Webb P, Sangal S. Sedentary daily expenditure: a base for estimating individual energy requirements[J]. Am J Clin Nutr, 1991, 53(3):606-611
[23] Campbell KL, Lane K, Martin AD, et al. Resting energy expenditure and body mass changes in women during adjuvant chemotherapy for breast cancer[J]. Cancer Nurs, 2007, 30(2):95-100

[收稿日期] 2016-11-24