

· 临床研究 ·

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2019.04.013

注意力分配对双重任务模型平衡和计算能力的影响

朱婷, 郑洁皎, 丁建伟, 沈利岩, 杨寅

复旦大学附属华东医院康复医学科, 上海市 200040

通讯作者: 郑洁皎, E-mail: zjjcss@163.com

基金项目: 1. 上海市卫生系统重要薄弱学科(康复医学)项目(No. 2015ZB0402); 2. 上海申康医院发展中心上海市市级医院新兴前沿技术联合攻关项目(No. SHDCI2014126); 3. 国家体育总局科技服务项目(No. 2017B065)

摘要

目的 探讨执行计算-平衡双重任务时, 注意力分配原则对平衡能力和计算能力的影响。

方法 2016 年 10 月至 2017 年 12 月, 选取健康青年人 20 例, 于坐位下进行睁眼+计算、闭眼+计算测试, 于静态平衡仪上分别进行单腿站立+睁眼、单腿站立+闭眼、单腿站立+睁眼+计算、单腿站立+闭眼+计算测试。记录身体重心的左右最大摆幅、前后最大摆幅, 外周面积, 轨迹长, 以及连续逆序减 7 计算的正确率。

结果 睁眼时身体重心左右、前后最大摆幅, 外周面积, 轨迹长显著小于闭眼时($t > 8.775, P < 0.001$); 双重任务闭眼时身体重心左右、前后最大摆幅, 外周面积小于单项任务($t > 2.276, P < 0.05$); 双重任务睁眼时身体重心的左右、前后最大摆幅, 外周面积, 轨迹长与单项任务相比无显著性差异($t < 1.379, P > 0.05$)。睁眼坐位组、闭眼坐位组、睁眼平衡测试组、闭眼平衡测试组计算正确率无显著性差异($P > 0.05$)。

结论 低难度的认知双重任务不通过注意力分配原则来影响平衡稳定性和计算能力, 计算任务反而改善闭眼时的单腿静态平衡稳定性, 但对睁眼时的平衡稳定性无影响。

关键词 平衡; 姿势控制; 认知; 双重任务; 注意力

Effects of Attentional Distribution on Balance and Arithmetic Ability of Dual Task Model

ZHU Ting, ZHENG Jie-jiao, DING Jian-wei, SHEN Li-yan, YANG Yin

Department of Rehabilitation Medicine, Huadong Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 20040, China

Correspondence to ZHENG Jie-jiao, E-mail: zjjcss@163.com

Supported by Important Weak Subject Construction Project of Health System in Shanghai (No. 2015ZB0402), Shanghai Hospital Development Center Shanghai Municipal Hospital Emerging Frontier Technology Cooperated Research Project (No. SHDCI2014126) and Science and Technology Services of the General Administration of Sport of China (No. 2017B065)

Abstract

Objectives To explore the impact of attentional distribution principle on balance and arithmetic ability when performing calculation-balance dual task.

Methods From October, 2016 to December, 2017, 20 healthy young subjects were selected, and asked to perform eyes opened + calculation and eyes closed + calculation tests under sitting position, and perform single leg standing + eyes opened, single leg standing + eyes closed, single leg standing + eyes opened + calculation and single leg standing + eyes closed + calculation tests in the static balance instrument. The maximum displacement in mediolateral direction and anteroposterior direction of center of gravity, sway area and sway path length were recorded, as well as the accuracy of counting backwards in steps of seven.

Results The maximum displacement in mediolateral direction and anteroposterior direction, sway area, sway path length were significantly less when eyes opened than eyes closed ($t > 8.775, P < 0.001$). The maximum displacement in mediolateral direction and anteroposterior direction, and sway area were less when eyes closed during the dual task than single task ($t > 2.276, P < 0.05$). There was no statistical difference in the maximum displacement in

作者简介: 朱婷(1989-), 女, 汉族, 江苏靖江市人, 硕士, 主治医师, 主要研究方向: 神经康复、老年康复。通讯作者: 郑洁皎(1953-), 女, 汉族, 上海市人, 教授, 主任医师, 主要研究方向: 康复医学、老年医学。

mediolateral direction and anteroposterior direction, and sway area and sway path length when eyes opened during the dual task compared with single task ($t < 1.379$, $P > 0.05$). There was no significant difference in the calculation accuracy among the eyes opened + sitting group, the eyes closed + sitting group, the eyes opened + balance test group and the eyes closed + balance test groups ($P > 0.05$).

Conclusion The low-difficult cognitive dual task does not affect the balance stability and arithmetic ability through the attentional distribution principle, on the contrary, the arithmetic task improves the static balance ability of single leg standing when eyes closed, however, it has no effect on the static balance ability of single leg standing when eyes opened.

Key words: balance; posture control; cognition; dual-task; attention

[中图分类号] R49 [文献标识码] A [文章编号] 1006-9771(2019)04-0439-05

[本文著录格式] 朱婷,郑洁皎,丁建伟,等. 注意力分配对双重任务模型平衡和计算能力的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2019, 25(4): 439-443.

CITED AS: ZHU Ting, ZHENG Jie-jiao, DING Jian-wei, et al. Effects of Attentional Distribution on Balance and Arithmetic Ability of Dual Task Model [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2019, 25(4): 439-443.

平衡是指维持身体所处的一种姿态以及在自身运动或受到外力作用时能够自动调整并维持姿势的能力^[1]。双重任务^[2]指同时执行两种任务,如维持平衡任务和计算认知任务。认知双重任务能力是指同时处理认知等两种任务的能力。平衡的维持需要认知过程的参与,而注意力是涉及平衡的主要认知领域之一^[3],平衡任务越复杂,需要的注意力资源越多。处理双重任务时,注意力资源需求增加,然而注意力资源有限,两个任务之间会竞争注意力资源^[4],大脑会优先分配注意力资源用于执行第一任务,分配于第二任务的注意力资源较少,两个任务或者第二任务完成表现较差,即注意力分配原则。

体育竞技运动是青年人特征性的认知双重任务,运动员不仅要准确、稳定地完成任务,同时要考虑竞技的战略。日常生活中每天均可见认知双重任务,如步行时看报纸或者接听电话等^[5-6]。认知双重任务能力下降时会导致跌倒^[7],其中青年人跌倒主要发生于执行双重任务时^[8]。跌倒除了导致死亡和残疾外,还对个人、社会和经济产生惊人的负担^[9]。许多研究已经发现,我国青年人体质有所下滑,跌倒后虽然死亡率低于老年人,但会对青年人的心理产生很大影响,甚至会影响运动员的职业生涯^[10]。良好的双重任务能力可以有效应对各种复杂环境(上坡、山路、赛场等),避免跌倒的发生。既往研究表明,认知双重任务训练可以改善平衡能力和步行速度,降低跌倒的风险^[11-13]。对于有跌倒史的老年人,双重任务训练甚至可以同时改善认知功能和平衡能力^[14]。

双重任务能力评估可以有效检测出运动员脑震荡后的持续性认知和运动功能受损,即使标准的脑震荡

评分已恢复正常;也可以用来预测老年人的跌倒风险^[15]。目前关于双重任务训练前的认知双重任务能力评估的研究很少,我们建立一个计算-平衡双重任务模型,通过观察是否存在认知-平衡的干扰,来评估认知双重任务能力^[13]。认知-平衡干扰^[16-17]指同时执行的计算任务和平衡任务间会相互干扰^[18],两者竞争大脑的注意力资源导致平衡能力或者认知能力下降^[19],又或者认知任务促进平衡能力的提高^[20-21]。如果双重任务间相互干扰,其干扰机制是否跟注意力分配原则相关,本研究进行以下探索。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2016年10至2017年12月,在复旦大学附属华东医院康复医学科招募健康青年志愿者。

纳入标准:①健康青年人;②年龄20~30岁;③大专及以上学历;④简易精神状态检查(Mini-Mental State Examination, MMSE)评分 ≥ 27 分;⑤自愿参与本研究。

排除标准:①单腿站立不能维持30 s;②不能听懂或理解研究流程。

最终纳入20例,其中男性9例,女性11例;年龄20~25岁,平均 (21.8 ± 1.5) 岁;体质量42~90 kg,平均 (59.4 ± 12.5) kg;身高 (166.7 ± 8.4) cm;脚长21~28 cm,平均 (24.1 ± 1.9) cm;MMSE评分27~30分,平均 (29.2 ± 0.9) 分。

本研究经过复旦大学附属华东医院伦理委员会批准,入选对象均签署知情同意书。

1.2 方法

平衡测试正式开始前,嘱试验者站上测力台,适

应试验环境,并练习单腿站立,选出最适合单腿站立腿;每例受试者均在座椅上进行 2 组计算任务:坐位+睁眼+计算;坐位+闭眼+计算。平衡测试采用 MTD-Balance 静态平衡测试仪(德国 MTD 公司),对 20 例健康青年人分别进行 4 组平衡检测:左/右腿站立+睁眼+计算;左/右腿站立+睁眼;左/右腿站立+闭眼+计算;左/右腿站立+闭眼。4 组平衡测试的顺序由电脑随机选取。每位受试者测试 3 次,每次间隔 5~7 d,每次测试 6 组(2 组座椅上+4 组平衡仪上),每组测试 30 s,组间间隔 30 s,完成一次实验需 330 s。

计算任务采用连续逆序减 7 的计算,起始数字选用区间 80~99,由电脑随机取数。要求受试者大声的说出每个答案,并计算正确率。重点要求计算的准确性而不是速度,假如受试者 30 s 之内完成计算任务,则重新从原始数字开始。实验开始前每位受试者练习怎样熟练逆序地大声数数字。嘱受试者双重任务测试时,保证平衡稳定的同时尽可能保证计算的正确性。

1.3 评定标准

平衡参数选用前后最大摆幅、外内/内外最大摆幅、外周面积、轨迹长;计算参数采用连续逆序减 7 计算的正确率。

正确率 = $\frac{\text{计算结果正确数}}{\text{计算结果总数}} \times 100\%$

1.4 统计学分析

采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析。所有参数采用 3 次测试平均值。正态分布数据以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,采用配对 t 检验;非正态数据以 $M(Q_u-Q_l)$ 表示,采用非参数检验。显著性水平 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

睁眼时,单项任务和双重任务左右、前后最大摆幅,外周面积,轨迹长均显著小于闭眼时($P < 0.001$)。双重任务闭眼左右、前后最大摆幅,外周面积小于单项任务($P < 0.05$);双重任务睁眼时身体重心左右、前后最大摆幅,外周面积,轨迹长与单项任务相比无显著性差异($P > 0.05$)。坐位睁眼组、坐位闭眼组、睁眼平衡测试组、闭眼平衡测试组计算正确率无显著性差异($P > 0.05$)。见表 1~表 3。

3 讨论

本研究采用的双重任务模型为计算-平衡双重任务,用连续逆序减 7 计算任务干扰受试者单腿静态平衡的维持。连续减 7 计算的正确率不仅检测受试者的计算能力,更是对受试者注意力持续性的检测^[22]。平衡能力与注意力持续性呈正相关,注意力在平衡控制及身体姿势维持的过程中起到非常重要的作用。由此可见,减 7 计算和平衡维持均依赖注意力,但注意力有限,在执行双重任务时,平衡维持和计算任务共同竞争注意力资源。因此,双重任务时平衡的表现取决于注意力的分配^[23],即注意力更多用于维持平衡时,受试者表现为更好的平衡功能,相反平衡功能表现较差。

视觉的传入是维持平衡稳定的重要因素,视觉的传入对躯体直立、空间位置觉都有着补偿作用。本研究也发现,视觉改善单腿静态平衡稳定性,不仅表现在单项任务,双重任务同样适用,与国内外研究结果一致^[24-27]。

本研究还发现,睁眼时双重任务平衡稳定性与单

表 1 睁眼和闭眼时单项和双重任务平衡参数比较

平衡运动轨迹	单项任务		双重任务	
	睁眼	闭眼	睁眼	闭眼
左右最大摆幅(mm)	22.0±4.3	39.2±8.8	20.3±6.6	35.7±6.7
前后最大摆幅(mm)	35.6±6.9	63.1±15.1	34.3±15.2	55.5±13.2
外周面积(mm ²)	503.0±171.1	1613.2±611.9	463.4±279.6	1278.8±420.4
轨迹长(mm)	1063.6±135.4	2186.7±434.1	1087.0±328.9	2201.1±484.2

表 2 睁眼和闭眼时单项和双重任务平衡参数统计学数据

平衡运动轨迹	单项任务睁眼与闭眼比较		双重任务睁眼与闭眼比较		睁眼时两种任务比较		闭眼时两种任务比较	
	t	P	t	P	t	P	t	P
左右最大摆幅	-8.914	< 0.001	-9.580	< 0.001	1.379	0.184	2.276	0.035
前后最大摆幅	-8.887	< 0.001	-5.139	< 0.001	0.397	0.695	3.585	0.002
外周面积	-8.775	< 0.001	-8.000	< 0.001	0.828	0.418	4.115	0.001
轨迹长	-11.552	< 0.001	-11.615	< 0.001	-0.342	0.736	-0.212	0.834

表 3 坐位与单腿站立睁眼和闭眼情况下的正确率比较(%)

姿势	睁眼	闭眼	P
坐位	97.50(100.00-94.08)	100.00(100.00-94.08)	0.181
单腿站立	97.20(100.00-95.73)	100.00(100.00-93.88)	0.740
P	0.244	0.507	

项任务之间无明显差异；闭眼时双重任务平衡稳定性大于单项任务，即闭眼时计算任务改善了单腿静态平衡稳定性。可能因为视觉中枢位于大脑枕叶，也是维持认知功能的主要大脑中枢。因此，睁眼时，视觉感觉系统的传入、计算任务和平衡维持三者共同竞争注意力资源^[28]。由于视觉是维持平衡的最重要因素之一，且研究表明，视觉对姿势控制的影响大于认知任务^[20]，视觉的传入可以短时间内快速纠正平衡的稳定性。因此，大脑选择优先将注意力资源分配于视觉的传入，从而快速维持平衡的稳定性。所以睁眼时计算任务对平衡维持几乎无影响，归功于视觉的传入对平衡的维持。此时计算任务分配到的注意力资源减少；或者大脑有充足的注意力资源，足够分配于计算任务。

相反，闭眼时因为视觉传导被阻断，受试者本能地寻求新的平衡，因而需要更多的注意力资源。此时用计算任务来干扰平衡，表面看是计算任务竞争了注意力资源，按照注意力分配原则，平衡稳定性会降低以及计算任务完成较差。实际的研究结果表明，与闭眼单任务相比，平衡稳定性更佳，计算任务表现无差异。即在缺少视觉传入时，第二任务可以协助平衡的维持。因此，闭眼时，大脑并未启用注意力分配原则来处理计算-平衡双重任务。Vuillerme 等^[29]提出两个假说来解释这个结论。一种是计算任务将注意力焦点从姿势控制转移，防止受试者过度关注平衡的维持，使中枢神经系统对姿势的控制更加随意，从而降低足部移动，使得平衡更稳定。另一种是下肢主动肌和拮抗肌的协同收缩，使身体僵硬程度增加而降低姿势的摆动，但其实是增加摆动的频率而降低振幅，平衡稳定性更佳。该结论与国外研究结果一致^[20,30-32]。但也有研究表明第二任务会影响平衡的稳定性^[12,19,33]，研究结果的差异可能与受试者的年龄以及第二任务占用注意力的程度相关。本研究的平衡维持和计算任务所占据的注意力资源小于受试者拥有的总负荷。随着年龄增长注意力总负荷降低，计算任务就会降低平衡稳定性，或者增加第二任务的难度，更多占用注意力资源

同样也会降低平衡稳定性^[34]。

本研究中，睁眼坐位组、闭眼坐位组、睁眼平衡测试组、闭眼平衡测试组计算正确率差异无统计学意义，说明平衡任务并没有干扰计算能力。在计算正确率方面，前面描述睁眼执行双重任务时，大脑选择牺牲计算任务占用的注意力资源或者有充足的注意力资源来维持平衡。前者引起计算正确率下降，后者则对正确率无影响。本研究的结论与后者相符，说明受试者大脑拥有足够的注意力资源。Sweller^[35]提出的认知负荷理论为该研究结果提供了理论基础，当需要的认知负荷未超出大脑拥有的认知负荷时，会有多余的认知负荷供其他任务使用。也有研究表明^[36]，按照神经环路重叠的原则，当认知和运动任务占用相同的神经环路时，双重任务间干扰较严重。目前关于双重任务时统计计算正确率的研究较少，且结论与本研究相反^[13]。可能是因为本研究计算任务过于简单，并没有占用过多的注意力资源；或者受试者较年轻，大脑拥有足够的认知负荷；或者是本研究的计算任务大脑神经环路与平衡任务神经环路重叠较少。

综上所述，当受试者所需的注意力资源小于拥有的总认知负荷时，即受试者具备良好的认知双重任务能力，有足够的注意力资源来完成所要执行的任务，大脑不会启用注意力分配原则来维持平衡的稳定，就不会产生认知-平衡干扰。在未来研究中，可以招募有注意力缺陷的受试者，或者增大认知任务的难度，进一步观察注意力分配原则对平衡及认知能力的影响。同样考虑将注意力资源的负荷定量研究，制定不同年龄段的标准值，为提高双重任务能力和预防跌倒提供新的思路及临床价值。

【参考文献】

[1] 庄雯雯,郑洁皎,陈秀恩. 认知双重任务训练对青年人动态平衡的影响[J]. 中国康复, 2017, 32(2): 119-122.

[2] 朱婷,安丙辰,梁贞文,等. 认知对姿势控制能力影响的研究进展[J]. 中华老年病研究电子杂志, 2015, 2(1): 35-38.

[3] Gibbons C T, Amazeen P G, Jondac J J. Thinking on your feet: An analysis of movement and cognition in a sit to stand task [J]. Acta Psychol (Amst), 2018, 192: 52-58.

[4] Potvin-Desrochers A, Richer N, Lajoie Y. Cognitive tasks promote automatization of postural control in young and older adults [J]. Gait Posture, 2017, 57: 40-45.

[5] Cheng K C, Pratt J, Maki B E. Do aging and dual-tasking impair the capacity to store and retrieve visuospatial information needed to guide perturbation-evoked reach-to-grasp reactions? [J]. PLoS One, 2013, 8(11): e79401.

- [6] Cheng K C, Pratt J, Maki B E. Effects of spatial-memory decay and dual-task interference on perturbation-evoked reach-to-grasp reactions in the absence of online visual feedback [J]. *Hum Mov Sci*, 2013, 32(2): 328-342.
- [7] Sosnoff J J, Balantrapu S, Pilutti L A, et al. Cognitive processing speed is related to fall frequency in older adults with multiple sclerosis [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2013, 94(8): 1567-1572.
- [8] Powell J W, Barber-Foss K D. Traumatic brain injury in high school athletes [J]. *JAMA*, 1999, 282(10): 958-963.
- [9] Zheng J J, Wang X Q, Xu Y Y, et al. Cognitive dual-task training improves balance function in patients with stroke [J]. *Health Med*, 2012, 6(3): 840-845.
- [10] 杜峰,王竹影. 健美操运动员三种状态下的平衡能力[J]. 体育学刊, 2007(4): 51-53.
- [11] Alimardani M, Nishio S, Ishiguro H. Humanlike robot hands controlled by brain activity arouse illusion of ownership in operators [J]. *Sci Rep*, 2013, 3: 2396.
- [12] Negahban H, Ahmadi P, Salehi R, et al. Attentional demands of postural control during single leg stance in patients with anterior cruciate ligament reconstruction [J]. *Neurosci Lett*, 2013, 556: 118-123.
- [13] Resch J E, May B, Tomporowski P D, et al. Balance performance with a cognitive task: a continuation of the dual-task testing paradigm [J]. *J Athl Train*, 2011, 46(2): 170-175.
- [14] Faulkner K A, Redfern M S, Cauley J A, et al. Multitasking: Association between poorer performance and a history of recurrent falls [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2007, 55(4): 570-576.
- [15] Tamura K, Kocher M, Finer L, et al. Reliability of clinically feasible dual-task tests: expanded timed get up and go test as a motor task on young healthy individuals [J]. *Gait Posture*, 2018, 60: 22-27.
- [16] Gay R K. Neurocognitive measures in the assessment of vestibular disturbance in patients with brain injury [J]. *NeuroRehabilitation*, 2013, 32(3): 473-482.
- [17] Varghese R, Hui-Chan C W, Bhatt T. Reduced cognitive-motor interference on voluntary balance control in older Tai Chi practitioners [J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2016, 39(4): 190-199.
- [18] Brecl J G, Remsack T, Sega J S, et al. Step initiation interferes with working memory in nondisabled patients with the earliest multiple sclerosis — a dual-task study [J]. *Gait Posture*, 2017, 51: 201-207.
- [19] Andersson G, Yardley L, Luxon L. A dual-task study of interference between mental activity and control of balance [J]. *Am J Otol*, 1998, 19(5): 632-637.
- [20] Remaud A, Boyas S, Caron G A R, et al. Attentional demands associated with postural control depend on task difficulty and visual condition [J]. *J Mot Behav*, 2012, 44(5): 329-340.
- [21] Yeh T T, Boulet J, Cluff T, et al. Contributions of delayed visual feedback and cognitive task load to postural dynamics [J]. *Neurosci Lett*, 2010, 481(3): 173-177.
- [22] Swanenburg J, de Bruin E D, Uebelhart D, et al. Compromising postural balance in the elderly [J]. *Gerontology*, 2009, 55(3): 353-360.
- [23] Fujita H, Kasubuchi K, Wakata S, et al. Role of the frontal cortex in standing postural sway tasks while dual-tasking: a functional near-infrared spectroscopy study examining working memory capacity [J]. *Biomed Res Int*, 2016, 2016: 7053867.
- [24] Stins J F, Beek P J. A critical evaluation of the cognitive penetrability of posture [J]. *Exp Aging Res*, 2012, 38(2): 208-219.
- [25] Yeh T T, Cluff T, Balasubramaniam R. Visual reliance for balance control in older adults persists when visual information is disrupted by artificial feedback delays [J]. *PLoS One*, 2014, 9(3): e91554.
- [26] 戚维璜,郑洁皎,安丙辰. 认知双重任务干扰平衡功能的研究[J]. 中国康复, 2014, 29(2): 83-85.
- [27] Kotecha A, Chopra R, Fahy R T A, et al. Dual tasking and balance in those with central and peripheral vision loss [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(8): 5408-5415.
- [28] 段林茹,郑洁皎,徐国会,等. 感觉的平衡维持优先策略研究[J]. 中国康复理论与实践, 2017, 23(11): 1241-1244.
- [29] Vuillerme N, Vincent H. How performing a mental arithmetic task modify the regulation of centre of foot pressure displacements during bipedal quiet standing [J]. *Exp Brain Res*, 2006, 169(1): 130-134.
- [30] Lajoie Y, Jehu D A, Richer N, et al. Continuous and difficult discrete cognitive tasks promote improved stability in older adults [J]. *Gait Posture*, 2017, 55: 43-48.
- [31] Riley M A, Baker A A, Schmit J M, et al. Effects of visual and auditory short-term memory tasks on the spatiotemporal dynamics and variability of postural sway [J]. *J Mot Behav*, 2005, 37(4): 311-324.
- [32] Swan L, Otani H, Loubert P V. Reducing postural sway by manipulating the difficulty levels of a cognitive task and a balance task [J]. *Gait Posture*, 2007, 26(3): 470-474.
- [33] Pallecchia G L. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task [J]. *Gait Posture*, 2003, 18(1): 29-34.
- [34] Bourslon C, Lehenaff L, Batifoulier C, et al. Dual-tasking postural control in patients with right brain damage [J]. *Gait Posture*, 2014, 39(1): 188-193.
- [35] Sweller J. Cognitive load during problem solving: effects on learning [J]. *Cogn Sci*, 1988, 12(2): 257-285.
- [36] Li K, Bherer L, Mirelman A, et al. Cognitive involvement in balance, gait and dual-tasking in aging: a focused review from a neuroscience of aging perspective [J]. *Front Neurol*, 2018, 9: 913.

(收稿日期:2018-08-07 修回日期:2018-11-12)