

AVALIAÇÃO DOS MOVIMENTOS DO TORNOZELO NA PLATAFORMA DE INVERSÃO SÚBITA

EVALUATION OF ANKLE MOVEMENTS ON A SUDDEN INVERSION PLATFORM

EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS DEL TOBILLO EN LA PLATAFORMA DE INVERSIÓN SÚBITA

ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

Leandro Dias dos Santos^{1,2} 

(Fisioterapeuta)

César Augusto Martins Pereira¹ 

(Tecnólogo em Engenharia)

Raul Bolligner Neto¹ 

(Médico)

Angélica Castilho Alonso¹ 

(Fisioterapeuta)

Júlia Maria D'Andrea Greve¹ 

(Médica)

1. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina, Hospital das Clínicas, São Paulo, SP, Brasil.

2. Setor de Fisioterapia do São Bernardo Futebol Clube, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

Correspondência:

Leandro Dias dos Santos
Rua Lucidalva da Silva, 148, Jd. Das Orquídeas, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil.
09854-520.
e-mail: le.tribo@gmail.com

RESUMO

Introdução: A entorse do tornozelo é frequente nas atividades esportivas, podendo levar à instabilidade articular com consequências clínicas e de desempenho. As plataformas de inversão súbita do tornozelo têm sido usadas para estudar o mecanismo de entorse do tornozelo. **Objetivos:** Testar uma plataforma estática que simule o movimento de entorse do tornozelo (inversão súbita) em jogadores de futebol. **Métodos:** A plataforma foi desenvolvida para realizar o movimento súbito da entorse de tornozelo dissociado em três eixos: inversão, flexão plantar e rotação medial. Também foi criado um programa de computador para leitura da velocidade angular e do tempo para atingir a amplitude máxima dos três eixos de movimento, sincronizados com os movimentos da plataforma. Trinta jogadores de futebol sem entorse de tornozelo foram avaliados na plataforma súbita. Cada atleta fez 10 testes, iniciados de forma aleatória, sendo cinco em cada perna. **Resultados:** Entre os testes, não houve diferença estatística das velocidades angulares e tempo para atingir a amplitude máxima do movimento de flexão plantar e rotação medial. Durante os testes, a velocidade angular da inversão aumentou. **Conclusão:** A plataforma estática súbita, avaliada em 10 tentativas, foi confiável para avaliar os movimentos executados pelo tornozelo durante a entorse, e não houve diferença de comportamento mecânico.

Nível de evidência I; Estudos terapêuticos - Investigação dos resultados do tratamento.

Descritores: Tornozelo; Atletas; Futebol; Dispositivo; Jovens.

ABSTRACT

Introduction: Ankle sprains are frequent in sports activities and can lead to joint instability with clinical and performance consequences. Sudden ankle inversion platforms have been used to study the mechanism of ankle sprain. **Objectives:** To test a static platform that simulates the movement of ankle sprain (sudden inversion) in soccer players. **Methods:** A platform was developed to perform the sudden movement of an ankle sprain dissociated in three axes: inversion, plantar flexion, and medial rotation. A computer program was also created to read the angular velocity and the time to reach the maximum amplitude of the three axes of movement, synchronized with the platform movements. Thirty soccer players without ankle sprains were evaluated on the sudden inversion platform. Each athlete performed 10 randomly initiated tests, with five per leg. **Results:** There was no statistical difference in angular velocity or time to reach maximum range of motion of plantar flexion and medial rotation between the tests. During the tests, the angular velocity of the inversion increased. **Conclusion:** The sudden static platform evaluated the movements performed by the ankle during the sprain reliably in the 10 tests with no difference in the mechanical behavior. **Level of evidence I; Therapeutic studies - Investigation of treatment outcomes.**

Keywords: Ankle; Athletes; Soccer; Supplies; Youth.

RESUMEN

Introducción: El esguince de tobillo es frecuente en las actividades deportivas y puede provocar inestabilidad articular con consecuencias clínicas y de desempeño. Se han utilizado plataformas de inversión súbita del tobillo para estudiar el mecanismo del esguince de tobillo. **Objetivos:** Probar una plataforma estática que simule el movimiento de esguince de tobillo (inversión súbita) en jugadores de fútbol. **Métodos:** La plataforma fue desarrollada para realizar el movimiento brusco del esguince de tobillo dissociado en tres ejes: inversión, flexión plantar y rotación medial. También se creó un programa informático para leer la velocidad angular y el tiempo para alcanzar la máxima amplitud de los tres ejes de movimiento, sincronizados con los movimientos de la plataforma. Treinta futbolistas sin esguince de tobillo fueron evaluados en la plataforma súbita. Cada atleta realizó 10 pruebas, iniciadas al azar, cinco en cada pierna. **Resultados:** Entre las pruebas, no hubo diferencias estadísticas en las velocidades angulares y el tiempo para alcanzar la amplitud máxima de los movimientos de flexión plantar y rotación medial. Durante las pruebas, la velocidad angular de la inversión aumentó. **Conclusión:** La plataforma estática súbita, evaluada en 10 intentos, fue confiable para evaluar los movimientos realizados por el tobillo durante el esguince, y no hubo diferencias en el comportamiento mecánico.

Nivel de Evidencia I; Estudios terapéuticos - Investigación de los resultados del tratamiento.

Descriptorios: Tobillo; Atletas; Fútbol; Suministros; Jóvenes.



INTRODUÇÃO

Lesões no tornozelo são comuns e responsáveis por 15% de todas as lesões esportivas de atletas universitários americanos.¹ A entorse no tornozelo ocorre durante a aterrissagem de um salto ou mudanças de direção durante a corrida.²⁻⁴ É uma combinação de flexão plantar (plano sagital), adução (transversal ou plano coronal) e movimentos de supinação (plano frontal) que resultam em inversão, que ocorre em torno do eixo Henk's da articulação subtalar.^{5,6}

Quando a articulação subtalar é forçada em um rápido movimento de inversão, mecanorreceptores de compartimento lateral do tornozelo e eixos intramusculares dos músculos fibulares são ativados para evitar a inversão, juntamente com a ocorrência de flexão dorsal (tibial anterior) que contribui para limitar a inversão.⁷

A ação muscular está associada à resposta proprioceptiva e à posição inicial do pé. O desequilíbrio inesperado altera a postura e desencadeia contrações musculares reflexas para restaurar o equilíbrio.⁸

Plataformas de inversão súbita com um ou dois eixos de movimento⁹⁻¹³ têm sido usadas para estudar a entorse no tornozelo, bem como para medir o tempo de resposta dos músculos fibulares e tibial anterior.¹⁴⁻¹⁵ No entanto, há poucos estudos com plataformas de movimento de três eixos analisadas de forma independente.

O objetivo deste estudo é avaliar os movimentos de uma plataforma de inversão súbita com 20° inversão, 20° flexão plantar e 15° rotação medial de tornozelo.

METODOLOGIA

Plataforma

A plataforma de inversão súbita foi desenvolvida no Laboratório de Biomecânica (LIM-41) do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, após aprovação do CAPPesq e CONEP sob o número 1272/09.

Dois apoios em forma de prancha foram desenvolvidos com espaço entre 30 cm¹¹ ajustáveis e capazes de realizar movimentos combinados de 20° inversão, 20° flexão plantar e 15° rotação medial de tornozelo.^{16,17} Para a rotação medial, uma mola de tração foi fixada na borda inferior da frente de cada apoio com 20 newtons de carga. Sensores angulares foram acoplados aos três eixos de articulação (Figura 1a). As placas possuem suportes ajustáveis para acomodar vários tamanhos de pé. Duas faixas com velcro foram utilizadas para fixar o pé, mantendo-o imóvel em relação à prancha. A liberação de cada prancha é feita por acionamento eletrônico. O avaliador dispara o movimento, mas o avaliado não sabe qual das pranchas será liberada (Figura 1b).

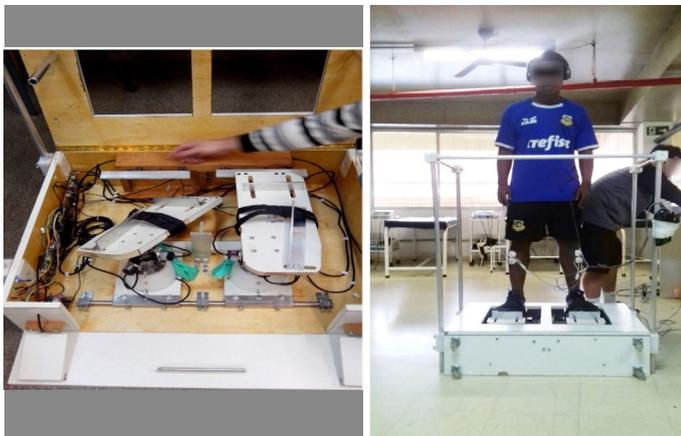


Figura 1. A. Plataforma de inversão súbita com suporte para pés e suporte lateral. B. Posicionando o indivíduo na plataforma.

Sistema de controle

Foi desenvolvido um programa de computador (linguagem *Delphi*) para controlar os equipamentos durante as coletas. Foi estabelecida uma interface eletrônica (USB) entre a plataforma e o computador para:

1. Aquisição dos deslocamentos angulares dos seis *encoders* ópticos,
2. Monitorar a liberação das pranchas por meio de dois interruptores elétricos.

A avaliação da plataforma foi realizada no setor de fisioterapia do São Bernardo Futebol Clube, com jogadores de futebol da categoria de base do clube.

Casuística

Os participantes concordaram em participar e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O termo de consentimento livre e esclarecido foi obtido dos responsáveis legais em casos menores de 18 anos.

Foram incluídos 30 indivíduos do sexo masculino entre 16 e 19 anos, jogadores de futebol competitivos por dois ou mais anos, com atestado médico autorizando-os a praticar atividade física supervisionada. Foram excluídos sujeitos com entorses prévias no tornozelo, lesões recentes (15 dias ou menos de volta às atividades esportivas).

Avaliação

Os atletas foram avaliados na plataforma de inversão súbita e categorizados de acordo com o domínio dos membros inferiores, dado pelo membro do chute informado pelo atleta.

Os sujeitos foram posicionados sobre suporte bipodal, com olhar fixo em uma marca na parede a dois metros de altura, localizado a quatro metros da plataforma. Os sujeitos usavam fones de ouvido¹⁸⁻¹⁹ modelo Q7 tocando música, para não ouvir os sons de disparo de plataforma. Os atletas poderiam apoiar nas barras laterais protetoras ao longo das tentativas da plataforma.

Foram realizadas 10 tentativas sem interferência do avaliador distribuídos aleatoriamente. Cinco disparos foram disparados no lado direito e cinco à esquerda.

Coleta e armazenamento de dados

Foram coletados os movimentos realizados pela plataforma durante a súbita inversão. Os parâmetros da plataforma avaliados foram: velocidade angular (graus/segundo), e tempo para atingir a amplitude máxima (milissegundos - ms) de inversão, flexão plantar e rotação medial do tornozelo.

Análise estatística

Os dados obtidos, foram rodados no *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* e o nível de significância de 5% ($p > 0,05$) foi adotado.

Foi feita a Correlação de Spearman entre as variáveis quantitativas não paramétricas. Foram realizados testes estatísticos de *Friedman* com amostras relacionadas de dados quantitativos não paramétricos dentro de cada grupo para avaliação das velocidades dos movimentos da plataforma comparando as cinco tentativas realizadas de cada lado, e nos casos em que houve significância foi feito o pós-teste de Dunn.

Teste de Wilcoxon foi realizado para comparação entre lado avaliado e não avaliado do grupo dominante e não dominante para a avaliação de velocidades dos movimentos da plataforma comparando as cinco tentativas realizadas de cada lado. Em todos os casos foi adotado o índice de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Não houve diferença entre lado dominante e não dominante na velocidade angular durante o movimento da plataforma ao analisar todas as tentativas feitas. A velocidade angular da flexão plantar é maior em ambos os grupos avaliados (Figura 2).

Não foram identificadas diferenças entre os testes do mesmo grupo na velocidade de flexão plantar. A velocidade de flexão plantar do grupo dominante é maior em todos os testes em comparação com o grupo não dominante. (Figura 3a):

- O teste dominante 2 é maior do que o teste não dominante 2.
- O teste dominante 3 é maior do que o teste não dominante 3.
- O teste dominante 4 é maior do que o teste não dominante 4.

Não foram identificadas diferenças entre os grupos dominantes e não dominantes na inversão (Figura 3b). Foram identificadas diferenças entre os testes do mesmo grupo. Houve um aumento da velocidade angular ao longo dos ensaios em ambos os grupos.

- O teste 1 é diferente dos Testes 2, 4 e 5 no grupo dominante.
- O teste 1 é diferente dos Testes 4 e 5 no grupo não dominante.
- O teste 2 é diferente dos Testes 4 e 5 no grupo não dominante.

Não foram identificadas diferenças entre os testes do mesmo grupo. A velocidade angular da rotação medial do grupo não dominante foi maior em todos os testes (Figura 3c):

- O teste dominante 2 é menor do que o teste não dominante 2.
- O teste dominante 3 é menor do que o teste não dominante 3.
- O teste dominante 4 é menor do que o teste não dominante 4.

O lado dominante leva menos tempo para atingir a faixa máxima de flexão plantar do que o lado não dominante. O lado não dominante leva menos tempo para atingir a faixa máxima de rotação medial do que o lado dominante. O movimento de inversão levou menos tempo para atingir o alcance máximo de movimento (Figura 4).

No movimento de inversão não houve diferença entre os grupos dominantes e não dominantes, mas houve diferença entre os testes dentro do mesmo grupo (Figura 5a):

- O teste 1 foi superior aos testes 4 e 5 no grupo dominante.

- O teste 1 foi superior ao teste 5 no grupo não dominante.

Nos movimentos de flexão plantar (Figura 5b) e rotação medial (Figura 5c), não houve diferença entre o lado dominante e não dominante, bem como entre os testes.

DISCUSSÃO

Nossa pesquisa apresenta uma plataforma de avaliação do tornozelo, que simula uma entorse mecânica do tornozelo em inversão. Realiza movimentos nos três eixos da articulação, limitados em 20° de inversão, 20° flexão plantar e 15° de rotação medial. O desenvolvimento da plataforma foi feito de acordo com Chan et al.,¹⁴ que afirmam que a entorse de tornozelo ocorre com movimentos combinados em três eixos.

A avaliação da plataforma em três eixos de movimento não é comum na literatura, onde a maioria das publicações usam dois movimentos durante a simulação da entorse do tornozelo.

A atual plataforma se mostrou eficaz e segura para avaliar o comportamento do tornozelo durante uma entorse mecânica. Foi respeitado o limite de movimento de cada eixo para prevenir a ocorrência de lesões. Foram realizados 300 testes, em 30 atletas, não havendo nenhum incidente com os participantes, durante o experimento. Também, não houve relato de dor ou desconforto após a realização dos testes, mostrando que a plataforma em três eixos de movimentos combinados foi segura durante oferecendo riscos mínimos aos sujeitos testados.

A utilização dos fones de ouvido durante os testes foi para evitar que o sujeito ouvisse o ruído do disparo da plataforma,¹⁸⁻²⁰ evitando que uma possível contração prévia dos músculos do tornozelo.

O tempo decorrido para que a plataforma atingisse o limite máximo do movimento permitido variou entre 78 - 89ms, maior que o tempo

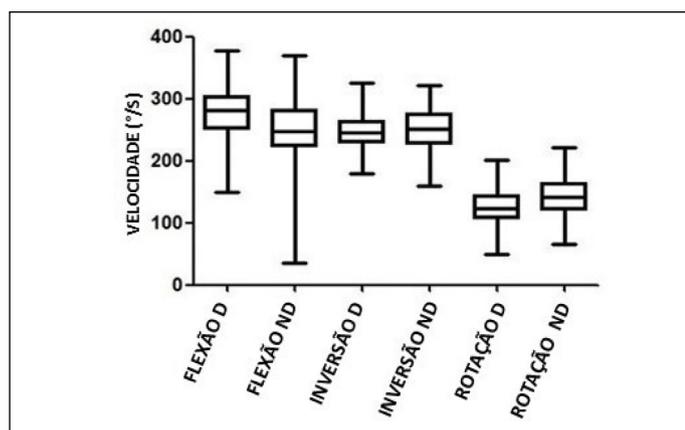


Figura 2. Velocidade angular (graus/segundo) de rotação medial, flexão plantar e inversão dominante e não dominante do tornozelo durante o movimento de inversão súbita de 30 atletas de futebol.

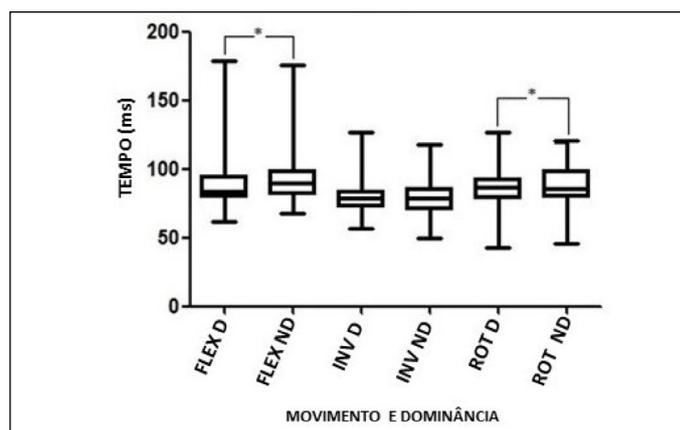


Figura 4. Tempo para a faixa máxima de movimento de flexão plantar, inversão e rotação medial da plataforma (milissegundos) do lado dominante e não dominante durante o movimento de inversão repentina de 30 atletas de futebol.

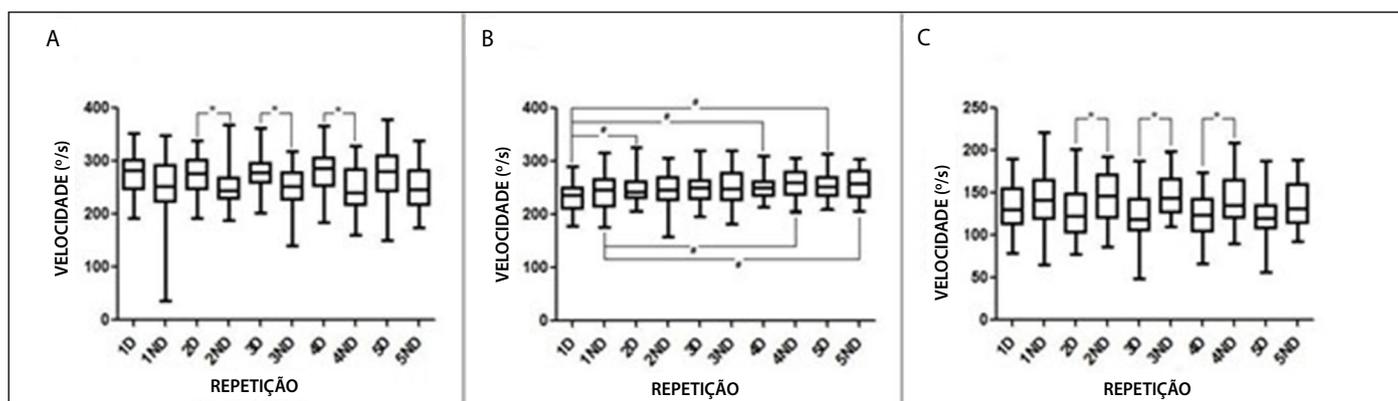


Figura 3. Comparação da velocidade angular (graus/segundo) entre as cinco repetições do lado dominante e não dominante da flexão plantar (A), inversão (B) e rotação medial (C) durante o movimento de inversão súbita de 30 atletas de futebol.

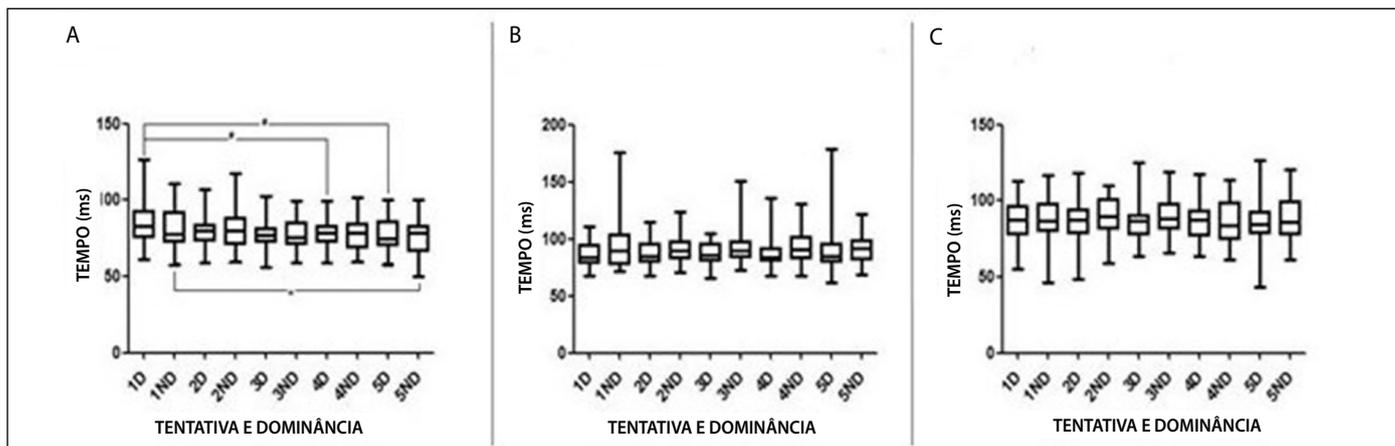


Figura 5. Faixa máxima de movimento(milissegundos)de inversão (a), flexão plantar (b) e rotação medial (c), grupo dominante vs. grupo não dominante durante o movimento de inversão súbita de 30 atletas de futebol.

de transmissão de um reflexo espinhal que varia de 32-72ms¹², mas ainda, insuficiente para ter uma resposta motora efetiva para evitar a entorse do tornozelo.

As velocidades angulares dos movimentos da plataforma foram menores do que os relatados na literatura. As velocidades mais baixas foram utilizadas por causa dos três movimentos simultâneos, pois Fong et al.²¹ referem que velocidades angulares maiores que 500%/s podem ser lesivas à articulação, principalmente pela realização da rotação medial.

As velocidades das plataformas que fazem apenas a inversão variaram de 180° a 700°, com angulação variando de 25° a 42°.^{5,12,19,22-25} Na plataforma atual, a maior velocidade foi vista na flexão plantar 280°, próxima da usada por Ohta et al.²⁵ que foi 300° na inversão. A velocidade de rotação medial (153%/s) da atual plataforma foi semelhante à utilizada por Fu et al.²⁶ em uma plataforma de dois eixos com inversão e flexão plantar.

A velocidade de movimento realizada na plataforma varia muito e depende da arquitetura de cada plataforma²⁷. A plataforma atual realizando movimento nos três eixos, tinha uma velocidade angular mais lenta, mas, ainda rápida o suficiente para promover o movimento como entorse real no tornozelo, onde não há tempo para uma resposta muscular corretiva.

A velocidade angular da inversão aumenta ao longo dos testes, no lado dominante e não dominante, possivelmente pela ação da fadiga e estresse durante os testes, fatores que poderiam diminuir a ação muscular antagonista ao movimento.²³

A velocidade de rotação medial do grupo dominante diminui ao longo dos testes, mas o lado não dominante mantém os padrões de velocidade. Uma possível explicação para a diminuição da velocidade do grupo dominante seria o maior condicionamento proprioceptivo para prevenir a rotação medial, gesto comum nos futebolistas pela necessidade de movimentos coordenados e precisos durante o gesto esportivo técnico para controlar a bola.

A velocidade de flexão plantar é menor no grupo não dominante em todos os testes realizados. A possível explicação poderia o maior condicionamento para estabilidade e equilíbrio do membro não dominante que normalmente é utilizado como apoio unipodal durante a prática esportiva.

As diferenças encontradas nas velocidades da plataforma ocorrem porque os eixos são livres e não tem controle durante o movimento, permitindo assim a interferência do deslocamento de centro de gravidade ou do comportamento muscular.

O tempo para chegar à amplitude máxima da plataforma atual é semelhante ao de Thain et al.⁷ de 80ms medidos em plataforma biaxial com 30° de inversão e 20° de flexão plantar.

O tempo para atingir a amplitude máxima da plataforma foi menor na inversão, seguido pela rotação medial e depois a flexão. Este tempo está relacionado com a velocidade angular de cada um dos movimentos. A inversão seria o movimento mais rápido durante o teste, atingindo o limite de amplitude antes dos demais e o movimento mais lento é a flexão plantar. A resposta mais lenta pode advir do tipo de estímulo, mais eficiente para avaliar a inversão. O movimento de flexão plantar pode ocorrer de forma mais lenta, pela própria biomecânica do movimento da plataforma, que induz com mais facilidade a inversão, seguida pela rotação e por último, ocorre a flexão plantar.

As principais limitações do estudo estão relacionadas com a própria construção da plataforma: ser capaz de realizar o movimento nos três planos e manter a segurança do avaliado. Assim, o efeito da gravidade foi mantido na flexão plantar, fato que pode ter afetado o tempo para a amplitude máxima. Na rotação medial foi usada uma mola de tração, que forçava a ocorrência do movimento em todos os disparos da plataforma, de uma forma artificial. Assim, a ocorrência mais rápida do movimento de inversão estaria relacionada com a própria biomecânica do tornozelo. Também, quanto ao número de tentativas, pelo sorteio aleatório do computador, o número da tentativa corresponde à sequência do lado avaliado e não ao número de tentativas ao todo.

Mesmo com estas limitações a plataforma que faz a dissociação da entorse nos três eixos de movimento, identificou a inversão como o principal movimento pelo tempo de ocorrência e amplitude do movimento.

Uma das sugestões para melhorar o uso da plataforma de inversão do tornozelo com três eixos de movimentos, é a associação com realidade virtual para simular de fato uma entorse de tornozelo.

Além disso, a plataforma poderia ser utilizada como uma medida pré-intervenção de um programa de treinamento com exercícios proprioceptivos, buscando diminuir o tempo de latência dos músculos tibial anterior e fibular, resultado conseguido por Keles et al.⁹ em programa de seis semanas.

CONCLUSÃO

Foi possível desenvolver uma plataforma que se mostrou: Segura e eficaz para avaliar o comportamento da articulação do tornozelo em uma entorse mecânica simulada dissociando os fenômenos que ocorrem temporal e espacialmente nos três eixos avaliados. A inversão é o movimento mais rápido, seguido de rotação medial e flexão plantar. A plataforma ajuda na compreensão do mecanismo de entorse e pode ser útil na avaliação e prevenção de entorses no tornozelo.

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

REFERÊNCIAS

1. Feger M, Donovan L, Hart J, Hertel J. Lower Extremity Muscle Activation in Patients with or Without Chronic Ankle Instability During Walking. *J Athl Train* 2015; (50):350–357.
2. Lin CW, Delahunt E, King E. Neuromuscular Training for Chronic Ankle Instability. *Phys Ther*. 2012;92:987–91. Yoshida T, Tanino Y, Suzuki T. Effect of exercise therapy combining electrical therapy and balance training on functional instability resulting from ankle sprain—focus on stability of jump landing. *J. Phys. Ther. Sci* 2015; (27): 3069–3071.
3. Kondo H, Someya F. Effects of ankle eversion taping using kinesiology tape in a patient with ankle inversion sprain. *J. Phys. Ther. Sci*. 2016; (28): 708–710.
4. Forestier N, Terrier R. Peroneous reaction time measurement in unipodal stance for two different destabilization axes. *Clin Biomech* 2011; (26): 766–771.
5. Lee S, Lee J. Effects of ankle eversion taping using kinesiology tape in a patient with ankle inversion sprain. *J. Phys. Ther. Sci*. 2016; (28): 708–710.
6. Thain P, Bleakley C, Mitchel A. Muscle Reaction Time During a Simulated Lateral Ankle Sprain After Wet-Ice Application or Cold-Water Immersion. *J Athl Train*. 2015; 50 (7): 697–703.
7. Freyler K, Golhofer A, Bruderlin U, Ritzmann R. Reactive Balance Control in Response to Perturbation in Unilateral Stance: Interaction Effects of Direction, Displacement and Velocity on Compensatory Neuromuscular and Kinematic Responses. *PLoS One*. 2015;17(10): e0144529. doi: 10.1371/journal.pone.0144529. eCollection 2015.
8. Keles J, Sekir U, Gur H, Akova B. Eccentric/concentric training of ankle evorator and dorsiflexors in recreational athletes: Muscle latency and strength. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; (24): 29–38.
9. Kerr R, Arnold G, Drew T, Cochrane L, Abboud R. Shoes influence lower limb muscle activity and may predispose the wearer to lateral ankle ligament injury. *J Orthop Res*. 2009;27:318–324.
10. Akhbari B, Takamjani E, Salavati M. Ankle musculature latency measurement to varying angles of sudden external oblique perturbation in normal functionally unstable ankles. *Med J Islam Repub Iran*. 2007; (20): 166–174.
11. Jain T, Wauneka C, Liu W. Unloading Reaction during Sudden Ankle Inversion in Healthy Adults. *Gait Posture*. 2014 39(1): 529–33.
12. Hagen M, Lescher S, Gerhardt A, Lahner M, Felber S, Hennig E. Shank Muscle Strength Training Changes Foot Behaviour during a Sudden Ankle Supination. *PLoS One*. 2015;10(6):e0130290.
13. Chan Y, Fong D, Yung P, Fung K, Chan K. A mechanical supination sprain simulator for studying ankle supination sprain kinematics. *J Biomech*. 2008; (41): 2571–2574.
14. Hoch M, Mckeeon P. Peroneal Reaction Time after Ankle Sprain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(3):546–56.
15. Konradesn L, Peura G, Beynnon B, Renström P. Ankle eversion torque response to sudden ankle inversion Torque response in unbraced, braced, and pre-activated situations. *J. Orthop. Res*. 23 (2005) 315–321.
16. Pacheco A, Vaz M, Pacheco I. Avaliação do tempo de resposta eletromiográfica em atletas de voleibol e não atletas que sofreram entorse de tornozelo. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(6):297e–301e.
17. Ritzmann R, Freyler K, Werkhausen A, Gollhofer A. Changes in Balance Strategy and Neuromuscular Control during a Fatiguing Balance Task—A Study in Perturbed Unilateral Stance. *Front. Hum. Neurosci*. 2016; (10): 289. 1 – 11.
18. Nieuwenhuijzen P, Grüneberg C, Duysens J. Mechanically induced ankle inversion during human walking and jumping. *J Neurosci Methods*. 2002;117:133–40.
19. ackson N, Gutierrez G, Kaminski T. The effect of fatigue and habituation on the stretch reflex of the ankle musculature. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19:75–84. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19:75–84.
20. Denyer J, Hewitt N, Mitchel A. Foot structure and muscle reaction time to a simulated ankle sprain. *J Athl Train*. 2013; 48 (3): 326–330.
21. Agres A, Chrysanthou M, Raffalt P. The effect of ankle bracing on kinematics in simulated sprain and drop landings. *Am J Sports Med*. 2019;47(6): 1480–1487.
22. Eechaute C, Vaes P, Duquet P, Gheluwe B. Reliability and discriminative validity of sudden ankle inversion measurements in patients with chronic ankle instability. *Gait Posture*. 2009;30:82–86.
23. Palmieri-Smith R, Hopkins T, Brown T. Peroneal activation deficits em pessoas com instabilidade funcional do tornozelo. *Am J Sport Med*. 2009;37(5):982–8.
24. Fong D, Ha S, Mok K, Chan C, Chan K. Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports. *Am J Sports Med*. 2012;40(11): 2627–2632.
25. Fu W, Fang Y, Liu Y, Hou J. The effect of high-top and low-stop shoes on ankle inversion kinematics and muscle activation in landing on a tilted surface. *J Foot Ankle Res*. 2014; 7:14.
26. Simpson J, Stewart E, Turner A, Macias D, Wilson S, Chandler H, et al. Neuromuscular control in individuals with chronic ankle instability: A comparison of unexpected and expected ankle inversion perturbations during a single leg drop-landing. *Human Movement Science* 64 (2019) 133–141.