

Influência de tarefas cognitivas sobre o equilíbrio estático de indivíduos saudáveis

Influence of cognitive tasks on static balance in healthy subjects

Mariana Lessa de Castro¹, Mariane Megliorini Godinho¹, Loide A. Fernandes de Oliveira¹,
Claudia Oliveira Santos², Luanda A. Collange Grecco³, Hugo Pasini Neto^{4,5}

¹ Discentes do Curso de Fisioterapia, Universidade de Sorocaba – UNISO. Sorocaba, SP – Brasil.

² Doutora em Ciências da Saúde, Professora Doutora do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, SP – Brasil.

³ Doutora em Ciências da Reabilitação, Coordenadora do Centro de Neuroestimulação Pediátrica – CENEPE/Reabilitação. São Paulo, SP – Brasil.

⁴ Doutor em Ciências da Reabilitação, Coordenador do Colégio Brasileiro de Osteopatia e Docente da Universidade de Sorocaba – UNISO. Sorocaba, SP - Brasil.

⁵ Discente Pós-doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Universidade Nove de Julho – UNINOVE. São Paulo, SP – Brasil.

Endereço de Correspondência:

Hugo Pasini Neto
Rua Presidente Kennedy, 189. Ap. 52
18040-550- Sorocaba-SP [Brasil]
hugo.pasini@cbosteopatia.com.br

Resumo

Introdução: O controle postural depende da ação integrada dos sistemas sensoriais e motores, e uma maior demanda atencional em situações de dupla-tarefa possivelmente acarreta maior oscilação postural. **Objetivo:** comparar a influência de tarefas cognitivas sobre o equilíbrio estático de indivíduos saudáveis. **Materiais e métodos:** estudo transversal realizado com 20 participantes adultos saudáveis. Os participantes foram submetidos a avaliações estabilométrica (olhos abertos e fechados) durante a execução de tarefas cognitivas (*Stroop Test* e *contagem regressiva*) e na situação controle (sem tarefa). Os deslocamentos do centro de pressão foram coletados e analisado. **Resultados:** Houve diferença significativa dos efeitos obtidos na execução da tarefa matemática em comparação às demais situações (aumento da área de deslocamento e oscilações do centro de pressão). As demais comparações do tamanho do efeito não demonstraram significância. **Conclusão:** A execução de tarefas cognitivas influenciou o equilíbrio estático dos participantes. A tarefa matemática demonstrou maior influência sobre o equilíbrio estático.

Descritores: Equilíbrio Postural; Postura; Cognição; Atenção.

Abstract

Introduction: The postural control depends on the integrated action of sensory and motor systems. Attention is also a requirement for the maintenance of postural control. The increase of attentional demand in dual-task situations possibly entails postural sway. **Objective:** Compare the influence of a visual cognitive task with a mathematical task on static balance in healthy subjects. **Methods:** Cross-sectional study with a group of 20 healthy adults. The stabilometric evaluations (open and closed eyes) were performed during the execution of cognitive tasks (*Stroop Test* and *countdown*) and in the control situation (without cognitive task). Oscillations of the center of pressure were collected and analyzed in this study. **Results:** There was significant results in the effects achieved in the mathematical task compared to other situations (increased area and center of pressure sway). The other effect size comparisons didn't show significant difference.

Key words: Postural Balance; Posture; Cognition; Attention.

Introdução

O controle postural é um processo complexo que depende da ação integrada de diversos sistemas. A manutenção do equilíbrio depende da ação coordenada do sistema nervoso central para gerar respostas musculares capazes de regular a relação entre o centro de massa corporal e a base de suporte¹. Este processo de controle depende da integração dos sistemas sensoriais e motores e, quando isto não ocorre adequadamente, o risco de quedas pode aumentar^{1,2,3}.

A atenção também é considerada como requisito fundamental para a manutenção do controle postural, e seu rendimento depende da tarefa postural, da idade do indivíduo e de suas habilidades de se equilibrar. Sendo assim, acredita-se que em situações de dupla-tarefa, ou seja, de tarefa motora associada à tarefa cognitiva, devido a maior demanda atencional ocorra um aumento esperado da oscilação postural^{4,5}. O paradigma da dupla-tarefa é especialmente relevante, pois na maior parte do tempo estamos realizando outras tarefas enquanto permanecemos em pé, sendo que o controle do equilíbrio compete com outras atividades intelectuais para um grupo central de recursos de processamento⁶.

No entanto, existe uma escassez da literatura disponível até o presente momento quantificando a influência dos diferentes tipos de tarefas cognitivas sobre a oscilação corporal^{5,6}. Nossa hipótese foi que a associação de uma tarefa cognitiva visual e de uma tarefa matemática resultaria em aumento da oscilação do centro de pressão corporal. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar a influência de uma tarefa cognitiva visual, utilizando o *Stroop Test* (teste neuropsicológico para avaliar atenção seletiva e aspectos de funções executivas), com uma tarefa matemática (contagem regressiva de trinta a zero) sobre o equilíbrio estático de indivíduos saudáveis.

Materiais e Métodos

Aspectos éticos

O estudo foi realizado em Setembro de 2015, na Universidade de Sorocaba. O mesmo obedece às Diretrizes e Normas Regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, formuladas pelo Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, conforme a Resolução 466/2012, no Brasil. Foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de Sorocaba, São Paulo, sob parecer de número 990.813. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, declarando ter ciência de que o procedimento ao qual se submeteram foi voluntário, gratuito e experimental.

Participantes

Trata-se de um estudo transversal, com um grupo de participantes adultos saudáveis. A amostra foi composta de 20 voluntários de ambos os sexos, que foram recrutados e selecionados seguindo os seguintes critérios: a) não apresentar doenças associadas a distúrbios do equilíbrio e da atenção, e b) idade entre 18 e 35 anos. Foram excluídos indivíduos que faziam uso de medicamentos com ação no sistema nervoso central e gestantes.

Intervenções

Para avaliar a influência das tarefas cognitivas sobre a oscilação do centro de pressão, os indivíduos foram submetidos a avaliações estabilométricas, necessitando manter o controle postural na posição ortostática estática durante a execução de duas demandas cognitivas (*Stroop Test* e contagem regressiva de trinta a zero) e na situação controle (sem a execução de uma tarefa cognitiva). Desta forma, cada indivíduo foi submetido a cinco situações de avaliação, sendo estas: situação controle com os olhos abertos e com os olhos fechados, *Stroop Test* com os olhos abertos, e contar de 30 a 0 com os olhos abertos e fechados. A ordem das situações foi determinada por meio de distribuição aleatória.

Estabilometria

A avaliação do equilíbrio estático foi realizada utilizando uma plataforma de baropodometria com 2000 sensores, frequência de aquisição de 40 Hz da marca Medicapteurs, modelo fusyo. Esta permite uma análise estabilométrica por meio do registro dos deslocamentos do centro de pressão. Os indivíduos foram orientados a permanecerem parados sobre a plataforma, com base irrestrita dos pés, alinhamento dos calcâneos, braços ao longo do corpo e olhar fixo em um ponto marcado a um metro de distância na altura do ponto glabelar ou visualizando a atividade cognitiva proposta pelo *Stroop Test*. Foram coletados e considerados para este estudo o deslocamento do centro de pressão nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral, velocidade do deslocamento e área de deslocamento. Em cada situação o deslocamento do centro de pressão foi coletado por 30 segundos⁷.

Atividade cognitiva visual (*Stroop Test*):

Para a aplicação do *Stroop Test* foram usados três cartões apresentados para os indivíduos em formato digital, para ser visualizado num computador posicionado a um metro de distância da plataforma baropodométrica. Cada cartão continha seis linhas com quatro itens, com os nomes das cores escritos em cartões de cores conflitantes com as apresentadas para os indivíduos. Solicitou-se para cada sujeito que realizasse a leitura das palavras, independente das cores, apresentadas em cada cartão (efeito *Stroop* reverso)⁸.

Atividade cognitiva matemática (contagem regressiva):

Nesta intervenção, os participantes fizeram uma contagem regressiva a partir de trinta chegando ao zero, permanecendo sobre a plataforma por trinta segundos ainda que a contagem chegasse ou não ao final⁹. Esta tarefa foi realizada nas condições: olhos abertos e olhos fechados.

Análise estatística

O teste de Komogorov-Smirnov demonstrou que as variáveis estudadas apresentaram distribuição normal. As variáveis categóricas foram expressas em frequência e as variáveis contínuas paramétricas em média (desvio padrão). O tamanho do efeito para cada situação de estudada (sem tarefa cognitiva com olhos abertos, sem tarefa cognitiva com olhos fechados, *Stroop Test* com olhos abertos, tarefa matemática com olhos abertos e tarefa matemática com olhos fechados) foi calculado considerando a diferença absoluta dos resultados obtidos nas avaliações estabilométricas. O teste ANOVA de medidas repetidas com post hoc de Bonferroni foram usados para comparar os resultados obtidos pelos indivíduos no equilíbrio estático com e sem a associação de tarefas cognitivas. Valores de $p < 0.05$ foram considerados indicativos de significância estatística. Os dados foram organizados e analisados usando o programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS v. 19.)

Resultados

Vinte indivíduos saudáveis, sendo 16 do sexo feminino e 4 do sexo masculino, atenderam aos os critérios de elegibilidade e foram incluídos neste estudo. As características antropométricas dos participantes são apresentadas na Tabela 1. Todos os participantes apresentaram boa tolerância durante o estudo realizando as cinco avaliações estabilométricas propostas.

Tabela 1: Dados e medidas antropométricas dos participantes

	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	22.00	±3.07
Peso (kg)	67.00	±0.09
Altura (m)	01.68	±0.09
IMC	23.70	±5.72

A análise de variância de medidas repetidas não demonstrou resultados diferentes

estatisticamente nas variáveis comprimento da oscilação ($F=1,05$, $p=0,38$), área de deslocamento ($F=1,84$, $p=0,13$), velocidade de deslocamento ($F=1,11$, $p=0,35$), oscilação ântero-posterior ($F=2,29$, $p=0,06$) e oscilação médio-lateral ($F=2,32$, $p=0,06$), considerando os cinco momentos de avaliação (sem tarefa cognitiva com olhos abertos, sem tarefa cognitiva com olhos fechados, *Stroop Test* com olhos abertos, tarefa matemática com olhos abertos e tarefa matemática com olhos fechados). As médias (desvio padrão) das variáveis estudadas nos cinco momentos de avaliação do equilíbrio estático estão apresentadas na Tabela 2.

A diferença absoluta (tamanho do efeito) entre os resultados obtidos nos diferentes momentos de avaliação, considerando os resultados das avaliações realizadas sem uma tarefa cognitiva (nas situações olhos abertos e olhos fechados) como resultados de controle, foi analisada estatisticamente. Estas análises foram incluídas no estudo devido a importante variabilidade dos resultados obtidos pelos participantes, demonstrada pelos expressivos valores de desvios padrão. As análises demonstraram diferenças significantes entre os efeitos nas variáveis área de deslocamento ($F=7,0$, $p=0,001$), oscilação ântero-posterior ($F=5,7$, $p=0,006$) e oscilação médio-lateral ($F=4,5$, $p=0,002$). As análises post-hoc demonstraram uma diferen-

ça significativa dos efeitos obtidos durante a execução da tarefa matemática em comparação com os efeitos apresentados pelos participantes nas demais situações, com aumento da área de deslocamento e das oscilações do centro de pressão. As demais comparações do tamanho do efeito não demonstraram diferença significativa ($p>0,05$ para todas as análises). Os resultados obtidos pelos participantes nas variáveis área de deslocamento, oscilação ântero-posterior e oscilação médio-lateral nos cinco momentos de avaliação são apresentados nos gráficos (Figuras 1, 2 e 3 respectivamente).

Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que a associação de uma tarefa cognitiva durante a manutenção da postura ortostática pode influenciar negativamente o equilíbrio estático, mesmo de indivíduos saudáveis, como os que compuseram a amostra deste estudo transversal. Embora, não tenha sido observada diferença estatística entre as médias dos resultados obtidos nas situações experimentais e controle, devido a variabilidade obtida nas variáveis, a análise considerando os tamanhos dos efeitos resultou em diferença significativa, demonstrando que a execução de uma tarefa matemática

Tabela 2: Resultados obtidos nas avaliações estabilométricas com e sem a execução de tarefas cognitivas, considerando as condições olhos abertos e olhos fechados

	Sem intervenção Olhos abertos	Sem intervenção Olhos fechados	Stroop Test Olhos abertos	Tarefa matemática Olhos abertos	Tarefa matemática Olhos fechados
Comprimento do deslocamento (mm)	100.9(58.1)	101.1(34.5)*	111.2(55.8)	124.9(66.2)	129.6(64.0)*
Área do deslocamento (mm)	979.3(376.1)	267.9(220.6)*	1054.6(340.9)	1908(501.4)	1556.2(391.2)*
Velocidade do deslocamento	3.0(1.8)	3.0(1.0)*	3.4(1.7)	3.7(2.1)	3.9(2.0)*
Oscilação ântero-posterior (cm)	2.9(1.1)	3.0(1.2)*	3.2(1.4)	4.5(2.9)	3.6(2.4)*
Oscilação médio-lateral (cm)	1.6(0.9)	1.6(0.9)*	1.5(0.8)	2.2(0.5)	1.7(1.0)*

Médias (desvio padrão) das variáveis estudadas nos cinco momentos de avaliação do equilíbrio estático * $p<0,05$.

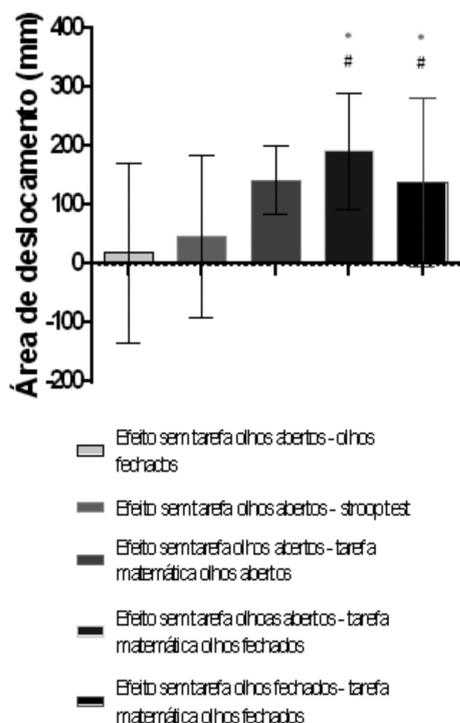


Figura 1: Variável: área do deslocamento
 Legenda:
 *ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando as demais situações com os olhos abertos (sem tarefa e *Stroop Test*)
 #ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando a avaliação sem tarefa cognitiva com os olhos fechados)

(contagem regressiva de 30 a zero), comprometeu a estabilidade dos indivíduos.

O controle postural é um processo complexo que envolve informação sensorial e detecção de alterações posturais, bem como a integração das informações sensório-motoras dentro do sistema nervoso central, e a execução das respostas musculoesqueléticas apropriadas^{2,3}. A perda de equilíbrio implica em falha do sistema em algum aspecto, possivelmente por um déficit na capacidade de alocar apropriadamente a atenção e os recursos necessários para a estabilidade postural¹⁰. Supõe-se que a realização de uma tarefa requer uma determinada parte desta

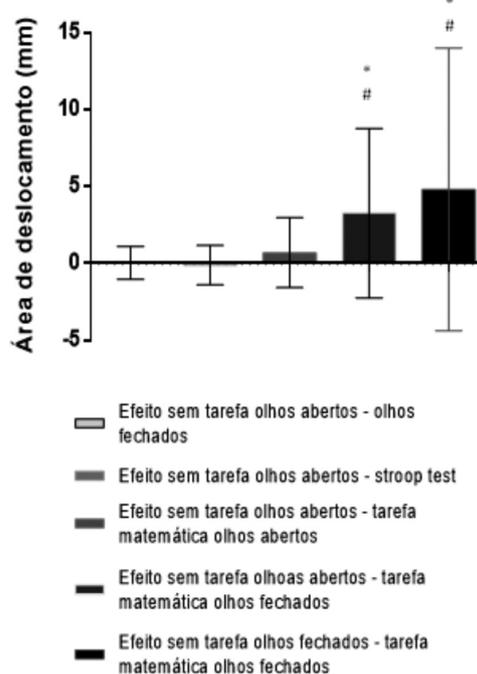


Figura 2: Variável: oscilação ântero-posterior
 Legenda:
 *ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando as demais situações com os olhos abertos (sem tarefa e *Stroop Test*)
 #ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando a avaliação sem tarefa cognitiva com os olhos fechados.

capacidade, e que, se duas tarefas executadas simultaneamente requerem mais do que a capacidade total, o desempenho de uma ou ambas as tarefas será afetado negativamente.

Os participantes foram orientados a considerar a tarefa postural como a principal tarefa, buscando mexer-se o mínimo possível ainda que as respostas dos testes estivessem incorretas. Mesmo sendo orientados a manter maior atenção na manutenção da postura, os participantes apresentaram maior oscilação do centro de pressão nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral, além de maior área de deslocamento durante a execução da tarefa matemática.

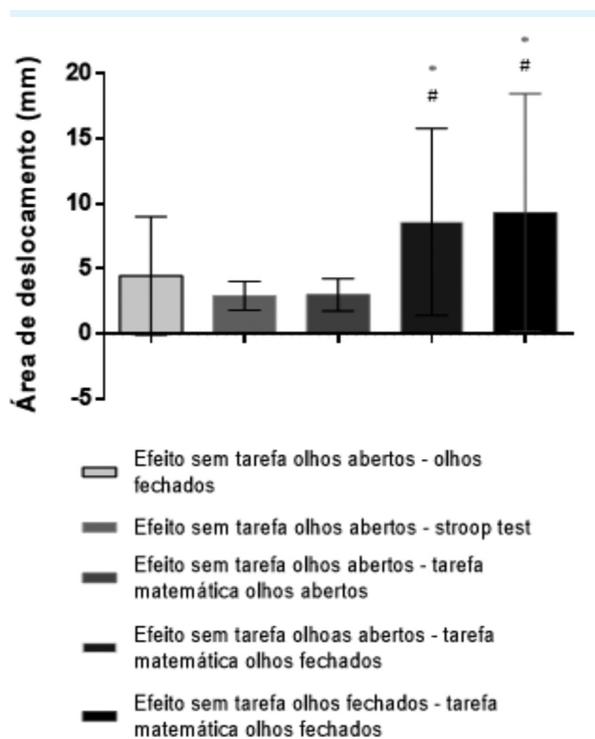


Figura 3: Variável: oscilação médio-lateral

Legenda:

*ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando as demais situações com os olhos abertos (sem tarefa e *Stroop Test*)

ANOVA de medida repetida $p < 0,05$ nas comparações entre os efeitos obtidos durante a avaliação estabilométrica com a execução da tarefa matemática (olhos abertos e olhos fechados) e os efeitos apresentados considerando a avaliação sem tarefa cognitiva com os olhos fechados.

Duas observações comuns são pertinentes para a questão da unidade de atenção; a primeira é que frequentemente realizamos várias atividades em paralelo, como andar e falar, e, aparentemente, dividimos nossa atenção entre as duas atividades. A segunda é obtida quando dois estímulos são apresentados ao mesmo tempo, sendo apenas um deles percebido, enquanto o outro é completamente ignorado. Se ambos são percebidos, as respostas que eles provocam são muitas vezes em sucessão, em vez de simultaneamente. Uma interferência estrutural entre as tarefas relacionadas sugere que há interações antagonistas entre estruturas neurais, de tal

modo que um alto grau de ativação de uma estrutura tende a reduzir ou interferir no nível de atividade de outra. Este modo de organização é predominante no sistema nervoso, tanto no sistema sensorial como no controle motor.

As teorias sobre o equilíbrio humano ressaltam a importância da integração de três sistemas: o proprioceptivo, o visual e o vestibular, que atuando de forma conjunta e fisiológica, permitem que o indivíduo controle o seu corpo no espaço de forma eficaz^{11,12}. Nossa hipótese inicial era que ao executar as tarefas cognitivas durante a manutenção da postura ortostática estática, implicitamente haveria um aumento das oscilações corporais em decorrência da dispersão da atenção entre a demanda motora e cognitiva.

Devido ao importante papel do sistema visual sobre o equilíbrio¹³, nós esperávamos que a atividade visual, neste caso o *Stroop Test*, resultasse em maior oscilação do centro de pressão corporal quando comparada com a atividade matemática e a situação controle. No entanto, a análise do tamanho do efeito obtido em cada situação testada neste estudo, demonstrou que ao contar regressivamente de trinta a zero, o indivíduo apresentou um pior desempenho no controle da postura estática, com maior oscilação do centro de pressão nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral. Ao revisar a literatura sobre o assunto, nós observamos que existe uma limitação de estudos comparando os efeitos de diferentes demandas cognitivas sobre o controle postural, o que restringe uma discussão mais específica dos nossos achados¹³. Contudo, ao analisar o processamento central das tarefas matemáticas é possível compreender que uma importante área cerebral responsável por este processamento é o lobo parietal¹⁴. Desta forma, torna-se possível inferir que a contagem regressiva, além de resultar na divisão da atenção do indivíduo, também resulta no aumento da demanda da atividade do lobo parietal, importante área do controle motor voluntário que participa do controle postural. Esse aspecto, embora necessite de estudos posteriores que envolvam medidas neurofisiológicas para sua comprovação fidedigna, pode ser considera-

do como uma base para justificar os resultados obtidos no presente estudo.

Outro aspecto que deve ser discutido neste estudo, refere-se ao fato da amostra ser composta por indivíduos saudáveis, os quais presume-se que não apresentem alterações nas funções executivas. O *Stroop Test* é um teste cognitivo utilizado para avaliar as funções executivas, por meio de uma demanda que avalia a inibição, a sensibilidade à interferências e a atenção seletiva¹⁵. Sendo assim, nós devemos ressaltar que provavelmente o teste cognitivo, selecionado para oferecer uma demanda visual, possa não ter sido adequado para oferecer demanda atencional capaz de causar uma influência sobre o equilíbrio estático dos indivíduos que participaram deste estudo.

Muitos estudos envolvendo populações de participantes saudáveis são desenvolvidos para servirem como base científica para o desenvolvimento de novas propostas em indivíduos com os mais diversos tipos de acometimentos clínicos. Os deficits de equilíbrio fazem parte do quadro clínico de diversas doenças, além de estarem presentes no processo de envelhecimento humano. O aumento do risco de queda repercute em limitações funcionais do indivíduo, diminuindo a participação em atividades de vida diária e comunitária¹⁶.

Por essa razão diversas estratégias de intervenção vem sendo testadas ao longo dos últimos anos. O treino de dupla tarefa tem destaque na literatura que aborda o desempenho de idosos e de indivíduos com sequelas neurológicas, como por exemplo, na doença de Parkinson e no acidente vascular encefálico^{17,18,19,20}. Os resultados destes estudos demonstram que o treino de uma tarefa motora, como o treino de marcha, associada a uma atividade cognitiva é uma estratégia promissora para melhora do controle postural. Acredita-se que um programa de treinamento iniciado com única tarefa, evoluindo para a dupla-tarefa ajudaria a restabelecer ou aumentar a eficiência de vias sinápticas para equilibrar as demandas posturais e de atenção, mesmo que a tarefa cognitiva seja secundária⁴.

Os achados do presente estudo podem ser considerados especialmente relevantes para o desenvolvimento de novos estudos e de estratégias terapêuticas para o tratamento de subpopulações específicas, com deficit de equilíbrio e idosos com riscos de quedas.

A abordagem terapêutica envolvendo o treino de dupla tarefa deve considerar a atividade motora a ser treinada, a atividade cognitiva que será associada e a complexidade destas tarefas de forma a proporcionar um treino que envolva uma tarefa cognitiva que realmente repercute em dispersão da atenção e incremento da demanda de processamento cerebral.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, observou-se que a execução de tarefas cognitivas, como visual e matemática, influenciou negativamente sobre o equilíbrio estático da amostra de indivíduos saudáveis estudada. Especificamente, a contagem regressiva de trinta a zero demonstrou maior influencia sobre o equilíbrio estático quando comparada com a tarefa visual e com a situação controle, com resultante aumento da oscilação do centro de pressão nos sentidos ântero-posterior e médio-lateral.

Agradecimentos

À Universidade de Sorocaba, por viabilizar a pesquisa.

Referências

1. Sabchuk RAC, Bento PCB, Rodacki ALF. Comparação entre testes de Equilíbrio de Campo e Plataforma de Força. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Nov/Dez, 2012; Vol. 18 (6): 404-08.

2. Ringhof S, Stein T, Hellmann D, Schindler HJ, Potthast W. Effect of Jaw Clenching on Balance Recovery: Dynamic Stability and Lower Extremity Joint Kinematics after Forward Loss of Balance. *Frontiers in Psychology*. 2016; (7):291.
3. Barrett RS, Cronin NJ, Lichtwark GA, Mills PM, Carty CP. Adaptive recovery responses to repeated forward loss of balance in older adults. *Journal of Biomechanics*. 2012;(45): 183–187.
4. Monjezi S, Negahban H, Tajali S, Yadollahpour N, Majdinasab N. Effects of dual-task balance training on postural performance in patients with Multiple Sclerosis: A double-blind, randomized controlled pilot trial. *Clinical Rehabilitation*. 2016, 22 Mar: 1-8.
5. Beurskens R, Haeger M, Kliegl R, Roecker K, Granacher U. Postural Control in Dual-Task Situations: Does Whole-Body Fatigue Matter? *PLoS One*. 2016 (1): 1-15.
6. Wollesen B, Voelcker-Rehage C, Regenbrecht T, Mattes K. Influence of a visual-verbal Stroop test on standing and walking performance of older adults. *Neuroscience*. 2016; (318):166-77.
7. Neto HP, Grecco LA, Braun Ferreira LA, Christovão TC, Duarte Nde A, Oliveira CS. Clinical analysis and baropodometric evaluation in diagnosis of abnormal foot posture: A clinical trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2015 (3):429-33.
8. MacLeod CM. Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review. *Psychological Bulletin*. 1991. Vol 109 (2):163-203.
9. Beauchet O, Dubost V, Herrmann FR, Kressig RW. Stride-to-stride variability while backward counting among healthy young adults. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2005; (2:26):1- 8.
10. Sarabon N, Löfler S, Hosszu G, Hofer C. Mobility Test Protocols for the Elderly: A Methodological Note. *European Journal of Translation Myology*. 2015; (4):253-6.
11. Paillard T, Noé F. Techniques and Methods for Testing the Postural Function in Healthy and Pathological Subjects. *Biomed Research International*. 2015; (2015):1-15.
12. Cevallos C, Zarka D, Hoellinger T, Leroy A, Dan B, Cheron G. Oscillations in the human brain during walking execution, imagination and observation. *Neuropsychologia*. 2015; (79):223-32.
13. Hwang S, Agada P, Kiemel T, Jeka JJ. Identification of the Unstable Human Postural Control System. *Frontiers in System Neuroscience*. 2016 Mar 11;10:22.
14. Dehaene, S., Piazza, M. Pinel, P. & Cohen, L. Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*. 2003; (20): 487–506.
15. Bench CJ, Frith CD, Grasby PM, Friston KJ, Paulesu E, Frackowiak RS, *et al*. Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*. 1993; (9):907-22.
16. Westlake KP, Johnson BP, Creath RA, Neff RM, Rogers MW. Influence of non-spatial working memory demands on reach-grasp responses to loss of balance: Effects of age and fall risk. *Gait and Posture*. 2016; (45):51-5.
17. Nagamatsu LS, Hsu CL, Voss MW, Chan A, Bolandzadeh N, Handy TC, Graf P, *et al*. The Neurocognitive Basis for Impaired Dual-Task Performance in Senior Fallers. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2016; Feb 9:8-20.
18. Fernández-Lago H, Bello O, López-Alonso V, Sánchez JA, Morenilla L, Fernández-del-Olmo MÁ. Gait Pattern and Cognitive Performance During Treadmill Walking in Parkinson Disease. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2015; (11):931-40.
19. Wong-Yu IS, Mak MK. Task- and Context-Specific Balance Training Program Enhances Dynamic Balance and Functional Performance in Parkinsonian Nonfallers: A Randomized Controlled Trial With Six-Month Follow-Up. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2015; (12):2103-11.
20. Lee YS, Bae SH, Lee SH, Kim KY. Neurofeedback training improves the dual-task performance ability in stroke patients. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 2015; 236(1):81-8.