

# AJUSTES POSTURAIIS DE JOVENS ATIVOS EM CONDIÇÕES DE PERTURBAÇÃO E TAREFA DUPLA

POSTURAL ADJUSTMENTS OF ACTIVE YOUTHS IN PERTURBATION AND DUAL-TASK CONDITIONS

AJUSTES POSTURAIIS DE JÓVENES ATIVOS EN CONDICIONES DE PERTURBACIÓN Y DOBLE TAREA



ARTIGO ORIGINAL  
ORIGINAL ARTICLE  
ARTÍCULO ORIGINAL

Victor Spiandor Beretta<sup>1</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Paulo Cezar Rocha Santos<sup>1,2</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Diego Alejandro Rojas Jaimes<sup>1</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Mayara Borkowske Pestana<sup>1</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Alejandra María Franco Jimenez<sup>1</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Catarina Covolo Scarabottolo<sup>3</sup>  
(Profissional de Educação Física)

Lilian Teresa Bucken Gobbi<sup>1</sup>  
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física, Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO), Rio Claro, São Paulo, Brasil.

2. Center for Human Movement Sciences, University Medical Center Groningen, University of Groningen, Groninga, Holanda.

3. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Educação Física, Grupo de Estudo em Atividade Física e Saúde (GEAFS), Presidente Prudente, São Paulo, Brasil.

## Correspondência:

Victor Spiandor Beretta.  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO), av. 24-A, 1515, Bela Vista, Rio Claro, SP, Brasil. 13506-900.  
victor\_beretta@hotmail.com

## RESUMO

**Introdução:** Componentes cognitivos são necessários para manter a postura nas perturbações externas. Porém, poucos estudos investigaram o controle postural quando perturbações externas são associadas à tarefa cognitiva concomitante (TD). **Objetivo:** Analisar o comportamento dos ajustes reativos após perturbação com diferentes intensidades e deslocamentos em adultos jovens ativos; e analisar a influência da TD nos ajustes preditivos e reativos em diferentes condições de perturbação. **Métodos:** Permaneceram em pé sobre um equipamento que provocou deslocamento da base de suporte 28 adultos jovens fisicamente ativos. Quatro condições experimentais foram realizadas em tarefa simples (TS) e TD (cognitiva-reportar quantas vezes um número preestabelecido apareceu no áudio): uma (5cm e 10cm/s); duas (5cm e 25cm/s); três (12cm e 10cm/s) e quatro (12cm e 25cm/s). Foram realizadas três tentativas para cada condição (total=24). Os parâmetros do centro de pressão (CoP) foram analisados em janelamentos: preditivo (-250 a +50ms), reativo 1 (+50 a +200ms) e reativo 2 (+200 a +700ms), em relação ao início da atividade do CoP. ANOVAs one-way foram realizadas para análise dos ajustes preditivos. Já para os ajustes reativos, foram realizadas ANOVAs two-way com fator para tarefa (TS×TD) e condição (1×2×3×4) com medidas repetidas. **Resultados:** ANOVA one-way (preditivo) apontou que os indivíduos apresentaram maiores parâmetros do CoP na TS em relação à TD. Nos reativos 1 e 2, a ANOVA apontou maiores parâmetros do CoP na segunda e na quarta condição quando comparada à primeira e à terceira, e na TS em relação às TD. Apresentaram maior tempo para recuperar a posição estável na primeira e na terceira condição em comparação à segunda e à quarta. **Conclusão:** A intensidade da perturbação influencia mais nos ajustes posturais para manutenção do equilíbrio do que a magnitude. Ainda, as tarefas cognitivas concomitantes à perturbação externa diminuem a oscilação do CoP. Com isso, recursos cognitivos possuem relevância no controle postural após perturbação. **Nível de evidência III; Estudos de pacientes não consecutivos, sem padrão de referência "ouro" aplicado uniformemente.**

**Descritores:** Adulto jovem; Equilíbrio postural; Cognição.

## ABSTRACT

**Introduction:** Cognitive components are necessary to maintain posture during external perturbations. However, few studies have investigated postural control when external perturbations are associated with a concomitant cognitive task (DT). **Objectives:** To analyze the behavior of reactive adjustments after perturbation with different intensities and displacements in active young adults; and to analyze the influence of DT on predictive and reactive adjustments in different perturbation conditions. **Methods:** Twenty-eight physically active young adults stood on an item of equipment that produced displacement of the base. Four experimental conditions were introduced in a single task (ST) and DT (cognitive-report how many times a pre-established number appeared in the audio): 1 (5 cm and 10 cm/s); 2 (5 cm and 25 cm/s); 3 (12 cm and 10 cm/s) and 4 (12 cm and 25 cm/s). Three attempts were carried out for each condition (total=24). Center of pressure (CoP) parameters were analyzed considering the following windows: predictive (-250 to +50 ms), reactive 1 (+50 to +200 ms) and reactive 2 (+200 to +700 ms), in comparison to the start of the CoP activity. One-way ANOVAs were performed to analyze predictive adjustments, while two-way ANOVAs with factor for task (ST×DT) and condition (1×2×3×4), with repeated measurements, were performed for the reactive adjustments. **Results:** One-way ANOVA (predictive) indicated that the subjects had higher CoP parameters in ST vs DT. In reactive adjustments 1 and 2, ANOVA indicated greater CoP parameters in condition 2 and 4 when compared to 1 and 3, and in the ST vs DT. The subjects took longer to recover stable position in conditions 1 and 3 than in conditions 2 and 4. **Conclusion:** Perturbation intensity has a greater influence on postural adjustments to maintain balance than on magnitude. Moreover, the association of cognitive tasks with external perturbation decreases CoP oscillation. Therefore, cognitive resources play an important role in postural control after perturbation. **Level of evidence III; Study of nonconsecutive patients, with no "gold" standard applied uniformly.**

**Keywords:** Young adult; Postural balance; Cognition.

## RESUMEN

**Introducción:** Los componentes cognitivos son necesarios para mantener la postura en perturbaciones externas. Sin embargo, pocos estudios investigaron el control postural cuando son asociadas perturbaciones a la tarea cognitiva concomitante (TD). **Objetivo:** Analizar el comportamiento de los ajustes reactivos después de una perturbación con diferentes intensidades y desplazamientos en adultos jóvenes activos; y analizar la influencia de la TD en ajustes predictivos y reactivos en diferentes



condiciones de perturbación. Métodos: Veintiocho adultos jóvenes físicamente activos permanecieron en pie sobre un equipo que provocó desplazamiento de la base de soporte. Cuatro condiciones experimentales fueron realizadas en tareas simples (TS) y TD (cognitiva-reportar cuántas veces un número preestablecido apareció en el audio): una (5 cm y 10 cm/s); dos (5 cm y 25 cm/s); tres (12 cm y 10 cm/s) y cuatro (12 cm y 25 cm/s). Fueron realizadas tres tentativas para cada condición (total=24). Los parámetros del centro de presión (CoP) fueron analizados en ventanas: predictiva (-250 a +50 ms), reactiva 1 (+50 a +200 ms) y reactiva 2 (+200 a +700 ms) en relación al inicio de la actividad del CoP. Fueron realizadas ANOVAs one-way para análisis de los ajustes predictivos. Fueron realizadas ANOVAs two-way con factor para tarea (TSxTD) y condición (1x2x3x4) con medidas repetidas para análisis de los ajustes reactivos. Resultados: ANOVA one-way (predictivo) mostró que los individuos presentaron parámetros mayores de CoP en TS con relación a TD. En los reactivos 1 y 2, ANOVA mostró parámetros del CoP en la segunda y cuarta condición cuando comparada a la primera y la tercera, y en la TS con relación a las TD. Presentaron tiempo mayor para recuperar la posición estable en la primera y tercera condición en comparación a la segunda y la cuarta. Conclusión: La intensidad de perturbación influencia más en los ajustes posturales para mantenimiento del equilibrio que la magnitud. Además, las tareas cognitivas concomitantes a la perturbación externa disminuyen la oscilación del CoP. Con eso, los recursos cognitivos poseen relevancia en el control postural después de la perturbación. **Nivel de evidencia III; Estudios de pacientes no consecutivos, sin estándar de referencia "oro" aplicado uniformemente.**

**Descriptor:** Adulto joven; Balance postural; Cognición.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220192505189240>

Artigo recebido em 18/12/2017 aprovado em 17/04/2019

## INTRODUÇÃO

Mecanismos preditivos e reativos são empregados buscando manter a postura em situações com perturbação externa.<sup>1</sup> Recursos cognitivos são necessários para regular a postura<sup>2</sup> e fatores como a atenção dividida na realização de atividades concomitantes podem gerar dificuldades no desempenho do equilíbrio.<sup>3</sup> Sendo assim, diversos estudos buscaram analisar a influência da tarefa dupla (TD) no controle postural, podendo ser apresentadas como tarefas motoras concomitantes<sup>4</sup> ou motora concomitante com uma cognitiva.<sup>5,6</sup> Resultados contraditórios em relação à influência da TD cognitiva nos ajustes do controle postural em adultos jovens são evidenciados. Rankin et al.<sup>5</sup> indicaram que não houve diferença na latência muscular nos ajustes posturais na presença da TD, porém, a amplitude da atividade muscular foi afetada. Entretanto, Yardley et al.<sup>6</sup> indicaram não haver diferenças na oscilação corporal em situações com TD cognitivas. Além disso, Rankin et al.<sup>5</sup> realizaram perturbações com diferentes velocidades (entre 20 cm/s e 60 cm/s), porém, não compararam as respostas posturais nas diferentes condições. Ainda, os ajustes preditivos não foram investigados e os resultados sobre o efeito da TD são inconclusivos, evidenciando lacuna no entendimento do impacto de perturbações no controle postural, principalmente com tarefa cognitiva concomitante.

Sendo assim, os objetivos foram: a) analisar os ajustes posturais reativos em diferentes condições de perturbação em adultos jovens ativos; b) analisar a influência da TD nos ajustes preditivos e reativos em diferentes condições de perturbação. Nossas hipóteses são que, nas condições com alta intensidade sejam demonstrados maiores ajustes reativos (maior oscilação do centro de pressão-CoP) em comparação com as situações de baixa intensidade, independente da amplitude de deslocamento da base de suporte. Ainda, espera-se que, na TD, os adultos jovens ativos apresentem maior oscilação do CoP nos ajustes posturais preditivos e reativos em comparação com a condição de tarefa simples (TS), principalmente em perturbações com maior intensidade.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado nas dependências do Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. Participaram do estudo 28 adultos jovens fisicamente ativos. Os critérios de exclusão foram: problemas ortopédicos que impossibilitassem o cumprimento do protocolo e o uso de medicamento que causasse efeitos colaterais no equilíbrio. Os indivíduos foram informados sobre os procedimentos e após o consentimento, participaram do protocolo

experimental. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade (CAAE: 52534316.1.0000.5465). O protocolo experimental consistiu na determinação do nível de atividade física por meio do questionário de atividade física habitual (AFH)<sup>7</sup> e exposição ao teste de perturbação postural.

Para a tarefa de perturbação postural, foi solicitado ao participante permanecer em posição bipodal sobre uma plataforma de força (AccuGait, Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA) de 50x50cm (200Hz). Para garantir o posicionamento constante do indivíduo em todas as tentativas foi desenhado o contorno dos pés. A plataforma de força foi posicionada sobre o equipamento RC-Slide (ver Beretta,<sup>8</sup> para mais detalhes). O RC-Slide foi calibrado antes do início da avaliação de cada participante para garantir a intensidade estabelecida em cada condição. O participante sofreu perturbações causadas na base de suporte realizadas pelo deslocamento da plataforma no sentido posterior de forma não antecipada. Para isso, a duração de cada tentativa foi de 30 segundos e a perturbação ocorreu dentro desse período. Para a segurança, os indivíduos utilizaram um equipamento arnês durante a avaliação.

Quatro condições experimentais de perturbações foram estabelecidas: 1) menor deslocamento/baixa velocidade (5cm e 10cm/s); 2) menor deslocamento/alta velocidade (5cm e 25cm/s); 3) maior deslocamento/baixa velocidade (12cm e 10cm/s) e 4) maior deslocamento/alta velocidade (12cm e 25cm/s). As condições experimentais foram realizadas em duas situações: TS e TD. Na TD, simultaneamente à tarefa de perturbação postural, foi oferecido ao participante um áudio com números aleatórios de 0-9. O participante deveria prestar atenção em quantas vezes um determinado número (previamente estabelecido) aparecesse no áudio e, ao final, relatar quantas vezes escutou o número. Como exemplo, na sequência "1,6,8,5,4,3,7,1,8,1,9,5", (número 1 é o coringa), a resposta deveria ser "três vezes". Cada participante realizou 24 tentativas, sendo três para cada condição de perturbação e para cada tarefa, totalmente randomizadas.

A perturbação foi determinada por um acelerômetro (Trigno™ Wireless System—Delsys, Inc.) (148,15Hz) posicionado na plataforma de força. Os dados do CoP foram analisados por um período de dois mil milissegundos antes da perturbação até o final da tentativa. O início da atividade do CoP foi determinado no momento em que o deslocamento foi maior que a média somada à duas vezes o desvio-padrão do período de base (janelamento entre -500ms e -300ms). Os parâmetros do CoP nos ajustes preditivos foram analisados por um período entre -250ms e +50ms em relação à perturbação.<sup>9</sup> Os ajustes reativos foram analisados em dois janelamentos: a) reativo1 entre +50 e +200ms; b) reativo2 entre +200 e

+700ms em relação ao início da atividade do CoP.<sup>5,8,10</sup> Os parâmetros do CoP analisados nos sentidos anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) em cada período de janelamento foram o deslocamento, a amplitude e a velocidade média.<sup>11</sup> Além disso, por meio do CoP foi analisado o tempo para recuperar a posição estável,<sup>8</sup> determinado pelo momento entre o início da atividade do CoP e a estabilização da oscilação.

### Análise estatística

O nível de significância foi mantido em 5% e o programa SPSS 21.0 (SPSS, Inc.) foi utilizado para o tratamento estatístico. Para análise dos parâmetros do CoP nos ajustes preditivos, foram realizadas ANOVAs *one-way* (TSxTD). Para a análise dos ajustes reativos, foram realizadas ANOVAs *two-way* com fator para tarefa (TSxTD) e condição (1x2x3x4) com medidas repetidas. Testes *post hoc* de Bonferroni, com níveis de significância ajustados, foram utilizados quando a interação entre os fatores foi indicada.

## RESULTADOS

Vinte e nove erros foram observados nas tentativas com TD. Especificamente em cada condição, o erro maior foi em situações com perturbação de maior velocidade (condição 2 e 4). (Tabela 1)

Os resultados do CoP são apresentados em sessões de acordo com os janelamentos (preditivo e reativos) em cada tarefa (TD e TS), sendo o tempo para recuperar a posição estável apresentado junto com o reativo.2.

Para os ajustes preditivos, a ANOVA apontou que os adultos jovens fisicamente ativos apresentaram maior deslocamento do CoP e maior velocidade média do CoP, ambas no sentido ML, na TS quando comparado com a TD. (Tabela 2)

Na análise dos ajustes reativo1, o teste *post hoc* de Bonferroni indicou que os indivíduos apresentaram maior deslocamento, maior amplitude e maior velocidade média do CoP, ambos AP, nas condições 2 e 4 em relação à condição 1 (p=0,049) e condição 3 (p=0,010). (Tabela 3)

**Tabela 1.** Médias e desvios-padrão dos dados de caracterização dos participantes, da pontuação do questionário de AFH e do erro na tarefa dupla em cada condição de perturbação.

	Sexo	Idade (anos)	Estatura (cm)	Peso (kg)	AFH (pts)
N=28	13M/15F	23,86±3,05	168,27±9,02	64,43±8,39	9,17±0,99
Condições	1	2	3	4	Total
Erros TD	0,20±0,41	0,40±0,67	0,07±0,25	0,30±0,53	0,97±0,89

TD=tarefa dupla; AFH=atividade física habitual.

**Tabela 2.** Médias e desvios-padrão dos ajustes posturais preditivos nas perturbações posturais com tarefa simples e tarefa dupla.

Parâmetros do CoP	Preditivo		Efeito de tarefa
	TS	TD	
Deslocamento AP (cm)	0,56±0,44	0,53±0,47	Ns
Deslocamento ML (cm)	0,14±0,08	0,13±0,09	F <sub>(1,332)</sub> =4,168;p=0,041
Amplitude AP (cm)	0,47±0,43	0,44±0,46	Ns
Amplitude ML (cm)	0,11±0,08	0,10±0,09	Ns
Velocidade média AP (cm/s)	1,83±1,46	1,73±1,54	Ns
Velocidade média ML (cm/s)	0,47±0,27	0,43±0,31	F <sub>(1,332)</sub> =4,168;p=0,041

AP = anteroposterior; ML = médio-lateral; TS = tarefa simples; TD = tarefa dupla; Ns = Não significativo.

**Tabela 3.** Ajustes posturais reativos no 1º janelamento (reativo 1) nas tarefas simples e duplas em ambas as condições.

	1 (5cm-10cm/s)		2 (5cm-25cm/s)		3 (12cm-10cm/s)		4 (12cm-25cm/s)		Efeito	
	TS	TD	TS	TD	TS	TD	TS	TD	Tarefa	Condição
Desl. AP(cm)	3,41±1,85	3,01±1,56	3,81±1,85	3,82±1,74	3,13±1,74	3,07±1,47	4,14±1,90	3,88±1,86	Ns	F <sub>(3,331)</sub> =7,783;p<0,001
Desl. ML(cm)	0,28±0,22	0,26±0,26	0,26±0,20	0,25±0,22	0,24±0,24	0,22±0,21	0,27±0,19	0,25±0,23	Ns	Ns
Amp. AP(cm)	3,39±1,83	3,00±1,53	3,81±1,85	3,81±1,73	3,09±1,65	3,04±1,45	4,14±1,90	3,87±1,86	Ns	F <sub>(3,331)</sub> =8,413;p<0,001
Amp. ML(cm)	0,23±0,21	0,22±0,24	0,21±0,19	0,22±0,21	0,20±0,22	0,19±0,18	0,23±0,18	0,20±0,20	Ns	Ns
Vel. AP (cm)	22,01±11,93	19,44±10,05	24,59±11,94	24,62±11,20	20,17±11,26	19,78±9,49	26,73±12,25	25,01±12,01	Ns	F <sub>(3,331)</sub> =7,783;p<0,001
Vel. ML (cm)	1,78±1,45	1,68±1,66	1,65±1,28	1,64±1,41	1,55±1,57	1,45±1,32	1,77±1,22	1,59±1,48	Ns	Ns

Desl. = deslocamento; Amp. = amplitude; Vel. = velocidade média; AP = anteroposterior; ML = médio-lateral; TS = tarefa simples; TD = tarefa dupla; Ns = não significativo.

Nos ajustes reativo2, a ANOVA revelou interação entre tarefa e condição (Figura 1), efeito principal de tarefa e efeito principal de condição (Tabela 4). Os efeitos principais de tarefa e condição serão descritos apenas para as variáveis que não apresentaram interação.

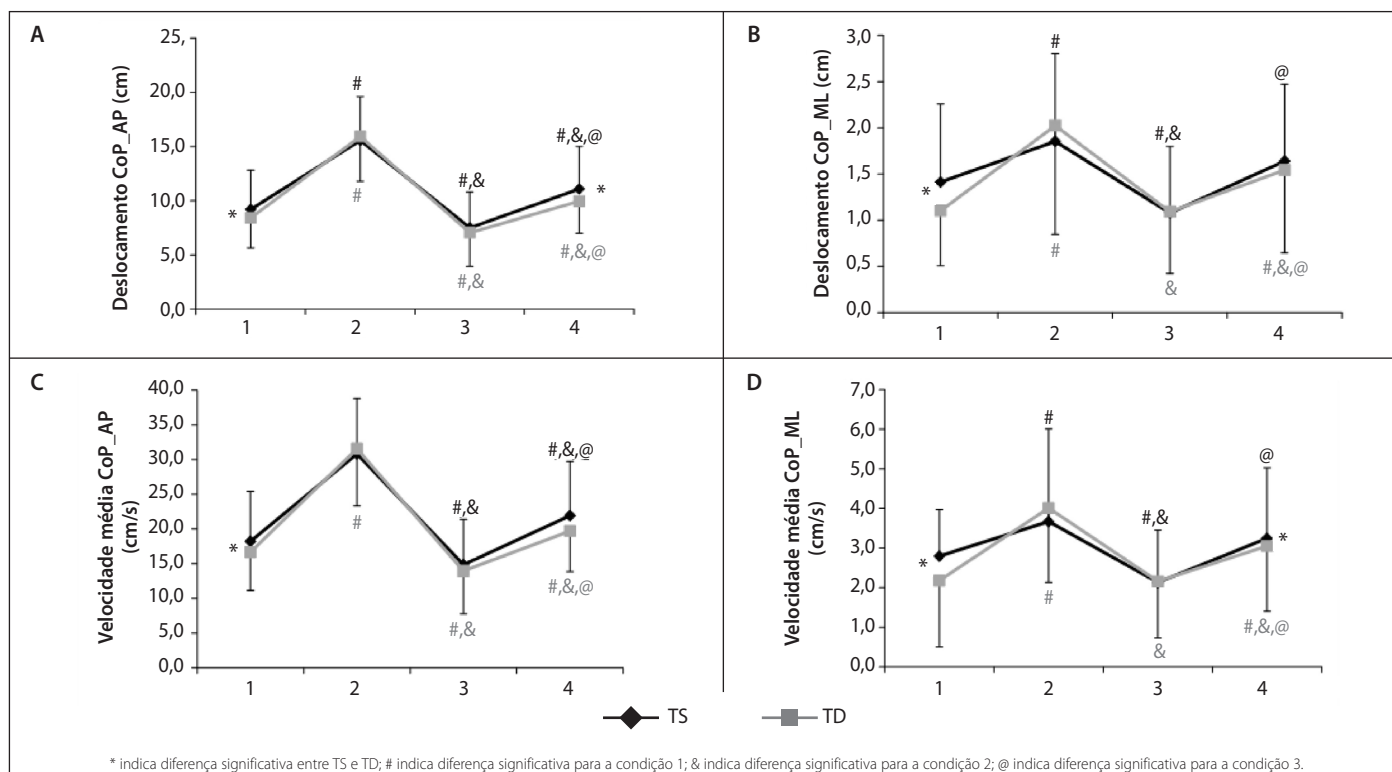
Em relação à interação, o teste *post hoc* de Bonferroni indicou que os indivíduos apresentaram maior deslocamento-AP e velocidade média-AP na TS nas condições 1 (p=0,048) e 4 (p=0,004) quando comparado à TD. Além disso, na condição 1, os indivíduos apresentaram maior deslocamento-ML e velocidade média-ML na TS em relação à TD (p=0,001). Ainda referente à interação, o teste *post hoc* indicou que nas TS e TD, os indivíduos apresentaram maior deslocamento-AP na condição 2 em relação às condições 1 (p<0,001), 3 (p<0,001) e 4 (p<0,001), na condição 4 em relação às condições 1 (p=0,003) e 3 (p<0,001) e na condição 1 quando comparada à 3 (p=0,007) (Figura 1A). Além disso, nas TS e TD, apresentaram maior deslocamento-ML na condição 2 em relação às condições 1 (p=0,001) e 3 (p<0,001), e na condição 4 em relação à 3 (p=0,001). Na TD, os indivíduos apresentaram maior deslocamento-ML na condição 2 em comparação à 4 (p<0,001) e na condição 4 em relação à 1 (p=0,001). Já na TS, apresentaram maior deslocamento-ML na condição 1 quando comparada à 3 (p=0,010) (Figura 1B). Quando observada a velocidade média-AP, os indivíduos nas TS e TD apresentaram maiores valores na condição 2 em relação às condições 1 (p<0,001), 3 (p<0,001) e 4 (p<0,001), na condição 4 em comparação às condições 1 (p=0,003) e 3 (p<0,001) e na condição 1 em relação à 3 (p=0,007) (Figura 1C). Já na velocidade média-ML, os indivíduos nas TS e TD apresentaram maiores valores na condição 2 em relação às condições 1 (p=0,001) e 3 (p<0,001), e na condição 4 em comparação à 3 (p=0,001). Na TD, apresentaram maior velocidade média-ML na condição 2 em comparação à 4 (p<0,001), e na condição 4 em relação à 1 (p=0,001). Por fim, ainda referente à interação, na TS apresentaram maior velocidade média-ML na condição 1 quando comparada à 3 (p=0,010). (Figura 1D)

Para o efeito principal de condição, os indivíduos apresentaram maior amplitude-AP e amplitude-ML do CoP na condição 2 em relação à 1 (p<0,001) e 3 (p<0,001), e na condição 4 em comparação à 3 (p=0,001). Ainda, apresentaram maior amplitude-AP na condição 2 em relação à 4 (p<0,001) e na condição 3 quando comparado à 1 (p<0,001). (Tabela 4)

Por fim, o teste *post hoc* de Bonferroni indicou que os indivíduos apresentaram maior tempo para recuperar a posição estável nas condições 1 e 3 quando comparada às condições 2 (p<0,001) e 4 (p<0,001). (Tabela 4)

## DISCUSSÃO

O presente estudo buscou analisar a influência da TD nos ajustes posturais em diferentes condições de perturbação. Nossas hipóteses foram parcialmente confirmadas. Adultos jovens ativos apresentaram maior oscilação do CoP nos ajustes reativos, principalmente nas perturbações com maior intensidade (velocidade=25cm/s). Além disso, apresentaram maior tempo para recuperar a posição estável nas condições com menor velocidade, tanto na TS quanto na TD. De maneira inesperada, na TS, os adultos jovens ativos apresentaram maior oscilação do CoP nos ajustes



**Figura 1.** Interação entre tarefa e condição no: a) Deslocamento AP; b) Deslocamento ML; c) Velocidade média AP; d) Velocidade média ML.

**Tabela 4.** Ajustes posturais reativos no 2º janelamento (reativo 2) e no tempo para recuperar a posição estável nas tarefas simples e duplas em ambas as condições.

	1 (5cm-10cm/s)		2 (5cm-25cm/s)		3 (12cm-10cm/s)		4 (12cm-25cm/s)		Efeito	
	TS	TD	TS	TD	TS	TD	TS	TD	Tarefa	Condição
Desl. AP(cm)	9,20±3,63	8,42±2,78	15,56±4,04	15,92±4,14	7,50±3,31	7,05±3,12	11,07±3,94	9,96±2,96	$F_{(1,332)}=6,438; p=0,012$	$F_{(3,332)}=123,642; p<0,001$
Desl. ML(cm)	1,41±0,85	1,10±0,59	1,85±0,95	2,02±1,18	1,08±0,72	1,09±0,67	1,64±0,83	1,54±0,90	Ns	$F_{(3,332)}=22,309; p<0,001$
Amp. AP(cm)	6,17±2,86	5,75±2,41	10,76±2,76	10,92±2,78	4,44±1,99	4,17±2,00	6,69±2,55	6,16±1,86	Ns	$F_{(3,332)}=154,949; p<0,001$
Amp. ML(cm)	0,87±0,57	0,73±0,49	1,08±0,57	1,11±0,65	0,69±0,57	0,66±0,38	0,94±0,54	0,95±0,64	Ns	$F_{(3,332)}=12,727; p<0,001$
Vel. AP (cm)	18,21±7,18	16,68±5,51	30,82±8,00	31,53±8,20	14,85±6,54	13,96±6,18	21,93±7,81	19,71±5,86	$F_{(1,332)}=6,438; p=0,012$	$F_{(3,332)}=123,642; p<0,001$
Vel. ML (cm)	2,80±1,67	2,18±1,18	3,67±1,88	4,01±2,33	2,13±1,43	2,16±1,33	3,25±1,65	3,05±1,78	Ns	$F_{(3,332)}=22,309; p<0,001$
Tempo Rec. (s)	2,71±1,30	2,66±0,90	2,11±0,66	2,16±0,80	2,82±1,14	2,75±1,26	2,30±0,96	2,32±0,68	Ns	$F_{(3,332)}=13,327; p<0,001$

Desl. = deslocamento; Amp. = amplitude; Vel. = velocidade média; Rec. = recuperação; AP = anteroposterior; ML = médio-lateral; TS = tarefa simples; TD = tarefa dupla; Ns = não significativo.

preditivos e reativos quando comparados à TD. Os principais achados são discutidos de acordo com cada objetivo do presente estudo.

Os ajustes posturais são importantes para evitar quedas após perturbações externas e o córtex cerebral parece estar envolvido no controle destes ajustes.<sup>2,12</sup> As perturbações podem ser realizadas por mecanismos externos e inesperados<sup>9,13</sup> ou internos,<sup>9,14</sup> fazendo com que os ajustes posturais como a atividade muscular e a oscilação do CoP modifiquem seus padrões de controle de acordo com a perturbação.<sup>10,13,15,16</sup> Em situações de perturbações com alta intensidade, o envolvimento dos músculos do quadril é necessário para a manutenção do equilíbrio, enquanto que em baixas intensidades o controle é realizado, principalmente, pelos músculos do tornozelo.<sup>17</sup> Porém, há resultados controversos em relação à intensidade da perturbação nos parâmetros do CoP.<sup>13,16,18</sup> Sarraf et al.<sup>18</sup> não encontraram diferenças no pico do deslocamento do CoP em perturbações com altas intensidades. Porém, nossos resultados corroboram parcialmente com Babič et al.<sup>16</sup> e Azzi et al.,<sup>13</sup> evidenciando aumento dos parâmetros do CoP, como o deslocamento, amplitude e velocidade média nessas situações. O aumento da oscilação do CoP sugere tentativa de reestabelecer o controle postural após uma perturbação de alta intensidade, aumentando o deslocamento do centro de massa nos sentidos AP e ML dentro dos limites de estabilidade da base de suporte.<sup>1</sup>

Aumento da magnitude e diminuição do tempo de latência da ativação muscular são evidenciados em perturbações com altas intensidades.<sup>13</sup> Além disso, nosso estudo apontou menor tempo para

recuperar a posição estável nessas situações. Esse comportamento pode ser entendido como um mecanismo de segurança, pois em perturbações intensas há necessidade de resposta mais rápida para evitar quedas.<sup>19</sup> Dessa forma, a integração entre as informações sensorio-motoras precisa ser eficiente,<sup>1,20</sup> como é observado em adultos jovens fisicamente ativos. As alterações nas respostas posturais em diferentes magnitudes de perturbação são determinadas por uma integração entre os processos centrais e periféricos.<sup>20</sup> A participação de estruturas corticais e subcorticais no controle postural,<sup>2</sup> associadas à resposta muscular tardia<sup>2</sup> podem representar mudanças na organização e na magnitude destas respostas após perturbação.<sup>21</sup> Além da influência da intensidade e da amplitude da perturbação, a presença de tarefa cognitiva concomitante parece alterar os padrões dos ajustes posturais.

O pior desempenho em tarefas concomitantes pode ser devido capacidade limitada em dividir a atenção,<sup>3</sup> inflexibilidade em realocar recursos cognitivos<sup>22</sup> e capacidade limitada de processamento de informações.<sup>23</sup> De maneira inesperada, nossos resultados revelaram que adultos jovens ativos apresentaram menor oscilação do CoP em situações de TD. As tarefas empregadas no presente estudo apresentam diferentes exigências para o controle postural (tarefa primária) e para a cognição na tarefa secundária. Para o controle postural é necessário processamentos centrais e recursos cognitivos.<sup>2</sup> Estudos têm revelado ativação de áreas subcorticais ao imaginar a postura ereta quieta, ativação de áreas corticais na preparação para a perturbação (córtex parietal

posterior e área motora suplementar) e em resposta à perturbação (córtex pré-frontal).<sup>24,25</sup> Considerando que o córtex pré-frontal está envolvido na atenção e no planejamento de ações motoras, pode-se afirmar que houve interferência da TD, mas todas as perspectivas teóricas podem ser empregadas na argumentação.

Semelhante aos nossos resultados, o estudo de Huxhold et al.<sup>26</sup> evidenciou diminuição da oscilação do CoP em idosos e adultos jovens em situações de TD. Uma possível explicação está na dificuldade da tarefa cognitiva concomitante, sendo que essas alterações positivas do CoP foram observadas em TD com menor exigência. Os resultados deste estudo avançam o entendimento da interferência da TD em relação à menor exigência cognitiva da tarefa secundária, pois a tarefa primária requereu alta exigência atencional. Indivíduos priorizaram a tarefa primária em detrimento da tarefa secundária. As características da tarefa primária, imprevisibilidade e manipulação da intensidade e do deslocamento da perturbação, podem explicar a priorização e, portanto, não houve divisão da atenção. Nessas situações, o controle postural pode ser gerado de forma mais automática com contribuições de área subcorticais.<sup>27</sup> Nas tarefas posturais mais desafiadoras esse comprometimento é exacerbado, pois é necessária maior demanda de recursos cognitivos, aumentando a participação de estruturas corticais.<sup>26,27</sup>

Tarefas que exigem maiores demandas atencionais alteram os ajustes posturais buscando resistir ao movimento.<sup>28,29</sup> Este comportamento conhecido como *stiffness* mecânico mantém o equilíbrio por meio do tônus muscular e está envolvido com os mecanismos de controle antecipatório e reflexo.<sup>29,30</sup> A diminuição do *stiffness* pode estar relacionado ao aumento da oscilação corporal, com isso, as mudanças observadas no controle postural durante a execução da TD pode ser devido à utilização deste

mecanismo.<sup>29</sup> Estas mudanças foram observadas em idosos no controle postural estático.<sup>29</sup> Porém, nossos resultados sugerem que esse mecanismo pode influenciar também o controle postural de adultos jovens em situações com perturbação, independente da intensidade e magnitude.

Algumas limitações foram evidenciadas como a falta de análise eletromiográfica e do centro de massa. Além disso, a tarefa cognitiva utilizada parece exigir menos atenção, assim, outras TDs precisam ser investigadas nas diferentes intensidades da perturbação. Por fim, outros estudos necessitam comparar a influência da TD e de diferentes intensidades da perturbação em outras populações como idosos com alterações neurológicas.

## CONCLUSÃO

É possível que a intensidade da perturbação influencia mais os ajustes posturais para manutenção do CoP dentro dos limites de estabilidade do que a magnitude. Ainda, a realização de tarefas cognitivas concomitantes ao controle postural sob perturbação externa diminui os parâmetros do CoP. Com isso, recursos cognitivos possuem relevância no controle postural após perturbação, podendo ser relacionado com mecanismos *stiffness*.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processo nº: #2016/00503-0) e a CNPq (processo nº 306389/2013-4) pelo apoio financeiro.

---

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

---

---

**CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES:** Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. VSB (0000-0002-4640-7733)\*: concepção, desenho, coleta de dados, análise e interpretação dos dados, escrita manuscrito; PCRS (0000-0001-7378-1897)\*: concepção, desenho, coleta de dados, análise e interpretação dos dados, escrita manuscrito; DARJ (0000-0002-4133-1653)\*: coleta de dados, escrita manuscrito; MBP (0000-0001-5986-5154)\*: coleta de dados, escrita manuscrito; AMFJ (0000-0002-2845-443X)\*: coleta e análise de dados, escrita manuscrito; CCS (0000-0003-4224-3396)\*: coleta de dados, escrita manuscrito; LTBG (0000-0003-3984-3403)\*: concepção, desenho, interpretação dos dados, escrita manuscrito. Todos os autores aprovaram a versão final do manuscrito. \*ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

---

## REFERÊNCIAS

1. Macpherson JM, Horak FB. Postura. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ, editores. Princípios de neurociências. 5ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014; 811-832.
2. Jacobs JV, Horak FB. Cortical control of postural responses. *J Neural Transm (Vienna)*. 2007;114(10):1339-48.
3. Jamet M, Deviterne D, Gauchard GC, Vaçon G, Perrin PP. Age-related part taken by attentional cognitive processes in standing postural control in a dual-task context. *Gait Posture* 2007;25(2):179-84.
4. De Lima AC, Toledo DR, Teixeira LA. Ajustes posturais são modulados pela complexidade da tarefa manual. *Rev Bras Cineantrom Desemp Hum*. 2009;11(4):400-7.
5. Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(3):M112-9.
6. Yardley L, Gardner M, Leadbetter A, Lavie N. Effect of articular and mental tasks on postural control. *Neuroreport*. 1999;10(2):215-9.
7. Florindo AA, Latorre MS. Validation and reliability of the Baecke questionnaire for the evaluation of habitual physical activity in adult men. *Rev. Bras Med Esporte*. 2003;9:121-28.
8. Beretta VS. Ajustes posturais sob perturbação externa em indivíduos com doença de Parkinson e neurologicamente sadios. 2017. 82 f. [Dissertação Mestrado em Ciências da Motricidade]; Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; 2017.
9. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(3):388-97.
10. Horak FB, Dimitrova D, Nutt JG. Direction-specific postural instability in subjects with Parkinson's disease. *Exp Neurol*. 2005;193(2):504-21.
11. Duarte M, Freitas SM. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter*. 2010;14(3):183-92.
12. Mierau A, Hülshöfer T, Strüder HK. Changes in cortical activity associated with adaptive behavior during repeated balance perturbation of unpredictable timing. *Front Behav Neurosci*. 2015;9:272.
13. Azzi NM, Coelho DB, Teixeira LA. Automatic postural responses are generated according to feet orientation and perturbation magnitude. *Gait Posture*. 2017;57:172-6.
14. Piscitelli D, Falaki A, Solnik S, Latash ML. Anticipatory postural adjustments and anticipatory synergy adjustments: preparing to a postural perturbation with predictable and unpredictable direction. *Exp Brain Res*. 2017;235(3):713-30.
15. Henry SM, Fung J, Horak FB. EMG responses to maintain stance during multidirectional surface translations. *J Neurophysiol*. 1998;80(4):1939-50.
16. Babić J, Petrić T, Pernel L, Šarabon N. Effects of supportive hand contact on reactive postural control during support perturbations. *Gait Posture* 2014;40(3):441-6.
17. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006;35(Suppl 2):ii7-11.
18. Sarraf TA, Marigold DS, Robinovitch SN. Maintaining standing balance by handrail grasping. *Gait Posture* 2014;39(1):258-64.
19. Visser JE, Carpenter MG, van der Kooij H, Bloem BR. The clinical utility of posturography. *Clin Neurophysiol* 2008;119(11):2424-36.
20. Diener HC, Horak FB, Nashner LM. Influence of stimulus parameters on human postural responses. *J Neurophysiol*. 1988;59(6):1888-905.
21. Kurtzer IL. Long-latency reflexes account for limb biomechanics through several supraspinal pathways. *Front Integr Neurosci*. 2015;8:99.
22. Franconeri SL, Alvarez GA, Cavanagh P. Flexible cognitive resources: competitive content maps for attention and memory. *Trends Cogn Sci*. 2013;17(3):134-41.
23. Marois R, Ivanoff J. Capacity limits of information processing in the brain. *Trends Cogn. Sci*. 2005;9:296-305.
24. Jahn K, Deutschländer A, Stephan T, Strupp M, Wiesmann M, Brandt T. Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage* 2004;22(4):1722-31.
25. Mihara M, Miyai I, Hatakenaka M, Kubota K, Sakoda S. Role of the prefrontal cortex in human balance control. *Neuroimage*. 2008;43(2):329-36.
26. Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Linderberg U. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull*. 2006;69(3):294-305.
27. Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: Models and posture-analysis methods. *Clinical Neurophysiol*. 2008;38(6):411-21.
28. Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Gielo-Perczak K. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol*. 1998;80(3):1211-21.
29. Kang HG, Lipsitz LA. Stiffness control of balance during quiet standing and dual task in older adults: The MOBILIZE Boston study. *J Neurophysiol*. 2010;104(6):3510-7.
30. Morasso PG, Schieppati M. Can Muscle Stiffness Alone Stabilize Upright Standing? *J Neurophysiol*. 1999;82(3):1622-6.