

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.08.009

·临床研究·

功率谱百分比构成在脑卒中患者平衡功能评定中的应用

邵梦鸣¹, 张璞^{2,3}, 宋桂芸^{2,3}

[摘要] **目的** 研究正常人静态站立位平衡功率谱百分比构成的规律及脑卒中患者与正常人功率谱百分比构成之间的差异性。**方法** 采用 Active Balancer EAB-100(Sakai Iryo, 日本)平衡测试仪对 30 名正常人和 30 例脑卒中患者进行睁、闭眼静态平衡功能测试,记录位移轨迹长度,包络面积, X、Y、Z 轴各频段功率谱的百分比,分析相关性和差异性。**结果** 功率谱百分比构成情况与年龄、身高、体重、性别的相关性无统计学意义($P>0.05$);脑卒中组与正常组睁闭眼时的功率谱百分比存在显著性差异($P<0.05$),在频谱上表现为中低频段,尤其是 0.2~2 Hz 频段比值的上升和 2~10 Hz 频段比值的下降($P<0.05$)。**结论** 功率谱的百分比构成情况在临床评定脑卒中患者平衡功能时可以作为—个很重要的参考指标。

[关键词] 功率谱;百分比;脑卒中;平衡功能

Application of Percentage Layouts of Power Spectrum in Balance Assessment of Stroke Patients SHAO Meng-ming, ZHANG Pu, SONG Gui-yun. Department of Rehabilitation Evaluation, Zhejiang Benevolence Rehabilitation Hospital, Zhejiang Rehabilitation Guidance Center for the Disabled, Hangzhou 310012, Zhejiang, China

Abstract: Objective To study the general rule in the power spectrum percentage of balance when normal people standing and the differences of the power spectrum percentage between normal people and the stroke patients. **Methods** 30 normal people and 30 stroke patients was tested with Active Balancer EAB-100 (Sakai Iryo) open- and close-eye. The whole path length, circumference area and the percentages of power spectrum on the X, Y and Z axes were recorded. The correlation and the differences were analyzed. **Results** The percentages of power spectrum were not statistically correlated ($P>0.05$) with age, height, weight or gender. There was significant difference between two groups in the percentage of power spectrum ($P<0.05$). On the frequency spectrum, the ratio rised on the low and middle frequency part, especially within 0.2~2 Hz, but the ratio decreased on the high frequency part (2~10 Hz) ($P<0.05$). **Conclusion** The percentage of power spectrum can be an important reference in assessing the stroke patients' balancing functions.

Key words: power spectrum; percentage; stroke; balance function

[中图分类号] R743.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-9771(2013)08-0748-04

[本文著录格式] 邵梦鸣, 张璞, 宋桂芸, 等. 功率谱百分比构成在脑卒中患者平衡功能评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(8): 748-751.

由于脑卒中患者大脑中枢神经系统受损,导致病后 6 个月内跌倒发生率高达 73%^[1]。因此,脑卒中患者平衡功能障碍的评价成为脑卒中康复中不可或缺的重要因素。目前,临床常采用静态平衡测试仪对平衡功能障碍进行定量测量^[2],相关研究多集中于位移轨迹长度、包络面积等指标,鲜有功率谱的临床意义研究。由于测试时的干扰,测试时的站立位置以及患者自身原因等不可避免的因素,位移轨迹长度、包络面积等指标往往或多或少会存在误差。功率谱的做功百分比构成情况,是将生物电信号经过傅立叶转化、滤波后得到的百分比数据,反映静态站立位测试期间躯体在各频段上做的功占总功的百分比分布情况,受干

扰较小,对平衡的定量评估有很大的参考意义。本文主要论述功率谱的百分比构成在脑卒中患者平衡功能评价中的应用。

1 资料与方法

1.1 一般资料

正常组($n=30$)均为 2012 年 3~9 月在中国康复研究中心康复评定科参加测试的志愿者。其中男性 15 人,女性 15 人;年龄 50~70 岁,平均(59.33 ± 6.64)岁;身高 155~186 cm,平均(165.23 ± 6.54) cm;体重 55~93 kg,平均(69.93 ± 9.09) kg;均为右利手;常规体检合格。排除标准:各系统常见疾病;平衡功能障碍。

脑卒中组($n=30$)均为 2012 年 3~9 月在中国康复研

作者单位: 1.浙江省残疾人康复指导中心浙江慈爱康复医院康复评定科,浙江杭州市 310012; 2.首都医科大学康复医学院,北京市 100068; 3.中国康复研究中心北京博爱医院康复评定科,北京市 100068。作者简介:邵梦鸣(1987-),男,浙江淳安县人,医师,主要研究方向:偏瘫、脑瘫肢体功能障碍的康复与评定。通讯作者:宋桂芸(1972-),女,北京市人,主管技师,主要研究方向:康复评定及治疗。

究中心康复评定科参加测试的首次就诊患者, 病程<6 个月。其中男性 15 例, 女性 15 例; 年龄 50~70 岁, 平均(57.33±3.66)岁; 身高 150~180 cm, 平均(169.2±6.41) cm; 体重 56~100 kg, 平均(71.56±7.14) kg; 均为右利手。诊断标准: 符合第四届全国脑血管病会议通过的诊断标准^[3], 经头颅 CT 和/或 MRI 检查确诊。纳入标准: ①患者生命体征稳定, 无明显认知障碍, 可正确接受动作指令; ②入院后到测试日期间隔不超过 1 个月; ③睁、闭眼能独立站立 1 min 以上; ④Berg 平衡量表评分<40 分, 跌倒风险指数测定 100%, 证实有平衡障碍, 其组间信度为 0.98^[4]。

两组间性别、年龄、身高、体重、利手比较无显著性差异($P>0.05$)。

1.2 评定方法

采用 Active Balancer EAB-100(Sakai Iryo, 日本)平衡测试仪对受试者进行睁、闭眼静态平衡功能测试, 测试时间为 2 min。受检者裸足站于传感器平台中央, 双眼平视前方, 两手自然下垂于体侧, 尽量保持身体稳定, 先睁眼后闭眼各测 60 s, 测试期间排除操作误差和其他干扰因素。

1.3 观察指标

记录正常组和脑卒中组睁、闭眼时的位移轨迹长度及面积。①位移轨迹长指重心移动轨迹总长。该参数反映在整个测试周期内人体重心移动的总距离, 即人的动摇程度。②位移轨迹外周面积指人体重心移动轨迹包围成的多边形表面积的总和。它直观反映人体晃动重心所走过的区域范围和形态。③矩形包络面积指人体重心偏离中心最远处的重心点构成的矩型面积, 其主要反映重心稳定的程度。④功率谱的百分比构成反映睁、闭眼时在 X、Y、Z 轴低频(0.02~0.2) Hz、中频(0.2~2 Hz)、高频(2~10 Hz) 3 个不同频段的能耗特征。OX1~OX3、OY1~OY3、OZ1~OZ3 分别表示睁眼时躯体在 X、Y、Z 轴各频段上的功率谱百分比; CX1~CX3、CY1~CY3、CZ1~CZ3 分别表示闭眼时躯体在 X、Y、Z 轴各频段上的功率谱百分比。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 13.0 软件包对各数据进行统计学分析。用单样本 Kruskal-Wallis 检验对数据进行正态性检验, 经检验所有数据均符合正态性分布, 以 ($\bar{x} \pm s$) 表示。采用 Levene 检验对数据进行方差齐性检验, 经分析所有数据均为方差齐。用单因素方差分析检验其组间差异, 用 LSD-*t* 检验做样本均数的两两比较, 分析

正常组和脑卒中组功率频谱分布差异性; 采用 Pearson 相关分析对正常组各轴各频段功率谱与性别、年龄、身高、体重、位移轨迹长度面积及包络面积的相关性进行分析。

2 结果

2.1 相关性分析

功率谱的百分比构成与年龄、身高、体重、性别的相关性无统计学意义($P>0.05$)。见表 1、表 2。

表 1 睁眼时各频段功率谱与身高、体重、年龄的相关性(P)

睁眼	OX1	OX2	OX3	OY1	OY2	OY3	OZ1	OZ2	OZ3
身高	0.585	0.391	0.499	0.714	0.879	0.860	0.732	0.807	0.942
体重	0.135	0.240	0.689	0.914	0.645	0.278	0.651	0.573	0.823
年龄	0.398	0.375	0.850	0.797	0.089	0.151	0.103	0.018	0.387

表 2 闭眼时各频段功率谱与身高、体重、年龄的相关性(P)

闭眼	CX1	CX2	CX3	CY1	CY2	CY3	CZ1	CZ2	CZ3
身高	0.604	0.561	0.922	0.527	0.675	0.826	0.574	0.701	0.932
体重	0.823	0.374	0.250	0.190	0.176	0.830	0.526	0.592	0.668
年龄	0.281	0.256	0.937	0.189	0.413	0.535	0.300	0.159	0.856

2.2 睁眼静态站立位下两组功率谱百分比构成比较

脑卒中组在 OX2、OY3 频段的做功比高于正常组($P<0.05$), 在 OX3、OY1、OY3、OZ3 频段做功比低于正常组($P<0.05$)。见表 3。

2.3 闭眼静态站立位下两组功率谱百分比构成比较

脑卒中组在 CX2、CY2、CZ2 频段上的做功高于正常组($P<0.05$), 在 CX3 频段上做功比显著低于对照组($P<0.001$)。见表 4。

2.4 睁眼时各频段功率谱与位移轨迹长度及包络面积的相关性

睁眼时的位移轨迹长度与 Y 轴低频(0.02~0.2 Hz)频段的功率谱(OY1)呈负相关($r=-0.446$, $P=0.014$); 包络面积与 X 轴高频(2~10 Hz)的功率谱(OX3)呈负相关($r=-0.380$, $P=0.006$)。

2.5 闭眼时各频段功率谱与位移轨迹长度及包络面积的相关性

闭眼时的位移轨迹长度与 Y 轴低频(0.02~0.2 Hz)频段的功率谱(CY1)呈负相关($r=-0.262$, $P=0.036$); 包络面积与 X 轴中频(0.2~2 Hz)的功率谱(CX2)呈正相关($r=0.432$, $P=0.017$), 与 X 轴高频(2~10 Hz)的功率谱(CX3)呈负相关($r=-0.772$, $P=0.000$); 与 Y 轴高频(2~10 Hz)的功率谱(CY3)呈负相关($r=-0.444$, $P=0.014$), 与 Z 轴高频(2~10 Hz)的功率谱(CZ3)呈负相关($r=-0.462$, $P=0.001$)。

表 3 睁眼正常组与脑卒中组各轴功率谱百分比构成比较(%)

组别	n	OX1	OX2	OX3	OY1	OY2	OY3	OZ1	OZ2	OZ3
正常组	30	31±7	47±6	23±6	30±6	46±7	24±7	32±6	45±6	23±6
脑卒中组	30	30±8	52±9	18±5	26±8	54±8	21±5	30±7	49±6	21±5
<i>t</i>		-	-2.57	3.56	2.60	-4.12	2.11	-	-	1.90
<i>P</i>		-	0.01	0.00	0.01	0.00	0.04	-	-	0.01

表 4 闭眼正常组与脑卒中组各轴功率谱功率谱百分比构成比较(%)

组别	n	CX1	CX2	CX3	CY1	CY2	CY3	CZ1	CZ2	CZ3
正常组	30	27±6	50±6	22±5	28±8	51±6	21±6	28±6	49±5	23±6
脑卒中组	30	27±7	57±8	17±5	25±9	56±7	20±4	27±7	52±4	21±5
<i>t</i>		-	-3.66	4.55	-	-2.68	-	-	-2.86	-
<i>P</i>		-	0.00	0.00	-	0.01	-	-	0.01	-

3 讨论

3.1 功率谱的临床特性

脑卒中偏瘫患者恢复步行的前提之一是具有良好的平衡功能。人体的平衡功能是一整套复杂的过程，需要视觉、前庭觉、本体觉、中枢整合协同作用^[5]。功率谱是分析不同频率下摆动特点的指标，描述物体以何种频率摆动及摆动时功率的结构组成情况，功率谱摆动时的功率结构组成通常以百分比形式表述，即功率谱的百分比构成。人体站立时，不可避免存在着轻微的晃动和摇摆，功率谱能客观、定量地评定静立状态人体姿势的稳定性。张盘德等研究表明位移轨迹长度及面积会受到年龄、身高、体重和性别的影响，不同年龄段，男女间存在差异(青年人比小孩和老年人的数值低，男性的数值比女性的数值低，体重大的比体重轻的平衡性差)^[6]。

本文对功率谱的百分比构成情况与年龄、身高、体重进行 Pearson 相关性分析发现，功率频谱的百分比构成与年龄、身高、体重和性别的相关性无统计学意义($P>0.05$)，表明功率频谱的百分比构成受年龄、身高、体重和性别的影响较小，结果与孟晓落^[7]所做的不同年龄段正常人功率谱百分比构成参考值无差异性的结论一致。Demura 的研究也指出年轻人的功率谱与摆动速度和摆动大小的关联性不大($r<0.3$)^[8]，可能是由于功率谱反映的是能量做功的百分比，经过傅立叶转化后过滤了相关差异性的干扰因素。说明功率谱在临床应用和研究中相较于位移轨迹长度及面积指标更不易受个体因素的干扰，在反映人体静态平衡功能能力时敏感性和稳定性更高。

3.2 功率谱各频段的参考意义

各轴向每一频段的功率谱所代表的意义尚未有文献专门阐述，通过对正常组的相关性研究发现，睁、

闭眼静态站立位测试结果显示 Y 轴 0.02~0.2 Hz 频段的功率谱百分比与位移轨迹长度均呈负相关，杨明等的研究发现正常人静态站立时重心摆动以前后为主，雷达图呈两头尖中间窄的“枣核型”^[9]，这也解释了为什么位移轨迹长度只与 Y 轴的功率谱相关。维持正常的静态平衡需要视觉、前庭觉、本体觉的相互作用。Horak 等报道在稳定的支撑面上，本体觉、前庭觉和视觉对平衡的控制作用分别占 70%、20%和 10%^[10]。国内郭丽敏等研究也认为正常人在维持静态平衡时视觉作用较小，本体觉的主导作用更大^[11]。已有实验指出静态躯体控制时，处于平稳支撑面时，前庭系统对平衡的影响不大^[12]^[150]，静态平稳站立时前庭功能障碍患者更多地靠视觉来代偿^[13]；而在不稳定的支撑面上，本体感觉传入信息减少时，前庭感觉在维持姿势稳定性时起主导作用。本研究测试环境为平稳的压力板，受试者保持正常站立位，故受到前庭觉的影响较小。正常组和脑卒中组 0.2~2 Hz 功率谱在各自频段中功率百分比均为最大，0.02~0.2 Hz 频段次之，由上推断 0.02~0.2 Hz 频段可能与视觉和前庭觉有关。由于闭眼时排除了视觉因素，所以 0.02~0.2 Hz 频段的功率百分比值较睁眼时下降。而 0.2~2 Hz 频段的比值增加可能与本体感觉功能代偿性增加有关。该频段比值越大，说明平衡性(本体觉)控制越差，正常人闭眼时该频段比睁眼时的比重高也说明这点。通过闭眼时功率谱与包络面积的相关性分析，闭眼时包络面积与 X 轴 0.2~2 Hz 频段相关，这间接说明 0.2~2 Hz 频段可能反映的是本体觉控制。由于视觉系统易受环境因素干扰，本体感觉很难反映相对于支撑面垂直方向性的感觉输入，而前庭信号不能单独为中枢系统提供身体如何在空间运动的确切情况，所以安静站立时的静态平衡控制常常需要进行中枢整合^[12]^[148-149]。而中枢整合在

频谱常常表现为高信号^[14], 所以推断 2~10 Hz 的高频段可能与中枢的协同整合控制能力有关, 需要骨科患者作对照组进一步证实, 本文未做实验研究。但本研究结果显示, 脑卒中患者高频段比例下降, 也间接证实中枢的协调整合与平衡稳定性密切相关。通过相关性分析也可以看出无论睁、闭眼, 高频段与包络面积关系密切。

3.3 脑卒中患者与正常人功率谱的差异性

脑卒中组功率谱百分比构成情况与正常人相比在低频(0.02~0.2 Hz)无显著性差异; 但是在中频(0.2~2 Hz)的比值明显增加; 相应的在高频(2~10 Hz)比值下降。这说明脑卒中患者的视觉、外周前庭觉与正常人无明显差异。由于脑卒中患者脑组织受损, 对平衡的控制能力必然低于正常人群, 脑卒中患者一般伴有半侧或双侧瘫痪, 本体觉弱于正常人, 平衡时靠各种姿势摆动过度代偿来达到平衡。Mauritz 等所做研究结果显示疾病及损害部位不同, 特定频率成分的功率增大^[15], 所以功率频谱的百分比构成检查可以用于推断脑卒中后平衡功能障碍程度及受损的平衡控制系统(本体觉、视觉、前庭觉还是中枢整合)和部位。

综上所述, 脑卒中平衡功能障碍患者静态平衡功率谱表现为中低频段(尤其是 0.2~2 Hz 频段)比值上升和高频段(2~10 Hz)比值的下降。与以往常用的平衡功能障碍指标比较, 功率谱能较准确地反映站立位静止状态下睁闭眼时各轴做功的百分比, 对临床评定平衡功能障碍有较好的特异性和敏感度, 有助于深入理解和判断平衡功能障碍所产生的原因, 并可以作为平衡障碍康复疗效观察的新指标, 并为下一步的康复治疗计划制定提供客观依据。

[参考文献]

[1] Oliveira CB, Medeiros IR, Greeters MG, et al. Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke [J]. Clinics (Sao Paulo), 2011, 66(12): 2043-2048.

- [2] 恽晓平. 康复疗法评定学[M]. 北京: 华夏出版社, 2005: 251-254.
- [3] 中华医学会第四届全国脑血管病学术会议. 各项脑血管病诊断要点[J]. 中华神经内科学杂志, 1996, 29(6): 379.
- [4] 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.
- [5] 宋桂芸, 张璞, 杨明. 老年脑卒中患者平衡功能障碍特征分析[J]. 中国康复理论与实践, 2011, 17(8): 798-800.
- [6] 张盘德, 彭小文, 皮周凯, 等. 人体平衡功能检测系列研究(1): 正常人静态姿势平衡的定量评定及性别、年龄的差异[J]. 中国康复理论与实践, 2004, 10(7): 414-417.
- [7] 孟晓落, 朱艳, 舒刚明, 等. 中国人重心平衡动摇检查的正常值测定[J]. 临床脑电学杂志, 1999, 8(3): 137-139.
- [8] Demura S, Uchiyama M. Effect of traditional floor sitting on postural control after standing [J]. J Hum Ergol (Tokyo), 2005, 34(1-2): 13-23.
- [9] 杨明, 代欣, 李炜垣, 等. 位置矢量分析在偏瘫患者平衡功能评定中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2007, 13(10): 913-914.
- [10] Horak FB, Hlavacka F. Somatosensory loss increases vestibulo-lospinal sensitivity [J]. J Neurophysiol, 2001, 86(2): 575-585.
- [11] 郭丽敏, 迟放鲁. 姿势平衡中的感觉相互作用[J]. 上海医学, 2003, 26(4): 258-261.
- [12] Shumway-Cook Anne, Woollacott Marjorie H. 毕胜, 燕铁斌, 王宁华, 译. 运动控制原理与实践[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2009.
- [13] 吴媛媛, 孔维佳, 赖嫦芹, 等. 干扰本体感觉和视觉对正常人及单侧前庭功能低下患者的静态姿势的影响[J]. 中华耳科学杂志, 2008, 6(3): 310-314.
- [14] Suzuki M, Yamano K, Yamazaki Y, et al. Correlation analyses of human body sway during standing with different body configurations [J]. Adv Exerc Sports Physiol, 2005, 11(3): 83-94.
- [15] Mauritz KH, Dichgans J, Hufschmidt A. Quantitative analysis of stance in late cortical cerebellar atrophy of the anterior lobe and other forms of cerebellar ataxia [J]. Brain, 1979, 102(3): 461-482.

(收稿日期: 2013-04-26)