



# 在校大学生动静态平衡能力的相关性及影响因素

赵龙飞,张油福\*,国伟,蒋彬,张华

**摘要:**对60名受试者进行静态(闭眼单脚站立、踏木实验)、动态(前庭步、起立行走、原地踏步)平衡能力及身高、体重等身体形态指标进行测试,结合美国 Medical Fitness Solutions 动态平衡仪测试结果对各平衡能力测试指标进行主成分分析,对受试者的平衡能力指标与形态指标进行 Pearson 分析,对男女组间的平衡能力进行 T 检验。研究结果显示:选取的6种平衡能力测试方法都能够较好地反映出人体的平衡能力,且部分平衡能力测试方法间可相互替换;身高、体重、体脂率及 BMI 与平衡能力均呈显著负相关,身高越高、体重越重、体脂率越高、BMI 值越大其平衡能力越差;女性受试者维持平衡的能力显著好于男性受试者( $P < 0.05$ ),而在移动平衡能力方面男女受试者间无显著性差异( $P > 0.05$ )。

**关键词:**平衡能力;平衡测试;形态指标;主成分分析;相关性分析

中图分类号:G808.4 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2017)02-0074-04

DOI: 10.12064/ssr.20170214

## Study on the Correlation between Dynamic and Static Balance Ability of the Undergraduates and the Influencing Factors

ZHAO Longfei, ZHANG Youfu\*, GUO Wei, JIANG Bin, ZHANG Hua

(Guizhou Medical University - Sports and Health College; Guizhou Guiyang 520025, China)

**Abstract:** Static balance ability (closing one's eyes and standing on one foot, tread experiment) and dynamic balance ability (vestibular step, standing up to walk, march on the spot) and body shape indexes of height and weight were measured for 60 subjects. Together with the test results of the dynamic balance instrument of American Medical Fitness Solutions, an analysis of the principal components of the balance ability indicators was made. Pearson analysis was also made for the subjects' balance ability indexes and morphological indexes. T test was arranged for the balance ability of the male and female groups. The result reveals that the 6 methods chosen for the measurement of balance ability can better reflect the balance ability of human body and some methods may be replaced each other. Height, weight, body fat rate and BMI are negatively correlated with balance ability. The higher height, the heavier weight, the higher body fat rate and higher BMI value result in poorer balance ability. The balance ability of the female subjects is clearly better than that of the male subjects ( $P > 0.05$ ). And there is no significant difference between the moving balance ability of the male subjects and that of the female subjects ( $P > 0.05$ ).

**Key Words:** balance ability; balance test; body shape index; principal component analysis; correlation analysis

平衡能力是指人体维持重心或姿势的相对稳定及在运动状态下对重心或姿势进行调控的能力<sup>[1]</sup>。从力学角度看,影响人体平衡的因素主要有重心的高低、支撑面积的大小及稳定性<sup>[2]</sup>。从生理学角度看,人体的平衡能力主要与人的视觉、前庭和本体感觉能力有关<sup>[3,4]</sup>。人体平衡的维持是由多感觉系统输入信息经多水平中枢整合编码出运动指令,由运动系统在时相及空间层次上完成的一种动态过程<sup>[3]</sup>。人们都知道动静态平衡能力之间存在着一定的联系,但联系程度如何,却还没有相关报道。良好的平衡能力是人们进行日常生活及完成各种活动的保证,平衡能力低下必然影响人的工作能力和生活质量,本文结合美国 Medical Fitness Solutions 动态平衡仪测试结

果对动静态平衡能力进行主成分及相关性分析,另对影响平衡能力的因素进行 Pearson 分析,对男女组间的平衡能力进行 T 检验,以期发现动静态平衡能力的相关性以及动静态平衡能力的影响因素对动静态平衡能力的影响程度。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

以贵州医科大学运动与健康学院60名(男30名、女30名)大二学生为研究对象。选取对象均无视觉障碍,前庭功能健全,无严重运动损伤记录。

收稿日期:2017-03-18

基金项目:2015年贵州省教育厅高校人文社会科学研究项目。

第一作者简介:赵龙飞,男,讲师,硕士。主要研究方向:运动人体科学。E-mail: zhaolongfei244@sina.com。

\*通讯作者简介:张油福,男,硕士,讲师。主要研究方向:社会体育学。E-mail: 22615205@qq.com。

作者单位:贵州医科大学运动与健康学院,贵州省贵阳市520025。



表 1 受试者基本情况

**Table I Basic Information of the Subjects**

	N	年龄/岁	身高/cm	体重/kg	体脂率/%	BMI
男	30	20.0±1.45	172.53±2.22	67.35±8.08	17.10±2.67	22.59±2.47
女	30	20.6±1.14	159.29±2.06	52.65±8.08	26.41±1.60	20.72±1.40
总体	60	20.3±1.32	169.91±7.03	60.00±9.81	21.75±5.19	21.65±2.20

1.2 研究方法

1.2.1 实验法

实验设备:美国 Medical Fitness Solution 动态平衡仪测试人体综合平衡能力;清华同方人体成份分析仪 BCA-1B 测试人体体脂率。

静态平衡能力测试方法:(1)闭眼单脚站立:要求受试者双手叉腰,闭眼优势脚单脚站立,非支撑脚贴靠支撑脚脚踝,记录其保持平衡时间<sup>[5]</sup>;(2)踏木实验:受试者赤足,双手叉腰,闭眼用双脚前脚掌踏平衡木,记录其保持平衡时间<sup>[6,7]</sup>。

动态平衡能力测试方法:(1)闭目原地踏步:受试者在边长 40 cm 的正方形里,闭眼以 120 步 / 分钟的节奏原地踏步,记录踩线或踏出时间<sup>[6,8-10]</sup>;(2)起立行走:受试者听信号起立向前行走 3 m,到标记点后向左转身并走回坐下,记录受试者完成整套动作时间<sup>[5]</sup>;(3)平衡木行走:记录受试者在长 3 m、宽 10 cm、高 5 cm 的平衡木上往返一次的时间<sup>[11]</sup>;(4)前庭步检测:在场地上画一条长 20 m 的直线,在其一端画一条长 50 cm 的直线与其直角相交,受试者左脚站立在两线直角处,右脚与左脚平行站立,记录受试者向前行走 10 步偏离长直线的距离<sup>[12]</sup>。

表 2 不同平衡能力测试方法指标间的 pearson 关系

**Table II Pearson Correlation between the Different Balance Ability Measurement Methods**

	单脚站立	踏木实验	原地踏步	前庭步	起立行走	平衡木	平衡仪
单脚站立	1	0.918**	0.746**	-0.066	-0.378*	0.281	-0.443*
踏木实验		1	0.583*	0.070	-0.444**	0.452**	-0.659**
原地踏步			1	-0.675**	-0.394**	-0.373*	0.831**
前庭步				1	-0.430**	0.866**	-0.423**
起立行走					1	0.478**	0.315*
平衡木						1	-0.701**
平衡仪							1

注:\*表示相关显著水平 P<0.05,\*\*表示相关显著水平 P<0.01。

闭眼单脚站立与原地踏步在 P=0.01 水平上呈显著相关,r=0.746;与前庭步检测在 P=0.05 水平上没有相关性,r=0.066;与起立行走在 P=0.01 水平上呈低度相关,r=0.378;与平衡木行走之间在 P=0.05 水平上呈微相关,r=0.281;踏木实验与原地踏步在 P=0.05 水平上呈显著相关,r=0.583;与前庭步检测在 P=0.05 水平上没有相关性;与起立行走、平衡木行走在 P=0.01 水平上呈低度相关,r 分别为 0.444、0.452。说明单脚站立、踏木实验与原地踏步密切程度很好,与前庭步检测无密切程度,与起立行走密切程度较好,与平衡木行走有相关性,但密切程度有限。

2.2 平衡能力测试指标的主成分分析

在体质学中,对各种体质状况进行综合评价时,都不

1.2.2 数理统计法

用 SPSS17.0 Statistics 软件包对实验数据进行统计学处理,处理结果均以平均值±标准差的方式表示,对各平衡方法测试指标进行 pearson 及主成分分析,P<0.05 则表示有相关性,P<0.01 则表示相关性非常显著,相关系数 r 在 0~0.3 为微相关,0.3~0.5 为低度相关,0.5~0.8 为显著相关,0.8 以上为高度相关。

2 结果与讨论

2.1 平衡能力测试指标间的 pearson 分析

从表 2 可知各静态与动态平衡能力测试指标与动态平衡仪测试结果之间的相关系数 r 分别为 0.443、0.659、0.831、0.423、0.315、0.701,在 P=0.05 水平上显著相关,说明这 6 种平衡能力测试方法都能够较好地平衡能力进行测试。静态平衡能力测试方法闭眼单脚站立与原地踏木实验测试指标之间在 P=0.01 水平上显著相关,相关系数 r=0.918,属高度相关,说明这两种测试方法之间密切程度非常好,在进行静态平衡能力测试时,两者可取其一。动态平衡能力测试方法原地踏步、前庭步检测、起立行走、平衡木行走测试指标之间显著相关 P<0.01,相关系数 r 分别为:0.675、0.394、0.373,分属显著相关、低度相关、低度相关;前庭步检测与起立行走、平衡木行走测试指标之间显著相关 P<0.01,相关系数 r 分别为:0.430、0.866,分属低度相关和高度相关;起立行走与平衡木行走测试指标之间显著相关 P<0.01,相关系数 r=0.478,属低度相关。说明这 4 种动态平衡能力测试方法之间的密切程度较好,在进行动态平衡能力测试时 4 种测试方法可以进行适当的选择。

可能也不应该把所有的指标和因素不分轻重、不分主次地同等对待。应该根据主次、轻重,并借助于因素分析的方法,给予不同的“权重”,使各类指标的相对重要程度在综合评价有所体现<sup>[7]</sup>。对这次的 6 种平衡能力测试指标进行主成分及因子分析,分析各个指标的特征值、贡献率。从表 3 可知,根据特征值>1 的原则,提取两个特征值>1 的主成分,且这两个共性因子的累积贡献率达到了 87.821%,基本上能够全面反映人的平衡能力。据表 4 旋转成分矩阵可知,在第一主成分上载荷较大的变量有 X1、X2、X3(闭眼单足站立、踏木、原地踏步),这 3 个变量属于静态和小幅度移动平衡能力,定义为平衡保持能力;在第二主成分上载荷较大的变量有 X3、X4、X5(前庭步、起立行走、平衡木行走),定义为移动平衡能力。因特征值的不同,根据各因



子的贡献率计算共性因子的权重:  $K_1=0.527$ ,  $K_2=0.473$ 。

表 3 各平衡能力测试指标的特征值与贡献率

Table III Eigenvalue and Rate of Contribution of the Different Balance Ability Measurement Indexes

	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
X1	2.779	46.311	46.311
X2	2.491	41.510	87.821
X3	0.569	9.476	97.297
X4	0.098	1.626	98.924
X5	0.045	0.744	99.668
X6	0.020	0.332	100.000

表 4 各平衡能力测试指标旋转成份矩阵

Table IV Rotating Component Matrix of the Different Balance Ability Measurement Indexes

	1	2
X1	0.972	0.106
X2	0.923	0.278
X3	0.823	-0.546
X4	-0.206	0.953
X5	-0.406	-0.622
X6	0.167	0.937

表 5 年龄及身体形态指标与各平衡能力测试指标间的 pearson 分析

Table V Pearson Correlation between the Age & Morphological Indexes and the Balance Ability Measurement Indicators

	单脚站立	踏木实验	原地踏步	前庭步	起立行走	平衡木
年龄	-0.091	0.004	0.294	-0.233	-0.102	-0.274
身高	-0.675**	-0.337*	-0.781**	-0.466*	-0.077	-0.283*
体重	-0.673**	-0.425**	-0.418**	-0.305*	0.136	-0.271*
体脂率	-0.527**	-0.314*	-0.924**	-0.856**	0.280	-0.602**
BMI	-0.533**	-0.382*	-0.401**	-0.437**	0.225	-0.418**

注: \* 表示相关显著水平  $P < 0.05$ , \*\* 表示相关显著水平  $P < 0.01$ 。

## 2.4 性别对平衡能力的影响分析

研究结果显示(表 6)男女受试者的闭眼单脚站立( $P=0.000 < 0.05$ )、踏木实验( $P=0.002 < 0.05$ )及原地踏步( $P=0.000 < 0.05$ )指标均存在显著差异,且女性受试者的闭眼单脚站立、踏木实验及原地踏步指标成绩要显著好于男性受试者,而闭眼单脚站立、踏木实验及原地踏步归属于平衡保持能力,也就是说女性相比男性而言具有更强

## 2.3 身体形态指标与平衡能力指标间的 pearson 分析

已有研究证实身高、体重、BMI、脂肪率及脂肪总量与姿势稳定能力之间存在显著的负相关<sup>[3]</sup>。从表 5 可知在  $P=0.05$  水平上年龄与本次使用的 6 种平衡能力测试指标间的相关性不显著。在  $P=0.01$  水平上单脚站立与身高、体重、体脂率及 BMI 相关系数  $r$  分别为  $-0.675$ 、 $-0.673$ 、 $-0.527$ 、 $-0.533$ ,表明单足站立与身高、体重、体脂率及 BMI 均呈显著负相关;在  $P$  值为  $0.01$ 、 $0.05$  水平上踏木实验与身高、体重、体脂率及 BMI 均呈低度负相关;在  $P=0.01$  水平上原地踏步与身高、体脂率分别呈显著和高度负相关,与体重、BMI 呈低度负相关;前庭步与身高、体重、BMI 在  $P=0.05$  水平上呈低度负相关,在  $P=0.01$  水平上与体脂率呈高度负相关;而在  $P=0.05$  水平上起立行走与年龄、身高、体重、体脂率及 BMI 相关性不显著;平衡木行走与身高、体重呈微相关,与体脂率呈显著负相关,与 BMI 呈低度负相关。总结可知:年龄与动态及静态平衡能力相关性不显著,这与人的常规认知存在差异,导致此结果的原因可能是本次样本量不足、年龄跨度过小所致;身高、体重、体脂率、BMI 与人的动态、静态平衡能力均呈显著、低度负相关,也就是说身高越高、体重越重、体脂率越高、BMI 越大平衡能力相对越差;而起立行走与身高、体重、体脂率及 BMI 相关性不显著的可能原因是起立行走动作过于简单,其测试应用范围主要是老年人、前庭功能或视觉障碍患者。

地保持平衡的能力,这可能与女性的身高低于男性身高有关,具体还有待于进一步研究;男女受试者的前庭步( $P=0.183 > 0.05$ )、起立行走( $P=0.405 > 0.05$ )、平衡木行走( $P=0.087 > 0.05$ )及动态平衡仪( $P=0.865 > 0.05$ )测试指标间存在差异,但差异均不具显著性,而前庭步检测、起立行走、平衡木行走归属于移动平衡能力,也就是说男女在移动平衡能力方面无显著性差异。

表 6 性别对平衡能力的影响分析

Table VI Analysis of the Effect of Gender on Balance Ability

组别	单脚站立	踏木实验	原地踏步	前庭步	起立行走	平衡木	平衡仪
男	35.95±8.84	74±22.61	3.35±0.68	3.65±1.24	7.43±0.45	3.30±0.35	338±97.01
女	50.72±7.27	117±17.38	5.32±0.36	3.52±0.89	7.55±0.45	3.14±0.18	342±82.51
P	0.000	0.002	0.000	0.183	0.405	0.087	0.865

## 3 结论

选取的 6 种动静平衡能力测试方法都能够较好地反映出人体的平衡能力,且部分平衡能力测试方法间可相

互替换,人体的动静平衡能力是相关的,但因测试方法的不同,动静平衡能力的相关性也存在着不同的差异,具体相关程度还有待于进一步研究。通过主成分分析发现人体的平衡能力可分为移动平衡能力和平衡保持能力;身



高、体重、体脂率及 BMI 与平衡能力均呈显著负相关, 身高越高、体重越重、体脂率越高、BMI 值越大平衡能力越差; 女性受试者维持平衡的能力显著好于男性受试者, 而在移动平衡能力方面男女受试者间无显著性差异。

### 参考文献:

- [1] 刘阳. 人体平衡能力测试方法及平衡能力训练的研究进展[J]. 沈阳体育学院学报, 2007, 26(4): 75-77.
- [2] 陈海霞, 宁宁. 人体平衡功能评定研究的最新进展[J]. 现代护理, 2006, 23(12): 2173-2175.
- [3] 刘汉良, 尤春景, 黄晓琳, 等. 正常人动态平衡能力测试的信度和效度分析[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26(3): 152-155.
- [4] Leroux A., Pinet H., Nadeau S. Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility[J]. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 2006, 85: 820-830.
- [5] 刘崇, 任立峰, 史建伟. 人体平衡能力的评价系统[J]. 中国组织工程研究与临床康, 2009, 13(2): 363-367.
- [6] Lord S.R. The effects of a community exercise program on frac-

ture risk factors in older women[J]. *Osteoporos Int.*, 1996, 6(5): 361-367.

- [7] 任玉庆, 史曙生, 孙洪亮. 男性核心肌力与平衡能力的增龄性变化及其相关性[J]. 天津体育学院学报, 2011, 26(3): 269-272.
- [8] 国家体委群体司编. 中国职工体质调查研究报告[M]. 北京: 人民出版社, 2000.
- [9] 肖春梅, 陈晓光, 李一. 老年人平衡能力测试方法的研究[J]. 北京体育大学学报, 2003, 26(2): 201-203.
- [10] 肖春梅, 李阳, 党繁义. 老年人跌倒与平衡能力下降的相关测试指标[J]. 中国康复医学杂志, 2003, 18(8): 457-459.
- [11] 陈明达, 于道中. 实用体质学[M]. 北京: 北京医科大学, 中国协和医科大学联合出版社, 1996: 457-459.
- [12] Schwartz A. V., Villa M. L., Prill M., et al. Falls in older Mexican American women[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 1999, 47(11): 1371-1378.
- [13] Goulding A., Jones I. E., Taylor R. W., et al. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity[J]. *Gait Posture*, 2003, 17(2): 136-141.

(责任编辑: 何聪)

(上接第 73 页)

- [10] William J., Markwick, Stephen P., et al. The Intraday Reliability of the Reactive Strength Index Calculated from a Drop Jump in Professional Men's Basketball [J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, 10(4): 482-488.
- [11] 徐伟峻. 男子 100 米途中跑阶段支撑技术环节的生物力学特征分析[D]. 上海体育学院. 2011: 9-11.
- [12] 诸文兵. 我国优秀 110 m 栏运动员谢文骏跨栏技术分析[J]. 上海体育学院学报, 2015, 39(3): 68-70.
- [13] 张怀川. 我国优秀短跑运动员张培萌百米途中跑技术运动学

分析[D]. 北京体育大学, 2015: 11-12.

- [14] 郑孙谦. 足弓及其生理意义[J]. 生物学通报, 1958, (7): 46-47.
- [15] 陆晓峰. 优秀短跑运动员的足弓研究[J]. 山东体育科技, 1989, (2): 27-28.
- [16] 曾凡辉, 王路德, 刑文华, 等. 运动员科学选材[M]. 北京: 人民体育出版社, 1992: 78-80.

(责任编辑: 何聪)