

人体动静态姿势平衡能力测试的理论与应用**

王红梅, 徐秀林

Theory and application of body balance function assessment

Wang Hong-mei, Xu Xiu-lin

Abstract

BACKGROUND: Balance function is an important body functions, including static balance and dynamic balance.

OBJECTIVE: To describe in detail the current status and application of static and dynamic postural balance tests and propose development trend of balance tests.

METHODS: Articles related to static balance and dynamic balance were searched from Google and libraries of University of Shanghai for Science & Technology and Fudan University published between January 1990 and December 2009, with key words "balance assessment; balance testing; balance ability" in Chinese and English. Articles published in authoritative journals recently in the same field were selected. 400 articles were firstly collected, and 26 were included.

RESULTS AND CONCLUSION: Human body balance function testing has been explored for several years. However, questions remain unclear, such as mechanism of balance, evaluation standards for balance function testing, limitations of balance function testing in disease location, diagnosis and identification. Therefore, it is necessary to develop an instrument which could totally, precisely apply in training and assessment function in low price.

Wang HM, Xu XL. Theory and application of body balance function assessment. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(43):8095-8098. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 平衡功能是人体的一项重要功能, 可分为静态平衡和动态平衡。

目的: 文章较详细地介绍了目前人体静态、动态姿势平衡能力测试的研究现状及其应用情况。针对目前的现状, 提出平衡能力测试技术的发展方向。

方法: 在 Google 学术搜索、上海理工大学和复旦大学等学校图书馆进行检索中 1990-01/2009-12 关于人体动静态姿势平衡能力的文章, 在标题和摘要中以“平衡评估; 平衡测试; 平衡能力”或“balance assessment; balance testing; balance ability”为检索词进行检索。选择文章内容与人体动静态姿势平衡能力相关, 同一领域文献则选择近期发表或发表在权威杂志文章。初检得到 400 篇文献, 根据纳入标准选择 26 篇文章进行综述。

结果与结论: 人体平衡功能的测试已研究多年, 但是该领域仍还存在着许多尚待进一步解决的问题, 如平衡机制复杂迄今尚未彻底阐明; 平衡功能检测的指征和评价标准尚未统一; 平衡功能检测对于疾病的定位、定性及鉴别诊断等还存在局限性; 故目前迫切需要研发一种集训练与评定于一体的功能全面、精度高、价格低廉的人体平衡功能测试仪器。

关键词: 平衡功能; 测试; 静态姿势平衡; 动态姿势平衡; 平衡能力

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.43.029

王红梅, 徐秀林. 人体动静态姿势平衡能力测试的理论与应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(43):8095-8098. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

Medical Instrumentation College, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China

Wang Hong-mei★, Studying for master's degree, Medical Instrumentation College, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China
hongmeiwangbest@126.com

Correspondence to: Xu Xiu-lin, Associate professor, Medical Instrumentation College, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China
xxlin100@163.com

Supported by: the Scientific Research Development Program of Science and Technology Commission of Shanghai, No. 08440510300*

Received: 2010-06-26
Accepted: 2010-07-20

0 引言

良好的平衡功能是人们完成各项日常生活、动作的保证, 平衡功能障碍必然影响人们的工作能力, 降低生活质量。任何影响神经、运动系统的疾病和创伤均可能损害平衡功能, 其中包括脑卒中、脊髓损伤、创伤性脑损伤、脑瘫、帕金森病、脑炎和肢体缺损等重大疾病。

平衡功能障碍主要表现为重心偏向健侧, 不能快速、充分地进行重心的前后转移和左右转移^[1]。患者表现为坐位、站位不稳, 步行困难或不稳, 严重影响其神经功能的恢复及日常生活活动能力, 尤其对于出院后回归家庭的患者, 往往因为平衡功能差导致安全性下降致使患者

大部分时间困坐于轮椅上, 不仅影响生活质量, 还使在住院期间已恢复的功能有所下降, 给家人造成经济和心理负担^[1]。

医学范畴上, 平衡定义为人在静止站立、自主运动和外力作用时能自动调整并保持身体姿势稳定的一种能力^[2]。平衡具有稳固性、对称性和动态稳固性 3 个主要特征^[3]。

力学上, 平衡是指当作用于物体的合力为零时物体所处的一种状态^[4]。人体保持平衡处于一种稳定状态的能力与人体重心的位置和人体支撑面的面积两方面有关^[5]。如果人体重心的重力线落在支撑面之内, 人体就是平衡的, 否则人体将处于不平衡状态。

平衡包括人体在各种运动中保持、获得或恢复稳定状态的能力^[6]。平衡又分为静态平衡和动

上海理工大学医疗器械学院, 上海市 200093

王红梅★, 女, 1984年生, 四川省遂宁市人, 汉族, 上海理工大学医疗器械与食品工程学院在读硕士, 主要从事康复医疗器械的研发工作。
hongmeiwangbest@126.com

通讯作者: 徐秀林, 副教授, 上海理工大学医疗器械学院, 上海市 200093
xxlin100@163.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225 (2010)43-08095-04

收稿日期: 2010-06-26
修回日期: 2010-07-20
(20100626016/D · A)

态平衡, 静态平衡即人体或人体某一部位处于某种特定姿势, 例如坐或站等姿势时保持稳定状态的能力^[2]; 动态平衡即人体在运动或受到外力作用时, 能自动地调整并维持姿势的能力^[5]。动态平衡可分为自动动态平衡和他动动态平衡两种状态, 自动动态平衡指人体进行各种自主运动能重获稳定状态的能力, 如站或坐等各种姿势间的转换运动; 他动动态平衡指人体受到外界干扰, 如推、拉等产生的反应, 恢复稳定状态的能力。

1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者在 Google 学术搜索、上海理工大学和复旦大学等学校图书馆进行检索。检索数据库: PubMed 数据库, 网址 <http://www.ncbi.nlm.gov/PubMed>; Science Direct 数据库 <http://www.sciencedirect.com>。万方数据库, 网址 <http://www.wanfangdata.com.cn>; 维普数据库, 网址 <http://www.vmis.net.cn/yixue/index.asp>。英文资料的检索时间范围为 1967/2009; 中文资料的检索时间范围为 1990/2009。英文检索词为“balance assessment; balance testing; balance ability”; 中文检索词为“平衡评估; 平衡测试; 平衡能力”。

1.2 入选标准 纳入标准: ①文章所述内容应与人体平衡能力、评估和测试方法密切相关。②主体类似的文章尽量选择近几年发表或在权威杂志上发表的文章。排除标准: ①重复性研究。②Meta 分析。

2 结果

2.1 纳入文献基本情况 初检得到 400 篇文献, 中文 280 篇, 英文 120 篇。阅读标题和摘要进行初筛, 排除因研究目的与此文无关 120 篇, 内容重复性的研究 50 篇, 共保存 28 篇中英文文献做进一步分析。文献[1-6]罗列人体平衡功能的研究现状, 文献[7-8]描述了维持人体平衡的生理机制, 文献[9-24]探讨了各种平衡功能、静态测试的方法, 文献[25-26]比较各种平衡功能测试方法的优缺点及展望了未来。

2.2 结果描述

2.2.1 平衡的生理机制 维持人体平衡的生理机制十分复杂。一般认为, 人体正常姿势的维持依赖于中枢系统对视觉、本体感觉和前庭觉

信息的协调和对运动效应器的控制^[7]。此外, 大脑平衡反射调节、小脑共济协调系统以及肌群的力量也参与了人体平衡功能的维持^[8]。为方便理解, 可以简化为感觉输入、中枢整合和运动控制 3 个环节。人体通过视觉、躯体感觉、前庭觉的传入来感知身体所处的位置及其与周围环境的关系。这 3 种感觉信息输入在多级平衡觉神经中枢中(脊髓、前庭核、内侧纵束、脑干网状结构、小脑及大脑皮质等)进行整合加工, 并形成运动方案。当体位或姿势变化时, 中枢神经系统将 3 种感觉信息进行整合, 迅速判断何种感觉所提供的信息是有用的, 何种感觉所提供的信息是相互冲突的, 并加以取舍, 最后下达运动指令。运动系统以不同的协同运动模式控制姿势变化, 将身体重心调整回到原来的范围内或重新建立新的平衡。当平衡发生变化时, 人体通过踝调节、髋调节和跨步调节 3 种调节机制或姿势性协同运动模式来应变^[9]。

2.2.2 平衡功能评定 所谓平衡功能评定就是指应用特定的方法或程序对人体的平衡功能进行定量或/和定性的分析的过程, 以及经过分析最终对人体平衡功能得出合理的描述。

平衡功能评定的目的主要有以下几个方面^[9]: ①确定患者是否存在平衡功能障碍。②如果患者存在平衡能力障碍, 确定平衡能力障碍的严重程度。③确定患者是否需要药物或康复治疗。④重复评定以此来确定治疗手段是否有效, 为制定进一步的治疗方案提供确切的依据。

目前, 平衡功能评定的常用方法主要分为传统的观测法、量表法和平衡测试仪评定法等几种。

观察法: 传统的观测法是医生通过经验观察人体的平衡功能状况。过于粗略和主观, 且缺乏量化, 因而对平衡能力的评价不够客观。但由于其应用简便, 因此目前仍有一定的应用价值, 常用于对平衡功能障碍的患者进行粗略的筛选。传统的观测法主要包括^[10-11]:

Romberg 法: 临床最早建立的静态姿态平衡检查方法, 又名“闭目站立试验法”, 是用肉眼观察受检者在两足并拢直立、闭目, 两臂前举情况下, 睁眼、闭眼时身体摇晃情况。

单腿直立检查法及强化 Romberg 检查法: 具体方法是在 60 s 内使受检者两足一前一后, 足尖接足跟的直立方式, 因前者负重面积及支撑面小, 其难度大于后者, 而后者所需的技巧比原有的 Romberg 试验法高。

Wolfson 的姿势性应力试验法: 要求受试者垂直站立, 在其腰部系一保护性皮带, 并通过它系一绳索, 在受试者的后面绳索经过一滑轮与一加重装置连接起来, 通过加重装置增、减质量, 向受试者后方腰部施以不同的质量, 用计分的方法评定受试者保持静态直立平衡的能力^[4]。

闭目原地踏步法: 要求受试者闭目站立在以 40 cm 为直径的圆圈中心, 听到开始的口令后立即以每秒钟 2 步的频率踏步, 直到脚出圈或触圈线。记录受试者持续踏步的时间, 以秒为单位, 不计小数。连续测 3 次, 取最大值^[4]。

前庭步检测法: 在地面上画一水平方向的直线, 再在横线的左端画一 50 cm 长的并与其垂直的直线, 受试者左脚放在两线的直角内, 左外沿抵垂直线, 后跟抵水平直线, 右脚齐平左脚站立, 让受试者按平常的步态, 向前走 10 步, 以左脚外沿为标志, 测量停止时左脚外沿与开始时左脚外沿的水平方向距离, 记录为横步的距离^[4], 根据横步距离的大小评定受试者的平衡能力强弱。

平衡木行走检测法: 受试者站立在一个宽 10 cm、长 3 m、高 2 cm 的简易平衡木的一端, 听到开始的口令后立即快速行走, 记录在平衡木上往返一次的时间。记录以秒为单位, 取 1 位小数, 第 2 位小数四舍五入。连续测 3 次, 取最大值^[4], 根据在平衡木上往返一次的时间长短评定受试者的平衡能力强弱。

功能性评定即量表评定法: 运用量表测试, 虽然测试者的主观性对被测试者的平衡功能评定会有影响, 但它不需要专门的设备, 应用方便, 且有很高的信度和效度, 因而在临床上的应用非常普遍^[12-13]。

Berg 平衡量表(Berg Balance Scale, BBS): Berg 平衡量表评定平衡功能具有良好的效度、信度和敏感度, 而且评定所需设备少, 应用方便, 可以定量的反映人体平衡状况^[14]。Berg 应用 BBS 评定 28 名老年受试对象, 其组内信度为 0.97, 评定 35 例脑卒中急性期患者的平衡功能, 其组间信度为 0.98^[12]。BBS 共有大约 14 个项目, 其中包括站起、坐下、独立站立、闭眼站立、上臂前伸、转身一周、双足交替踏台阶、单腿站立等, 他为每个项目给出评分, 其中每个项目最低得分为 0 分, 最高得分为 4 分, 总分 56 分, 测试时间一般为 20 min。BBS 得分等级分为 0~20、21~40、41~56 三个等级, 其代表的平衡能力可以取代坐轮椅、辅助步行和独立行走 3 种活动状态。当 BBS 总分少于 40 分时, 存在跌倒的可能。

Tinetti 平衡量表: Tinetti 平衡量表是 1986 年由 Tinetti^[15]首先报道, 它包括平衡测试和步态测试 2 部分, 总分 28 分。其中包括步态测试和平衡测试两部分, 步态测试有 8 个项目 12 分, 平衡测试 10 个项目 16 分。Tinetti 量表测试一般需要 15 min, 如果得分少于 24 分,

表示有平衡功能障碍, 少于 15 分, 表示存在摔倒的可能。Tinetti 平衡与步态量表除了可检测出行动障碍外, 也可定量测出其严重度, 并找到出步态或平衡项目中得分最差的部分, 方便进一步拟定治疗方案^[16]。

“站起-走”计时测试: Mathias 等^[17]在 1986 年首先提出了该检测方法, 此测试方法是测试患者从座椅上站起, 接着向前走 3 m 后折返回所需的时间, 并测试患者在行走中的动态平衡。得分为 5 分表示情况异常, 4 分表示中度异常, 3 分表示轻微异常, 2 分表示极轻微异常, 1 分表示正常。如果患者得分为 3 分或 3 分以上, 则表示存在摔倒的可能。

其他: 除了上述 3 个常用量表外, 还有 Fugl-Meyer 评定量表之平衡量表和 Lindmark 平衡功能评定法等^[18]。FB 是 Fugl-Meyer 评定量表的组成部分之一, 其评定的虽然项目少、评分简单, 但是能快速评定, 它主要用于评定偏瘫患者的平衡功能。Lindmark 评定也主要用于偏瘫患者的平衡评定, 经临床验证具有良好的效度^[18]。

平衡测试仪评定: 目前不同的生产厂商生产的各种平衡测试仪的原理大体相同, 主要由压力传感器构成的测力装置、计算装置、显示装置、专用平衡处理部分和分析模块等组成。压力传感器检测数据进入计算机, 实时计算出重心在水平面上的投影位置与时间的关系曲线即平衡姿势图^[19]。由于姿势图不仅能精确地测量人体重心位置、移动的面积和形态、以评定平衡功能障碍、或病变的部位和程度, 而且通过对姿势控制, 如摇摆轨迹、摇摆幅度、摇摆速度及功能谱的分析等, 可以更深入地研究在多种情况下身体重心的摇摆特点, 有利于对有平衡功能障碍的对象实施针对性的训练^[20]。平衡测试仪有静态平衡测试仪和动态平衡测试仪两种。

静态平衡测试仪评定: 静态平衡测试要求受力平台和显示器保持稳定, 测定人体在睁眼、闭眼及外界光刺激状态下, 实时记录压力重心位置与时间关系曲线。鲁宏华等^[21]通过对 415 例眩晕患者进行静态姿势图和眼震电图检测, 比较分析其临床意义, 得出静态姿势图在各类眩晕病症诊断中具有重要临床意义, 联合应用眼震电图可以提高诊断效率。朱琪等^[22]通过研究认为, 静态平衡仪各检测指标能客观、定量地反映脑卒中偏瘫患者的静态平衡功能状态。徐本华等^[23]对平衡测试的敏感性指标如左右方向的最大摆幅、前后方向的最大摆幅、左右方向平均摆幅、重心移动轨迹占据的总面积、区域速度、重心移动轨迹的总长度、前后方向的摆动速度和平均摆速进行研究。Berg 等^[24]对 31 例具有平衡功能障碍的老年人进行静态姿势图和平衡量表测试, 观察各参数值间的相关性, 结果提示: 前后摆速是敏感参数。Blanks 等^[25]用静态姿势图对 30 例正常人(年龄 20~75 岁)进行睁眼、闭眼时在左右两侧水平视觉运动刺激下的测试, 结果提示: 在闭眼情况下, 老年组前后摆幅较年轻组明

显增加。静态姿势图仅对静力时压力中心的变化情况进行描述和分析,但不能将影响平衡功能的视觉、本体感觉和前庭系统彻底分离开来进行研究。

动态平衡测试仪评定:动态平衡测试要求被测试者控制身体的重心跟随显示设备上的目标做相应的躯体动作,在被测试者无意识的状态下,支撑面移动(如左右、水平方向,前后、垂直方向、前上、左下方向移动),或显示器及其支架突然顺时针或逆时针摇动,测试在这些情况下被测试者的平衡控制能力,以此测试机体感觉和运动器官对外界环境变化的感应能力及大脑感知觉的综合能力,和控制运动效应器的能力等。动态平衡测试的测试内容主要有感觉整合测试(sensory organization test, SOT)、运动控制测试(motor control test, MCT)、应变能力测试(adaptation test, ADT)和稳定性测试(limits of stability, LOS)这5个部分。动态平衡测试完成了将影响平衡功能的视觉、本体感觉和前庭觉3个感觉系统分别开来进行研究的工作,从而能够进一步确定引起平衡障碍的原因并指导针对性治疗。

3 展望

人体平衡功能的测试进行了多年的研究,但是该领域仍还存在着许多尚未解决的问题,如,人体平衡机制复杂,且各个年龄阶段不同;平衡功能检测参数的指标和评价标准并未统一;平衡功能检测对于平衡系统疾病的定位、定性及鉴别诊断等的帮助还存在局限性;如患者精神问题等特殊因素所致的检测结果假阴性问题还没有特别有效的解决方法等。

目前在国内外流行的平衡测试仪主要有 Balance Performance Monitor(BPM)、Balance Master 和 Equitest 等,其中后两者不但可以对平衡能力进行静态、动态测试,而且可以对平衡功能障碍的患者进行训练治疗,但由于价格过高,非常难以推广,其应用受到限制。相比较而言,BPM 价格适中,性能稳定,操作方便,应用前景非常广泛。这类仪器的测试功能较全面准确,至今为止是检测平衡能力最具权威的测试仪器^[26],但国内没有相当水平的产品。因此,目前迫切需要研发一种集训练与评定于一体的功能全面、精度高、价格低廉的人体平衡功能测试仪器。

4 参考文献

- [1] 陈少贞.脑卒中患者平衡功能的认知因素分析及感知觉认知训练的干预效应[D]. 2004;19(10):1-63.
- [2] Dalia Zwick, Alon Rochelle, Ameer Choksi. Evaluation and treatment of balance in the elderly: A review of the efficacy of the Berg Balance Test and Tai Chi Quan. NeuroRehabilitation. 2000: 49-56.
- [3] Leroux A, Pinet H, Nadeau S. Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility. Am J Phys Med Rehabil. 2006;85(10):820.

- [4] Lexandta SP, Brain RD, Philip JR. What is balance? Clin Rehabil. 2000;14(5):402-406.
- [5] 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,2006,12(23):2173-2175.
- [6] 燕铁斌,金冬梅.平衡功能的评定及平衡功能训练[J].中华物理医学与康复杂志,2007,29(11):787.
- [7] 刘汉良,尤春景,黄晓琳,等.王平正常人动态平衡能力测试的信度及效度分析[J].中华物理医学与康复杂志,2004,26(3):10-14.
- [8] Leroux A, Pinet H, Nadeau S. Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility. Am J Phys Med Rehabil. 2006;85:820-830.
- [9] FB Horak. Clinical assessment of balance disorders. Gait Posture. 1997;6:76-84.
- [10] 李文彬,门高丽,王德明.人体平衡功能测试系统研究进展[J].人类工效学,2000,6(3):46-50.
- [11] 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复,2009,13(2):363-367.
- [12] Berg KO, Wood-Dauphinee S, Williams JI. The Balance Scale: reliability assessment with elderly residents and patients with acute stroke. Scand J Rehabil Med. 1995;27(7):27-36.
- [13] Liston RAL, Brouwer BJ. Reliability and validity of measures obtained from stroke patient using the Balance Master. Arch Phys Med Rehabil. 1996;77(3):425-430.
- [14] 金冬梅,燕铁斌,曾海辉.Berg平衡量表的效度和信度研究[J].中国康复医学杂志,2003,25(14):50-52.
- [15] Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. J Am Geriatr Soc. 1986;34:119-126.
- [16] 张家铭,蔡智能.老年人之周全性评估[J].台湾医学,2003,7(3):364-373.
- [17] Mathias S, Nayak USL. Balance in elderly patients: the "Get-up and Go" test. Arch Phys Med Rehabil. 1986;67:387-389.
- [18] 顾旭东,李建华,叶小剑,等. Lindmark平衡评估在偏瘫康复评定中的效度研究[J].中华物理医学与康复杂志,1999,21(2):13-15.
- [19] 张益德,刘翠华,皮周凯,等.应用平衡功能检测训练系统改善卒中患者平衡功能的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2005,27(91):530-533.
- [20] Sackley CM, Baguley BI. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: two single case study. Clin Rehabil. 1993;7(8):189-195.
- [21] 鲁宏华,陈太生,宋伟,等.静态姿势图在眩晕类疾病诊断中的应用[J].中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志,2006,14(2):84-85.
- [22] 朱琪,杨坚,乔蕾,等.静态平衡仪在脑卒中患者平衡功能定量评估中的应用[J].中国康复医学杂志,2005,20(12):925-926.
- [23] 徐本华,李雪迎,谢斌,等.正常人静态姿势图参数参考值研究[J].中华物理医学与康复杂志,2004,26(7):411-414.
- [24] Berg KO, Maki BE, Williams JI, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73(10):1073-1080.
- [25] Blanks RH, Fowleer CG, Zizz CA, et al. Postural adjustments produced by moving visual(horizonal optokinetic) patterns. J Am Acad Audio. 1996;7(11):39-48.
- [26] 金冬梅,燕铁斌,谭杰文.平衡测试仪的信度研究[J].中华物理医学与康复杂志,2002,24(4):302-402.

致谢: 对论文写作过程中给予很大帮助的徐秀林教授表示真挚的感谢,感谢汪皓阳同学协助查找论文。

关于作者: 第一作者完成收集资料,并完成构思和本综述的写作,第二作者审核,经5次修改5次审核。

基金资助: 本课题由上海市科学计数委员会科研计划项目(08440510300)资助。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 没有与相关伦理道德冲突的内容。

此问题的已知信息: 由于人体平衡功能是非常复杂的生理能力,所以需要准确量化的对其进行测试和评估需要用到精确的仪器检测人体平衡信息。在使用还要考虑到实际情况和神经反馈情况。

本综述增加的新信息: 目前迫切需要研发一种集训练与评定于一体的功能全面、精度高、价格低廉的人体平衡功能测试仪器。

临床应用的意义: 现在存在平衡功能障碍的患者越来越多,平衡能力测试已越来越多的应用在康复领域。