

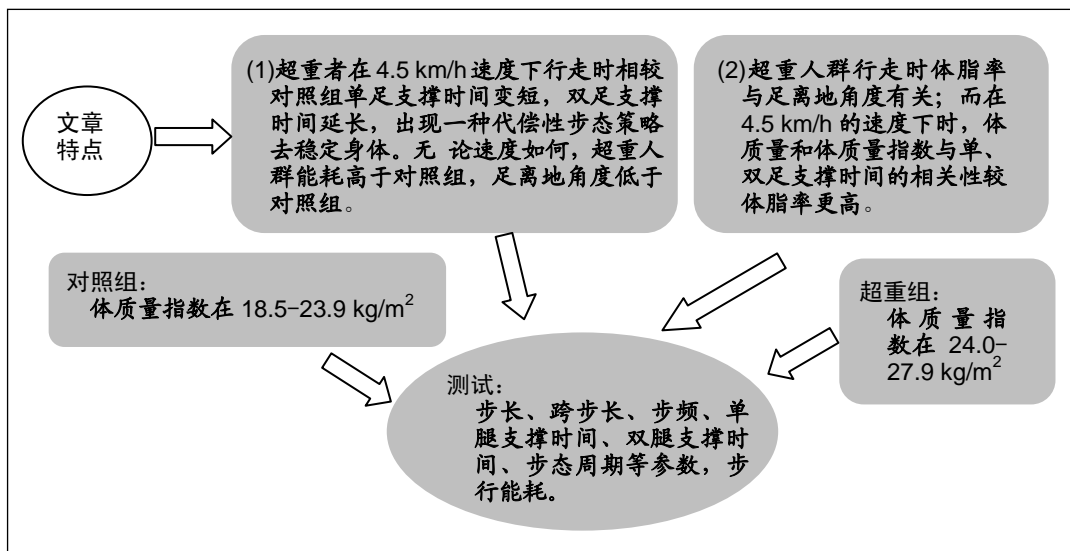
超重成年人步态特征与能耗

鹿琦(江苏省体育科学研究所, 江苏省南京市 210033)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.2901

ORCID: 0000-0001-8214-3846(鹿琦)

文章快速阅读:



鹿琦, 男, 1983 年生, 山西省运城市人, 汉族, 2010 年武汉体育学院毕业, 硕士, 助理研究员, 主要从事体能训练及大众体力活动能耗研究。

文献标识码:A

投稿日期: 2020-03-10

送审日期: 2020-03-17

采用日期: 2020-04-22

在线日期: 2020-06-01



文题释义:

能量消耗: 在中国首次建立并使用能量代谢舱测定成年受试者的运动能耗及呼吸商等相关数据, 配合 IDEEA 的使用同步监测受试者的步态特征。该方法测定人体相关能耗数据准确, 快速反馈且测试时间不受限制, 测试环境与日常生活无异。

步态特征: 使用 IDEEA(智能步态分析仪)测定人体步行过程中的时空步态参数, 还可以识别人体在运动中的运动类型(走、跑、蹬阶), 测定人体在运动中各个关节的角度及足底压力情况。该方法实施简便, 反馈及时, 安全高效。

摘要

背景: 许多研究都对肥胖者的步态改变进行了研究, 但是少有对超重者的步态与能耗进行研究。

目的: 对比超重人群与正常体质量人群的运动能耗及步态特征, 探究体成分与步态参数的关系。

方法: 75 名男性受试者按照体质量指数分为 2 组, 对照组 40 人(体质量指数在 18.5-23.9 kg/m²); 超重组 35 人(体质量指数在 24.0-27.9 kg/m²)。测试前测量所有受试者的体成分数据。所有参与者佩戴 IDEEA-III 在跑步机上按设定好的速度 3.5, 4.5 km/h 各行走 10 min, 记录步长、跨步长、步频、单腿支撑时间、双腿支撑时间、步态周期等参数, 并进行能量代谢舱测定受试者的步行能耗。研究中使用人体受试者得到了江苏省体育科学研究所审查委员会的批准, 所有受试者在参与之前都阅读并签订了知情同意书。

结果与结论: ①2 组受试者年龄、身高无显著差异, 其余体成分指标差异显著($P < 0.05$); ②在 3.5 km/h 的速度下, 超重组受试者在拔腿强度、摆腿强度、地面冲击力、足落地控制及步频均显著高于对照组($P < 0.05$), 步态周期时间、足离地前角度超重组受试者显著低于对照组($P < 0.05$), 其余步态参数未见显著差异; ③在 4.5 km/h 的速度下, 超重组受试者单腿站立时间低于对照组, 双腿站立时间高于对照组, 步态周期时间低于对照组, 差异均有显著性意义($P < 0.05$), 超重组拔腿强度、步频高于对照组、足离地角度显著低于对照组($P < 0.05$); ④在 3.5 km/h 速度下, 仅体质量指数、体脂率与足离地角度有关, 在 4.5 km/h 速度下, 体质量及体质量指数与单足支撑时间, 双足支撑时间要优于体脂率。速度过慢时超重人群的步态可以不发生改变, 较快速度时步态则出现明显改变。无论速度如何, 超重组能耗、相对能耗较对照组更高。

关键词:

超重; 体质量; 能量; 步态; 代谢; 消耗; 体成分

中图分类号: R446; R496; R318

基金资助:

江苏省科技支撑计划社会发展项目(BE2013726)

Lu Qi, Master, Associate researcher, Jiangsu Research Institute of Sports Science, Nanjing 210033, Jiangsu Province, China

Energy consumption and gait characteristics of overweight adults

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

Abstract

BACKGROUND: Many studies have investigated gait modification in obese people; however, no research has been carried out in gait and energy cost of overweight subjects.

OBJECTIVE: To compare the energy consumption and gait characteristics of overweight and normal weight groups, and explore the relationship between body composition and gait parameters.

METHODS: Seventy-five male subjects were divided into two groups according to body mass index: the control group ($n=40$, body mass index: 18.5–23.9 kg/m²), the overweight group ($n=35$, body mass index: 24.0–27.9 kg/m²). The body composition data of all subjects were measured before the test. All participants wore IDEEA-III to walk on the treadmill for 10 minutes at the set speed of 3.5 and 4.5 km/h respectively. The parameters such as step length, stride length, cadence, single leg support time, double leg support time, and gait cycle were recorded. Metabolic cost of walking of the subjects was measured and recorded by the metabolic chamber. The use of human subjects was approved by the review committee of Jiangsu Research Institute of Sports Science. All subjects signed the informed consent.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) There was no significant difference in age and height between the two groups, and there was significant difference in other body composition indexes ($P < 0.05$). (2) At the speed of 3.5 km/h, the pulling power, swinging power, ground force reaction, foot landing control, and cadence in the overweight group were significantly higher than in the control group ($P < 0.05$). The gait cycle and the angle of foot before leaving the ground were significantly lower in the overweight group than in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in other gait parameters. (3) At the speed of 4.5 km/h, single leg support time was lower in the overweight group than in the control group; the double leg support time was higher in the overweight group than in the control group; and the gait cycle time was lower in the overweight group than in the control group, with significant difference ($P < 0.05$). Compared with the control group, pulling power and cadence were higher, and the angle of foot off the ground was lower in the overweight group ($P < 0.05$). (4) At the speed of 3.5 km/h, only body mass index and body fat percentage were related to the angle of foot off the ground. At the speed of 4.5 km/h, single leg support time and double leg support time were more highly correlated with body mass index and body mass. The body fat percentage was more correlated to the angle of foot off the ground. When the speed was too slow, the gait of overweight people could not be changed, but when the speed was fast, the gait changes obviously. Regardless of the speed, metabolic cost of walking and metabolic cost of walking after standardized body mass in the overweight group were higher than in the control group.

Key words: overweight; body mass; energy; gait; metabolism; consumption; body composition

Funding: the Social Development Project of Jiangsu Science and Technology Support Plan, No. BE2013726

0 引言 Introduction

WHO将超重和肥胖定义为有损健康的过多或异常的脂肪累积。超重、肥胖与心血管疾病、代谢综合征等慢性疾病都有密切联系,而过大的体质量则会导致诸如慢性下背痛、足底筋膜炎、慢性足跟痛等慢性疾病的发生。同时超重与肥胖对人体在功能与结构上产生不利的影响,进而影响人体姿势和稳定性控制,使跌倒、损伤及骨关节炎的发生风险成倍上升。

在中国超重人口每年以3%左右的速度上升,但对于此类人群的步态研究并不多见。而在国际上也主要是将研究范围聚焦在肥胖人群或者其他人群。目前研究较多集中于肥胖青少年、学龄儿童、老人、骨关节术后患者及残障人群,研究内容则集中于步行生物力学改变、能量利用效率、运动功能及认知反应等方面^[1-5]。

近年来可穿戴式设备的出现使得步态研究的手段多样化^[6-10],它对受试者影响极小,无需特定的场地和昂贵的外部设备且操作步骤简单。由美国Minisun公司研发的智能步态分析系统-III(IDEEA-III)属于可穿戴式测量设备中的一种,兼具小巧易操作和反馈快速的优势,同时在测量的精度和效度方面已经被科研学者所验证^[11-14]。

步行是进行体质量管理最常用的体力活动形式,因为它易执行,而且可以涉及人体相当多的能源消耗。步行的高能耗可能增加自感劳累、引起早期疲劳并降低超重人群的活动能力。此次研究的目的有2个:①评估正常体质量与

超重成年男性的步态与能耗特征;②评估体成分和步态特征之间的关系。为此做出2个假设:第一个假设是超重的成年人与正常体质量的成年人相比,在步态特征及能耗上表现出差异;第二个假设是体成分指标(体质量、体脂率、体质量指数)与步态参数有较强的相关性。研究的结果将进一步了解超重如何改变步态特征和稳定性,以及在未来的研究中,体成分中的哪些指标可以更准确地评估步态特征。同时对制定针对超重人群有效的体力活动建议,实现能量消耗的目标以及降低肌肉骨骼损伤风险有着重要的现实意义。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 分组对照观察。

1.2 时间及地点 实验于2016年1至6月在江苏省体育科学研究所能量代谢实验室进行。

1.3 对象 招募的受试对象来自南京市栖霞区西岗街道的居民,均为男性,年龄范围在35–50岁之间。

受试者的纳入标准^[6]:①自然行走无明显异样,无肢体残障;②在7 d以内无感冒等疾病的发生;③体质量在近期并未发生明显的变化。

排除标准:有高血压、高血脂、甲亢、心脏病等慢性疾病。

最终纳入测试人数为75人。75名男性受试者按照体质量指数分为2组,对照组40人(体质量指数为18.5–23.9 kg/m²),超重组35人(体质量指数为24.0–27.9 kg/m²)^[15]。

在研究中使用人体受试者得到了江苏省体育科学研究所审查委员会的批准,所有受试者在参与之前都阅读并签订了知情同意书。

1.4 方法

1.4.1 步态分析

使用美国MiniSun公司生产的智能步态分析仪(IDEEA-III)进行步态分析。它由1个主机和7个肢体微型传感器组成^[9]。通过粘贴在患者双大腿、双踝、双足和胸骨上的三维加速度传感器,采集步态数据,并即时无线传输至腰部的主机,受试者配带方便,对受试者行走无任何干扰,最长可记录达7 d的数据。受试者穿戴好设备后,将设备通过USB与电脑连接,输入受试者的身高、体质量等指标。受试者坐在椅子上,大腿平行于地面,躯干与大腿呈90°,大腿与小腿呈90°,进行设备定标校准。完成后受试者方可进行活动。IDEEA-III测量加速度的精度>99%(即误差<1%);测量步数的精度>99%;测量步频的精度>98%;测量步速的精度:正常人>97%,患者>95%;测量步长的精度为3 cm^[7]。

能耗的测定使用能量代谢舱,该舱体积约为8 m³,内部配有跑台一部、照明系统、温度控制系统以及其他生活设施,与日常居家生活环境相仿。代谢舱内温度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。而代谢舱的定标则是以燃烧无水乙醇的方式进行。整体精度≥98%方可进行测试。在测试期间,每测试5人定标1次^[16]。

1.4.2 能耗的测定

受试者在进行测试前需进行身高、体成分的测定。身高测定使用国产身高计测定,卷尺测定受试者腰围、臀围。体成分使用双能X射线体成分扫描仪(Lunar Prodigy型,美国通用公司)进行测定。之后受试者来到实验室,穿戴IDEEA-III后进行设备定标,通过后再进入能量代谢舱内准备进行正式测试。进入能量代谢舱后,受试者被要求先静坐10 min,测定安静能耗。之后按计划跑台上以2种速度(3.5 km/h和4.5 km/h)进行各10 min的行走,速度进阶为3.5-4.5 km/h,测定运动能耗。在速度变换期间,研究人员通过对讲机发指令,受试者进行跑台速度调整的操作。行走过程中正常呼吸,双臂自然摆动,禁止跑动及在运动时双手抓握跑台上的把手。运动结束后,受试者按下停止键,待跑台停止后下机再次静坐10 min,之后出舱整个测试结束。

1.5 主要观察指标

①身体成分指标:包括:体质量、体脂率、去脂体质量;②能耗参数:为运动能耗,由能量代谢舱测试经过Winroom软件分析获得,实际的运动能耗=(测定的运动能耗-安静能耗);③步态参数:由Gait Viewer软件进行解读,获得如下参数:单腿站立时间、双腿站立时间、步态周期时间、拔腿强度、摆腿强度、地面冲击力、足落地控制、足离地前角度、步频、步长、跨步长。

1.6 统计学分析

所有数据选择SPSS 20.0(美国SPSS公司)和Excel 2010进行统计学分析,结果以 $\bar{x}\pm s$ 表示。两

组受试者的体成分,能耗及步态参数进行独立样本t检验,采用线性回归模型评价体成分与步态参数之间的关系。 $P < 0.05$ 认为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析

纳入受试者75人,分为2组,试验过程无脱落,全部进入结果分析。

2.2 受试者基本情况描述

超重组受试者年龄略大于对照组,身高略低于对照组,但是差异无统计学意义($P > 0.05$)。而超重组受试者在体质量、去脂体质量、体脂率、腰围、腰臀比及体质量指数均高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。与对照组相比,超重组体质量高约17%,去脂体质量高约21%,体脂率高约48%,体质量指数高约21%,见表1。

表1 受试者基本情况 (x±s)
Table 1 General information of all subjects

项目	对照组(n=40)	超重组(n=35)	P值
年龄(岁)	40.1±13.14	43.38±13.09	> 0.05
身高(cm)	173.71±7.26	173.08±7.70	> 0.05
体质量(kg)	67.99±7.71	81.61±7.10	< 0.05
去脂体质量(kg)	52.63±6.16	63.81±8.40	< 0.05
体脂率(%)	15.18±3.36	22.39±4.20	< 0.05
腰围(cm)	80.12±5.67	87.16±4.69	< 0.05
腰臀比	0.85±0.05	0.90±0.05	< 0.05
体质量指数(kg/m ²)	22.51±1.76	27.26±2.17	< 0.05

2.3 受试者在3.5 km/h速度下步态参数对比

超重组受试者在单腿站立时间上低于对照组,在双腿站立时间上高于对照组,但是差异无显著性意义($P > 0.05$)。超重组受试者在拔腿强度、摆腿强度、地面冲击力、足落地控制及步频均高于对照组($P < 0.05$)。步态周期时间、足离地前角度超重组受试者低于对照组($P < 0.05$)。步长与跨步长均小于对照组,但差异无显著性意义($P > 0.05$)。见表2。

表2 在3.5 km/h速度下两组步态参数对比 (x±s)
Table 2 Comparison of gait parameters at 3.5 km/h in both groups

参数	对照组(n=40)	超重组(n=35)	P值
单腿站立时间(ms)	429.98±38.29	420.58±28.38	> 0.05
双腿站立时间(ms)	129.52±26.25	137±22.38	> 0.05
步态周期时间(s)	1.14±0.11	1.06±0.13	< 0.01
拔腿强度(G)	0.77±0.29	1.05±0.41	< 0.01
摆腿强度(G)	0.61±0.20	0.72±0.31	< 0.05
地面冲击(G)	1.29±0.27	1.38±0.34	< 0.05
足落地控制(G)	2.96±0.60	3.24±0.68	< 0.05
足离地前角度(°)	38.15±12.99	21.22±12.05	< 0.01
步频(steps/min)	106.39±10.00	114.98±15.19	< 0.05
步长(m)	0.56±0.06	0.53±0.04	> 0.05
跨步长(m)	1.13±0.11	1.06±0.06	> 0.05

2.4 受试者在4.5 km/h速度下步态参数对比

超重组受试者单腿站立时间低于对照组,双腿站立时间高于对照组,

步态周期时间低于对照组($P < 0.05$)。超重组拔腿强度高于对照组($P < 0.05$)。足离地角度比对照组低 11° ，步频高于对照组($P < 0.05$)。而摆腿强度、地面冲击力、足落地控制、步长及跨步长在2组受试者间尽管有差异，但差异无显著性意义($P > 0.05$)，见表3。

表3 在4.5 km/h速度下两组步态参数对比 (x±s)
Table 3 Comparison of gait parameters at 4.5 km/h

参数	对照组(n=40)	超重组(n=35)	P值
单腿站立时间(ms)	394.85±24.51	378.43±28.61	< 0.05
双腿站立时间(ms)	87.28±11.26	102.11±11.24	< 0.01
步态周期时间(s)	0.97±0.07	0.90±0.08	< 0.05
拔腿强度(G)	1.06±0.39	1.46±0.52	< 0.01
摆腿强度(G)	1.11±0.25	1.15±0.28	> 0.05
地面冲击(G)	1.94±0.37	1.88±0.33	> 0.05
足落地控制(G)	4.70±0.86	4.82±0.83	> 0.05
足离地前角度(°)	60.57±12.14	49.24±14.3	< 0.01
步频(steps/min)	126.83±10.20	133.52±12.72	< 0.05
步长(m)	0.69±0.06	0.66±0.07	> 0.05
跨步长(m)	1.38±0.13	1.33±0.15	> 0.05

2.5 受试者的步行能耗数据对比 在3.5 km/h时，超重组受试者的运动能耗比正常体质量组要高24%($P < 0.05$)；在4.5 km/h时，超重组能耗高29%($P < 0.05$)。在以体质量进行标准化后，能耗超重组依然高于对照组，差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表4。

表4 在不同速度下能耗数据对比 (x±s)
Table 4 Comparison of energy consumption data at different speeds

速度	项目	对照组(n=40)	超重组(n=35)	P值
3.5 km/h	行走时的能耗(Cw, kJ)	164.04±23.17	204.02±31.07	< 0.05
	标准化体质量后的能耗(Cw/BM, kJ/kg)	2.38±0.25	2.51±0.25	< 0.05
4.5 km/h	行走时的能耗(Cw, kJ)	210.04±33.37	270.67±36.34	< 0.05
	标准化体质量后的能耗(Cw/BM, kJ/kg)	2.97±0.50	3.30±0.38	< 0.05

2.6 体成分指标与步态参数的回归分析 将所有受试者的体成分指标(体质量、体脂率及体质量指数)与步态参数进行线性回归分析。在3.5 km/h速度下，仅体质量指数、体脂率与足离地角度有关(体质量指数： $R^2=0.18$, $P < 0.01$ ；体脂率： $R^2=0.22$, $P < 0.01$)。在4.5 km/h速度下，体质量、体脂率及体质量指数与单足支撑时间，双足支撑时间和足离地角度有关，见表5。

表5 在4.5 km/h时体成分与步态参数的回归分析
Table 5 Regression analysis of body composition and gait parameters at 4.5 km/h

指标	体质量		体脂率		体质量指数	
	R^2 值	P值	R^2 值	P值	R^2 值	P值
单足支撑时间	0.26	< 0.01	0.24	< 0.01	0.38	< 0.01
双足支撑时间	0.31	< 0.01	0.17	< 0.01	0.39	< 0.01
足离地前角度	0.09	> 0.05	0.23	< 0.01	0.15	< 0.05

3 讨论 Discussion

当人体质量增加时可能会对步态产生某些改变。有研究者对超重人群在自选步速下的步态特征变化进行了报道，发现超重人群与正常体质量人群的步态特征存在一些显著性差异^[17-18]。而在对肥胖青少年的步态研究中，也出现了相似的结果^[19]。

3.1 两组受试者步态参数的差异 第一个假设在3.5 km/h的速度下，未被证实。超重组受试者在单腿站立时间上低于对照组，在双腿站立时间上高于对照组，但是差异不具有显著性($P > 0.05$)。超重组受试者在拔腿强度、摆腿强度、地面冲击力、足落地控制及步频均高于对照组，差异具有显著性($P < 0.05$)。步态周期时间、足离地前角度超重组受试者低于对照组，差异具有显著性($P < 0.05$)。步长与跨步长均小于对照组，但差异不具有显著性($P > 0.05$)。在4.5 km/h的速度下，超重组受试者单腿站立时间低于对照组，双腿站立时间高于对照组，步态周期时间低于对照组，差异均具有显著性($P < 0.05$)。超重组拔腿强度高于对照组，差异具有显著性($P < 0.05$)。足离地角度比对照组低，每分钟步频高于对照组，差异具有显著性($P < 0.05$)。而摆腿强度、地面冲击力、足落地控制、步长及跨步长在两组受试者间尽管有差异，但差异不具有显著性($P > 0.05$)。同时在能耗方面，在3.5 km/h时，超重组受试者的运动能耗比正常体质量组要高24%，差异具有显著性($P < 0.05$)；在4.5 km/h时，超重组能耗高29%，差异具有显著性($P < 0.05$)。在以体质量进行标准化后，超重组依然高于正常体质量组，差异具有显著性($P < 0.05$)。第二个假设，在3.5 km/h速度下，仅体质量指数、体脂率与足离地角度有关(体质量指数： $R^2=0.18$, $P < 0.01$ ；体脂率： $R^2=0.22$, $P < 0.01$)。在4.5 km/h速度下，体质量指数与单足支撑时间，双足支撑时间的线性相关更高，体脂率与足离地角度的线性相关更高。

超重带来的不仅仅是脂肪的堆积，同时还有对姿态控制和稳定性的挑战。在此次研究中，超重较低速度行走时，尚能保持姿势稳定性，与正常体质量受试者相近，未出现步态的显著性差异。究其原因可能是受试者并非是肥胖人群所致。BROWNING等^[20]研究了5名肥胖男女的步态(男性体质量指数为 37 kg/m^2 ，女性为 34 kg/m^2)，在 1.0 m/s 的速度时，出现了谨慎步态。而在此次研究中的超重受试者体质量指数为 27 kg/m^2 与其研究存在差别，可能是导致结果不一致的原因。在速度提升后，这一劣势被放大，双足支撑时间延长，单足支撑时间缩短，产生谨慎的步态。这一步态在老年、青少年肥胖人群中都被发现^[1, 4, 19, 21]。戴昕等^[4]对25名60岁左右的超重肥胖女性的步态与稳定性研究发现，受试者单腿的支撑能力严重不足，为了维持身体姿态并降低跌倒风险，受试者减少单腿支撑的时间，并增加步宽。由此可见，在行走时为了保持平衡，超重人群会自动调节步态使之成为谨慎步态；因此，超重人群在自然行

走的条件下,单腿支撑时维持身体稳定性的能力下降,并在行走中自行调整,以维持机体平衡。

MENG等^[18]对30名体质量正常、超重与肥胖的青年人在200 m地面自选速度的行走中发现,超重组与肥胖组相较于对照组而言,双足支撑%显著上升,单足支撑百分比显著下降,但是步长与跨步长未见显著差异。有研究了超重受试者在自选速度下的步态生物力学变化,发现与对照组相比,足离地角度显著减小,可能是由于小腿三头肌肌肉力量的改变或者是足踝部脂肪的堆积影响了机械活动所致^[17]。在行走时,过多的身体质量可能使作用于关节上的机械负荷增加,导致运动受限^[18]。超重组在步长,跨步长及速度都与对照组没有显著性差异,说明2组受试者具有相似的功能活动度。较短的单腿支撑时间和较长的双腿支撑时间与身体质量的增加有关,因此增加的体质量导致了姿态的不稳定。但是超重人群重组了他们的神经肌肉功能并发挥作用,在推离地面时减少踝关节跖屈,保持和对照组相同的运动模式。拔腿强度、摆腿强度、地面冲击、足落地控制及足离地前角度进一步反映受试者步行时的下肢力量情况。超重组受试者无论在3.5 km/h还是4.5 km/h时,拔腿强度、摆腿强度、地面冲击、足落地控制均与对照组相似甚至高出,说明2组受试者下肢力量差异;只在足离地前角度的差异,说明可能小腿三头肌肌力存在差异。值得注意的是,在低速时较高的地面冲击力对超重受试者而言并不友好,但是关节面积没有随着体质量的增加而增大,所以长期暴露于压力下势必造成损伤。

3.2 两组受试者能量消耗的差异 在3.5 km/h时,超重组受试者的运动能耗比正常体质量组要高24%,差异具有显著性($P < 0.05$);在4.5 km/h时,超重组能耗高29%,差异具有显著性($P < 0.05$)。在以体质量进行标准化后,超重组依然高于正常体质量组,差异具有显著性($P < 0.05$)。以及有报道称,肥胖受试者的步行能耗显著高于正常体质量的受试者达到25%左右^[22-23]。超重肥胖受试者步行能耗/体质量比正常体质量者高出5%,步行能耗/去脂体质量增加32%^[24]。这一发现与此次研究结果接近。两组受试者因腰围的显著差异,说明超重组受试者脂肪分布多位于腹部,造成核心质量的升高,导致姿态控制下降,从而需要在步行中消耗更多的能量去维持正常姿态。

在人体测量学中,质量过大本身体会造成身体功能上的限制以及能耗的增加。而更长的双足支撑时间也可以说明超重组存在姿态的不稳定。运动中更高能耗的另外一种解释则是超重受试者肌肉的活化程度更大,与其相应的就会产生更大的肌肉代谢活动^[24]。同时步频的增加也导致了能耗的增加。LAROCHE等^[24]利用呼吸面罩研究了超重肥胖老人体质量与步态对能耗的影响,认为更大的行走能耗导致更大的呼吸肌群的参与,可以部分解释行走时的能耗差异。尽管在能量消耗和保持体质量方面,更大的运动能耗似乎是有利的,但可能会因运动强度的提高而增加了自我

疲劳感从而导致运动的减少。而采用便携式呼吸设备对患病人群的步态与能耗也有相关研究。DARYABOR等^[25]对青少年脊柱侧弯患者进行了步态与能耗研究,发现患者表现出髋关节和骨盆运动减少,步行能量消耗过大,步态不对称和地面反应力增大。ABOUTORABI等^[26]对残障老年人的步态与能耗综述中发现,随着年龄的增加,残障老人步态稳定性下降及能耗增加。KIM等^[27]对脑瘫患者的跑台训练后发现,步态及能耗有所改善。

3.3 体成分与步态参数之间的关系 关于第二个假设,体成分(体质量,体质量指数,体脂率)与步态特征之间的关系。在3.5 km/h速度时,体成分中只有体脂率和体质量指数与足离地角度有关,且体脂率优于体质量指数。在4.5 km/h速度下,体质量,体质量指数,体脂率都与单腿支撑时间、双腿支撑时间有关,但是体质量,体质量指数明显优于体脂率(表5)。这表明绝对质量对步态特征的影响更大,而不单单是脂肪组织的相对数量。在足离地角度则相反。MENG等^[28]在对30位年轻人的调查中发现,随着体质量指数和体脂率的增加,动作控制质量下降,但是体脂率与姿势稳定更加相关。

此次研究不足之处在于样本量太小,且并未招募女性受试者,同时缺乏对受试者静态稳定性及心肺功能评估。超重人群在日常生活中会面临背部、臀部、膝关节、脚踝和足部相关区域的骨骼肌肉功能失调。这个群体的肌肉骨骼系统患病率较高,尤其是在腰椎,臀部和膝盖区域。而对超重人群提供的建议,有学者采用饮食与运动训练相结合的方式,取得了不错的效果^[29]。

3.4 结论与建议

3.4.1 结论 ①超重受试者在4.5 km/h速度下行走时相较于对照组而言,单足支撑时间变短,双足支撑时间延长,出现一种代偿性步态策略去稳定身体。无论速度如何,超重人群能耗高于对照组,足离地角度低于对照组。②超重人群行走时体脂率与足离地角度有关;而在4.5 km/h的速度下时,体质量和体质量指数与单、双足支撑时间的相关性较体脂率更高。

3.4.2 建议 为改善超重人群步态与平衡的稳定性,可通过下肢肌肉力量训练及核心稳定性训练来加以改善。

作者贡献: 作者进行实验的设计、实施、分析及论文的撰写。

经费支持: 该文章接受了“江苏省科技支撑计划社会发展项目(BE2013726)”的资助。作者声明,经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的作者声明,在课题研究和文章撰写过程不存在利益冲突。

机构伦理问题: 研究中使用人体受试者得到了江苏省体育科学研究所审查委员会的批准。

知情同意问题: 所有受试者在参与之前都阅读并签订了知情同意书。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

前瞻性临床研究数据开放获取声明: 文章作者同意: ①可以在一定范围内开放研究参与者去标识的个体数据; ②可以在一定范围内开放共享文章报告结果部分的去标识个体基础数据, 包括正文、表、图及附件; ③可以在一些情况下开放研究方案和知情同意书等相关文档; ④全文开放获取数据的时间是从文章出版后即刻, 并无终止日期。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] 王莉,于卫华,徐忠梅.社区老年人常速行走的步态特征及影响因素[J].中国老年学杂志,2018,38(5):1245-1248.
- [2] 闫松华,王露,梁秀桥,等.肥胖儿童背包行走时的步态特征[J].中国组织工程研究,2017,21(24):3900-3905.
- [3] SINGH B, VO H, FRANCIS SL, et al. Changes in Gait over a 30-min Walking Session in Obese Females. Med Sci Sports Exerc. 2017;49(3):555-562.
- [4] 戴昕,李圆.超重肥胖对中老年女性步态及平衡功能的影响[J].首都体育学院学报,2016,28(5):476-480.
- [5] 王莉,于卫华,徐忠梅.社区老年人双重任务行走步态特征与跌倒的关系研究[J].护理学杂志,2016,31(15):76-79.
- [6] AGOSTINI V, GASTALDI L, ROSSO V, et al. A Wearable Magneto-Inertial System for Gait Analysis (H-Gait): Validation on Normal Weight and Overweight/Obese Young Healthy Adults. Sensors (Basel). 2017;17(10).pii: E2406.
- [7] 张昊华,闫松华,方沉,等.用便携式步态分析仪评估全膝关节置换手术效果[J].医用生物力学,2015,30(4):361-366.
- [8] 周萌,曹光磊,张宽,等.便携式步态分析量化评价全膝关节置换病人的步态特征[J].中国矫形外科杂志,2015,23(7):615-619.
- [9] 刘艳成,夏群,胡永成,等.便携步态分析量化评价脊髓型颈椎病患者的步态特征[J].中国组织工程研究,2014,18(11):1774-1779.
- [10] MURO-DE-LA-HERRAN A, GARCIA-ZAPIRAIN B, MENDEZ-ZORRILLA A. Gait Analysis Methods: An Overview of Wearable and Non-Wearable Systems, Highlighting Clinical Applications. Sensors (Basel). 2014;14(2):3362-3394.
- [11] ZHANG K, PI-SUNYER FX, BOOZER CN. Improving Energy Expenditure Estimation for Physical Activity. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(5):883-889.
- [12] ZHANG K, WERNER P, MING S, et al. Measurement of Human Daily Physical Activity. Obesity. 2003;11(1):33-40.
- [13] SAREMI K. Reliability and Validity of Bilateral Thigh and Foot Accelerometry Measures of Walking in Healthy and Hemiparetic Subjects. Neurorehabil Neural Repair. 2006;20(2): 297-305.
- [14] HUDDLESTON J, ALAITI A, GOLDVASSER D, et al. Ambulatory measurement of knee motion and physical activity: Preliminary evaluation of a smart activity monitor. J Neuroeng Rehabil. 2006;3:21.
- [15] 高萌,魏玉虹,吕筠,等.中国成年人代谢异常相关的体质指数和腰围切点研究[J].中华流行病学杂志,2019,40(12):1533-1540.
- [16] 鹿琦,朱晓梅.南京市40-60岁人群能量消耗相关因素研究[J].南京医科大学学报(自然科学版),2017,37(4):437-441.
- [17] Fabiana Rodrigues Silva AMDS. Biomechanical alterations of gait on overweight subjects. Res Biomed Eng. 2018;4(34): 291-298.
- [18] MENG H, O CONNOR DP, LEE B, et al. Alterations in over-ground walking patterns in obese and overweight adults. Gait Posture. 2017;53:145-150.
- [19] HUANG L, CHEN P, ZHUANG J, et al. aMetabolic cost, mechanical work, and efficiency during normal walking in obese and normal-weight children. Res Q Exerc Sport. 2013;84 Suppl 2:S72-79.
- [20] BROWNING RC, KRAM R. Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at different speeds. Med Sci Sports Exerc. 2007;39(9):1632-1641.
- [21] DUFEEK JS, CURRIE RL, GOUWS P, et al. Effects of overweight and obesity on walking characteristics in adolescents. Hum Mov Sci. 2012;31(4):897-906.
- [22] BROWNING RC, KRAM R. Energetic Cost and Preferred Speed of Walking in Obese vs. Normal Weight Women. Obes Res. 2005;13(5):891-899.
- [23] BROWNING RC, BAKER EA, HERRON JA, et al. Effects of obesity and sex on the energetic cost and preferred speed of walking. J Appl Physiol (1985). 2006;100(2):390-398.
- [24] LAROCHE DP, MARQUES NR, SHUMILA HN, et al. Excess Body Weight and Gait Influence Energy Cost of Walking in Older Adults. Med Sci Sports Exerc. 2015;47(5):1017-1025.
- [25] DARYABOR A, ARAZPOUR M, SHARIFI G, et al. Gait and energy consumption in adolescent idiopathic scoliosis: A literature review. Ann Phys Rehabil Med. 2017;60(2):107-116.
- [26] ABOUTORABI A, ARAZPOUR M, BAHRAMIZADEH M, et al. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. Aging Clin Exp Res. 2016;28(3): 393-405.
- [27] KIM OY, SHIN YK, YOON YK, et al. The Effect of Treadmill Exercise on Gait Efficiency During Overground Walking in Adults With Cerebral Palsy. Ann Rehabil Med. 2015;39(1): 25-31.
- [28] MENG H, O CONNOR DP, LEE B, et al. Effects of adiposity on postural control and cognition. Gait Posture. 2016;43: 31-37.
- [29] MESSIER SP, BEAVERS DP, MIHALKO SL, et al. The effects of intensive dietary weight loss and exercise on gait in overweight and obese adults with knee osteoarthritis. The Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) trial. J Biomech. 2020;98:109477.