

# EFEITOS DO EXERCÍCIO DE REABILITAÇÃO ACELERADA DEPOIS DE TBM SOBRE A FUNÇÃO E A FORÇA NA INSTABILIDADE DO TORNOZELO

EFFECTS OF ACCELERATED REHABILITATION EXERCISE AFTER MBO ON ANKLE FUNCTION AND STRENGTH IN ANKLE INSTABILITY

EFFECTOS DEL EJERCICIO DE REHABILITACIÓN ACELERADA DESPUÉS DE TBM SOBRE LA FUNCIÓN Y LA FUERZA EN LA INESTABILIDAD DEL TOBILLO

Hyun-Seung Rhyu<sup>1</sup>   
(Profissional de Educação Física)  
Seo-youn Hong<sup>2</sup>   
(Profissional de Educação Física)  
Soung-Yob Rhi<sup>3</sup>   
(Fisiologista do Exercício)

1 Jungwon University,  
Departamento de Educação Física,  
Goesan, República da Coreia.  
2. Soonchunhyang University,  
Departamento de Medicina do  
Esporte, Asan-si, República da  
Coreia.  
3. Catholic Kwandong University,  
Departamentos de Gestão de  
Esportes e Saúde, Gangneung-si,  
República da Coreia.

## Correspondência:

Soung-Yob Rhi  
Catholic Kwandong University,  
Departamentos de Esportes e  
Gestão de Saúde, Especialização  
em Medicina Esportiva,  
Gangneung-si, República da  
Coreia. 25601  
ftmdduq@cku.ac.kr

## ABSTRACT

**Introdução:** Os atletas de taekwondo com instabilidade lateral crônica do tornozelo (ILCT) podem apresentar dificuldades com propriocepção e força muscular do tornozelo. Depois da cirurgia, um programa de exercícios de reabilitação convencional pode ser ineficaz, porque a propriocepção ou a força muscular podem não se restaurar e, portanto, resultar em melhora mínima. **Objetivos:** Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um programa de ERA depois de TBM sobre a propriocepção, força isocinética e resistência do tornozelo. **Métodos:** Trinta atletas com diagnóstico de ILCT foram submetidos à TBM. Eles foram divididos em grupo ERA (n=15) e grupo controle CON (n = 15). O grupo ERA realizou exercícios ERA precoces seis vezes por semana durante 4 semanas. Os parâmetros aplicados para testar a força muscular do tornozelo foram velocidade angular de 30°/s e 180°/s (inversão: Inv e eversão: Eve, respectivamente). A propriocepção foi medida pela capacidade de sentir a posição articular de 15° de Inv e 5° de Eve. **Resultados:** Foram observadas diferenças significativas entre os grupos ERA e CON na força do tornozelo 30°/s (Inv: p < 0,001, Eve: p < 0,001), 180°/s (Inv: p < 0,001, Eve: p < 0,001), e propriocepção a 15° (Inv: p < 0,001) e 5° (Eve: p < 0,001). **Conclusões:** Registramos efeitos de curto prazo significativos com ERA precoce em atletas de taekwondo com ILCT depois da TBM. Os resultados fornecem dados de referência para o reabilitador esportivo ou ATC (Certified athletic trainer) na avaliação da fase de reabilitação e informar os pacientes sobre as expectativas depois da TBM em termos de condições de desempenho e momento de retorno ao esporte. **Nível de evidência III; Estudos terapêuticos – Investigação dos resultados do tratamento - Estudo de caso-controle.**

**Descritores:** Exercício de reabilitação; Tae Kwon Do; Tornozelo.

## RESUMO

**Background:** Taekwondo athletes with lateral chronic ankle instability (LCAI) may experience difficulties with proprioception and ankle muscle strength. After surgery, a conventional rehabilitation exercise program can be ineffective, as it may not restore proprioception or muscle strength and, thus, result in minimal improvement. **Objective:** This study aimed to assess the effects of an ARE program following MBO on the proprioception, isokinetic strength, and endurance of ankle. **Methods:** Thirty athletes diagnosed with LCAI underwent MBO. They were divided into the ARE group (n=15) and the control group (CON, n=15). The ARE group performed early ARE exercises six times per week for 4 weeks. The parameters applied to test ankle muscle strength were angular speed of 30°/sec and 180°/sec (inversion: Inv. and eversion: Eve., respectively). Proprioception was measured as being able to sense a joint position of 15° of Inv. and 5° of Eve. **Results:** Significant differences were observed between the ARE and CON groups in ankle strength 30°/sec (Inv.: p<0.001, Eve.: p<0.001), 180°/sec (Inv.: p<0.001, Eve.: p<0.001), and proprioception at 15° (Inv.: p<0.001) and 5° (Eve.: p<0.001). **Conclusions:** We recorded significant short-term effects from early ARE in Taekwondo athletes with LCAI after MBO. The results provide reference data for the sports rehabilitator or ATC in evaluating the rehabilitation phase and informing patients about expectations after MBO in terms of performance status and the timing of return to sports. **Level of evidence III; Therapeutic studies–Investigation of treatment outcomes - Case-control Study.**

**Keywords:** Rehabilitation exercise; Tae Kwon Do; Ankle.

## RESUMEN

**Introducción:** Los atletas de Tae Kwon Do con inestabilidad lateral crónica del tobillo (ILCT) pueden presentar dificultades con la propiocepción y la fuerza muscular del tobillo. Después de la cirugía, un programa convencional de ejercicios de rehabilitación puede ser ineficaz porque la propiocepción o la fuerza muscular pueden no restablecerse y, por tanto, dar lugar a una mejora mínima. **Objetivos:** Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de un programa de ERA después de TBM sobre la propiocepción, la fuerza isocinética y la resistencia del tobillo. **Métodos:** Treinta atletas diagnosticados con ILCT fueron sometidos a TBM. Se dividieron en grupo ERA (n=15) y grupo de control CON (n = 15).



El grupo de ERA realizó ejercicios ERA precoces seis veces por semana durante 4 semanas. Los parámetros aplicados para probar la fuerza muscular del tobillo fueron la velocidad angular de 30°/s y 180°/s (inversión: Inv y eversión: Eve, respectivamente). La propiocepción se midió por la capacidad de sentir la posición articular de 15° de Inv y 5° de Eve. Resultados: Se observaron diferencias significativas entre los grupos ERA y CON en la fuerza del tobillo a 30°/s (Inv:  $p < 0,001$ , Eve:  $p < 0,001$ ), 180°/s (Inv:  $p < 0,001$ , Eve:  $p < 0,001$ ), y la propiocepción a 15° (Inv:  $p < 0,001$ ) y 5° (Eve:  $p < 0,001$ ). Conclusiones: Registramos efectos significativos a corto plazo con ERA precoz en atletas de Tae Kwon Do con ILCT después de TBM. Los resultados proporcionan datos de referencia para el rehabilitador deportivo o ATC (Certified athletic trainer) a la hora de evaluar la fase de rehabilitación e informar a los pacientes sobre las expectativas después de la TBM en cuanto a las condiciones de desempeño y el momento de retorno al deporte. **Nivel de evidencia III; Estudios terapéuticos – Investigación de los resultados del tratamiento - Estudio de caso-control**

**Descriptor:** Ejercicio de rehabilitación; Tae Kwon Do; Tobillo.

DOI: [http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329022022\\_0117p](http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329022022_0117p)

Artigo recebido em 07/02/2022 aprovado em 12/07/2022

## INTRODUÇÃO

As lesões no tornozelo são frequentes em atividades esportivas. O tipo mais comum de lesão de tornozelo é a entorse de tornozelo por inversão; 80% das entorses de tornozelo são causadas por lesão do ligamento lateral. É importante ressaltar que as entorses repetidas do tornozelo podem levar à instabilidade.<sup>1,2</sup> Aproximadamente 30% da instabilidade do tornozelo progride para instabilidade lateral crônica do tornozelo (ILCT), que limita as atividades esportivas.<sup>3,4</sup> O tratamento da entorse lateral do tornozelo envolve métodos conservadores, isto é, gesso, órtese, medicamentos e exercícios de reabilitação. Apesar do nível adequado de tratamento conservador, a ILCT é detectada em muitos atletas, resultando em longo período de reabilitação antes do retorno ao esporte.<sup>5</sup>

Os lutadores de taekwondo são obrigados a realizar movimentos que exigem dorsiflexão do tornozelo e flexão plantar frequentes. Esses movimentos levam à instabilidade do tornozelo, com alto índice de novas lesões.<sup>6</sup> Quando essa instabilidade ocorre repetidamente, resulta em ILCT, mesmo depois do tratamento conservador. A redução das funções e da estabilidade do tornozelo inevitavelmente leva ao tratamento cirúrgico.<sup>7</sup> A cirurgia aberta de Broström tem sido usada no tornozelo desde a década de 1960.<sup>8</sup> Atualmente, a técnica de Broström modificada (TBM) preferida é realizada via artroscopia. Estudos anteriores relataram a TBM como método cirúrgico adequado para a recuperação das funções estruturais, com excelentes resultados, sobretudo para instabilidade lateral crônica do tornozelo.<sup>9</sup> A TBM fortalece o ligamento reforçando o retináculo extensor inferior.<sup>10</sup> Essa é a atual técnica padrão para tratamento de pacientes com instabilidade subjetiva ou objetiva.<sup>11</sup>

Durante os exercícios de reabilitação, a maior preocupação dos lutadores de taekwondo com ILCT é retornar ao esporte imediatamente. A duração do exercício de reabilitação pós-operatória é um fator crítico para os atletas.<sup>5</sup> Os programas de exercícios de reabilitação mais recomendados depois da cirurgia convencional para ILCT concentram-se na restauração da estabilidade e da força muscular por meio da recuperação de coordenação, equilíbrio e tônus muscular.<sup>12</sup> Esses programas também podem destacar a importância do fortalecimento dos músculos fibular e tibial anterior.<sup>2</sup> Como o método convencional de cirurgia mudou e a TBM é preferida para aumentar a estabilidade do tornozelo, as abordagens de reabilitação também devem ser modificadas de acordo. Enquanto o tratamento da ILCT e o rápido retorno ao esporte podem ser alcançados pela recuperação precoce da cinestesia e posterior restauração da força muscular no exercício de reabilitação acelerada (ERA), o interesse atual da pesquisa tem sido concentrado principalmente na técnica cirúrgica, com apenas alguns estudos sobre os exercícios de reabilitação.

Este estudo teve como objetivo sugerir um programa ERA adequado de 4 semanas depois da TBM para permitir o retorno rápido dos lutadores de Taekwondo com ILCT à prática esportiva por meio da recuperação precoce da força muscular, resistência muscular e cinestesia. A importância do ERA precoce também será discutida.

## MÉTODOS

### Participantes

Trinta lutadores de taekwondo submetidos à TBM devido à instabilidade crônica do tornozelo foram recrutados no Hospital Bucheon SM e no Centro de Ciências do Esporte (República da Coreia). Eles foram randomizados em 2 grupos: grupo exercício de reabilitação acelerada (ERA,  $n = 15$ ) e grupo controle (CON,  $n = 15$ ). Todos os participantes foram informados sobre o objetivo e os procedimentos experimentais e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Depois da cirurgia de TBM, o tornozelo foi protegido por 1 semana de imobilização e por 1 semana com tornazeleira. Duas semanas depois da cirurgia, o ERA foi iniciado. O grupo CON não foi submetido à intervenção de exercícios de reabilitação entre os testes e serviu como controle. A força muscular do tornozelo e a propriocepção foram medidas com equipamento isocinético. As características basais dos participantes, incluindo idade, estatura, peso e invasão são mostradas na Tabela 1. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Catholic Kwandong University (CEP No. CKU-21-02-0210).

### Programa de exercício de reabilitação acelerada

O programa ERA aplicado neste estudo foi estruturado como reabilitação precoce e acelerada para combinar amplitude de movimento (AM), sentido proprioceptivo e exercícios de fortalecimento muscular. Esse programa é uma versão modificada e complementada dos exercícios de reabilitação usados nos estudos de Pearce *et al.*,<sup>13</sup> White *et al.*,<sup>14</sup> Hall E.A.<sup>15</sup> e Park *et al.*<sup>16</sup> No protocolo, entre cada treino, o total do ERA foi de 90 minutos diários, seis vezes por semana por um período de 4 semanas, e o grupo CON não participou de nenhum programa de exercícios (Tabela 2).

### Medição da força isocinética

Foi usado um equipamento isocinético para medir a inversão (Inv) e a eversão (Eve) do tornozelo (Isoforce, SungDo MC Co., Seul, República da Coreia). Os participantes foram colocados em decúbito dorsal na

**Tabela 1.** Características dos participantes.

Estudo (N = 30)	Idade	Estatura	Peso	Invasão
ERA (n = 15)	25,15 ± 2,79	175,61 ± 3,01	79,07 ± 2,76	Rt.
CON (n = 15)	24,84 ± 3,62	177,30 ± 2,69	85,84 ± 3,29	

Os valores são médias ± DP, grupo ERA: exercício de reabilitação acelerada, grupo CON: controle.

**Tabela 2.** Programa ERA.

Protocolo			
Estudo	Tipo de exercício	1 a 2 semanas	3 a 4 semanas
Ex. de AM	CPM (10 min.)	DF/PF, Inv/Eve	DF/PF, Inv/Eve
Ex. aeróbico	Ciclo superior	15 min.	5 min.
	Ciclo inferior	Não	10 min.
Ex. isotônico	Bomba de tornozelo	por 2 semanas (10R x 2S, OKC)	12R x 3S (OKC)
	Puxar toalha (dedos do pé)	5R x 10S	10R x 5S
	Extensão da perna	10R x 5S	15R x 5S
	Levantamento dos dedos	10R x 5S	15R x 5S
Ex. isométrico	Bomba de tornozelo	12R x 3S (CKC)	12 x 3S (CKC)
	Estiramento de toalha (DF/PF/Inv/Eve)	5R x 10S	10R x 5S
Técnica de Graston	Tendão do calcâneo/músculo da panturrilha	5 min.	5 min.
Ex. isocinético	Inv/Eve.	Não	5R x 12S

cadeira de medição isocinética. Em seguida, o maléolo lateral foi colocado na rotação do aparelho de medição, ajustando-se a inclinação e a altura da cadeira. Ao medir a inversão e a eversão, as regiões femoral e precordial foram fixadas para evitar que qualquer esforço adicional fosse exercido nessas áreas. Para evitar qualquer reação adversa do dispositivo isocinético, os participantes praticaram de modo suficiente antes de medir. O protocolo isocinético aplicado no exame foi de 6 repetições na velocidade angular de 30°/s e 12 repetições a 180°/s.

### Medida da sensação de posição articular (SPA) do tornozelo

O teste SPA foi calibrado antes da medição do equipamento isocinético. SPAs testadas no tornozelo: 15° de inversão e 5° de eversão. O pé dominante do participante foi colocado na fixação do tornozelo do aparelho e ajustado na posição de teste com flexão de joelho de 45° e de quadril de 70°.<sup>17</sup> Os participantes praticaram antes de iniciar o teste para evitar erros (permitidas 2 tentativas). Os participantes foram vendados para garantir a eliminação de pistas visuais e foram solicitados a apertar um botão de parada quando achassem que a posição de teste havia sido alcançada.

### Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o SPSS versão 22.0 para Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA), e a média e o desvio padrão de cada variável foram obtidos por meio de estatística descritiva. O teste de Kolmogorov-Smirnov e o teste de Shapiro-Wilk de uma amostra foram realizados como teste de normalidade. Foi empregado o teste F para igualdade de variâncias de Levene. O teste paramétrico foi realizado, uma vez que satisfaz o nível de significância estatística. Foram feitos testes de análise de medidas repetidas para avaliar as diferenças entre os pré e pós-testes e as relações entre os grupos quanto ao desempenho do grupo ERA. A significância estatística foi aceita para valores de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

### Alteração da força muscular isocinética

A Tabela 3 mostra as mudanças da força muscular isocinética. Quando a potência muscular foi medida com TBM na instabilidade crônica lateral usando a velocidade angular de 30°/s do equipamento isocinético, comparando pós-ERA e pré-ERA, o grupo ERA e o grupo CON apresentaram diferença significativa dependendo da interação (grupo x tempo) em Inv ( $p < 0,001$ ,  $F = 30,718$ ) e Eve ( $p < 0,001$ ,  $F = 28,887$ ).

### Alteração da força muscular isocinética (resistência)

A força isométrica do tornozelo em Inv e Eve na velocidade angular de 180°/s foi medida com o uso do equipamento isocinético.

O resultado foi mostrado na Tabela 4. O grupo ERA e o grupo CON apresentaram diferença significativa em Inv ( $p < 0,001$ ,  $F = 118,438$ ) e Eve ( $p < 0,001$ ,  $F = 16,911$ ).

### Mudança de sentido proprioceptivo

A Tabela 5 mostra os resultados do sentido proprioceptivo. Houve diferença significativa de sentido proprioceptivo na Inv de 15° entre o grupo ERA e o grupo CON ( $p < 0,001$ ,  $F = 74,491$ ). A diferença do sentido proprioceptivo na Eve de 5° do tornozelo foi significativa entre os grupos ERA e CON ( $p < 0,001$ ,  $F = 242,311$ ).

## DISCUSSÃO

A instabilidade lateral crônica do tornozelo (ILCT) é uma lesão frequente em atletas. Mais de 40% dos atletas depois de entorse de tornozelo relatam a sensação de o tornozelo cedendo, mesmo na ausência de restrição mecânica passiva.<sup>18</sup> Assim, o debate sobre o método de tratamento (cirúrgico vs. conservador) continua. Os avanços recentes das técnicas cirúrgicas e a alta probabilidade de nova lesão e progressão de ILCT causados pela falta de exercícios de reabilitação adequados e manejo durante o tratamento conservador sustentam a abordagem cirúrgica.<sup>5</sup> Assim, para atletas, a cirurgia é a recomendação preferida no momento. No entanto, como foi apontado que a cirurgia pode causar problemas,<sup>19</sup> como a queda rápida da função do tornozelo ou atrofia muscular,<sup>20,21</sup> a importância do exercício de reabilitação acelerada pós-operatória tem sido destacada.<sup>5,20</sup>

Nos últimos anos, a TBM como tratamento cirúrgico da instabilidade do tornozelo tem sido amplamente utilizada. Geralmente, a TBM requer três âncoras de sutura, uma inserida no ligamento talofibular anterior (LTFA), uma no ligamento calcaneofibular (LCF) e outra em uma área próxima ao LTFA para fortalecer o ligamento.<sup>22</sup> Depois da cirurgia, a força de fixação é alcançada com base no ligamento reforçado da articulação do tornozelo. O tratamento conservador no pós-operatório muitas

**Tabela 3.** Alteração da força muscular isocinética antes e depois de ERA (30°/s).

Estudo F	Pré-exercício P		Pós-exercício	Interação (Grupo X tempo)		
	Inv	In				
30°/s (pico de torque % corpo)	Inv	TBM	26,92 ± 15,28	53,84 ± 30,49	30,718	0,000**
		CON	31,92 ± 13,21	33,69 ± 12,46		
	Eve	TBM	26,69 ± 14,57	52,53 ± 27,55	28,887	0,000**
		CON	31,92 ± 14,92	34,07 ± 17,62		

Os valores são médias ± DP; Inv: Inversão, Eve: Eversão; In: Invasão; \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$

**Tabela 4.** Alteração da resistência muscular isocinética antes e depois de ERA (180°/s).

Estudo F	Pré-exercício P		Pós-exercício.	Interação (Grupo X tempo)		
	Inv	In				
180°/s (pico de torque % corpo)	Inv	TBM	28,15 ± 09,14	68,46 ± 13,50	118,438	0,000**
		CON	32,69 ± 14,12	33,46 ± 15,18		
	Eve	TBM	21,46 ± 05,56	43,23 ± 18,02	16,911	0,000**
		CON	23,38 ± 04,59	25,46 ± 05,45		

Os valores são médias ± DP; Inv: Inversão, Eve: Eversão; In: Invasão; \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ .

**Tabela 5.** Mudança de sentido proprioceptivo antes e depois de ERA.

Estudo	Pré-exercício F		Pós-exercício P	Interação (Grupo X tempo)	
	Inv	In			
Inv (15°)	TBM	10,36 ± 1,06	13,87 ± 0,32	74,491	0,000**
	CON	12,80 ± 0,72	13,19 ± 0,62		
Eve (5°)	TBM	1,49 ± 0,49	3,67 ± 0,42	242,311	0,000**
	CON	2,56 ± 0,66	2,64 ± 0,69		

Os valores são médias ± DP; Inv: Inversão, Eve: Eversão; In: Invasão; \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ .

vezes leva a uma amplitude de movimento (AM) limitada da articulação do tornozelo, força muscular reduzida e cinestesia reduzida.<sup>23</sup> As duas últimas são as causas mais comuns de atraso prolongado do retorno ao esporte.<sup>21,22,23</sup> Assim, um programa de ERA pós-operatório precoce deve ser fornecido aos atletas. O programa de recuperação para aumentar a força muscular e cinestésica deve ser diferente, de acordo com os tipos e técnicas da cirurgia.

Neste estudo, foi aplicado um programa de ERA precoce de 4 semanas depois de uma semana de imobilização. A força muscular de eversão e inversão e a resistência muscular foram monitoradas, e verificou-se aumento significativo no grupo ERA em relação ao grupo CON. O método atual de reabilitação para recuperação precoce da força muscular depois da cirurgia de tornozelo envolve nenhuma carga por 2 semanas, com a imobilização do tornozelo em estado de leve dorsiflexão.<sup>2,12</sup> A seguir, a carga de 50% de peso é permitida.<sup>2</sup> Nas 4 a 6 semanas seguintes têm início os exercícios de fortalecimento do tornozelo, com 100% de carga de peso, 6 semanas depois da cirurgia, com exercícios adicionais para fortalecer o tendão do calcâneo e, depois de 10 semanas, começam os exercícios de salto.<sup>2,8</sup> Esses métodos de reabilitação antagonizam a abordagem cirúrgica atual, aumentando o período de imobilização. Isso reduz a função do tornozelo e prejudica o prognóstico do paciente.<sup>6</sup> Aydogan *et al.*<sup>23</sup> relataram que o longo período de imobilização resulta na redução da função do tornozelo e diminuição da força muscular porque a TBM envolve o aumento do retináculo para reforçar o LTFA e LCF visando aumentar a rigidez de inversão. Também sugeriram a introdução precoce de ERA para ampliar a força muscular. Em consonância com isso e com base em um método de fortalecimento muscular eficaz recomendado em estudos anteriores,<sup>24</sup> este estudo aplicou um programa precoce combinando exercícios isométricos e isocinéticos de baixa e alta velocidade<sup>26,27</sup> de médios a tardios. Os músculos agonistas da inversão e eversão do tornozelo, fibular e tibial posterior, diferem quanto à força, sendo o primeiro estruturalmente mais fraco.<sup>28</sup> A função mais importante do músculo fibular é seu papel na eversão do tornozelo, mas também tem função reguladora para prevenir a hiperinversão do tornozelo.<sup>29</sup> Além disso, como o músculo fibular protege o ligamento e a articulação na inversão do tornozelo, a recuperação da força e da função leva ao melhor controle durante a eversão e inversão do tornozelo.<sup>27,28,29</sup> Com base nisso, a melhora na força muscular isocinética de inversão e eversão de 30°/s foram consideradas o resultado do programa ERA precoce. Nossos resultados estão de acordo com os de estudos anteriores. Assim, prevê-se que o ERA precoce contribuirá para o rápido aumento da força muscular e restauração funcional nos atletas depois da TBM. Além disso, a melhora da resistência muscular isocinética no grupo ERA na inversão e eversão de 180°/s foi estatisticamente significativa. Em contraste, um estudo anterior relatou que, à medida que a resistência muscular diminui, a velocidade angular aumenta e a queda da resistência muscular devido à fadiga acumulada por um longo período de exercício,<sup>30,31</sup> sugere outra causa para a redução da resistência muscular. Hobara *et al.*<sup>32</sup> demonstraram um aumento da resistência muscular em velocidade alta e baixa durante exercício de movimento rápido. Esse estudo demonstrou que o aumento da resistência muscular pode ser atribuído ao aumento da força muscular em baixa velocidade, o que leva à retenção da força muscular aumentada em alta velocidade; esse achado é apoiado por vários estudos anteriores.<sup>30,31,32</sup> Os resultados em nosso estudo sugerem a possibilidade de que a aplicação rápida da ERA possa auxiliar a resistência muscular e, assim, o retorno precoce dos lutadores taekwondo.

A percepção do movimento articular e da posição do corpo é influenciada por uma multiplicidade de sentidos. Entre eles, a propriocepção tem um papel crítico no controle neuromotor e governa o aferente somatossensorial com base na cinestesia e SPA.<sup>33,34</sup> As informações sensoriais propioceptivas recebidas pelos receptores mecânicos dos músculos, tendões e ligamentos também afetam o sistema musculoesquelético e desempenham um papel na estabilidade dinâmica da articulação.<sup>35</sup> No entanto, se a transmissão eficiente dessa informação for impedida por uma estrutura anormal ao redor da articulação depois de cirurgia ou doença, a função propioceptiva reduzida aumenta a probabilidade de controle reduzido em postura, habilidade motora e capacidade de resposta à perturbação.<sup>36</sup> Em geral, os dados visuais, vestibulares e somatossensoriais têm mecanismos regulatórios para determinar variações do equilíbrio postural com base no centro de gravidade, bem como nas características da posição e dos planos de apoio. Contudo, para a manutenção do equilíbrio em movimento, a informação sensorial propioceptiva é priorizada entre todos os dados somatossensoriais para o controle do comprimento muscular, tônus muscular e neurônios.<sup>35,36,37</sup> Neste estudo, o programa ERA de 4 semanas melhorou significativamente propriocepção no grupo ERA em comparação com o grupo CON. O resultado pode ser devido à disfunção transitória depois da cirurgia, pois o taekwondo usa a repetição de vários movimentos característicos por meio de saltos e rotações de um único pé e movimentos que envolvem funções físicas mais avançadas do tornozelo do que outros esportes. O treinamento do tornozelo no programa ERA promoveu a recuperação por meio de desempenho repetido e adaptação rápida. Nossos resultados foram condizentes com estudos anteriores que relataram altos níveis de recuperação de propriocepção e capacidade de adaptação dos atletas envolvidos em esportes que exigem vários movimentos de força muscular aprimorada.<sup>36,37</sup> Da primeira à quarta semana de exercício, a melhora da força muscular depende sobretudo de fatores neurológicos (neurônios, células gliais, etc.).<sup>38</sup> A melhora foi estagnada quando os efeitos desse fatores foram retardados.<sup>35,38</sup> Para isso, se a órtese pós-operatória demorar muito, a facilitação mioneural é retardada, a expressão somatossensorial é reduzida e a sintonia para o processamento de entrada e saída somatossensorial conforme necessário no controle do equilíbrio no sistema nervoso central é diminuída.<sup>39</sup> Neste estudo, o ERA precoce depois da TBM mostrou promover melhora da força muscular, com efeitos subsequentes na melhora da propriocepção. Para atletas de taekwondo com ILCT, um programa de exercícios de reabilitação precoce depois de TBM é essencial para que os atletas retomem a prática esportiva o mais rápido possível. Os resultados forneceram informações de referência para reabilitadores esportivos ou ATCs para avaliar os resultados dos exercícios de reabilitação e informar os atletas sobre o que eles devem esperar depois da TBM em termos de estado de desempenho e tempo de retorno ao esporte.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Bolsa de Pesquisa (2019-052) da Jungwon University. Agradecemos a todos os participantes e à equipe de pesquisa que ajudaram na coleta de dados para o projeto.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. Acevedo JJ, Mangone P. Arthroscopic Brostrom technique. *Foot Ankle Int.* 2015;36(4):465-73.
2. Yeo ED, Lee KT, Sung IH, Lee SG, Lee YK. Comparison of All-Inside Arthroscopic and Open Techniques for the Modified Broström Procedure for Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* 2016;37(10):1037-45.
3. Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *J Athl Train.* 2002;37(4):364-75.
4. van Rijn RM, van Os AG, Bernsen RM, Luijsterburg PA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM. What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med.* 2008;121(4):324-31.e6.
5. Lee K, Jegal H, Chung H, Park Y. Return to Play after Modified Broström Operation for Chronic Ankle Instability in Elite Athletes. *Clin Orthop Surg.* 2019;11(1):126-30.
6. Petrerá M, Dwyer T, Theodoropoulos JS, Ogilvie-Harris DJ. Short- to medium-term outcomes after a modified Brostrom repair for lateral ankle instability with immediate postoperative weight bearing. *Am J Sports Med.* 2014;42(7):1542-8.
7. Lee KT, Kim ES, Kim YH, Ryu JS, Rhyu IJ, Lee YK. All-inside arthroscopic modified Brostrom operation for chronic ankle instability: a biomechanical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1096-100.
8. Kim ES, Lee KT, Park JS, Lee YK. Arthroscopic anterior talofibular ligament repair for chronic ankle instability with a suture anchor technique. *Orthopedics.* 2011;34(4).
9. Bell SJ, Mologone TS, Sittler DF, Cox JS. Twenty-six-year results after Brostrom procedure for chronic lateral ankle instability. *Am J Sports Med.* 2006;34(6):975-8.
10. Tourne Y, Mabit C, Moroney PJ, Chaussard C, Saragaglia D. Long-term follow-up of lateral reconstruction with extensor retinaculum flap for chronic ankle instability. *Foot Ankle Int.* 2012;33(12):1079-86.
11. Lee KT, Park YU, Kim JS, Kim JB, Kim KC, Kang SK. Longterm results after modified Brostrom procedure without calcaneofibular ligament reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2011;32(2):153-7.
12. Alghadir AH, Iqbal ZA, Iqbal A, Ahmed H, Ramteke SU. Effect of Chronic Ankle Sprain on Pain, Range of Motion, Proprioception, and Balance among Athletes. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(15):5318.
13. Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *J Athl Train.* 2015;50(1):36-44.
14. Pearce CJ, Tourne Y, Zellers J, Terrier R, Toschi P, Silbernagel KG, et al. Rehabilitation after anatomical ankle ligament repair or reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1130-9.
15. White WJ, McCollum GA, Calder JD. Return to sport following acute lateral ligament repair of the ankle in professional athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24(4):1124-9.
16. Mohammadi F, Roozdar A. Effects of fatigue due to contraction of evertor muscles on the ankle joint position sense in male soccer players. *Am J Sports Med.* 2010;38(4):824-8.
17. Park JH, Rhyu HS, Rhi SY. The effects of instrument-assisted soft tissue mobilization rehabilitation exercise on range of motion, isokinetic strength, and balance in chronic ankle instability taekwondo players. *J Exerc Rehabil.* 2020;16(6):516-21.
18. Yeo ED, Park JY, Kim JH, Lee YK. Comparison of Outcomes in Patients with Generalized Ligamentous Laxity and Without Generalized Laxity in the Arthroscopic Modified Brostrom Operation for Chronic Lateral Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* 2017;38(12):1318-23.
19. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):603-10.
20. Mederake M, Hofmann UK, Ipach I. Arthroscopic modified Brostrom operation versus open reconstruction with local periosteal flap in chronic ankle instability. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2021;16.
21. Delahunt E, Remus A. Risk factor for lateral ankle sprains and chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):611-6.
22. Li X, Lin TJ, Busconi BD. Treatment of chronic lateral ankle instability: a modified Broström technique using three suture anchors. *J Orthop Surg Res.* 2009;4:41.
23. Moradi R, Cengiz B. Modified arthroscopic Broström procedure using a soft anchor for chronic lateral ankle instability: Short-term follow-up results. *Jt Dis Relat Surg.* 2021;32(3):744-51.
24. Aydogan U, Glisson RR, Nunley JA. Extensor retinaculum augmentation reinforces anterior talofibular ligament repair. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;442:210-5.
25. Takao M, Matsui K, Stone JW, Glazebrook MA, Kennedy JG, Guillo S, et al. Arthroscopic anterior talofibular ligament repair for lateral instability of the ankle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:1003-6.
26. Beattie K, Kenny IC, Lyons M, Carson BP. The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Med.* 2014;44(6):845-65.
27. Jiménez-Reyes P, Samozino P, Morin JB. Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS One.* 2019;14(5):e0216681.
28. Triantafyllopoulos IK, Economopoulos DG, Panagopoulos A, van Niekerk L. Chronic Lateral Ankle Instability in Highly Active Patients: A Treatment Algorithm Based on the Arthroscopic Assessment of the Calcaneofibular Ligament. *Cureus.* 2021;13(4):e14310.
29. Ferran, NA, Maffulli N. Epidemiology of sprains of the lateral ankle ligament complex. *Foot Ankle Clin.* 2006;11(3):659-62.
30. Kubo K, Miyazaki D, Yata H, Tsunoda N. Mechanical properties of muscle and tendon at high strain rate in sprinters. *Physiol Rep.* 2020;8(19):e14583.
31. Pethick J, Winter SL, Burnley M. Physiological complexity: influence of ageing, disease and neuromuscular fatigue on muscle force and torque fluctuations. *Exp Physiol.* 2021;106(10):2046-59.
32. Hobara H, Dimura K, Omuro K, Gomi K, Muraoka T, Iso S, et al. Determinants of difference in leg stiffness between endurance- and power-trained athletes. *J Biomech.* 2018;41(3):506-14.
33. Ben A, Michelle AS. Two 4-week balance-training programs for chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2018;53(7):662-71.
34. Lavrov I, Gerasimenko Y, Burdick J, Zhong H, Roy RR, Edgerton VR. Integrating multiple sensory systems to modulate neural networks controlling posture. *J Neurophysiol.* 2015;114(6):3306-14.
35. Zelenin PV, Lyalka VF, Orlovsky GN, Deliagina TG. Changes in Activity of Spinal Postural Networks at Different Time Points After Spinalization. *Front Cell Neurosci.* 2019;21(13):387.
36. Cullen KE. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends Neurosci.* 2012;35(3):185-96.
37. Dietrich H, Heidger F, Schniepp R, MacNeilage PR, Glasauer S, Wuehr M. Head motion predictability explains activity-dependent suppression of vestibular balance control. *Sci Rep.* 2020;10(1):668.
38. Han K, Ricard MD, Fellingham GW. Effects of a 4-week exercise program on balance using elastic tubing as a perturbation force for individuals with a history of ankle sprains. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;39(4):246-55.
39. Hertel J. Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clin Sports Med.* 2008;27:353-70.