

Influência da informação sensorial adicional no treinamento sensório-motor

Influence of additional sensory information in the sensorimotor training

Daiany Cristiane Botelhos¹, Thatia Regina Bonfim²

RESUMO | O objetivo deste estudo foi investigar o efeito do treinamento sensório-motor, com e sem a utilização de informação sensorial adicional do tipo tira subpatelar, no controle postural de indivíduos saudáveis. Trinta adultos jovens e saudáveis participaram deste estudo, divididos aleatoriamente em três grupos: controle (GC), experimental sem informação sensorial adicional (GE) e experimental com informação sensorial adicional (GEI). Os participantes realizaram a tarefa de apoio monopodal, com olhos fechados, sobre uma plataforma de força, em duas condições sensoriais: 1) condição de informação normal – sem inclusão de informação sensorial adicional; e 2) condição de informação adicional – utilização de tira sub-patelar. A partir dos dados da plataforma de força foram calculadas as variáveis: amplitude e velocidade média de oscilação do centro de pressão (CP). Os participantes dos grupos experimentais realizaram dez sessões de treinamento sensório-motor com prancha de equilíbrio, com ou sem a utilização de informação sensorial adicional, de acordo o grupo definido. Os participantes dos grupos experimentais apresentaram redução da amplitude e velocidade média de oscilação do CP após o treinamento sensório-motor ($p < 0,05$). Além disso, foi identificada diferença significativa entre os grupos experimentais ($p < 0,05$). Em conclusão, o treinamento sensório-motor melhora o controle postural de indivíduos saudáveis e estes efeitos são maximizados com a utilização de informação sensorial adicional.

Descritores | Equilíbrio postural; modalidades de fisioterapia; retroalimentação sensorial.

ABSTRACT | The purpose of this study was to examine the effect of sensorimotor training, with and without additional sensory information by an infrapatellar strap, in postural control of healthy individuals. Thirty healthy individuals participated of this study, divided in three groups: control group (CG), experimental group without additional sensory information (EG), and experimental group with additional sensory information (EGI). Participants realized a single leg stance task without vision on force plate, in two sensory conditions: 1) normal information condition – without sensory additional information; and 2) additional information condition provided by an infrapatellar strap. From plate force data, the variables were calculated: mean sway amplitude and mean sway velocity of the center of pressure. Participants from experimental groups realized ten sessions of sensorimotor training with balance board, with or without additional sensory information, according the determined group. Participants from experimental groups showed reduction of mean sway amplitude and mean sway velocity of the center of pressure ($p < 0,05$). Furthermore, the results showed difference between experimental groups ($p < 0,05$). In conclusion, sensorimotor training improves the postural control of healthy individuals and these effects are improved with the use of additional sensory information.

Keywords | Postural balance; physical therapy modalities; sensory; feedback.

Estudo desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Fisioterapia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) – Poços de Caldas (MG), Brasil.

¹Aluna de Graduação do curso de Fisioterapia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da PUC-Minas – Poços de Caldas (MG), Brasil.

²Fisioterapeuta; Doutora em Ciências da Motricidade; Professora Adjunta III do Curso de Fisioterapia do Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da PUC-Minas – Poços de Caldas (MG), Brasil.

Endereço de correspondência: Thatia Regina Bonfim – Avenida Padre Francis Cletus Cox, 1.661 – CEP: 37701-355 – Poços de Caldas (MG), Brasil – E-mail: thatiarb@pucpcaldas.br
Apresentação: fev. 2012 – Aceito para publicação: jul. 2012 – Fonte de financiamento: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Projeto CDS – APQ-00783-09 e bolsa de iniciação científica – Conflito de interesse: nada a declarar – Parecer de aprovação no Comitê de Ética CAAE 01890.213.000-07.

INTRODUÇÃO

O treinamento sensório-motor é um importante recurso da Fisioterapia utilizado com o objetivo de melhorar a acuidade proprioceptiva e a resposta muscular antecipatória, o que permite melhora da estabilidade articular dinâmica e, desta maneira, auxilia na reabilitação e na prevenção de lesões musculoesqueléticas¹⁻⁴. Isto porque as lesões musculoesqueléticas, como por exemplo, as lesões ligamentares do joelho têm sido associadas a mudanças neuromusculares, como diminuição da propriocepção, diminuição da força muscular e alterações no controle postural⁵⁻⁹, principalmente em situações de manutenção do equilíbrio em apoio monopodal sobre o membro lesionado^{5,6,8}.

Para a manutenção do equilíbrio, o sistema de controle postural utiliza principalmente informações provenientes de três sistemas sensoriais: visual, vestibular e somatossensorial, os quais fornecem informações sobre as posições relativas dos segmentos do corpo e a magnitude das forças atuando sobre este corpo, as quais não são constantes¹⁰⁻¹³. E justamente pelo fato do controle postural ser mantido por um sistema que sofre a ação de forças em constante mudança, é razoável a sugestão de que esta orientação corporal é alcançada a partir de um relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Neste caso, informação sensorial influencia a realização das ações motoras relacionadas ao controle postural e, simultaneamente, a realização destas ações motoras influencia a obtenção de informação sensorial¹².

Neste sentido, alguns estudos têm investigado o efeito da informação somatossensorial no controle postural¹⁴⁻¹⁷. Estes estudos indicam que informação sensorial adicional pode ser utilizada de forma contínua, provocando redução da oscilação corporal. Por exemplo, Bonfim et al.^{7,18} relataram o efeito positivo da utilização de informação sensorial adicional na propriocepção e no controle postural. Nestes estudos, os indivíduos apresentaram uma redução da oscilação corporal em situações de contato com uma barra de toque e em situações com a utilização de informação sensorial adicional proveniente do uso de uma tira subpatelar. Estes efeitos benéficos da utilização da informação sensorial foram observados em indivíduos saudáveis, mas de maneira decisiva em indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior. Entretanto, apesar destes estudos demonstrarem um efeito positivo da utilização de informação sensorial adicional no controle postural, não há evidências de que esta melhora de aferência sensorial possa contribuir em um processo de intervenção mais dinâmico,

como por exemplo, no treinamento sensório-motor. Considerando a literatura pesquisada, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do treinamento sensório-motor, com e sem a utilização de informação sensorial adicional do tipo tira subpatelar com almofada, no controle postural de indivíduos saudáveis.

METODOLOGIA

Participantes

Trinta adultos jovens saudáveis participaram deste estudo, de ambos os gêneros, sem qualquer comprometimento neurológico, musculoesquelético e/ou do sistema vestibular. Foram excluídos os indivíduos que apresentassem qualquer sintoma ou lesão nos membros inferiores, assim como, história prévia de cirurgia nos pés, tornozelos, joelhos e quadris. Os participantes foram divididos aleatoriamente em três grupos:

1) Grupo controle (GC): constituído de 10 participantes (idade: $19,7 \pm 1,4$ anos; estatura: $1,66 \pm 0,05$ m; massa: $58,2 \pm 6,3$ kg) que foram submetidos às avaliações inicial e final, mas que não foram submetidos a protocolo algum.

2) Grupo experimental sem informação sensorial adicional (GE): constituído de 10 participantes (idade: $19,6 \pm 2,3$ anos; estatura: $1,68 \pm 0,04$ m; massa: $62,3,7 \pm 6,4$ kg), os quais foram submetidos às avaliações inicial e final e ao protocolo de treinamento sensório-motor, sem a utilização de informação sensorial adicional.

3) Grupo experimental com informação sensorial adicional (GEI): constituído de 10 participantes (idade: $18,8 \pm 1,5$ anos; estatura: $1,66 \pm 0,06$ m; massa: $55,8 \pm 7,0$ kg) que foram submetidos ao protocolo de treinamento sensório-motor, com utilização de informação sensorial adicional fornecida por meio de uma tira subpatelar.

Procedimentos

A participação dos indivíduos foi condicionada à assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-Minas) — CAAE 0189.0.213.000-07. Cada participante foi avaliado no Laboratório de Pesquisa do Curso de Fisioterapia da PUC-Minas em Poços de Caldas e submetido a uma avaliação do controle postural. Durante os procedimentos de avaliação, o participante permaneceu vestido com *short* e camiseta, descalço e sem meias.

Avaliação do controle postural

Controle postural foi examinado utilizando uma plataforma de força BIOMECH 400 v1.1 (EMG System do Brasil®). O participante foi instruído a realizar a tarefa de apoio monopodal direito e apoio monopodal esquerdo, permanecendo o mais estático possível, sobre o centro da plataforma de força. O membro contralateral deveria manter-se elevado durante toda a tarefa, com o quadril numa posição neutra, o joelho flexionado a 90° e com os braços ao longo do corpo¹⁹. Esta tarefa foi realizada em duas condições sensoriais, sendo elas: 1) condição de informação normal, ou seja, os testes foram realizados sem a inclusão de informação sensorial adicional; 2) condição de informação sensorial adicional, onde a avaliação foi realizada com a inclusão de uma tira subpatelar com almofada (Salvapé®) logo abaixo da patela da perna do participante, sendo esta confeccionada em elástico de 2,5 cm de largura, com almofada anterior de microespuma e fecho aderente de velcro.

A plataforma de força forneceu informações do componente vertical da força de reação do solo, a partir das quais foi estimado o centro de pressão (CP). Os sinais da plataforma de força foram adquiridos numa frequência de 100 Hz. Foram realizadas 3 tentativas para cada condição sensorial em cada apoio unilateral, distribuídas aleatoriamente em blocos (uma tentativa de cada condição por bloco), para um total de 12 tentativas. O registro para cada tentativa ocorreu durante 30 segundos.

Os dados provenientes da plataforma de força foram analisados por meio de *software* específico da EMG System do Brasil®, o qual processava os dados referentes às forças exercidas sobre a plataforma na direção vertical e, a partir destes dados, foram calculadas as seguintes variáveis: amplitude média de oscilação e velocidade média do deslocamento do Centro de Pressão (CP), para as direções anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML).

Para a análise estatística, primeiramente, a normalidade da distribuição dos dados da amostra foi avaliada e confirmada. Em seguida, foram realizadas análises de variância (ANOVA), tendo como fatores os três grupos, as duas avaliações e as duas condições sensoriais (normal e informação sensorial adicional). Para estas ANOVA, as variáveis dependentes foram: a amplitude média de oscilação nas direções AP e ML e a velocidade média do deslocamento nas direções AP e ML. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o programa SPSS para

Windows, versão 17.0 (SPSS, Inc.), mantendo o nível de significância em 0,05. Quando necessário, foram conduzidos testes *post-hoc* de Tuckey para identificar possíveis diferenças entre os grupos.

Protocolo de treinamento sensório-motor

Os grupos experimentais (GE e GEI), após a avaliação inicial, foram submetidos a um protocolo de treinamento sensório-motor com prancha de equilíbrio. O protocolo de treinamento sensório-motor teve a duração de cinco semanas, com duas sessões semanais, totalizando dez sessões de treinamento. Cada sessão teve a duração de 30 minutos, com evolução gradativa no grau de dificuldade dos exercícios, por exemplo, bipodal para unipodal, visão para sem visão, prancha retangular para prancha circular.

RESULTADOS

Os resultados obtidos revelaram uma diminuição da velocidade e da amplitude média de oscilação do CP nas direções AP e ML, nos grupos experimentais após a realização do treinamento sensório-motor. Além disto, indicaram que a utilização de informação sensorial adicional no treinamento sensório-motor potencializa estes efeitos.

Amplitude média de oscilação

Os Gráficos 1 e 2 apresentam as médias e os desvios padrão da amplitude média de oscilação do CP nas direções AP e na ML, para GC, GE e GEI. A amplitude média de oscilação do CP, em ambas as direções, não apresentou diferença para o GC entre as avaliações inicial e final. No entanto, no GE e no GEI, a amplitude média de oscilação do CP foi reduzida após o treinamento sensório-motor. Além disto, os resultados apontaram que a redução da amplitude média de oscilação do CP é maior no GEI que foi submetido a treinamento sensório-motor com informação sensorial adicional.

Para a amplitude média de oscilação nas direções AP e ML, as ANOVA revelaram diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$); entre as avaliações ($p < 0,05$); mas não indicaram diferença significativa para as condições sensoriais ($p > 0,05$). Testes *post-hoc* indicaram diferença entre o GC e o GE ($p < 0,05$), entre o GC e o GEI ($p < 0,05$) e entre o GE e o GEI ($p < 0,05$).

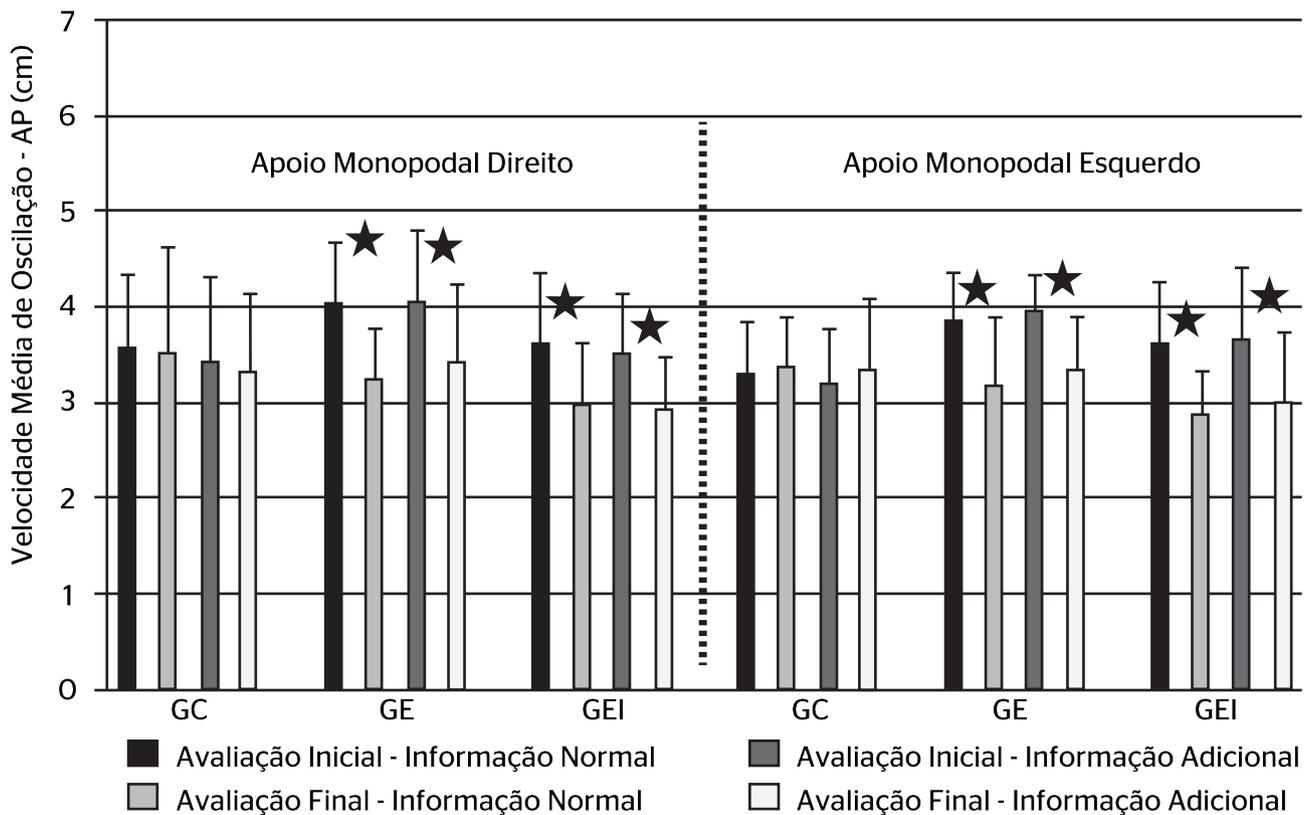


Gráfico 1. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação do centro de pressão (CP) na direção anteroposterior (AP), em apoio monopodal direito e em apoio monopodal esquerdo, nos grupos controle (GC), experimental sem informação sensorial adicional (GE) e experimental com informação sensorial adicional (GEI), na avaliação inicial e final; e na condição de informação normal e de informação adicional. *Indica diferença significante

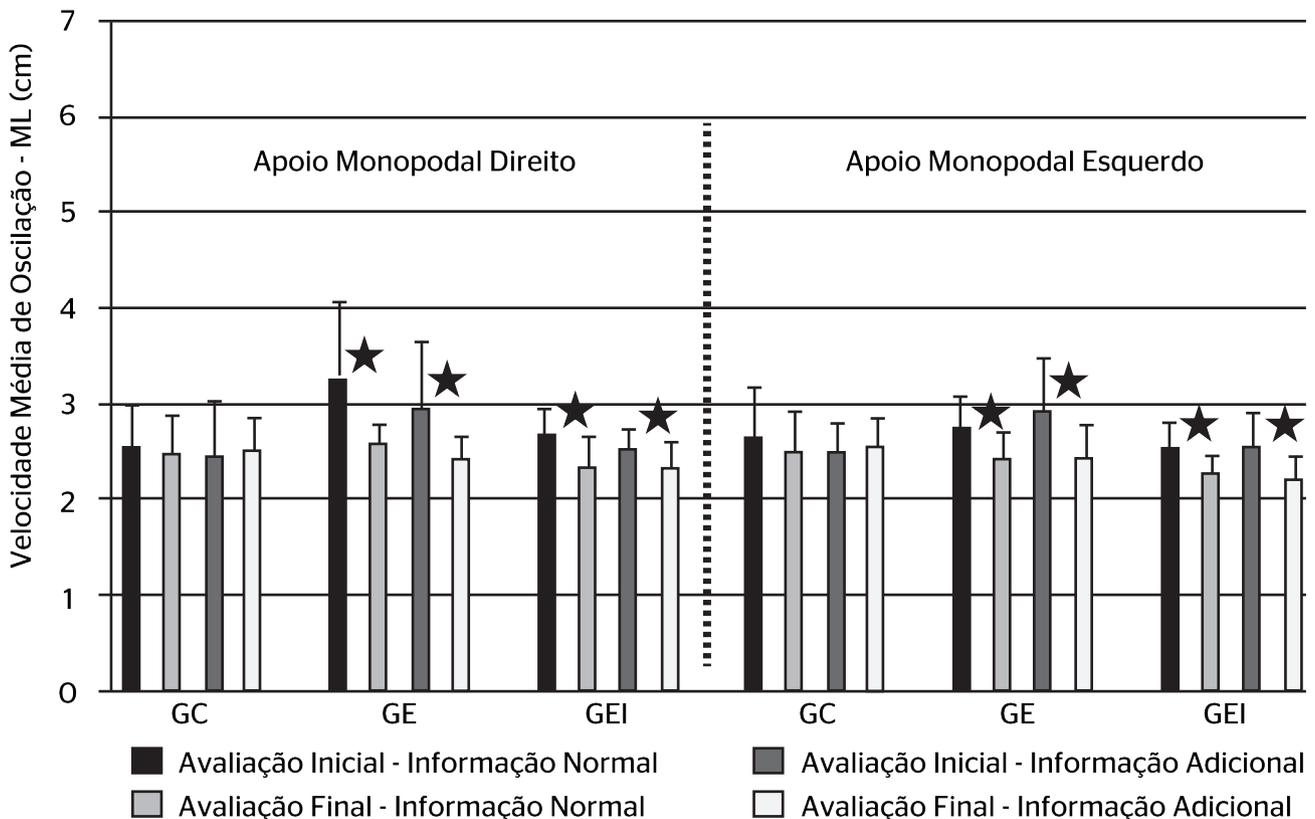


Gráfico 2. Médias e desvios padrão da amplitude média de oscilação do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML), em apoio monopodal direito e em apoio monopodal esquerdo, nos grupos controle (GC), experimental sem informação sensorial adicional (GE) e experimental com informação sensorial adicional (GEI), na avaliação inicial e final; e na condição de informação normal e de informação adicional. *Indica diferença significante

Velocidade média de oscilação

Os Gráficos 3 e 4 apresentam as médias e os desvios padrão da velocidade média de deslocamento do CP nas direções AP e ML, para o GC, GE e GEI. Os resultados demonstraram que a velocidade média de oscilação do CP, nas direções AP e ML, não apresentou redução no GC entre as avaliações inicial e final. No entanto, no GE e no GEI a velocidade média de oscilação do CP foi reduzida após a realização do treinamento sensório-motor. Além disto, os resultados apontaram que a velocidade média de oscilação do CP no GEI é reduzida em relação ao GE.

Para a velocidade média de oscilação nas direções AP e ML, as ANOVA revelaram diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$); entre as avaliações ($p < 0,05$); mas não indicaram diferença significativa para as condições sensoriais ($p > 0,05$). Testes *post-hoc* indicaram diferença para a velocidade média de oscilação do CP entre o GC e o GE ($p < 0,05$), entre o GC e o GEI ($p < 0,05$) e entre o GE e o GEI ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou um efeito positivo do treinamento sensório-motor, com e sem a inclusão de informação sensorial adicional, no controle postural de indivíduos saudáveis. Após a realização do protocolo de treinamento sensório-motor, a amplitude e a velocidade média de oscilação do CP foram reduzidas. Além disto, é interessante destacar que a utilização de informação adicional no treinamento sensório-motor potencializou estes efeitos.

Estes resultados corroboram os de outros estudos que analisaram o efeito do treinamento sensório-motor, seja sobre o tempo de manutenção de equilíbrio, seja sobre a diminuição da oscilação corporal, ambos indicando melhora do controle postural. Por exemplo, Baldaço et al.²⁰ descreveram uma redução na amplitude de deslocamento médio-lateral do centro de pressão em atletas de futsal feminino, após um treino proprioceptivo, em apoio monopodal com olhos fechados, demonstrando um ganho no equilíbrio e estabilidade articular, especialmente em tornozelos.

Outro aspecto importante a ser considerado é que o treinamento sensório-motor mostrou-se eficaz em indivíduos saudáveis, indicando a sua importância na prevenção de lesões musculoesqueléticas, principalmente

no ambiente esportivo. Em uma revisão sistêmica realizada por Hubscher et al.²¹, a respeito de treinamento neuromuscular para prevenção de lesões esportivas, foi constatado que treinamento sensório-motor multi-intervencional, composto por exercícios de equilíbrio, resistência, pliometria, agilidade e exercícios esportivos específicos foram eficazes em reduzir o risco de lesões do membro inferior e que o treinamento de equilíbrio sozinho resultou numa significativa redução de risco de torção de tornozelo, principalmente em indivíduos com lesões prévias, o que demonstra a importância deste tipo de intervenção no ambiente esportivo.

Os resultados deste estudo não indicaram diferença de oscilação corporal entre as duas condições sensoriais (informação normal e informação adicional) na avaliação do controle postural em apoio monopodal. Uma possível explicação pode ser pelo fato destes participantes não apresentarem déficit proprioceptivo, fato este comprovado ao comparar os valores encontrados neste estudo com os resultados de estudos anteriores^{7,13}.

Apesar destes estudos anteriores^{7,13} — que utilizaram a mesma metodologia e a tira subpatelar como fonte de informação sensorial adicional — também não terem verificado melhora do controle postural em uma única avaliação em indivíduos saudáveis, parece que, em situação de estímulo constante da informação sensorial adicional, por exemplo, inserido no protocolo de treinamento sensório-motor, esta informação sensorial adicional torna-se relevante e é utilizada pelo sistema de controle postural, resultando em uma redução da oscilação corporal após um período de treinamento.

Embora a área de estímulo sensorial por meio da tira subpatelar seja reduzida, este recurso adicional estimula a capacidade proprioceptiva durante o treinamento sensório-motor. O uso da tira subpatelar no treinamento sensório-motor propiciou condições para que os participantes apresentassem menor oscilação corporal quando comparado com os participantes que realizaram o treinamento sensório-motor sem o uso de informação sensorial adicional. Esta fonte de informação sensorial adicional fornecida pela tira subpatelar, provavelmente pelo estímulo aos receptores superficiais da pele e pelo aumento da pressão nos receptores locais²², propicia meios para um melhor desempenho do sistema de controle postural e, conseqüente, redução da oscilação corporal. Deste modo, estes resultados indicam a possibilidade de utilização desta fonte de informação sensorial adicional em situações de reabilitação, readaptação à prática esportiva e em protocolos que visem a prevenção de lesões esportivas.

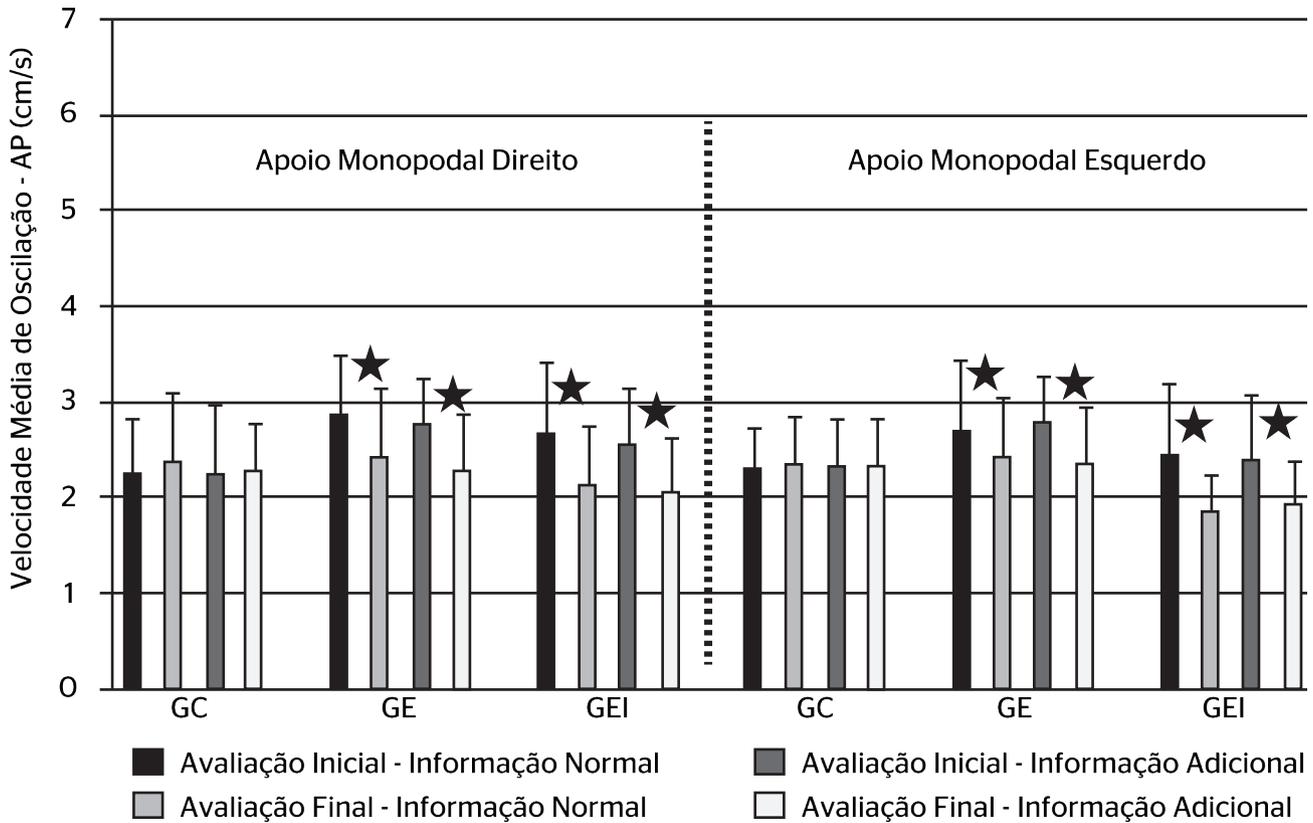


Gráfico 3. Médias e desvios padrão da velocidade média de oscilação do centro de pressão (CP) na direção anteroposterior (AP), em apoio monopodal direito e em apoio monopodal esquerdo, nos grupos controle (GC), experimental sem informação sensorial adicional (GE) e experimental com informação sensorial adicional (GEI), na avaliação inicial e final; e na condição de informação normal e de informação adicional. *Indica diferença significativa

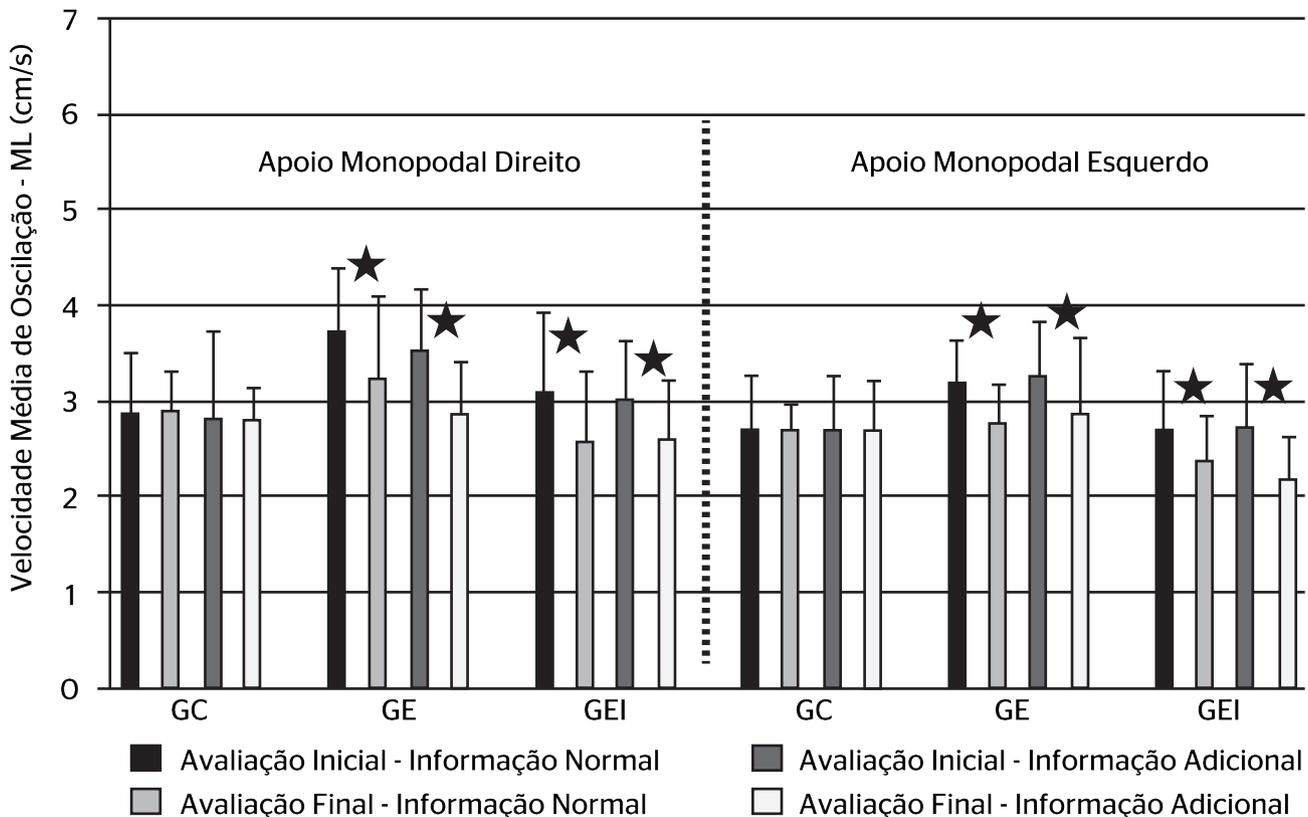


Gráfico 4. Médias e desvios padrão da velocidade média de oscilação do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML), em apoio monopodal direito e em apoio monopodal esquerdo, nos grupos controle (GC), experimental sem informação sensorial adicional (GE) e experimental com informação sensorial adicional (GEI), na avaliação inicial e final; e na condição de informação normal e de informação adicional. *Indica diferença significativa

CONCLUSÃO

O treinamento sensório-motor com prancha de equilíbrio, com e sem inclusão de informação sensorial adicional, é eficaz para a melhora do controle postural de indivíduos saudáveis. Além disso, a utilização de informação sensorial adicional no treinamento sensório-motor, por meio da tira subpatelar, maximiza este efeito. Estes resultados indicam que o fornecimento de fontes adicionais de informação sensorial pode ser utilizado para potencializar o processo de reabilitação e também podem ser incorporados em programas de prevenção de lesões do sistema musculoesquelético.

REFERÊNCIAS

1. Leporace G, Metsavaht L, Sposito MMM. Importância do treinamento da propriocepção e do controle motor na reabilitação após lesões músculo - esqueléticas. *Acta Fisiatr.* 2009;16(3):126-31.
2. Cunha PL, Bonfim TR. Ativação eletromiográfica em exercícios sobre a prancha de equilíbrio. *Fisioter Bras.* 2007;8(3):192-7.
3. Peccin MS, Pires L. Reeducação sensoriomotora In: Cohen M, Abdalla RJ. Lesões nos esportes: diagnóstico, prevenção e tratamento. Rio de Janeiro: Revinter; 2003. p. 405-9.
4. Mckee PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba, BC, Hertel, J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(10):1810-9.
5. Bonfim TR, Paccola CAJ, Barela JA. Proprioceptive and behavior impairment in individuals with anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1217-23.
6. Bonfim TR, Barela JA. Controle postural após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Fisioter Pesqui.* 2005;11(1):11-8.
7. Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CAJ, Barela JA. Efeito de informação sensorial adicional na propriocepção e equilíbrio de indivíduos com lesão do LCA. *Acta Ortop Bras.* 2009;17(5):291-6.
8. Borin G, Masullo CL, Bonfim TR, Oliveira, AS, Paccola CAJ, Barela JA, et al. Controle postural em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior. *Fisioter Pesqui.* 2010;17(4):342-5.
9. Ihara H, Takayama M, Fukumoto T. Postural control capability of ACL-deficient knee after sudden tilting. *Gait Posture.* 2008;28(3):478-82.
10. Duarte M, Freitas SMSF. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92.
11. Horak FB, MacPherson JM. Postural orientation and equilibrium In: Rowell LB, Shepherd JT. *Handbook of Physiology.* New York: Oxford University Press; 1996. p. 255-92.
12. Barela JA. Estratégias de controle em movimentos complexos: ciclo percepção-ação no controle postural. *Rev Paul Educ Fis.* 2000;1(Suppl 3):79-88.
13. Bonfim TR, Barela, JA. Efeito da manipulação da informação sensorial na propriocepção e no controle postural. *Fisioter Mov.* 2007;20(2):107-17.
14. Jeka JJ, Lackner JR. The role of haptic cues from rough and slippery surfaces in human postural control. *Exp Brain Res.* 1995;103(2):267-76.
15. Holden M, Ventura J, Lackner JR. Stabilization of posture by precision contact of the index finger. *J Vestib Res.* 1994;4(4):285-301.
16. Jeka JJ. Light touch contact as a balance aid. *Phys Ther.* 1997;77(5):476-87.
17. Jeka JJ, Lackner JR. Fingertip contact influences human postural control. *Exp Brain Res.* 1994;100(3):495-502.
18. Bonfim TR, Grossi DB, Paccola CAJ, Barela JA. Additional sensory information reduces body sway of individuals with anterior cruciate ligament injury. *Neurosc Lett.* 2008;411(3):257-60.
19. Tropp H, Odenrick P, Gillquist J. Stabilometry recordings in functional mechanical stability of the ankle joint. *Int J Sports Med.* 1985;6(3):180-2.
20. Baldaço FO, Cadó VP, Souza J, Mota CB, Lemos JC. Análise do treinamento proprioceptivo no equilíbrio de atletas de futsal feminino. *Fisioter Mov.* 2010;23(2):183-92.
21. Hubscher M, Zech A, Pfiefer K, Hänsel F, Vogt L, Banzer W. Neuromuscular training for sports injury prevention: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(3):413-21.
22. Callaghan MJ, Selfe J, Bagley PJ, Oldham A. The effects of patellar taping on knee joint proprioception. *J Athl Train.* 2002;37(1):19-24.