

Original

Impacto do agachamento em superfície estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos



P.C.R. Silva, V.H. de Oliveira*, E.C.A. Neto, K.P.M. Azevedo, G.M. Rebouças e M.I. Knackfuss

Programa de Pós-Graduação em Saúde e Sociedade (PPGSS), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Mossoró/RN, Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 10 de abril de 2015

Aceite a 28 de setembro de 2015

On-line a 6 de setembro de 2016

Palavras-chave:

Envelhecimento

Equilíbrio

Desempenho funcional

R E S U M O

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito agudo de uma única série de agachamento realizado em uma superfície estável e outra instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos.

Método: O estudo do tipo experimental contou com 30 idosos (66.4 ± 6.2 anos) de ambos os sexos. Os idosos foram submetidos aos testes de apoio tandem (equilíbrio estático), com e sem privação visual, e ao *Four Square Step Test* (equilíbrio dinâmico). Em seguida, de forma aleatória, os idosos foram divididos em 2 grupos, onde um grupo executou 10 repetições de agachamento em superfície estável e outro grupo em superfície instável. Após um minuto, os idosos realizaram novamente os testes de equilíbrio. Sete dias após, os idosos realizaram o mesmo procedimento, no entanto, inverteram o tipo de superfície do agachamento. O teste de Wilcoxon foi utilizado para comparar os valores pré e pós-intervenção. O nível de significância adotado foi de $p < 0.05$.

Resultados: No teste de equilíbrio estático, somente na situação com privação visual foram encontradas diferenças significativas, tanto após o agachamento estável ($p = 0.015$) como no instável ($p = 0.003$). Já no equilíbrio dinâmico, apenas após o agachamento instável foi observada diferença significativa ($p = 0.026$). Ambas as diferenças representam melhoras no desempenho dos testes.

Conclusão: Conclui-se que a intervenção em superfície instável apresentou melhores impactos no desempenho do equilíbrio dos idosos do presente estudo. Desta forma, ressaltamos a importância da avaliação do equilíbrio na população idosa, para assim direcionar um programa de treinamento mais adequado para essa população.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Impacto de sentadillas en superficie estable e inestable en equilibrio estático y dinámico de personas mayores

R E S U M E N

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue investigar el efecto agudo de una única serie de sentadillas, realizadas sobre una superficie estable y otra inestable, en el equilibrio estático y dinámico de ancianos.

Método: El estudio de tipo experimental incluyó 30 ancianos (66.4 ± 6.2 años) de ambos sexos. Los ancianos fueron sometidos a pruebas de apoyo tandem (equilibrio estático) con y sin privación visual y *Four Square Step Test* (equilibrio dinámico). Los ancianos fueron divididos aleatoriamente en dos grupos, un grupo realizó 10 repeticiones de sentadillas sobre una superficie estable y otro grupo en una superficie inestable. Después de un minuto, los ancianos realizan nuevamente pruebas de equilibrio. Siete días más tarde, los ancianos realizan el mismo procedimiento, en esta ocasión invirtiendo el tipo de superficie sobre la que se realizaron las sentadillas. Se utilizó el test de Wilcoxon para comparar los resultados de antes y después de la intervención. El nivel de significación se fijó en $p < 0.05$.

Palabras clave:

Envejecimiento

Equilibrio

Capacidad funcional

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: victorhugoef@hotmail.com (V.H. de Oliveira).

Resultados: En la prueba de equilibrio estático, las diferencias con privación visual, fueron significativas, tanto después de sentadillas en superficie estable ($p = 0.015$) como en inestable ($p = 0.003$). En el equilibrio dinámico, sólo después de la sentadilla en superficie inestable se observó una diferencia significativa ($p = 0.026$). Ambas diferencias representan mejoras en la realización de las pruebas.

Conclusiones: Concluimos que la intervención sobre una superficie inestable mostró mejores impactos en el rendimiento del equilibrio de nuestros pacientes de edad avanzada. Destacamos la importancia de la prueba de equilibrio en los ancianos y así proponer un programa de entrenamiento más adecuado para esta población.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

The impact of squat on stable and unstable surface on static and dynamic balance of elderly

A B S T R A C T

Keywords:

Aging
Balance
Functional performance

Objective: The aim of this study was to investigate the acute effect of a single set of squat performed on a stable and unstable surface on the static and dynamic balance in elderly.

Method: The experimental study included 30 elderly (66.4 ± 6.2 age) of both sexes. The elderly were submitted to tandem stance tests (static balance) with and without visual deprivation and to the Four Square Step Test (dynamic balance). Then, randomly, the elderly were divided into two groups, one group performed 10 repetitions of squats on a stable surface and another group on an unstable surface. After 1 minute, the elderly repeated the balance tests. Seven days later, the elderly performed the same procedure, however, inverted the type of squat surface. The Wilcoxon test was used to compare the pre- and post-intervention. The significance level was set at $p < 0.05$.

Results: In static balance test, only after the situation with visual deprivation were observed significant differences both after stable squat ($p = 0.015$) and after unstable ($p = 0.003$). In the dynamic balance, just after the unstable squat was observed significant difference ($p = 0.026$). Both differences represent improvements in the performance of the tests.

Conclusion: It is concluded that the intervention on an unstable surface showed better impacts on the elderly's balance performance. Thus, we emphasize the importance of the balance assessment in elderly people and so direct a more appropriate training program for this population.

© 2016 Consejería de Turismo y Deporte de la Junta de Andalucía. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O controle postural dinâmico requer informações fornecidas pelo sistema visual, sensores de equilíbrio vestibular e somatosensoriais, suas interpretações centrais no cérebro e, finalmente, a geração de uma resposta motora. O déficit relacionado com o envelhecimento em algum destes sistemas pode resultar em uma alteração do controle postural, culminando assim com o aumento do risco de quedas¹.

O envelhecimento está associado com déficit visual, disfunção vestibular e com alteração progressiva da propriocepção; no entanto, os idosos parecem depender principalmente das vias aferentes visuais para manter o equilíbrio. Além disso, o envelhecimento também está associado com a diminuição da força muscular que afeta diretamente as principais funções posturais relacionadas ao equilíbrio².

Os estudos afirmam que o treinamento físico permite reduzir o comprometimento do equilíbrio relacionado com a idade, agindo sobre a resposta motora através do aumento da força muscular, principalmente de membros inferiores. Vários protocolos de treinamento têm sido indicados para a melhora desse aspecto, incluindo programas de exercícios tradicionais de força, flexibilidade e de instabilidade ou proprioceptivo³.

Apesar de ser negligenciado, o treino proprioceptivo provoca melhora da função sensório-motora e, assim, auxilia no desempenho funcional do equilíbrio, sendo mais evidente em sujeitos idosos por apresentarem um déficit mais prevalente⁴. Recentemente, maior atenção tem sido dada às abordagens que buscam melhorar a função sensório-motora, enfatizando as vias sensoriais,

tais como o treinamento de propriocepção em plataformas de equilíbrio^{5,6}.

O treinamento proprioceptivo pode permitir que indivíduos idosos desenvolvam habilidades motoras adequadas para lidar com as forças potencialmente desestabilizadores ocorrentes durante as atividades da vida diária⁷⁻⁹. No entanto, apesar de haver estudos comprovando os benefícios da propriocepção no equilíbrio, há escassez de informação sobre o impacto agudo do exercício agachamento realizado em diferentes tipos de solo no equilíbrio de idosos.

Sendo assim, a proposta deste estudo foi investigar o efeito agudo de uma única série de 10 repetições de agachamento realizado em uma superfície estável e outra instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. A hipótese é de que o agachamento em superfície instável promova ganhos agudos mais significativos no desempenho do equilíbrio justificado pelo maior estresse neuromuscular, o que é mais decorrente em situações proprioceptivas.

Método

A pesquisa se caracterizou como experimental do tipo ensaio controlado cruzado (*crossover*), onde toda a amostra foi exposta aos 2 tipos de tratamento. No primeiro encontro, um grupo executou 10 repetições de agachamento em superfície estável, enquanto o outro executou 10 repetições de agachamento em superfície instável. Após uma pausa temporal de 7 dias (*washout*), houve a inversão dos tratamentos¹⁰ (fig. 1).

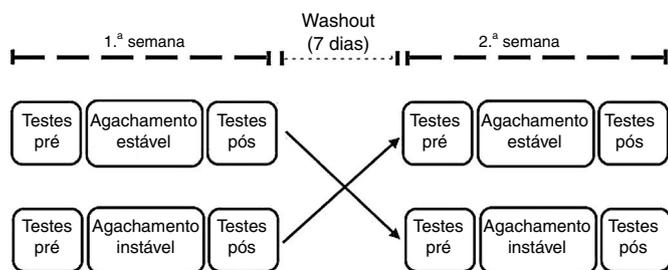


Figura 1. Desenho experimental do estudo.

Amostra

O presente estudo contou com uma amostra composta por 30 idosos, previamente sedentários (66.4 ± 6.2 anos; 73.3 ± 11.6 kg; 1.60 ± 0.1 metros; 29.0 ± 2.5 IMC), de ambos os sexos (masculino $n = 5$; feminino $n = 25$), os quais foram recrutados através de anúncios fixados em murais de estabelecimentos públicos próximos da universidade, convidando-os para uma reunião onde seriam apresentados os objetivos da pesquisa.

Como critérios de inclusão, foi estabelecido que os idosos deveriam apresentar: a) respostas negativas em todos os itens do Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q); b) autorrelato de nenhuma modificação de hábitos relativos ao exercício físico nos 6 meses antecedentes ao início das avaliações; c) autorrelato de nenhum tratamento medicamentoso para distúrbio musculoesquelético; d) autorrelato histórico negativo de quedas.

Todos os participantes foram inicialmente esclarecidos sobre os procedimentos da pesquisa e, os que aceitaram participar, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme as Normas de Realização de Pesquisas com Seres Humanos (resolução n.º 466/12 do CNS). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, sob o parecer n.º 486.551.

Procedimentos

Teste de equilíbrio estático

O teste de apoio tandem, que avalia o equilíbrio estático, mensura o tempo em que o sujeito consegue manter-se equilibrado, em pé, com os pés alinhados, de forma que a extremidade dos dedos de um pé toque o calcanhar do outro¹¹⁻¹³.

Hile et al.¹⁴ afirmam que, apesar de não ser uma posição natural, o teste de apoio tandem é amplamente utilizado em avaliações clínicas de equilíbrio e apresenta boa acurácia na predição da exposição ao risco de queda em condições críticas. Antes de iniciar o teste, os idosos receberam as seguintes instruções: «Tente ficar o maior tempo possível na posição do teste evitando tentar olhar para baixo. Tente manter seu corpo ereto durante toda a sequência».

Teste de equilíbrio dinâmico

A avaliação do equilíbrio dinâmico foi realizada através da aplicação do *Four Square Step Test* (FSST), o qual avalia o tempo em que o sujeito executa uma tarefa referente a deslocamentos dentro de um quadrado, em formato de cruz, fixo ao chão, onde cada lado refere-se a um número de 1-4. O participante parte do quadrado 1-2-3-4, orientado pelo sentido horário, seguido da execução anti-horária 4-3-2-1, sendo registrado o menor tempo de execução de 3 tentativas. As seguintes instruções foram dadas aos sujeitos: «Tente completar a sequência o mais rápido possível sem tocar nas linhas da cruz. Ambos os pés devem fazer contato com o chão em cada quadrado. Se possível, mantenha-se olhando para frente durante toda a sequência».

Entre as qualidades do FSST, destacam-se o potencial de realização, a validade, a rapidez da aplicação, a possibilidade de execução em pequenos espaços e a não exigência de equipamentos sofisticados, o que torna o FSST um teste de grande possibilidade de execução, mesmo em situações de pouco recurso. No estudo de validação do teste, coeficientes de correlação intraclassa (CCI) encontraram ainda excelente índice de reprodutibilidade interexaminadores (CCI = 0.99) e teste-reteste (CCI = 0.98)¹⁵, além de forte relação entre o FSST e o *Step Test* ($r = -0.83$; $p < 0.001$) e *Timed Up and Go Test* (TUG) ($r = 0.88$; $p < 0.001$).

Delineamento experimental

Os idosos compareceram ao laboratório em 2 momentos. No primeiro, foram realizados os testes de apoio tandem de 2 formas: sem privação visual (SPV) e com privação visual (CPV), e também o teste de equilíbrio dinâmico FSST. Cada avaliação se iniciou 30 segundos após o término do teste anterior. Para a avaliação CPV foi utilizada uma venda escura cobrindo toda a visão do sujeito.

Em seguida, foram realizadas 10 repetições de agachamento, em solo fixo ou instável, definido previamente de forma randomizada. Logo após (um minuto), os idosos realizaram novamente os testes de apoio SPV, CPV e o FSST. Após uma semana, os idosos compareceram novamente ao laboratório para realizar o mesmo procedimento; no entanto, o agachamento foi realizado em solo oposto ao que o idoso realizou no primeiro encontro.

Os testes foram realizados numa sala reservada, com humidade relativa do ar de 60% e temperatura de 22 °C. Somente um idoso permanecia na sala no momento da avaliação e todos foram instruídos a não manter contato entre si, para não haver qualquer tipo de influência nas avaliações. Durante os testes, optou-se como limite máximo o tempo de 30 segundos e como padrão foi utilizado o pé direito tocando o calcanhar do pé esquerdo e, durante os agachamentos, os idosos foram previamente orientados a realizá-lo com o máximo de amplitude que conseguissem. Para o agachamento em solo instável, foi utilizada uma mini cama elástica (modelo BT100, Bioshape; São José, SC, Brasil), a qual apresenta um peso de 4 kg, tamanho 90 cm (largura) x 20 cm (altura) e capacidade de resistência até 100 kg.

Cabe salientar que os idosos realizaram 10 repetições de agachamento como forma de aprendizado do movimento e da amplitude adequada, sendo informados que, durante as avaliações, as repetições que não atingissem a amplitude determinada para flexão de joelhos ($\geq 90^\circ$) não seriam contabilizadas. Muito embora cuidados tenham sido tomados com relação à amplitude do exercício, o método escolhido apresenta algumas limitações importantes.

Análise estatística

Os dados foram apresentados com medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão). Como inferência estatística, iniciamos com o teste de normalidade de Shapiro Wilk e, dada a existência de comportamento não paramétrico em grande parte das variáveis, foi utilizado o teste de Wilcoxon para amostras relacionadas. Em todas as análises foi mantido um nível de significância de 95% de confiança ($p < 0.05$). As análises foram feitas com o auxílio do pacote estatístico SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Science, 20.0 Ink Chicago, IL, EUA).

Resultados

A tabela 1 apresenta as comparações do tempo de execução do teste de apoio tandem SPV, CPV e do FSST após os agachamentos em diferentes solos. Não foram observadas diferenças significativas no tempo de execução do teste de apoio tandem SPV após os agachamentos em ambos os solos. No teste CPV, diferenças significativas foram encontradas tanto após o agachamento em solo estável ($p = 0.015$), como em solo instável ($p = 0.003$). No teste de

Tabela 1

Comparação do tempo (em segundos) de execução dos testes de equilíbrio tandem SPV, CPV e do FSST, após agachamento em diferentes solos

	Solo estável				p valor	Solo instável				p valor				
	pré		pós			pré		pós						
SPV	27.3	±	6.1	29.3	±	2.2	ns	27.5	±	6.5	29.9	±	0.1	ns
CPV	12.2	±	9.4	16.3	±	8.9	0.015	7.6	±	3.4	14.7	±	5.8	0.003
FSST	16.0	±	7.3	13.9	±	5.3	ns	13.5	±	1.0	12.7	±	1.1	0.026

CPV: com privação visual; FSST: *Four Square Step Test*; SPV: sem privação visual; ns: não significativo. Significância = $p < 0.05$ – Wilcoxon.

equilíbrio dinâmico (FSST), apenas o agachamento em solo instável provocou melhoras significativas no tempo de execução ($p = 0.026$).

Discussão

O presente estudo propôs verificar o efeito agudo de uma única sessão de agachamento realizado em solo estável e instável sobre o equilíbrio estático e dinâmico de idosos. Quanto ao equilíbrio estático, 2 metodologias diferentes foram empregadas durante o teste de apoio tandem, sendo elas SPV e CPV. Na situação SPV, apesar de ter sido observado aumento no tempo de execução do teste, não foram encontradas diferenças significativas após ambos os agachamentos. O oposto ocorreu na situação CPV, onde foram encontradas diferenças significativas após as 2 situações.

Anderson e Behm¹⁶ citam que o incremento da instabilidade durante exercícios de força gera maior estresse no sistema neuromuscular do que o treino tradicional em solo estável. Rutherford e Jones¹⁷ sugerem que a principal adaptação neural ocorrida com o treinamento não é o aumento do recrutamento ou a maior ativação de unidades motoras, mas sim um aumento na coordenação dos músculos agonistas, antagonistas, sinérgicos e estabilizadores.

No entanto, o presente estudo não verificou influência significativa do tipo de solo no equilíbrio estático, mas sim da privação do sistema visual. Para alguns autores, o sistema visual é uma das principais vias sensoriais de transmissão de informação espacial, o que explica a menor capacidade que os idosos tiveram em se manter equilibrados no teste de apoio tandem CPV^{18,19}. Por outro lado, Jeka et al.²⁰ verificaram que em condições em que a manutenção do equilíbrio é mais solicitada, como no agachamento em solo instável, as vias sensoriais motoras sofrem uma adaptação que também contribui para uma melhor percepção espacial e controle postural do indivíduo.

Já é documentado há décadas que a oscilação do corpo é maior quando há privação da visão²¹, sendo observada também durante o teste de apoio tandem²².

No estudo realizado por Sozzi et al.²³, os autores verificaram, através de técnicas de eletromiografia, que a privação da visão não alterou o perfil do recrutamento de músculos posturais durante o teste de apoio tandem, indicando que o comando neural não é afetado com a privação do sistema visual. A explicação para essa divergência de achados pode estar baseada na conclusão de alguns autores quando citam que, possivelmente, o cérebro é capaz de controlar os sistemas que mais atuarão em determinada situação de equilíbrio, sendo principalmente a visão, quando possível²⁴, ou a coordenação proprioceptiva quando houver privação da visão²⁵.

Na avaliação do equilíbrio dinâmico, sendo realizado sempre SPV para manter a segurança do idoso, pode-se concluir que as vias sensoriais motoras sofreram influência apenas do agachamento em solo instável ($p = 0.026$). Cabe ressaltar que os mecanismos neuromusculares apresentam importante função no equilíbrio, tanto em situações sem movimento, como também em movimento¹⁶.

Os resultados do presente estudo estão consistentes com outros estudos que avaliaram o efeito do treinamento proprioceptivo no equilíbrio dinâmico. Por exemplo, utilizando exercícios de Tai Chi Chuan, idosos institucionalizados apresentaram melhoras de até 12%²⁶. Em outro estudo, também utilizando exercícios de Tai Chi

Chuan, idosos obtiveram melhoras no equilíbrio dinâmico e diminuíram em 11% o risco de quedas²⁷.

A melhora no equilíbrio dinâmico após intervenções experimentais tem sido observada ainda em outros estudos^{28,29}. Os autores reforçam que a orientação espacial e a manutenção do equilíbrio requerem informações advindas do sistema vestibular, somatosensorial e, principalmente, do visual e, por isso, várias intervenções não privam a visão do sujeito.

É importante destacar que os achados dos estudos citados não se basearam no efeito agudo, o que é reflexo de uma lacuna existente na literatura sobre metodologias semelhantes à do presente estudo. Todavia, os ajustes responsáveis por causar adaptação aguda após um movimento prévio já são bem evidenciados e parecem estar relacionados à potencialização pós-ativação. Robins³⁰ explica que a potencialização pós-ativação é um fenômeno no qual o desempenho pode ser incrementado de forma aguda, decorrente a uma atividade contrátil prévia. O mecanismo responsável por este fenômeno é a maior fosforilação da miosina reguladora da cadeia leve, levando as moléculas de troponina a maior sensibilidade aos íons de cálcio. Devido a essa maior sensibilidade de interação de actina-miosina ao cálcio, tem-se um aumento do número de pontes cruzadas, melhorando assim a performance, comparado ao estado não potencializado. Em situações de instabilidade, este fenômeno tende a ser intensificado devido ao maior recrutamento neuromuscular³¹, o que pode justificar as maiores diferenças positivas encontradas neste estudo após o agachamento em superfície instável.

Desta forma, conclui-se que a intervenção em superfície instável apresentou maior benefício para o equilíbrio estático e dinâmico dos idosos do presente estudo. Adicionalmente, foi observado o impacto negativo que a privação da visão exerce no equilíbrio estático. De acordo com os achados, sugere-se que maior atenção seja dada aos exercícios proprioceptivos na hora da montagem de um programa de treinamento direcionado a idosos.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Bibliografia

1. Van Diest M, Lamoth CJ, Stegenga J, Verkerke GJ, Postema K. Exergaming for balance training of elderly: State of the art and future developments. *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10:101.
2. Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2012;7(2):226–41.
3. Shakoor N, Agrawal A, Block JA. Reduced lower extremity vibratory perception in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2008;59(1):117–21.
4. Ahmed AF. Effect of sensorimotor training on balance in elderly patients with knee osteoarthritis. *J Adv Res*. 2011;2(4):305–11.
5. Diracoglu D, Aydin R, Baskent A, Celik A. Effects of kinesthesia and balance exercises in knee osteoarthritis. *J Clin Rheumatol*. 2005;11(6):303–10.
6. Tsauo JY, Cheng PF, Yang RS. The effects of sensorimotor training on knee proprioception and function for patients with knee osteoarthritis: A preliminary report. *Clin Rehabil*. 2008;22(5):448–57.
7. Liebensohn C, editor. *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1998.
8. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part II: The role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train*. 2002;37(1):80–4.

9. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: The physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):71–9.
10. Hochman B, Nahas FX, Oliveira Filho RS, Ferreira LM. Desenhos de pesquisa. *Acta Cir Bras.* 2005;20 supl. 2:2–9.
11. Hausdorff JM, Nelson ME, Kaliton D, Layne JE, Bernstein MJ, Nuernberger A, et al. Etiology and modification of gait instability in older adults: A randomized controlled trial of exercise. *J Appl Physiol.* 2001;90(6):2117–29.
12. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Prev Med.* 2003;36(3):255–64.
13. Shubert TE, Schrodt LA, Mercer VS, Busby-Whitehead J, Giuliani CA. Are scores on balance screening tests associated with mobility in older adults? *J Geriatr Phys Ther.* 2006;29(1):33–9.
14. Hile ES, Brach JS, Perera S, Wert DM, VanSwearingen JM, Studenski SA. Interpreting the need for initial support to perform tandem stance tests of balance. *Phys Ther.* 2012;92(10):1316–28.
15. Dite W, Temple VA. A clinical test of stepping and change of direction to identify multiple falling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(11):1566–71.
16. Anderson K, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Can J Appl Physiol.* 2005;30(1):33–45.
17. Rutherford OM, Jones DA. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1986;55(1):100–5.
18. Maurer C, Mergner T, Peterka RJ. Multisensory control of human upright stance. *Exp Brain Res.* 2006;171(2):231–50.
19. McGuire LM, Sabes PN. Sensory transformations and the use of multiple reference frames for reach planning. *Nat Neurosci.* 2009;12(8):1056–61.
20. Jeka JJ, Oie KS, Kiemel T. Asymmetric adaptation with functional advantage in human sensorimotor control. *Exp Brain Res.* 2008;191(4):453–63.
21. Edwards AS. Body sway and vision. *J Exp Psychol.* 1946;36(6):526–35.
22. Sozzi S, Monti A, de Nunzio AM, do MC, Schieppati M. Sensori-motor integration during stance: Time adaptation of control mechanisms on adding or removing vision. *Hum Mov Sci.* 2011;30(2):172–89.
23. Sozzi S, Honeine JL, do MC, Schieppati M. Leg muscle activity during tandem stance and the control of body balance in the frontal plane. *Clin Neurophysiol.* 2013;124(6):1175–86.
24. Aruin AS, Ota T, Latash ML. Anticipatory postural adjustments associated with lateral and rotational perturbations during standing. *J Electromyogr Kinesiol.* 2001;11(1):39–51.
25. De Nunzio AM, Nardone A, Picco D, Nilsson J, Schieppati M. Alternate trains of postural muscle vibration promote cyclic body displacement in standing parkinsonian patients. *Mov Disord.* 2008;23(15):2186–93.
26. Lin MR, Hwang HF, Wang YW, Chang SH, Wolf SL. Community-based tai chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people. *Phys Ther.* 2006;86(9):1189–201.
27. Sattin RW, Easley KA, Wolf SL, Chen Y, Kutner MH. Reduction in fear of falling through intense tai chi exercise training in older, transitionally frail adults. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(7):1168–78.
28. Hoffman M, Payne VG. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;21(2):90–3.
29. Sinaki M, Lynn SG. Reducing the risk of falls through proprioceptive dynamic posture training in osteoporotic women with kyphotic posturing: A randomized pilot study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2002;81(4):241–6.
30. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability: A brief review. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):453–8.
31. Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Med.* 2005;35(1):43–53.