

ANÁLISE ISOCINÉTICA E CINÉTICA DE CORREDORES E TRIATLETAS COM E SEM HISTÓRICO DE FRATURA POR ESTRESSE



ARTIGO ORIGINAL
ORIGINAL ARTICLE
ARTÍCULO ORIGINAL

ISOKINETIC AND KINETIC ANALYSIS IN RUNNERS AND TRIATHLETES WITH AND WITHOUT HISTORY OF STRESS FRACTURE

ANÁLISIS ISOCINÉTICO Y CINÉTICO EN CORREDORES Y TRIATLETAS CON Y SIN HISTORIAL DE FRACTURAS DE ESTRÉS

Natália Mariana Silva Luna¹
(Fisioterapeuta)

Angélica Castilho Alonso^{1,3}
(Fisioterapeuta e Educadora Física)

Marcos Serra¹
(Profissional de Educação Física)

Nathalie Ferrari Bechara Andare¹
(Fisioterapeuta e Profissional de Educação Física)

Eduardo Yoshio Nakano² (Estatístico)

Danilo Sales Bocalini³
(Profissional de Educação Física)

Júlia Maria d' Andrea Greve¹
(Médica)

1. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Laboratório do Estudo do Movimento, São Paulo, SP, Brasil.

2. Universidade de Brasília, Departamento de Estatística, Brasília, DF, Brasil.

3. Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:

Rua Oscar Freire, 1799, ap1008, Cerqueira César. São Paulo, SP, Brasil.
nmssluna@gmail.com

RESUMO

Introdução: A associação da fadiga muscular com o aumento da força vertical de reação do solo representa risco de fratura por estresse de tíbia em esportes como a corrida de longa distância e o triatlo. **Objetivo:** Analisar e comparar parâmetros do componente vertical das forças de reação do solo e parâmetros musculares isocinéticos da flexão plantar (FP) e dorsiflexão (DF) do tornozelo entre grupos de corredores de longa distância e triatletas com e sem histórico de fratura por estresse de tíbia. **Métodos:** Setenta e cinco atletas de corrida de longa distância e triatletas do sexo masculino, com média de idade de $30,26 \pm 6,51$ anos foram divididos de acordo com a história pregressa de fratura por estresse de tíbia em: grupo fratura (GF), composto por 12 indivíduos com história de fratura por estresse da tíbia, e grupo não-fratura (GNF), composto por 37 indivíduos sem história de fratura por estresse de tíbia. Os parâmetros cinéticos foram medidos durante a corrida por meio de uma plataforma de força AMTI, e os parâmetros isocinéticos por meio de dinamômetro isocinético Biodex (System 3). **Resultados:** Para todas as variáveis isocinéticas e cinéticas, não houve diferenças entre GF e GNF. **Conclusão:** Ainda que não se tenha identificado uma diferença de desempenho entre os grupos estudados, o perfil cinético (impacto) e isocinético (atividade muscular) mostra que o treinamento da corrida com déficits em cuidados com a condição muscular e o controle de fatores extrínsecos pode criar uma situação de risco de ocorrência de fraturas por estresse.

Palavras-chave: corrida, tornozelo, cinesi, atletas.

ABSTRACT

Introduction: The association of muscle fatigue to increased vertical ground reaction force imposes the risk of tibial stress fracture in sports like long-distance running and triathlon. **Objective:** To analyze and compare parameters of the vertical component of ground reaction forces and isokinetic muscle parameters of plantar flexion (PF) and dorsiflexion (DF) of the ankle between groups of distance runners and triathletes with and without a history of tibial stress fracture. **Methods:** Seventy-five male long-distance runners and triathletes with a mean age of 30.26 ± 6.51 years were divided according to the previous history of tibial stress fracture: fracture group (FG), composed 12 individuals with a history of stress fracture of the tibia and non-fracture group (NFG), composed of 37 individuals with no history of stress fracture of the tibia. The kinetic parameters were measured during the run through a force platform AMTI and isokinetic parameters through an isokinetic dynamometer Biodex (System 3). **Results:** For all isokinetic variables and kinetics, there were no differences between FG and NFG. **Conclusion:** Although a difference in performance has not been identified between groups, the kinetic profile (impact) and isokinetic impact (muscle activity) shows that the running training with deficits in muscle condition care and control of extrinsic factors can create a risk of occurrence of stress fractures.

Keywords: running, ankle, kinesis, athletes.

RESUMEN

Introducción: La asociación de la fatiga muscular al aumento de la fuerza vertical de reacción del suelo representa un riesgo de fractura por estrés de la tibia en deportes como las carreras de fondo y triatlón. **Objetivo:** Analizar y comparar los parámetros del componente vertical de las fuerzas de reacción del suelo y los parámetros musculares isocinéticos de flexión plantar (FP) y dorsiflexión (DF) del tobillo entre grupos de corredores de fondo y triatletas con y sin antecedentes de fractura por estrés de la tibia. **Métodos:** Setenta y cinco atletas de carreras de larga distancia y triatletas del sexo masculino, con un promedio de edad de $30,26 \pm 6,51$ años fueron divididos de acuerdo con el historial clínico anterior de fractura por estrés de tibia, en: grupo fractura (GF) compuesto por 12 individuos con antecedentes de fractura por estrés de la tibia, y grupo no-fractura (GNF), compuesto por 37 individuos sin antecedentes de fractura por estrés de la tibia. Se midieron los parámetros cinéticos durante la carrera por medio de una plataforma de fuerza AMTI y los parámetros isocinéticos a través de un dinamómetro isocinético Biodex (System 3). **Resultados:** Para todas

las variables isocinéticas y cinéticas, no hubo diferencias entre GF y GNF. Conclusión: A pesar de que no se haya identificado una diferencia de rendimiento entre los grupos estudiados, el perfil cinético (impacto) e isocinético (actividad muscular) demuestra que el entrenamiento de carrera con déficit en el cuidado de la condición muscular y control de los factores extrínsecos puede crear un riesgo de aparición de fracturas por estrés.

Palabras clave: carrera, tobillo, cinesis, atletas.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220152104084012>

Artigo recebido em 06/03/2013 aprovado em 26/06/2014.

INTRODUÇÃO

Em esportes aeróbios de longa distância, como a corrida e o triatlo^{1,2}, os membros inferiores são focos frequentes de lesões de sobrecarga, das quais destaca-se a fratura por estresse da tíbia³. Essa lesão desenvolve-se por meio de sobrecarga repetitiva que altera a homeostase óssea, aumentando a atividade osteoclástica, com reparação inadequada⁴.

A fratura de estresse é de etiologia multifatorial, destacando-se os fatores intrínsecos (anatômicos, biomecânicos, demográficos) e extrínsecos (características relacionadas ao treinamento)⁵. Em esportes que envolvem corrida, um fator de risco importante para a fratura por estresse de tíbia é a fadiga da musculatura que envolve essa estrutura óssea, dorsiflexores e flexores-plantares, uma vez que desencadeia perda da capacidade de contração excêntrica dos dorsiflexores durante o toque do calcanhar⁶, redução da transferência da energia mecânica entre as fases excêntrica e concêntrica⁷ e diminuição da capacidade desses músculos de dissipar as forças de impacto^{8,9}.

O histórico anterior de fratura por estresse de tíbia também tem sido relacionado com o risco de nova lesão¹⁰⁻¹². Porém, ainda há uma necessidade de se pesquisar quais aspectos são mais afetados no atleta após a consolidação da fratura por estresse de tíbia, reabilitação e volta às atividades esportivas. O desempenho da força e resistência da musculatura de dorsiflexores e flexores-plantares, que pode caracterizar o quanto essa musculatura suporta a sobrecarga de treinamento e, portanto a capacidade de manter por mais tempo sem fadiga, bem como as forças verticais de reação do solo são parâmetros importantes para se avaliar após histórico de fratura por estresse.

Alguns estudos apontam diferenças significativas no componente Z do vetor das forças de reação do solo entre grupo com histórico anterior de fratura por estresse de tíbia e grupo sem histórico^{10,13}. Em contrapartida, outros autores não encontraram diferenças significativas^{1,12,14}. Popp *et al.*¹⁵ mostraram que um grupo de corredoras de longa distância com fratura pregressa apresentou área transversal menor da musculatura da perna, porém afirmam que a área de secção transversa é uma medida indireta e há necessidade de uma avaliação mais quantitativa para confirmar esses resultados.

A avaliação do desempenho muscular dinâmico em situações de fadiga ou esforço rápido pode ser realizada por meio do dinamômetro isocinético, método que pode determinar o padrão funcional da força e do equilíbrio muscular¹⁶. As forças que caracterizam impacto são representadas pela componente Z do vetor das forças de reação do solo e podem ser mensuradas por meio da plataforma de força¹, ferramenta mais utilizada para a análise da cinética do movimento¹⁷.

Enquanto a caracterização das forças verticais de reação do solo em grupos de corredores de longa distância com histórico de fratura por estresse de tíbia é estudada por vários autores^{1,10,13}, não existem muitas pesquisas que fazem a análise concomitante dessas e do desempenho da musculatura do tornozelo⁷. Além disso, a maioria dos estudos foca o corredor de longa distância, havendo poucos estudos comparativos com outros esportes (triatlo).

Este estudo teve como objetivo comparar grupos de corredores de

longa distância e triatletas com e sem histórico de fratura por estresse de tíbia, quanto à resistência e força da musculatura dorsiflexora e flexora-plantar do tornozelo, medidas pela dinamometria isocinética, bem como quanto as variáveis cinéticas relacionadas com a componente Z do vetor da força de reação de solo, medidas por uma plataforma de força, buscando entender melhor os fatores predisponentes da fratura por estresse de tíbia nestes atletas e assim fornecer possíveis subsídios para o trabalho de reabilitação e de prevenção dessa lesão.

MÉTODOS

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil (nº 932/08).

A amostra consistiu de 26 triatletas, que faziam treinamento regular de triatlo com finalidade competitiva por no mínimo um ano ($6,5 \pm 5,6$ anos) e possuíam um volume de treinamento semanal (homogêneos nos três meses anteriores às avaliações) de no mínimo 30 km de corrida ($50,71 \pm 16,04$ km), 60 km de ciclismo ($230,76 \pm 84,1$ km) e 5 km de natação ($9,32 \pm 4,11$) e de 23 corredores de longa distância, submetidos a um treinamento regular deste esporte com finalidade competitiva por no mínimo um ano ($6,5 \pm 5,6$ anos) e possuíam um volume de treinamento semanal (homogêneos nos três meses anteriores às avaliações) de no mínimo 60 km ($104,23 \pm 36,89$ km). Os triatletas e corredores de longa distância não tinham lesões nas articulações do tornozelo nos últimos seis meses, definindo-se lesão como um evento que afastou o atleta do esporte por 24 ou mais horas consecutivas² e não tiveram dor durante o período de realização dos testes. A amostra foi dividida de acordo com o histórico pregresso de fratura de estresse de tíbia: GF, composto por 12 indivíduos com histórico de fratura por estresse da tíbia e GNF, composto por 37 indivíduos sem histórico de fratura por estresse de tíbia. O critério de inclusão para o GF foi ter apresentado fratura por estresse da tíbia há mais de seis meses, diagnosticada por médico. Para o GNF, o critério era nunca ter apresentado fratura por estresse de tíbia.

Para a realização das avaliações, os indivíduos foram previamente agendados em uma única sessão. Foram orientados a comparecer com traje esportivo e tênis de uso habitual (para os atletas o tênis de treinamento)¹¹ e não deveriam ter feito atividade física de alta intensidade nas últimas 12 horas. No dia da avaliação, os indivíduos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação do estudo e responderam a um questionário sobre anos de treinamento regular, bem como volume e frequência de treinamento. Após tais procedimentos, foram medidas a altura e massa corporal de todos os participantes e em seguida estes foram encaminhados para a avaliação da plataforma de força, seguida da avaliação isocinética.

Os dados referentes às forças de reação do solo foram coletados por meio de uma plataforma de força (AMTI) conectada a um computador (marca ITAUTEC, Brasil) via conversor A/D. A plataforma era ligada 30 minutos antes do início das coletas para verificação dos parâmetros de amplificação, frequência e captação dos sinais. A frequência utilizada foi 200Hz, o tempo necessário para aquisição foi de 3s e o software utilizado para cálculo das medidas foi Bioanalises AMTI (Estados Unidos).

A plataforma (1,2 X 0,6m) estava fixa em superfície plana e coberta por um tapete preto para que os indivíduos não soubessem em que posição se encontrava. Os indivíduos foram orientados a correr em um trajeto de 10,5 metros na média do passo de treinamento (velocidade média de 3,75 m/s \pm 7%) e deveriam aterrissar completamente um dos pés na plataforma (situada a 5,32 metros do ponto inicial), sem alterar o passo de forma significativa¹⁰. Tal situação é chamada de experiência prática e indica o sucesso da aquisição^{1,10}.

Para o processo de familiarização da avaliação e para o registro de dados foram realizadas dez experiências práticas, quantidade apropriada para avaliar os dados de força de reação de solo¹⁸. Destas dez experiências, cinco foram realizadas com o membro direito e cinco com o esquerdo¹⁷ e a determinação de qual dos membros seria o primeiro, foi por sorteio¹¹. Foi observado qual dos pés era apoiado na plataforma quando ele iniciava o trajeto com o membro inferior direito e quando iniciava com o membro inferior esquerdo¹⁹. As variáveis cinéticas analisadas foram: tempo total em segundos correspondente ao período que o pé ficou em contato com o solo (ST); força máxima ao longo do eixo vertical ($F_{Z_{Max}}$); média das forças ao longo do eixo vertical ($F_{Z_{Avg}}$); força correspondente a máxima desaceleração ao longo do eixo vertical; ($F_{Z_{Max}}$ Deceleration); força correspondente a máxima aceleração ao longo do eixo vertical ($F_{Z_{Max}}$ Acceleration); tempo em segundos em que ocorre a $F_{Z_{Max}}$ Acceleration ($F_{Z_{Max}}$ Acceleration@Time). Todas as variáveis relacionadas às forças verticais de reação do solo foram normalizadas pelo peso corporal¹⁰.

Para avaliação das variáveis isocinéticas foi utilizado um Dinamômetro Isocinético (marca Biodex - System 3, *Software* versão 3.2-Estados Unidos). Previamente ao teste, os indivíduos foram submetidos a um aquecimento, em bicicleta ergométrica, durante 5 minutos que consistiu de um esforço submáximo (carga e cadência confortáveis que não provocassem fadiga)²⁰. Em seguida, alongaram os músculos dorsiflexores e flexores plantares dos pés em três séries de 30 segundos²¹. Antes do início dos testes, o dinamômetro isocinético foi calibrado e posicionado para a realização do teste. Os indivíduos foram posicionados sentados com o membro a ser testado com um suporte na região distal da coxa e a planta do pé apoiada em uma placa rígida. O eixo biológico de movimento da articulação do tornozelo foi alinhado com o eixo mecânico do dinamômetro e o Joelho foi mantido com 30° de flexão. A placa rígida permitia a amplitude de 20° de flexão plantar a partir da posição neutra do tornozelo. O indivíduo era mantido na posição por dois cintos torácicos e um pélvico e faixas de velcro sobre a porção distal da coxa e área dos metatarsos na região dorsal do pé. Eram orientados a segurar nos apoios laterais da cadeira para melhorar a estabilização.

Após posicionamento foram realizadas três repetições submáximas para familiarização com o equipamento²². Para registro dos dados, foram feitas uma série de cinco repetições na velocidade de 60°/segundo e outra de 30 repetições na 180°/segundo²³, com repouso de 10 segundos entre as séries, no modo concêntrico/ excêntrico e no modo excêntrico / concêntrico, ambos para flexão plantar e dorsiflexão. Todos os testes foram bilaterais e sempre se iniciava pelo membro inferior direito. Durante o período de execução dos testes foi realizado um encorajamento verbal padronizado e constante para que os indivíduos mantivessem o máximo de força durante as contrações²². Na velocidade de 60°/segundo foi analisado o pico de torque, definido como o torque máximo obtido na série de cinco repetições; expresso em newton-metro (Nm) e o trabalho da repetição máxima, definido como a melhor repetição da série; expresso em joule (J). Na velocidade de 180°/segundo foi analisado o trabalho total (*Total Work*), definido como a soma do trabalho muscular realizado nas 30 repetições da série; expresso em joule (J).

Análise Estatística

Os valores obtidos nos dois grupos para todas as variáveis foram expostos em planos tabulares e a normalidade destes foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Os membros não-dominantes e dominantes foram comparados por meio do teste *t* para amostras dependentes em todos os grupos com objetivo de observar possíveis diferenças entre estes. Como não foram encontradas diferenças significativas entre os membros, as análises não os discriminaram. Para a comparação, entre o grupo de triatletas e corredores com histórico de fratura por estresse de tibia (Grupo F) e o grupo de triatletas e corredores sem histórico (Grupo NF), das variáveis que apresentaram distribuição gaussiana foi utilizado o teste *t* para amostras independentes. No caso de distribuição não-normal, foi utilizado o teste não-paramétrico Mann-Whitney. A comparação entre os dois grupos quanto ao desempenho isocinético a 180 graus por segundo da contração excêntrica dos flexores plantares foi feito por meio do teste exato de Fisher. Para as análises foi utilizado o *software estatístico SPSS (Statistical Package for Social Science - Estados Unidos)* versão 15.0 para *Windows* e foi adotado valor de $p \leq 0,05$ como estatisticamente significante.

RESULTADOS

Avaliação Cinética

Na avaliação cinética a comparação das variáveis cinéticas entre o grupo fratura e não-fratura não mostrou diferenças significativas (tabela 1).

Na avaliação isocinética a comparação das variáveis isocinéticas, tanto para a velocidade de 180 graus por segundo quanto para a de 60 graus por segundo, entre o GF e GNF não mostrou diferenças significativas (tabela 2).

Da mesma forma, não foram encontradas diferenças significativas entre o GF e GNF quanto ao desempenho isocinético a 180 graus por segundo da contração excêntrica dos flexores plantares (tabela 3).

Tabela 1. Valores das médias, desvios-padrão das variáveis cinéticas da amostra de atletas e a comparação entre o Grupo Fratura (GF) e Grupo Não-Fratura (GNF).

	Grupo Fratura	Grupo Não Fratura	p
	Média (DP)	Média (DP)	
ST	0,19 (0,03)	0,20 (0,028)	0,21
$F_{Z_{Max}}$	2,78 (0,31)	2,64 (0,31)	0,068
$F_{Z_{Avg}}$	1,65 (0,15)	1,59 (0,20)	0,168
FzMD	2,56 (0,36)	2,46 (0,31)	0,168
FzMAccl.	1,94 (0,21)	1,82 (0,30)	0,088
FzMA@Time	1,77 (0,24)	1,82 (0,21)	0,339

(DP) desvio-padrão; (p) valores estatísticos obtidos na comparação dos grupos por meio do teste *t* de Student. (ST) tempo de apoio; ($F_{Z_{Max}}$) força máxima vertical; ($F_{Z_{Avg}}$) média das forças verticais; (FzMD) força vertical de desaceleração; (FzMAccl.) força vertical de aceleração; (FzMA@Time) tempo que ocorre a Força vertical de aceleração.

DISCUSSÃO

O presente estudo comparou a resistência e força isocinéticas da musculatura dorsiflexora e flexora-plantar do tornozelo e a força de reação de solo (análise cinética) de grupos de corredores de longa distância e triatletas com e sem histórico de fratura por estresse de tibia, buscando o maior entendimento da etiologia das fraturas de estresse da tibia.

A comparação das variáveis cinéticas entre o grupo fratura e não-fratura não mostrou diferenças significativas. Outros estudos, apesar de realizarem essa avaliação somente com corredores, também não encontraram diferenças. Bennel *et al.*¹⁴ não encontraram diferenças significativas entre um grupo de corredoras com histórico de fratura por estresse de tibia e um grupo sem histórico, para a força máxima ao longo do eixo vertical e forças verticais correspondentes a máxima

Tabela 2. Médias e desvios-padrão das variáveis isocinéticas na velocidade de 180 e 60 graus por segundo, no modo excêntrico-concêntrico (ECC/CO) e concêntrico-excêntrico (CO/ECC), da amostra de atletas e a comparação entre o GF e o GNf.

	Grupo Fratura	Grupo Não Fratura	p
	Média (DP)	Média (DP)	
Velocidade 180			
Modo ECC/CO			
TW CO.DF	74,13 (27,14)	66,11 (24,77)	0,182
AT CO.DF	175,00 (17,19)	184,72 (44,35)	0,501
DT CO.DF	249,58 (22,74)	240,40 (27,01)	0,137
Modo CO/ECC			
TW ECC.DF	172,29 (173,12)	171,75 (138,73)	0,988
AT ECC.DF	238,33 (69,88)	343,09 (422,29)	0,888
DT ECC.DF	180,00 (8,84)	183,24 (13,45)	0,412
A/AR	60,07 (21,07)	62,10 (22,20)	0,695
TW CO.FP	391,62 (96,13)	386,51 (102,77)	0,908
AT CO.FP	17,08 (4,64)	16,89 (4,94)	0,835
DT CO.FP	80,41 (2,04)	81,08 (3,12)	0,33
Velocidade 60			
Modo ECC/CO			
PT ECC.FP	37,76 (7,37)	35,2 (7,93)	0,182
MTW ECC.FP	7,52 (1,76)	7,15 (2,21)	0,447
PT COM.DF	35,22 (5,78)	32,85 (6,61)	0,12
MTW CON.DF	6,97 (1,23)	6,89 (1,69)	0,836
A/AR	94,60 (12,67)	94,38 (14,04)	0,944
Modo CO/ECC			
PT COM.FP	139,40 (28,93)	131,89 (22,92)	0,195
MTW CON.FP	27,27 (7,42)	26,18 (5,51)	0,513
PT ECC.DF	138,67 (29,21)	134,60 (22,23)	0,536
MTW ECC.DF	29,97 (7,71)	29,57 (6,54)	0,806
A/AR	99,79 (8,04)	102,53 (7,76)	0,14

(DP) desvio-padrão; (ECC) excêntrico; (CO) concêntrico; (FP) flexão plantar; (DF) dorsiflexão; (TW) trabalho total; (AT) tempo de aceleração; (DT) tempo de desaceleração; (PT) pico de torque (MTW) trabalho da repetição máxima; (A/AR) relação agonista/antagonista; (p) valores estatísticos obtidos na comparação dos grupos por meio do teste t de Student e teste Mann-Whitney.

Tabela 3. Frequência absoluta e relativa do desempenho da contração excêntrica dos flexores plantares na velocidade de 180 graus por segundo da amostra de atletas e a comparação entre o Grupo Fratura (GF) e o Grupo Não-Fratura (GNf).

	Grupo Fratura	Grupo Não Fratura	p
	Frequência n (%)	Frequência n (%)	
Desempenho da contração ECC.FP 180			
Satisfatório	3 (25,0%)	10 (27,0%)	1,000
Não satisfatório	9 (75%)	27 (73,0%)	

(ECC) excêntrica; (FP) flexores plantares; (p) valores estatísticos obtidos na comparação dos grupos por meio do teste Exato de Fisher.

desaceleração e aceleração, bem como para o tempo de duração destas. Milner *et al.*¹² também não mostraram diferenças significativas para força máxima ao longo do eixo vertical entre corredoras com histórico de fratura por estresse e as sem histórico. Um estudo de Crossley *et al.*¹ que avaliou 46 atletas de corrida do sexo masculino, mostrou que os atletas que haviam sofrido fratura por estresse de tibia há 1,9±1,3 anos não diferiram de atletas corredores sem fratura por estresse de tibia com relação à força máxima ao longo do eixo vertical e força vertical correspondente a máxima desaceleração e tempo de duração destas.

Em contrapartida, outros autores encontraram diferenças significativas entre um grupo de atletas com histórico de fratura por estresse de tibia e outro sem histórico. Ferber *et al.*¹³ mostraram que corredoras com histórico de fratura por estresse de tibia apresentaram maior força

máxima ao longo do eixo vertical, taxas de cargas e pico de aceleração tibial que um grupo de corredoras sem histórico de fratura por estresse. Grimston *et al.*¹⁰, observaram que corredoras com histórico de fratura por estresse (sete de tibia e três de fêmur) apresentaram força máxima ao longo do eixo vertical e força correspondente a máxima desaceleração ao longo do eixo vertical maiores do que aquelas sem histórico de fratura por estresse. Da mesma forma, Hreljac *et al.*¹¹ apesar de não especificarem a lesão de uso excessivo, mostraram que indivíduos praticantes de corrida, tanto homens como mulheres, com lesão há pelo menos três meses apresentaram maior força máxima ao longo do eixo vertical e maior força vertical correspondente a máxima desaceleração, do que indivíduos que não tiveram.

O estudo em questão se diferencia de outros citados por apresentar um número de atletas com histórico de lesão menor e por mesclar corredores de longa distância e triatletas. No entanto, a ausência de diferença significativa entre grupos fratura e não-fratura pode ter sido em função dos atletas que tiveram fratura terem passado por um processo de reabilitação adequado e assim não mostrarem alterações expressivas decorrentes da fratura por estresse de tibia. O aumento da força máximo no eixo vertical pode estar relacionada com a ocorrência de fraturas de estresse, mas possivelmente outros fatores podem estar associados como: aspectos anatômicos, fadiga, tempo e intensidade de treinamento, intervalos entre competições, condicionamento muscular e assim quando se avaliam atletas com fraturas de estresse após a consolidação, reabilitação e volta às atividades esportivas, alguns destes fatores podem ter se modificado, fazendo com que os parâmetros cinéticos sejam similares aos indivíduos sem fratura e justifiquem as discrepâncias na literatura.

A dinamometria isocinética foi feita nas velocidades de 60º/segundo (avaliar força muscular) e 180º/segundo (avaliar resistência, potência e controle neuromuscular) nos músculos dorsiflexores e flexores plantares do tornozelo, tanto para a atividade concêntrica e excêntrica.

Na comparação entre o grupo fratura e não-fratura, não se observaram diferenças significativas entre as variáveis isocinéticas, tanto para a velocidade de 180º/segundo quanto para a de 60º/segundo. Pode-se inferir destes dados que a recuperação dos com fraturas foi adequada, sem repercussão evidente na atividade muscular. Ainda que o aumento da força máxima no eixo vertical e a deficiência no desempenho dinâmico da musculatura de tornozelo sejam fatores relacionados com a ocorrência de fraturas de estresse na tibia, outros aspectos intrínsecos (demográficos, anatômicos, biomecânicos) e extrínsecos (características do treinamento e tipo de piso) não podem ser descartados.

A maioria dos estudos que compararam grupos com e sem histórico de fratura por estresse de tibia enfocou apenas aspectos biomecânicos^{12,24,25} havendo relativa escassez sobre o desempenho muscular. O estudo de Popp *et al.*¹⁵, que também analisou a força muscular em corredoras de longa distância com e sem histórico de fratura por estresse em membro inferior, usou como critério de avaliação a área de secção transversa muscular. Os resultados mostraram que o grupo com fratura progressiva apresentou área transversal menor da musculatura da perna e sugerem que a força muscular da musculatura do tornozelo é importante para a melhor absorção do impacto e prevenção da fratura por estresse. No entanto, a área de secção transversa é uma medida indireta de força muscular e há necessidade de uma avaliação mais direta e quantitativa para confirmar esses resultados.

Apesar das limitações da avaliação isocinética (posicionamento e velocidade angular), seu uso na análise de atletas é consagrado pela possibilidade de se ter dados precisos sobre o desempenho muscular²⁶. Há dificuldade para de comparar os diversos estudos isocinéticos devido às diferenças dos protocolos: número de repetições, velocidade e

tipo de contração, assim como posicionamento do indivíduo e a marca do dinamômetro²⁷. Há falta de dados na literatura sobre a contração excêntrica isocinética dos flexores e extensores de tornozelo, que foi um aspecto importante do nosso estudo e que mostrou uma menor atividade muscular nos atletas quando comparado com o controle. Esse achado pode ser importante para orientar o treinamento e preparo físico dos corredores e triatletas na prevenção da fratura de estresse e outras lesões.

Ainda que não se tenha identificado uma diferença de desempenho nos atletas com e sem fratura dos dois grupos estudados, o perfil cinético (impacto) e isocinético (atividade muscular) mostra que o treinamento da corrida, sem um adequado cuidado com a condição muscular, pode criar uma situação de risco para a ocorrência de fraturas. As duas avaliações, quando analisadas em conjunto, apontam, com clareza, para a necessidade de estabelecer programas de fortalecimento muscular específicos, para prevenção de desequilíbrios e sobrecargas, que possam causar lesões. É possível que programas de treinamento dos dorsiflexores e flexores-plantares, com objetivos específicos (força, resistência, potência com variação de amplitude de movimento e velo-

cidade), promovam melhoras da condição muscular durante a corrida, diminuindo o risco de fratura por estresse de tíbia.

O controle dos fatores extrínsecos: calçados, superfícies de treinamento e volume de treinamento, períodos de recuperação adequados e intrínsecos: correção das alterações biomecânicas e anatômicas e prevenção dos desequilíbrios musculares e sobrecargas podem diminuir o risco de fraturas por estresse na tíbia. Este estudo, ainda que limitado pela metodologia disponível e pela dificuldade de se avaliar indivíduos pré-fratura, pode ajudar no entendimento e desenvolvimento dos programas de prevenção e reabilitação da fratura por estresse de tíbia em corredores de longa distância e triatletas.

CONCLUSÃO

A comparação das variáveis cinéticas e isocinéticas entre o grupo fratura e não-fratura não mostrou diferenças significativas.

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

REFERÊNCIAS

1. Crossley K, Bennell KL, Wrigley T, Oakes BW. Ground reaction forces, bone characteristics, and tibial stress fracture in male runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(8):1088-93.
2. Collins K, Wagner M, Peterson K, Storey M. Overuse injuries in triathletes. A study of the 1986 Seafair Triathlon. *Am J Sports Med.* 1989;17(5):675-80.
3. Iwamoto J, Takeda T. Stress fractures in athletes: review of 196 cases. *J Orthop Sci.* 2003;8(3):273-8.
4. Raasch WG, Hergan DJ. Treatment of stress fractures: the fundamentals. *Clin Sports Med.* 2006;25(1):29-36.
5. Pepper M, Akuthota V, McCarty EC. The pathophysiology of stress fractures. *Clin Sports Med.* 2006;25(1):1-16.
6. Gerritsen KG, van den Bogert AJ, Nigg BM. Direct dynamics simulation of the impact phase in heel-toe running. *J Biomech.* 1995;28(6):661-8.
7. Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E. Fatigue-related loading imbalance on the shank in running: a possible factor in stress fractures. *Ann Biomed Eng.* 2000;28(4):463-9.
8. Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E. Fatigue-induced changes in decline running. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2001;16(3):207-12.
9. Christina KA, White SC, Gilchrist LA. Effect of localized muscle fatigue on vertical ground reaction forces and ankle joint motion during running. *Hum Mov Sci.* 2001;20(3):257-76.
10. Grimston SK, Engsberg JR, Kloiber R, Hanley DA. Bone mass, external loads and stress fractures in female runners. *Int J Sports Biomech.* 1991;7:293-302.
11. Hreljac A, Marshall RN, Hume PA. Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9):1635-41.
12. Milner CE, Ferber R, Pollard CD, Hamill J, Davis IS. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(2):323-8.
13. Ferber R, McClay-Davis I, Hamill J, Pollard CD, Mckeown KA. Kinetic variables in subjects with previous lower extremity stress fractures. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(5):S5.
14. Bennell K, Crossley K, Jayarajan J, Walton E, Warden S, Kiss ZS, et al. Ground reaction forces and bone parameters in females with tibial stress fracture. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(3):397-404.
15. Popp KL, Hughes JM, Smock AJ, Novotny SA, Stovitz SD, Koehler SM, et al. Bone geometry, strength, and muscle size in runners with a history of stress fracture. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(12):2145-50.
16. Dvir Z. Equipamento, parâmetros de teste e resultados em testes. In: Dvir Z, editor. *Isocinética Avaliações musculares, interpretações e aplicações clínicas.* São Paulo: Manole; 2002, p. 799-802.
17. Dixon SJ, Creaby MW, Allsopp AJ. Comparison of static and dynamic biomechanical measures in military recruits with and without a history of third metatarsal stress fracture. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(4):412-9.
18. Bates BT, Dufek JS, Davis HP. The effect of trial size on statistical power. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(9):1059-65.
19. Dickinson JA, Cook SD, Leinhardt TM. The measurement of shock waves following heel strike while running. *J Biomech.* 1985;18(6):415-22.
20. Pincivero DM, Gandaio CM, Ito Y. Gender-specific knee extensor torque, flexor torque, and muscle fatigue responses during maximal effort contractions. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(2):134-41.
21. Horstmann T, Mayer F, Maschmann J, Niess A, Roecker K, Dickhuth HH. Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(5):791-5.
22. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexor-extensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1224-30.
23. McCrory JL, Martin DF, Lowery RB, Cannon DW, Curl WW, Read HM Jr, et al. Etiologic factors associated with Achilles tendinitis in runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(10):1374-81.
24. Milner CE, Hamill J, Davis I. Are knee mechanics during early stance related to tibial stress fracture in runners? *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2007;22(6):697-703.
25. Pohl MB, Mullineaux DR, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Biomechanical predictors of retrospective tibial stress fractures in runners. *J Biomech.* 2008;41(6):1160-5.
26. Fonseca ST, Ocarino JM, Silva PLP, Bricio RSB, Costa CA, Wanner LL. Caracterização da performance muscular em atletas profissionais de futebol. *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13(3):143-7.
27. Luna NM, Alonso AC, Brech GC, Mochizuki L, Nakano EY, Greve JM. Isokinetic analysis of ankle and ground reaction forces in runners and ground reaction forces in runners and triathletes. *Clinics* 2012; 67(9):1023-1028.