



Brazilian Journal of
OTORHINOLARYNGOLOGY

www.bjorl.org.br



ARTIGO ORIGINAL

The effects of concurrent cognitive tasks on postural sway in healthy subjects^{☆,☆☆}

Banu Mujdeci^{a,*}, Didem Turkyilmaz^b, Suha Yagcioglu^c, Songul Aksoy^b

^a Departamento de Audiologia, Faculdade de Ciências da Saúde, Yıldırım Beyazıt University, Ankara, Turquia

^b Departamento de Audiologia, Faculdade de Ciências da Saúde, Hacettepe University, Ankara, Turquia

^c Departamento de Biofísica, Faculdade de Medicina, Hacettepe University, Ankara, Turquia

Recebido em 8 de novembro de 2012; aceito em 9 de dezembro de 2014

KEYWORDS

Postural balance;
Task performance
and analysis;
Memory, short-term;
Attention

Abstract

Introduction: Keeping balance of the upright stance is a highly practiced daily task for healthy adults and is effectively performed without overt attentional control in most.

Objective: The purpose of this study was to examine the influence of concurrent cognitive tasks on postural sway in healthy participants.

Methods: This was a prospective study. 20 healthy volunteer subjects were included. The cognitive and balance tasks were performed separately and then, concurrently. Postural control task consisted of 6 conditions (C) of the Sensory Organization Test. The cognitive task consisted of digit rehearsal task of varying presentation and varying levels of difficulty.

Results: A statistically significant difference was noted between dual task and no task for C1, C2, C3 and C4 Sensory Organization Test scores ($p < 0.05$). There was no statistically significant difference between dual task versus non-task for C5, C6 and combined Sensory Organization Test scores ($p > 0.05$).

Conclusion: During dual task, increase has been determined in postural sway for C1, C2, C3 and C4 for all presentation modes and difficulty levels of the cognitive tasks.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY- license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.10.011>

☆ Como citar este artigo: Mujdeci B, Turkyilmaz D, Yagcioglu S, Aksoy S. The effects of concurrent cognitive tasks on postural sway in healthy subjects. Braz J Otorhinolaryngol. 2016;82:3-10.

☆☆ Instituição: Yıldırım Beyazıt University, Faculdade de Ciências da Saúde. Ankara, Turquia.

* Autor para correspondência.

E-mail: banumujdeci@yahoo.com (B. Mujdeci).

PALAVRAS-CHAVE

Equilíbrio postural;
Realização e análise
de tarefas;
Memória de curto
prazo;
Atenção

Efeitos de tarefas cognitivas simultâneas no equilíbrio postural em indivíduos saudáveis**Resumo**

Introdução: Manter o equilíbrio na postura vertical é uma tarefa cotidiana constantemente praticada por adultos saudáveis, e é efetivamente realizada pela maioria sem a necessidade de um controle atencional.

Objetivo: A finalidade deste estudo foi examinar a influência de tarefas cognitivas concomitantes no equilíbrio postural de indivíduos saudáveis.

Método: Trata-se de um estudo prospectivo em que participaram 20 voluntários saudáveis. As tarefas cognitivas e de equilíbrio foram realizadas separadamente; e em seguida, realizadas simultaneamente. A tarefa de controle postural consistiu em seis condições (C) do Teste de Organização Sensorial (TOS). A tarefa cognitiva consistiu na repetição de dígitos comapresentações variadas e vários níveis de dificuldade.

Resultados: Houve diferença estatisticamente significativa entre os escores do TOS para as condições C1, C2, C3 e C4 para “dupla tarefa” vs. “não tarefa” ($p < 0,05$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os escores do TOS para as condições C5 e C6 e para a combinação dos escores do TOS para “dupla tarefa” vs. “não tarefa” ($p > 0,05$).

Conclusão: Durante a realização de dupla tarefa, foram determinados aumentos na oscilação postural para as condições C1, C2, C3 e C4 para todos os modos de apresentação e níveis de dificuldade das tarefas cognitivas.

© 2015 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY- license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

O controle do equilíbrio postural é uma habilidade motora complexa que depende das interações entre três componentes sensoriais essenciais: os sistemas visual, somatosensorial e vestibular.¹ O organismo integra os componentes visual, vestibular e somatosensorial para a manutenção do equilíbrio postural. O controle postural representa uma complexa interação entre os sistemas sensoriais, envolvendo a percepção de estímulos ambientais, resposta a alterações e manutenção do centro de gravidade do corpo na base de apoio.² A manutenção do equilíbrio da postura vertical é uma tarefa cotidiana constantemente praticada por adultos saudáveis, sendo efetivamente realizada sem que, na maioria das circunstâncias, haja um evidente controle atencional.³

A natureza da relação entre o controle postural e a cognição permanece obscura.⁴ As principais dúvidas são se o desafio postural apresentaria efeito no desempenho cognitivo e, por outro lado, se o desempenho da tarefa cognitiva diminuiria a estabilidade postural.⁵ Vários investigadores sugeriram que os controles postural e da locomoção exigem certo nível de processamento cognitivo superior, apesar de sua natureza altamente prática.⁶⁻⁸ A metodologia para os testes experimentais com o paradigma de “dupla tarefa” com habilidades motoras foi descrita no clássico artigo de Abernethy.⁹ Uma entre dupla tarefa é designada como tarefa primária. O desempenho da tarefa primária é mantido ao nível basal durante a condição de “dupla tarefa”.¹⁰ O paradigma de “dupla tarefa” proporciona informações sobre automaticidade, locus hemisférico e independência estrutural

dos processos que, hipoteticamente, subjazem à produção do desempenho competente.⁹

No mundo real, as observações corriqueiras de pessoas que conversam enquanto caminham ou que ouvem música enquanto correm ilustram essa afirmativa. Em tais situações, os recursos atencionais devem ser divididos, para que o indivíduo possa desempenhar ambas as tarefas.¹¹ Se, na condição de “dupla tarefa”, o desempenho na tarefa secundária ficar reduzido com relação ao nível basal, isso refletirá elevadas demandas atencionais da tarefa primária, sugerindo uma capacidade de reserva insuficiente para a realização da tarefa secundária ao nível basal.¹⁰ Uma abordagem comumente aceita para o entendimento da interferência da realização de dupla tarefa entre tarefas motoras e cognitivas é fundamentada nas teorias de limitação dos recursos ou da capacidade de atenção. De acordo com essas teorias, ocorre limitação da capacidade de processamento das informações ou dos recursos disponíveis para o processamento.¹² Uma teoria de múltiplos recursos prognosticaria uma interferência da condição de “dupla tarefa” apenas quando as tarefas simultâneas recorressem a aspectos do mesmo recurso cognitivo.¹³ A dificuldade combinada das tarefas exige excessiva atenção; nesse caso, poderia ocorrer interferência entre as tarefas. Ou seja, a qualidade do desempenho das dupla tarefa poderia diminuir, ou então uma tarefa seria desempenhada, em detrimento da outra.^{8,14}

O objetivo deste estudo foi examinar a influência de diferentes tarefas cognitivas realizadas simultaneamente no equilíbrio postural em indivíduos saudáveis. Propusemos a hipótese de que a oscilação postural poderia ser modulada pela presença e dificuldade da tarefa de repetição de dígitos.

Método

Participantes

Ao todo, 20 indivíduos (10 mulheres, 10 homens; média de idade = $22,40 \pm 4,46$ anos) foram recrutados para participação no presente estudo. Os critérios de inclusão foram: ausência de história de doença neurológica de deficiência auditiva ou de deficiência visual não passível de correção com lentes, comprometimento musculoesquelético e lesões ou transtornos do equilíbrio.

Testes

Todas as aferições foram realizadas em uma sessão experimental para cada indivíduo. Inicialmente, as tarefas cognitiva e de equilíbrio foram realizadas em separado (“tarefa isolada”); em seguida, as tarefas cognitiva e de equilíbrio foram realizadas simultaneamente (“dupla tarefa”). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição. Depois de explicados o teor e objetivos da pesquisa aos participantes da pesquisa, foi obtido seu consentimento informado por escrito.

Teste de equilíbrio

Todos os participantes foram avaliados através do estudo de estabilidade postural utilizando-se a Posturografia Dinâmica Computadorizada. O Teste de Organização Sensitiva (TOS) foi realizado com o sistema *NeuroCom Smart Balance Master*® (NeuroCom International, Inc., Clackamas, OR). O SOT foi realizado por procedimento utilizado na rotina clínica. Foram desenvolvidas seis condições de teste para a avaliação do equilíbrio: olhos abertos, plataforma e entorno visual fixos (fixo-fixo) (C1); olhos fechados, plataforma e entorno fixos (fixo-ausente) (C2); olhos abertos, plataforma fixa e entorno de referência oscilante (fixo-oscilante) (C3); olhos abertos, plataforma de referência oscilante e entorno fixo (oscilante-fixos) (C4); olhos fechados, plataforma de referência oscilante e entorno fixo (oscilante-ausente) (C5); e olhos abertos, plataforma de referência e entorno oscilantes (oscilante-oscilante) (C6). Determinamos o ganho oscilatório em 1,0, com equiparação exata entre a referência de oscilação com a oscilação do indivíduo testado, conforme descrito no Manual do Operador do NeuroCom System®.¹⁵ A duração de

cada teste foi de até 20 segundos. Em seguida, os participantes completaram cada uma das seis condições por três vezes.

Teste cognitivo

Antes de iniciar a tarefa de equilíbrio, os participantes realizaram o teste de memória numérica, para que fosse possível determinar a sequência de dígitos. Os dígitos foram fornecidos com o uso do sistema *E-Prime 2.0 Professional*® (Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, PA, EUA), na base de um dígito por segundo no computador do sistema *NeuroCom Balance Master*® com uso do sistema *E-Prime 2.0 Professional*®. Foi utilizada a fonte Times New Roman 144-pt., exibida à frente do participante, ao nível dos seus olhos. O teste consistiu na administração de uma sequência de dígitos por meio de apresentação auditiva, visual e mista (auditivo-visual); foi solicitado aos participantes que repetissem a ordem. Foram utilizados alto-falantes para a apresentação auditiva. Quando o participante falhava em ambas as tentativas em determinado nível, o teste era interrompido. O número máximo de dígitos corretamente memorizados na mesma ordem de apresentação foram adotados como o número de dígitos exibidos na condição experimental “difícil” da tarefa cognitiva. Determinamos o número de dígitos exibidos na condição “fácil” considerando metade do número máximo de dígitos memorizados. Após uma interrupção de 10 minutos de descanso, a dupla tarefa foi aplicada aos participantes.

Procedimentos

A sessão de dupla tarefa teve início com o fornecimento de instruções. Depois de ter sido confirmado que o participante tinha compreendido o procedimento, o teste era iniciado. Em seguida, o participante era instruído a ficar de pé sobre a plataforma do sistema *NeuroCom Balance Master*®, para execução do teste cognitivo, enquanto mantinha o equilíbrio nas seis condições de teste (fig. 1). Cada teste foi randomizado, para que fossem minimizados os efeitos da prática.

Os participantes foram submetidos a um teste de sequência de dígitos por meio de apresentação auditiva, visual e mista (auditivo-visual). A ordem de apresentação dos testes em cada uma das condições experimentais (não tarefa, fácil, difícil) foi randomizada. Três tentativas para cada uma das seis condições do TOS foram apresentadas em ordem aleató-

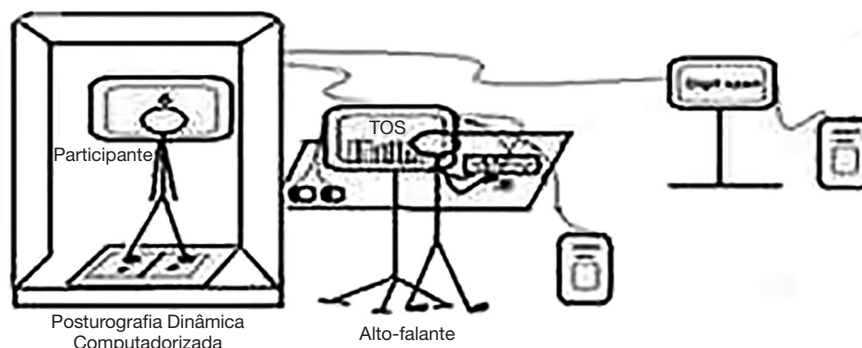


Figura 1 Equipamento para a realização de dupla tarefa.

ria. Em cada tentativa nas condições da tarefa dos dígitos, a sequência dos dígitos era exibida em um monitor de computador, na frequência de um dígito por segundo. Os participantes foram instruídos a “ensaiair” a sequência de dígitos até seu desaparecimento, quando então surgia uma tela azul no monitor. Enquanto isso, os participantes tinham que codificar essa sequência de dígitos até seu desaparecimento. Nesse ponto, tinha início um período de 20 segundos para a aferição da oscilação postural. Para os testes com os olhos fechados, os participantes eram instruídos a fechar os olhos; para a posição de olhos abertos, os participantes mantinham os olhos abertos e eram instruídos a simplesmente olhar para frente, mas não deviam fixar em qualquer objeto ou local. Os participantes deviam repetir mentalmente a sequência durante os 20 segundos. Ao final desse período de manutenção, os participantes deviam repetir a sequência de dígitos (fig. 2), e suas respostas eram registradas para cada teste. O número de erros (intrusão, erro na ordem e omissão) na resposta foi registrado pelo aplicador do teste. Todos os escores registrados ao longo do TOS de 20 segundos foram empregados nas análises estatísticas. Foi estabelecida uma pausa de 10 minutos para descanso dos participantes após cada estágio de dupla tarefa, o que resultou em um total de 50 minutos. Durante as pausas para relaxamento, foram oferecidos refrescos aos participantes. Embora passíveis de variação, e dependendo do desempenho cognitivo do participante, as durações de todos os testes, com inclusão das pausas para relaxamento, variaram entre 130-150 minutos.

Análise dos dados

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa SPSS versão 18. Empregamos o teste de Wilcoxon na avaliação das diferenças entre os escores médios de equilíbrio obtidos nas condições de “não tarefa” e “dupla tarefa” (fácil, difícil) para cada uma das seis condições de equilíbrio e para cada apresentação (auditiva, visual, mista [auditivo-visual]). As análises descritivas foram apresentadas na forma de mediana e intervalo interquartil (IIQ) para as variáveis não normalmente distribuídas e ordinais. Consideramos que $p > 0,05$ demonstrava resultados estatisticamente significativos.

Resultados

Os escores do TOS obtidos nas condições de “dupla tarefa” foram comparados em separado com os escores TOS para “não tarefa”. Houve diferença estatisticamente significativa

entre os escores do TOS nas condições C1, C2, C3 e C4 para “dupla tarefa” vs. “não tarefa”. ($p < 0,05$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os escores do TOS para as condições C5 e C6 e entre a combinação dos escores do TOS para “dupla tarefa” vs. “não tarefa” ($p > 0,05$) (tabela 1).

Nas condições de “dupla tarefa” de mesmo grau de dificuldade, como resultado da comparação dupla conforme o modo de apresentação do estímulo (p. ex., auditivo-fácil e visual-fácil), não houve diferença significativa em nenhuma das condições do TOS para “dupla tarefa” ($p > 0,05$).

Quanto à ordem da dupla tarefas, como resultado da dupla comparação de acordo com o nível de dificuldade das tarefas cognitivas na mesma modalidade de apresentação (p. ex., auditivo-fácil e auditivo-difícil), não houve diferença significativa nos escores do TOS para todas as condições na situação de “dupla tarefa” ($p > 0,05$).

Não foram efetuadas análises estatísticas para os erros cometidos pelos participantes nas seis condições do TOS, com três repetições na ordem de dupla tarefa; apenas a média foi calculada. Foram cometidos seis erros para a condição “auditivo-fácil”, seis para “auditivo-difícil”, 12 para “visual-fácil”, 98 para “visual-difícil”, cinco para a condição mista (auditivo-visual) fácil e 117 para a condição mista (auditivo-visual) difícil.

Discussão

A finalidade deste estudo foi examinar a influência da execução simultânea de tarefas cognitivas no equilíbrio postural de indivíduos saudáveis. A tarefa de memória de curto prazo se concentrou no processo de “ensaio. Nos estudos com dupla tarefa, de modo geral, as tarefas cognitivas visuais e/ou auditivas foram simultaneamente utilizadas com a tarefa postural,¹⁶⁻¹⁸ mas não foi publicado ainda qualquer estudo que tivesse usado uma tarefa cognitiva mista (auditivo-visual). Portanto, no presente estudo, além das tarefas cognitivas visuais e/ou auditivas simultaneamente a uma tarefa postural, também foi utilizada uma tarefa mista (auditivo-visual) durante a realização das dupla tarefa. Os escores para “não tarefa” e “dupla tarefa” foram obtidos em separado; em seguida, foram comparados.

No presente estudo, houve aumento da oscilação anterior-posterior para os escores do TOS das condições C1, C2, C3 e C4; mas essa variável não foi afetada quanto aos escores do TOS das condições C5 e C6 e para a combinação dos escores do TOS, em comparação com os escores para “não tarefa”. Durante a realização da dupla tarefa (com a adição da tarefa cognitiva à tarefa de controle postural), houve aumento estatisticamente significativo na oscilação postural para as



Figura 2 Ilustração do procedimento de dupla tarefa.

Tabela 1 Comparação dos escores do TOS para a condição “não tarefa” vs. escores do TOS obtidos simultaneamente com a tarefa cognitiva

Tarefa	TOS			Escores			
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Composto
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Auditivo fácil</i>							
Mediana	89,33	89,16	90,00	80,83	72,83	68,83	80,50
IIQ	7,25	4,50	6,58	12,42	12,67	21,33	6,50
p	0,001 ^a	0,001 ^a	0,005 ^a	0,002 ^a	0,355	0,601	0,256
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Auditivo difícil</i>							
Mediana	92,16	91,00	89,83	81,66	71,00	71,66	82,00
IIQ	6,25	6,25	7,92	11,75	11,00	20,92	8,00
p	0,001 ^a	0,003 ^a	0,016 ^a	0,003 ^a	0,588	0,679	0,615
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Visual fácil</i>							
Mediana	90,50	89,00	88,16	81,83	71,00	71,50	79,50
IIQ	9,00	9,25	5,50	10,00	13,75	24,08	11,75
p	0,000 ^a	0,006 ^a	0,002 ^a	0,007 ^a	0,904	0,478	0,055
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Visual difícil</i>							
Mediana	90,33	90,33	90,16	79,33	75,66	68,00	78,50
IIQ	6,17	8,08	7,67	9,83	16,00	17,75	8,50
p	0,000 ^a	0,001 ^a	0,017 ^a	0,001 ^a	0,287	0,856	0,126
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Auditivo-visual</i>							
<i>Misto fácil</i>							
Mediana	90,66	90,50	89,83	82,50	73,33	63,00	79,50
IIQ	6,42	7,17	8,42	13,67	16,42	19,92	8,75
p	0,001 ^a	0,001 ^a	0,007 ^a	0,015 ^a	0,370	0,185	0,055
<i>Nenhuma tarefa</i>							
Mediana	94,50	93,00	92,33	87,50	68,66	70,83	81,00
IIQ	1,83	3,17	5,17	6,00	12,75	17,25	7,00
<i>Auditivo-visual</i>							
<i>Misto difícil</i>							
Mediana	92,16	89,83	89,33	80,00	72,00	66,66	80,00
IIQ	7,25	5,42	8,83	20,08	15,17	13,92	7,25
p	0,001 ^a	0,000 ^a	0,006 ^a	0,013 ^a	0,411	0,411	0,204

TOS, Teste de Organização Sensitiva; C, condição; IIQ, intervalo interquartil.

^a Estatisticamente significativo em $p < 0,05$.

condições posturais C1 e C2, relativamente fáceis (com a plataforma estável) para todas as modalidades de apresentação e níveis de dificuldade das tarefas cognitivas. Esse achado é coerente com os resultados de Pellecchia et al.¹⁹ Esses autores relataram aumento na oscilação postural ao serem realizadas as duplas tarefas. Outros investigadores^{8,20-22} também observaram déficits no controle postural em seguida à adição de uma tarefa cognitiva. São diversas as razões que poderiam explicar esse achado. Neste estudo, o aumento da oscilação postural com o participante na situação de “dupla tarefa” pode ser explicado pela atenção dividida.²³ É sabido que, quando se precisa manter o equilíbrio na postura ereta durante a realização simultânea de uma tarefa cognitiva, a atenção fica dividida entre as tarefas postural e cognitiva.³ Durante uma situação de “dupla tarefa”, as tarefas postural e cognitiva também podem estar competindo pelo processamento central ou por recursos atencionais, o que provoca redução no desempenho de qualquer das tarefas.^{23,24} Isso também pode explicar o aumento na oscilação postural neste estudo.

A possibilidade do uso de uma estratégia para manutenção do desempenho cognitivo à custa do controle postural durante a realização da dupla tarefa²⁵ talvez explique o aumento da oscilação postural aqui apresentado. Uma outra razão para a maior oscilação postural durante a situação de “dupla tarefa” em condições relativamente fáceis (C1, C2, C3, C4) da tarefa postural, em comparação com o desempenho isolado da tarefa, seria supor que os participantes possam ter se concentrado especificamente na tarefa postural, ou poderiam ter simplesmente desviado parte da sua atenção para o controle postural. Entretanto, esse desvio tem efeito prejudicial. Pode-se concluir que o enfoque intencional no controle postural durante a realização da dupla tarefa resultou em um controle menos automático do equilíbrio, com consequente perturbação da eficiência do controle postural. Hunter e Hoffman¹⁶ sugeriram que a concentração exclusiva em uma tarefa de equilíbrio possivelmente teria levado ao aumento da rigidez das articulações e do corpo, o que, por sua vez, poderia ter resultado em maior oscilação postural. Da mesma forma, de acordo com a limitação da ação,²⁶ a concentração da atenção em um comportamento altamente automatizado, como é o caso do controle postural, irá interferir - mais do que ajudar - no processo de controle automático.³

Quando indivíduos saudáveis são perturbados, enquanto estão de pé sobre uma plataforma móvel, ocorre uma série de reações musculares para correção do equilíbrio. Algumas delas são denominadas “automáticas”, enquanto que outras se aproximam das reações voluntárias. As correções do equilíbrio podem ser efetuadas pelos movimentos dos joelhos como contribuição secundária, ou como parte da própria estratégia de correção.²⁷ Presume-se que haja necessidade de propriocepção do joelho para a proteção contra movimentos excessivos, estabilização durante a postura estática e coordenação dos movimentos.²⁸ Não avaliamos se o *feedback* proprioceptivo originário dos joelhos contribui ou não para o início das correções do equilíbrio. Portanto, não é possível dar uma explicação sobre os movimentos dos joelhos no controle postural. Em seu estudo, Nijhuis et al.²⁹ examinaram o efeito da flexão bilateral dos joelhos nas correções automáticas do equilíbrio deflagradas por perturbações súbitas.²⁹ Há necessidade de mais estudos que avaliem as flexões dos joelhos

no equilíbrio postural durante a realização de uma tarefa secundária.

Em nosso estudo, o achado que demonstrou aumento na oscilação postural durante a realização da dupla tarefa para quatro das seis condições do TOS está em desacordo com pesquisas precedentes, que utilizaram a avaliação por TOS.³⁰⁻³² Broglio et al.³⁰ informaram melhoras significativas nas condições 1, 3 e 4 do TOS. Resh et al.³¹ observaram menor oscilação postural para as condições 1 e 2, e Teel et al.³² explicaram a diminuição na oscilação para a condição 1 de TOS. Outros investigadores,^{3,16-18,24,33} que não utilizaram TOS, também informaram aumento na estabilidade postural em condições de “dupla tarefa”. As discrepâncias entre nosso estudo e os demais que usaram, ou não, as condições do TOS podem ser explicadas pelas diferenças nas tarefas cognitivas empregadas nesses estudos.²⁴ As diferentes tarefas cognitivas podem ter desafiado a capacidade do cérebro em dividir diferentemente a atenção. Sabe-se que algumas tarefas cognitivas podem permitir maior alocação ao mecanismo de controle postural, o que resulta em aumento no escore de equilíbrio.³²

Nossos achados apoiam, em parte, a hipótese estudada (para as condições C1, C2, C3 e C4), assumindo que a adição da tarefa cognitiva à tarefa postural terá um efeito na estabilidade postural. No entanto, os achados não favorecem a hipótese de que a dificuldade da tarefa cognitiva terá efeito na estabilidade postural em condições de “dupla tarefa”.

Na comparação entre os escores do TOS para as condições C5 e C6 de “não tarefa” com os escores do TOS para “dupla tarefa”, em que tanto os *inputs* de percepção visual como proprioceptiva estão ausentes ou distorcidos, a oscilação anterior-posterior não foi afetada ($p > 0,05$). C5 e C6 são as condições posturais mais difíceis. O mesmo resultado foi observado para a combinação dos escores do TOS, que é similar ao obtido por Barin et al.³⁴ Esses autores não encontraram diferença significativa na oscilação postural em adultos jovens no desempenho da tarefa de subtração sob condições sensoriais alteradas. Analogamente, nos estudos com dupla tarefa que utilizaram as condições do TOS, não ocorreu mudança na estabilidade postural pelas condições sensoriais.^{30-32,35} Essencialmente, a oscilação postural não foi afetada pela atividade simultânea cognitiva para os escores do TOS para as condições C2, C4, C5, C6³¹; C1,C3,C6³²; C6³⁰ e C1-C6.³⁵

Em nosso estudo, uma possível explicação para a não interferência na oscilação postural, mesmo nas condições posturais mais difíceis, com a adição de uma tarefa cognitiva secundária, é que os participantes desviaram a atenção do foco interno (equilíbrio) para o foco externo (cognição).^{3,10} A liberação do controle postural com relação ao foco atencional, quando a atenção foi direcionada para uma tarefa concorrente, pode ter permitido que o controle postural funcionasse em um modo mais automático e eficiente.^{16,18} Wulf et al.²⁶ relataram que um foco externo de atenção promove mais o uso de processos de controle automático no cérebro, em comparação com o foco interno para correção da perturbação postural com o controle muscular voluntário.

Shumway-Cook e Woollacott³⁵ descreveram uma estabilidade postural similar entre situações de tarefa isolada e de dupla tarefa, pois as demandas atencionais para a manutenção da estabilidade do equilíbrio são razoavelmente constantes ao longo das condições sensoriais. Essa explicação também pode ser válida para a oscilação postural inalterada,

mesmo nas condições sensoriais mais difíceis (5 e 6) do TOS, em nosso estudo.

Outra possível explicação para a não alteração da oscilação postural em situação de “dupla tarefa” pode estar ligada às próprias condições.³² Nas condições 5 e 6 do TOS, o participante pode já estar dividindo sua atenção entre o equilíbrio e o entorno durante o paradigma de “tarefa isolada”, devido à movimentação da plataforma e do entorno, conforme informado por Teel et al.³²

Uma explicação fisiológica de nossos achados é que o processamento cerebral durante as situações de “dupla tarefa” aparentemente modifica o modo como o sistema nervoso central controla a estabilidade postural. Em condições normais, o equilíbrio é controlado mediante a integração das informações sensoriais proporcionadas pelos sistemas visual, vestibular e somatosensorial.³⁰ O *input* baseado no posicionamento dos membros é transmitido até os gânglios basais. Esse sinal é integrado com as ações planejadas desenvolvidas na cortical pré-motora e na cortical motora complementar no cerebelo. A via descendente continua através dos neurônios motores alfa, que inervam os músculos esqueléticos, permitindo a regulação do equilíbrio.^{30,36} Tipicamente, os *inputs* visuais e somatosensoriais proporcionam a maior parte das informações para a manutenção da estabilidade postural.^{30,37}

A oscilação postural em condições de “dupla tarefa” pode ser detectada com o uso de diferentes protocolos de testes, como a plataforma de força Bertec,¹⁷ a plataforma de força de Kistler¹⁶ ou o sistema AccuSway System® da AMTI para medição do equilíbrio e da oscilação postural.¹⁹ Esses testes quantificam a amplitude e a variabilidade da oscilação nas direções anterior-posterior e medial-lateral (lado/lado). Em conformidade com o protocolo do TOS por nós utilizado, foi possível detectar a oscilação postural apenas na direção anterior-posterior, como ocorreu nos demais estudos que utilizaram TOS.^{21,30,35} Portanto, no presente estudo, desconhecemos o efeito das tarefas cognitivas simultâneas na oscilação postural na direção medial-lateral, e com isso não foi possível estabelecer comparações de resultados com os demais estudos. No estudo de Pellechia et al.,¹⁹ a oscilação postural na direção medial-lateral não foi afetada em decorrência das tarefas cognitivas secundárias, e a oscilação anterior-posterior aumentou com o acréscimo da dificuldade da tarefa cognitiva. Riley et al.¹⁷ observaram uma redução na variabilidade postural medial-lateral, à medida que aumentava a carga cognitiva imposta por uma tarefa de memória de curto prazo. Hunter e Hofmann¹⁶ explicaram a diminuição do nível de movimento do centro de pressão medial-lateral diante de uma tarefa cognitiva secundária.

Neste estudo, não observamos diferença estatisticamente significativa entre os modos de apresentação ou níveis de dificuldade de tarefas cognitivas simultâneas e a oscilação postural ($p > 0,05$). Ele pode sugerir que o tipo de estímulo e a dificuldade da tarefa cognitiva são bastante inespecíficos e independentes do controle postural.¹⁸ Nosso resultado difere do de Riley et al.¹⁷; explicando que a tarefa auditiva afeta a oscilação postural mais intensamente que a tarefa visual. Ao contrário de nossos achados, Pellechia et al.¹⁹ informaram maior impacto na oscilação postural diante de uma tarefa cognitiva mais difícil. Por outro lado, e concordando com nossos resultados, foi observado que não houve efeito de dificuldade da tarefa cognitiva,¹⁸ assim como efeitos similares do tipo de estímulo¹⁶⁻¹⁸ na oscilação postural.

Em nosso estudo, quando a tarefa cognitiva foi simultaneamente acoplada à tarefa postural, verificamos que a maior parte dos erros foi cometida em condições de dupla tarefa, de dificuldade visual e de dificuldade mista (auditivo-visual). Com relação à tarefa visual e auditiva, esse achado demonstra coerência com o estudo de Penney³⁸; esse autor relatou grande vantagem na modalidade auditiva na recordação de séries, o que sugere maior robustez ou persistência da memória acústica, em comparação com a memória visual. Por outro lado, Riley et al.¹⁷ observaram maior número de erros de desempenho cognitivo durante a tarefa auditiva vs. tarefa visual. Acreditamos que a razão para os erros no desempenho das tarefas visual e auditiva observados no presente estudo seja explicada pelo efeito de modalidade. O termo “efeito de modalidade” refere-se ao achado de que, em comparação com a apresentação visual, nas tarefas de memória de curto prazo quase sempre a apresentação auditiva resultava em recordações mais precisas.³⁸ Considerando que a literatura não disponibilizou ainda informações sobre o efeito da realização simultânea de tarefas mista (auditivo-visual) e postural na oscilação postural, não foi possível estabelecer comparações. Assim, também não foi possível propor uma possível explicação para os erros na tarefa mista (auditivo-visual) observados em nosso estudo. Novos estudos deverão ser realizados para que seja desvendada a razão do aumento dos erros cognitivos com a realização simultânea das tarefas mista (auditivo-visual) e postural na oscilação postural.

O presente estudo teve as seguintes limitações: número limitado de participantes; o fato de ter sido avaliada apenas a fase de ensaio; a impossibilidade de avaliação da fase de codificação; e o tempo de resposta para a tarefa cognitiva.

Conclusão

Como resultado, em um cenário de dupla tarefa, ou seja, com a adição de uma tarefa cognitiva à tarefa de controle postural, foi determinado um aumento estatisticamente significativo na oscilação postural para as condições C1, C2, C3 e C4, mas não foi observada diferença significativa em termos de oscilação para as condições C5 e C6, que são as tarefas posturais mais difíceis. Em uma situação de “dupla tarefa”, ficou determinado que a modalidade de apresentação e o nível de dificuldade do estímulo no âmbito das tarefas cognitivas não tiveram efeito na oscilação postural. Quando a tarefa cognitiva foi realizada simultaneamente à tarefa postural, os maiores números de erros foram observados nas condições de realização de dupla tarefa (visual-difícil e mista [auditivo-visual]); enquanto os menores números de erros foram cometidos durante a realização da tarefa auditório-cognitiva. Comprometimentos vestibulares aumentam a necessidade de atenção com o controle postural.³⁹ Ademais, a capacidade atencional em condições de realização de várias tarefas diminui com o passar do tempo.⁴⁰ Adultos idosos podem estar em risco de sofrer quedas quando em condições de execução de tarefas simultâneas.⁷ Acredita-se que o modelo de “dupla tarefa” utilizado neste estudo possa fornecer informações úteis sobre a avaliação da capacidade de execução de dupla tarefa no universo dos indivíduos idosos, e também em pessoas com transtornos vestibulares.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Gokhan Aytekin e Saadettin Kiliçkap pelas análises dos dados. Agradecem também, em especial, a Ersin Oray, pelas contribuições.

Referências

- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2009;35 Suppl 2:ii7-11.
- Shaffer S, Harrison A. Aging of the somatosensory system: a translation perspective. *Phys Ther*. 2007;87:194-207.
- Huxhold O, Li SC, Schmiedek F, Linderberger U. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull*. 2006;69:294-305.
- Ramenzoni VC, Riley MA, Shockley K, Chiu CY. Postural responses to specific types of working memory tasks. *Gait Posture*. 2007;25:368-73.
- Redfern MS, Talkowski E, Jennings JR, Furman JM. Cognitive influences in postural control of patients with unilateral vestibular loss. *Gait Posture*. 2004;19:105-14.
- Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, Fleury M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Exp Brain Res*. 1993;97:139-44.
- Marsh AP, Geel SE. The effect of age on the attentional demands of postural control. *Gait Posture*. 2000;12:105-13.
- Maylor EA, Allison S, Wing AM. Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. *Br J Psychol*. 2001;92 Pt 2:319-38.
- Abernethy B. Dual task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. *J Hum Mov Stud*. 1988;14:101-32.
- McCulloch K. Attention and dual-task conditions: physical therapy implications for subjects with acquired brain injury. *JNPT*. 2007;31:104-18.
- Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging and attention resources: models and posture-analysis methods. *Clin Neurophysiol*. 2008;38:411-21.
- Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*. 2002;16:1-14.
- Cocchini G, Logie RH, Della Sala S, MacPherson SE, Baddeley AD. Concurrent performance of two memory tasks: evidence for domain-specific working memory systems. *Memory Cogn*. 2002;30:1086-95.
- Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, Baldwin M. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol Med Sci*. 1997;52A:M232-40.
- Neurocom. International NeuroCom system operator's manual. 8.0th ed. Clackamas, OR: NeuroCom International, Inc.; 2001.
- Hunter MC, Hoffman MA. Postural control: visual and cognitive manipulations. *Gait Posture*. 2001;13:41-8.
- Riley MA, Baker AA, Schmit JM, Weaver E. Effects of visual and auditory short-term memory tasks on the spatiotemporal dynamics and variability of postural sway. *J Motor Behav*. 2005;37:311-24.
- Vuillermé N, Nougier V, Teasdale N. Effects of a reaction time task on postural control in humans. *Neurosci Lett*. 2000;291:77-80.
- Pellecchia GL. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait Posture*. 2003;18:29-34.
- Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, Brown LA. Cognitive influences on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol Biol Sci Med Sci*. 2000;55:M112-9.
- Chong RKY, Mills B, Dailey L, Lane E, Smith S, Lee KH. Specific interference between a cognitive task and sensory organization for stance balance control in healthy young adults: visuospatial effects. *Neuropsychologia*. 2010;48:2709-18.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*. 2001;47:189-94.
- Pashler H. Dual task interference in simple tasks: data and theory. *Psychol Bull*. 1994;116:220-44.
- Prado JM, Stoffregen TA, Duarte M. Postural sway during dual tasks in young and elderly adults. *Gerontology*. 2007;53:274-81.
- Barra J, Bray A, Sahni V, Golding JF, Gresty MA. Increasing cognitive load with increasing balance challenge: recipe for catastrophe. *Exp Brain Res*. 2006;174:734-45.
- Wulf G, McNevin N, Shea CH. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Q J Exp Psychol*. 2001;54:1143-54.
- Carpenter MG, Allum JH, Honegger F. Directional sensitivity of stretch reflexes and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes. *Exp Brain Res*. 1999;129:93-113.
- Knoop J, Steultjens MP, van der Leeden M, van der Esch M, Thorstensson CA, Roorda LD, et al. Proprioception knee osteoarthritis: a narrative review. *Osteoarthritis Cartil*. 2011;19:381-8.
- Oude Nijhuis LB, Bloem BR, Carpenter MG, Allum JH. Incorporating voluntary knee flexion into non anticipatory balance corrections. *J Neurophysiol*. 2007;95:3047-59.
- Broglio SP, Tomporowski PD, Ferrara MS. Balance performance with a cognitive task: a dual task testing paradigm. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37:689-95.
- Resch JE, May B, Tomporowski PD, Ferrara MS. Balance performance with a cognitive task: a continuation of the dual task testing paradigm. *J Athl Train*. 2011;46:170-5.
- Teel EF, Register-Mihalik JK, Blackburn JT, Guskiewicz KM. Balance and cognitive performance during a dual task: preliminary implications for use in concussion assessment. *J Sci Med Sport*. 2013;16:190-4.
- Dault MC, Geurts ACH, Mulder TW, Duysens J. Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations. *Gait Posture*. 2001;14:248-55.
- Barin K, Parnianpour M, Sparto PJ. Effects of an attention-demanding task on human postural stability. *Eng Sys Design Anal*. 1994;4:163-8.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. *J Gerontol A: Biol Sci Med Sci*. 2000;55:M10-6.
- Rieman BL, Lephart SM. The sensorimotor system, Part I: The physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train*. 2002;37:71-9.
- Guskiewicz KM. Postural stability assessment following concussion: one piece of the puzzle. *Clin J Sport Med*. 2001;11:182-9.
- Penney CG. Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory Cogn*. 1989;17:398-422.
- Nascimbeni A, Gaffuri A, Penno A, Tavoni M. Dual task interference during gait in patients with unilateral vestibular disorders. *J Neuro Eng Rehabil*. 2010;7:47.
- Makizako H, Furuta T, Shimada H, Ihira H, Kimura M, Oddsson LI, et al. Age related changes in attentional capacity and the ability to multi-task as a predictor for falls in adults aged 75 years and older. *J Phys Ther Sci*. 2010;22:323-9.