

DINÂMICA DO APOIO EM CORREDORES VETERANOS COM RELAÇÃO AO INCREMENTO DA VELOCIDADE E DA FADIGA



ARTIGO ORIGINAL

FOOT STRIKE PATTERNS IN VETERAN RUNNERS WITH RESPECT TO THE INCREASE OF THE SPEED AND FATIGUE

DINÁMICA DE APOYO EN CORREDORES VETERANOS CON RELACIÓN AL INCREMENTO DE LA VELOCIDAD Y DE LA FATIGA

Jesús Salas Sánchez¹
(Educador Físico)

Pedro Ángel Latorre Román²
(Educador Físico)

María Aparecida Santos e Campos²
(Educadora Física)

Víctor Manuel Soto Hermoso³
(Educador Físico)

1. Universidad Autónoma de Chile.
2. Universidad de Jaén, Espanha.
3. Universidad de Granada, Espanha.

Correspondência:

María Aparecida Santos e Campos.
Calle Fuente Del Alamillo 3 puerta
2 1º D, Jaén, 23006, España.
salas644@hotmail.com

RESUMO

Introdução: Nas últimas décadas, o número de participantes nas corridas populares de resistência tem aumentado, especialmente, dos atletas da categoria de veteranos (acima de 35 anos), assim como o número de provas organizadas. **Objetivo:** Analisar a dinâmica de apoio na corrida do atleta veterano com relação ao incremento da velocidade e da fadiga. **Métodos:** Participaram 43 atletas, 40 homens (média de idade: $41,3 \pm 1,10$ anos) e 3 mulheres (média de idade $44,3 \pm 3,17$ anos). Depois do aquecimento, foram realizados três protocolos de corrida: confortável, ritmo de competição e ritmo de competição até o incremento dos valores da escala de Borg, escolhidos livremente por cada atleta. A dinâmica do apoio (superfície de contato, rotação lateral e inclinação do pé) e sua sequência temporal foram analisadas em vídeo de alta velocidade. **Resultados:** Do total, 84,5% dos atletas apresentaram apoio atrasado, com incremento correspondente ao aumento da velocidade e da fadiga na corrida. Dos atletas, 52,7% apresentaram rotação externa leve e 69% apresentaram inclinação lateral leve. Não foi encontrada relação entre atletas lesionados ou não nem entre a dinâmica de apoio nos três tipos de corrida. O tempo de contato na fase de amortecimento foi superior no apoio atrasado com relação ao resto dos tipos de passadas na corrida confortável e no ritmo de competição. **Conclusão:** As descobertas deste estudo podem ser importantes para o desenho de tênis esportivos e para aportar informações sobre a relação entre o padrão da passada do corredor veterano e o risco de lesões.

Palavras-chave: atletas, corrida, lesões em atletas.

ABSTRACT

Introduction: In the last few decades the number of participants in the popular endurance races has increased, especially for athletes in the category of veterans (over 35 years), as well as the number of organized events. **Objective:** To analyze the foot strike patterns in veteran runners with respect to an increase of speed and fatigue. **Methods:** Participation of 43 athletes, 40 men (mean age: 41.3 ± 1.10 years old) and 3 women (mean age: 44.3 ± 3.17 years old). After warm-up, three running protocols were performed: comfortable pace, competition pace and competition pace until the increase two values of the Borg scale, freely chosen by each athlete. Foot strike patterns (contact surface, lateral rotation and tilting of the foot) and a time sequence were analyzed by high-speed video. **Results:** 84.5% of the athletes had rearfoot, increasing with the speed and fatigue. Among 52.7% of the athletes had mild external rotation and 69% had mild lateral tilt. No relationship was found between athletes, either with or without lesions in the foot strike patterns on the three race protocols. The contact time was higher in rearfoot regarding the rest of the types of foot strike patterns in comfortable running and competition pace. **Conclusion:** The findings of this study may be relevant for the design of athletic shoes and contribute information on the relationship between the foot strike patterns of the veteran runner and the risk of injuries.

Keywords: athletes, running, athletic injuries.

RESUMEN

Introducción: En las últimas décadas, el número de participantes en las carreras populares de resistencia ha aumentado, especialmente, de los atletas de la categoría de veteranos (más de 35 años), así como el número de pruebas organizadas. **Objetivo:** Analizar la dinámica de apoyo en la carrera del atleta veterano con relación al incremento de la velocidad y de la fatiga. **Métodos:** Participaron 43 atletas, 40 hombres (promedio de edad: $41,3 \pm 1,10$ años) y 3 mujeres (promedio de edad $44,3 \pm 3,17$ años). Después del calentamiento, fueron realizados tres protocolos de carrera: confortable, ritmo de competición y ritmo de competición hasta el incremento de los valores de la escala de Borg, escogidos libremente por cada atleta. La dinámica de apoyo (superficie de contacto, rotación lateral e inclinación del pie) y su secuencia temporal fueron analizados en vídeo de alta velocidad. **Resultados:** Del total, 84,5% de los atletas presentaron apoyo atrasado, con incremento correspondiente al aumento de la velocidad y de la fatiga en la carrera. De los atletas, 52,7% presentaron rotación externa leve y 69% presentaron inclinación lateral leve. No fue encontrada relación entre atletas lesionados o no ni entre la dinámica de apoyo en los tres tipos

de carrera. El tiempo de contacto en la fase de amortiguación fue superior en el apoyo atrasado con relación al resto de los tipos de pasos en la carrera confortable y en el ritmo de competición. Conclusión: Los descubrimientos de este estudio pueden ser importantes para el diseño de zapatos deportivos y para aportar informaciones sobre la relación entre el estándar del paso del corredor veterano y el riesgo de lesiones.

Palabras clave: atletas, carrera, lesiones en atletas.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o número de participantes nas corridas populares de resistência tem aumentado, especialmente na categoria de atletas veteranos (acima de 35 anos), bem como o número de provas organizadas. A corrida Internacional de *San Antón*, em Jaén, Espanha, teve, durante a edição de 2011, um total de 3.900 atletas corredores, 50,5% eram veteranos, sendo 43,15% homens e 6,89% mulheres.

No atleta veterano, à medida que a idade avança, uma das consequências mais indesejadas é o risco de sofrer uma lesão musculoesquelética não intencional do exercício físico. Os atletas, jovens ou veteranos, parecem ter um maior risco ao aparecimento de tais lesões do que o restante da população¹, as quais podem ser determinadas por fatores internos (intrínsecos) relacionado com o atleta, ou externos (extrínsecos) relacionados com o ambiente².

Aproximadamente 69% das lesões crônicas nos corredores estão relacionadas à alta quilometragem do treinamento, ao aumento rápido da distância, da intensidade, a treinamentos em superfícies irregulares, à instabilidade do terreno de treino³, e a certas variações anatômicas como: pronação e inversão do pé, que relacionam-se com lesões específicas. No entanto, as modificações nos calçados esportivos, não reduziram as incidências destas lesões nos corredores⁴.

Deste modo, apesar da alta tecnologia aplicada aos tênis esportivos para corredores, eles continuam sofrendo ferimentos. Neste sentido, Fields *et al.*⁵ enfatizam que nas carreiras de corredores de resistência a taxa de lesões se mantém relativamente constante. Durante os últimos 30 anos, tanto os corredores daquela época quanto os atuais, continuam apresentando lesões.

Esse quadro pode estar relacionado à dinâmica do contato do pé com o solo. Geralmente, são definidas três categorias de superfícies de contato (SC) mais frequente nos corredores de fundo^{4,6-8}: (1) retopé no qual o contato inicial se realiza no calcanhar ou parte posterior do pé; (2) médio, no qual o calcanhar e a planta do pé fazem o contato quase que simultaneamente (3) adiantado, em que o contato inicial é feito na parte da frente do pé. O padrão da SC depende, de certa forma, das seguintes variáveis: velocidade (V), superfície, calçado e fadiga⁶. A corrida com apoio do metatarso parece ser uma característica da evolução humana⁶. Nas altas velocidades e entre os corredores descalços ou com calçados minimalistas, o apoio adiantado parece ser o mais comum^{4,6,9}.

Aproximadamente 80% dos corredores calçados apresentam uma SC atrasada¹⁰. Lieberman *et al.*⁹ observam que os corredores descalços com apoio adiantado apresentam uma força de impacto três vezes menor do que os corredores calçados com apoio atrasado. É plausível que os corredores com apoio atrasado, com o aumento das cargas de impacto, possam ter um maior risco de desenvolver lesões. A modificação de apoio atrasado para adiantado pode reduzir a dor patelo-femural¹¹, e a dor associada à síndrome compartimental crônica do esforço¹² com a redução de impactos é provável que provoque uma diminuição global do risco de lesões e neste sentido, seria interessante a adoção de uma SC plana o adiantada¹³. Aliás, correr descalço com apoio adiantado reduz o tempo de apoio e o tempo de voo, há um menor pico de força, maior

impulso de freado e de impulso, além de uma maior pré-ativação dos músculos do tríceps sural do que quando se está calçado¹⁴. De qualquer forma, faltam evidências científicas que afirmem que as taxas de lesões e de rendimento na corrida se incrementam quando a corrida é praticada descalça ou com calçados minimalistas³. Por outro lado, diversos estudos documentaram a marcha assimétrica dos corredores, sobre tudo, no que se relaciona ao risco de lesões^{7,15}.

O objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da SC e sequência temporal na corrida de atletas veteranos e sua evolução em relação a velocidade e a fadiga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram do estudo 43 atletas, sendo 40 homens (idade = $41,3 \pm 1,10$ anos) e 3 mulheres (idade = $44,3 \pm 3,17$ anos). Esta é uma amostra não probabilística de conveniência dos clubes esportivos pertencentes às províncias de *Jaén* e *Granada* (Espanha). Depois de receber detalhes do estudo, cada participante assinou um consentimento declarando que cumpre com as normas éticas da Declaração de Helsinque da Associação Médica Mundial. Entre os critérios de inclusão levados em conta estavam: pertencer à categoria veterana, de acordo com os critérios da Real Federação Espanhola de Atletismo (a partir dos 35 anos); ter 2 ou mais anos de experiência na prática de corrida de fundo; não ter nenhuma doença cognitiva nem incapacidade intelectual; não haver padecido de nenhuma lesão nos últimos 3 meses; estar em treinamento. Os atletas que haviam se afastado da prática esportiva por um período superior a 7 dias foram excluídos.

Para realizar a análise de observação e tempo de apoio, foram empregadas quatro câmaras *Dalsa Genier* HM 1024. Estas câmaras incorporam um sensor CMOS desenhado por *DALSA* que permite trabalhar a 100 imagens por segundo com uma resolução de 1024 x 768 *pixels*. A dinâmica de apoio foi analisada em fotogramétrica 2D com o programa *virtual-Dub-1.9.11* e *videoSpeed v1.37* (Universidad de Granada). As corridas foram realizadas em uma esteira rolante *BH Prisma M80*. A altura (cm) e o peso (kg) foram medidos por um estadiômetro e uma balança *Seca 222* e *634* respectivamente, Hamburgo, Alemanha. A frequência cardíaca (Fc) foi analisada mediante um pulsômetro *Garmin Forerunner 305*. A percepção do esforço (RPE) foi avaliada com a escala de Borg (1982)¹⁶ na qual se estabelece subíndice 16, itens de 6 a 20 graus de menor à máxima intensidade.

A fim de facilitar a observação sistemática, alguns instrumentos foram concebidos *ad hoc* com observação representada por imagens, exemplos da dinâmica de apoio dos corredores em relação com a SC, a rotação vertical (ROT) e a rotação ou inclinação anteroposterior (BA) do pé. Foi diferenciada a SC em atrasada, plana e adiantada. A ROT em rotação interna, externa muito intensa, externa média, externa leve e alinhada. A BA se categorizou em inclinação medial, lateral intensa, lateral leve e centrada (figura 1).

Também foram analisados os distintos tempos nas fases de apoio e voo. Tempo de amortização: desde o início do apoio até a elevação do tornozelo; tempo de impulso: desde a fase de elevação do

calcanhar até o final do apoio, e tempo de voo: tempo sem contato dos pés com o solo.

Em um questionário feito *ad hoc*, foram utilizados os dados sociodemográficos nos quais houve a inclusão do número de lesões padecidas nos últimos três anos (tabela 1).

Os atletas foram citados individualmente no laboratório de ergonomia da empresa "Ergonomía Sole" e foram instruídos a evitar exer-

cícios extenuantes 72 horas antes do protocolo de análise da corrida. Inicialmente, foram registrados o peso, altura e as variáveis sociodemográficas. Posteriormente, os atletas realizaram um aquecimento de 5 minutos de alongamento e técnicas de corrida. Logo em uma esteira rolante foi solicitado aos atletas que realizassem 3 protocolos de corrida eleitos livremente, ao qual se ajustou a velocidade da esteira de acordo com cada atleta: (1) 1.5 minutos de corrida confortável (CC); (2) 2.5 minutos de corrida em ritmo de competição (CRC); (3) Foi mantida a velocidade de corrida em ritmo competição até que se produziu um incremento na fadiga em duas unidades RPE (CRCFA - corrida em ritmo competição com fadiga acumulada). A execução das corridas foi gravada com quatro câmaras dispostas em forma de círculo. Para o cálculo da confiabilidade intraobservador, dois meses depois (pós) da primeira observação (pré), as observações com uma amostra aleatória de 25 sujeitos foram realizadas novamente.

Análise estatística

Os dados deste estudo foram encontrados usando o programa SPSS. V.19.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, EUA). O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. Os resultados são mostrados nas estatísticas descritivas de frequência, porcentagens, médias e desvios-padrão. Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal dos dados contínuos. A análise temporal foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA). A comparação de dados entre as repetições foi realizada mediante a análise ANOVA de medidas repetidas para dados contínuos, não paramétrico de Friedman e Wilcoxon contraste para esses dados ordinais, e Q de Cochran para variáveis dicotômicas. Para a análise da confiabilidade intraobservador foi utilizado índice Kappa de Cohen.

RESULTADOS

Em relação às variáveis sociodemográficas dos participantes, se destacou que 74,4% dos atletas não estão federados e 62,8% não tem treinador. Os anos de treinamento são $7,20 \pm 6,31$. O índice de massa corporal (IMC) = $23,83 \pm 1,97$ Kg/m² e qualifica estes atletas na categoria de normopeso. Registrou-se uma média de $1,64 \pm 0,98$ lesões nos últimos três anos, 37,2% dos atletas não haviam sofrido nenhuma lesão e 62,8% haviam sofrido lesão.

Os índices de concordância Kappa de Cohen para as observações pré e pós das categorias de observação foram: 0,685 $p < 0,001$ para a SC, 0,653 ($p < 0,001$) para ROT e 0,754 ($p < 0,001$) para BA.

Há um aumento significativo ($p < 0,001$) do RPE e a Fc a medida que se incrementa a velocidade e a duração da corrida (maior fadiga) (tabela 2).

Em relação a SC existe uma tendência ($p = 0,027$) ao apoio atrasado com o incremento da velocidade e a fadiga (entre CC y CRCFA) (figura 2 e tabela 3). Não foram observadas alterações significativas na ROT y BA entre os três tipos de corridas (figura 3 e 4). No total de todas as corridas, 84,5% dos atletas deste estudo apresentaram apoios atrasados, 15,5% realizam apoios planos e adiantados e, 52,7% dos atletas apresentam um apoio com rotação externa leve e 69% inclinação lateral leve nas três corridas.

Em relação a assimetria dos pés, podemos comprovar que existe uma tendência ao incremento da assimetria em relação a ROT ($p = 0,084$) com o acréscimo da velocidade e fadiga (figura 5).

Não foram apresentadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre atletas lesionados ou não lesionados com relação à dinâmica de apoio (SC, ROT, BA) e assimetria de pés em três tipos de corridas.

A tabela 4 mostra a sequência temporal dos três tipos de corridas executados em relação SC. Se destaca um incremento do tempo de amortização (TA) na CC e CRC conforme o apoio se torna atrasado.

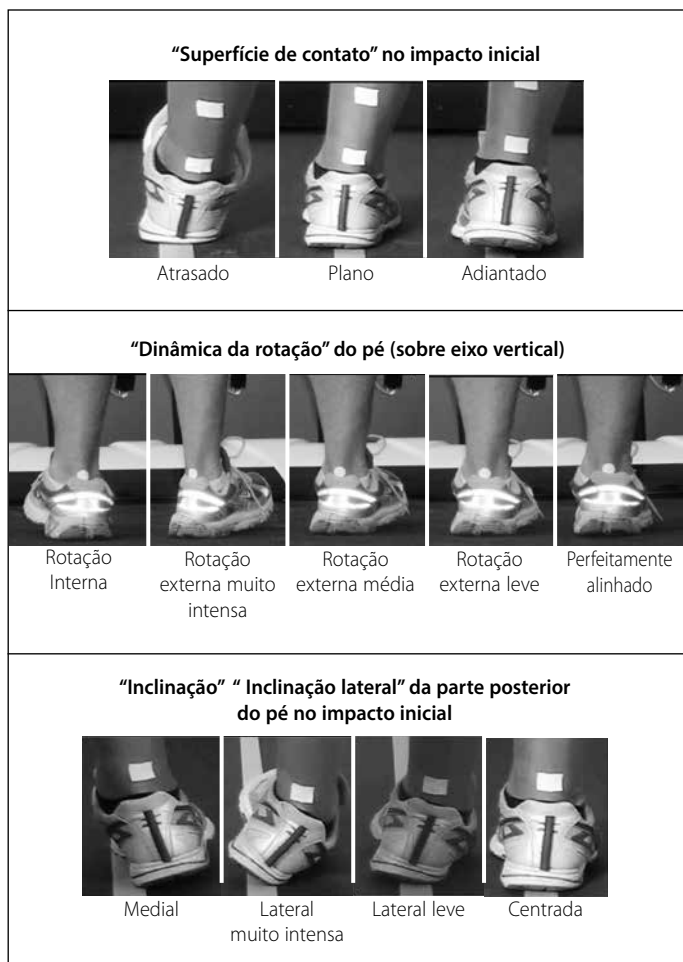


Figura 1. Dinâmica do apoio em corredores.

Tabela 1. Variáveis sociodemográficas.

Estudos (%)	Estudos Primários	18,6
	Estudos Secundários	37,2
	Estudios Universitarios	44,2
Estão federados (%)	Sim	25,6
	Não	74,4
Tem treinador (%)	Sim	37,2
	Não	62,8
Sessões de treinamento semanais (%)	Hasta 4 sessões semanais	48,8
	Mais de 4 sessões semanais	51,2
Anos de treinamento Média (DT)		7,20 (6,31)
IMC(kg/m ²) Média (DT)		23,83 (1,97)
Lesiones Média (DT)		1,64 (0,98)

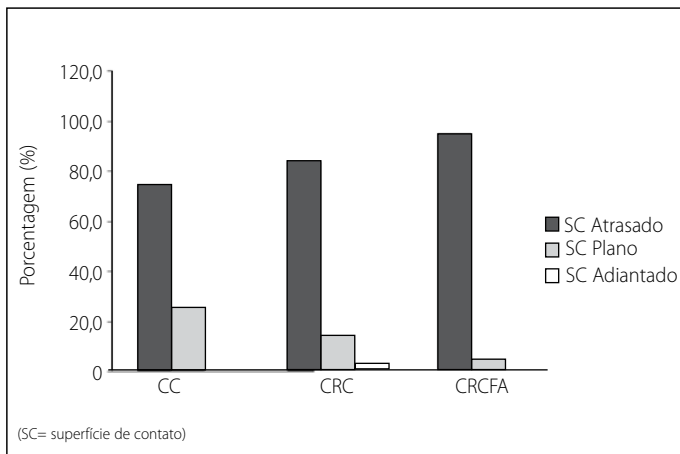


Figura 2. Superfície de contato em relação aos três tipos de corridas.

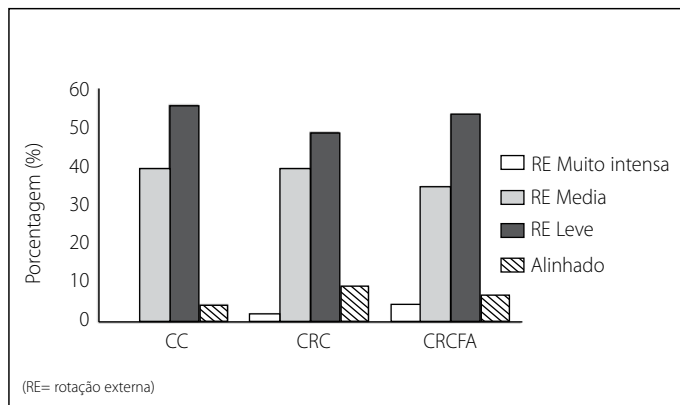


Figura 3. Rotação relacionada aos três tipos de corridas.

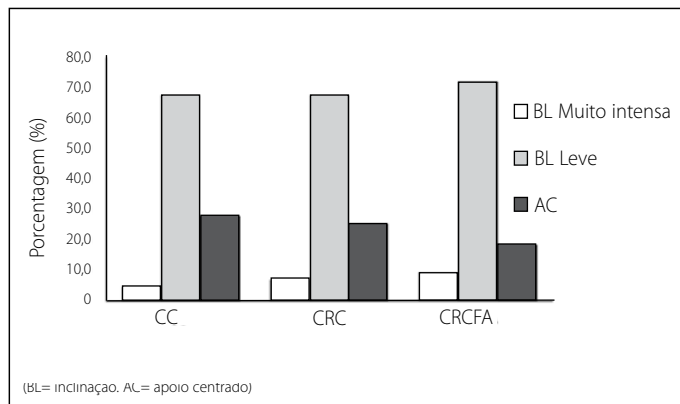


Figura 4. Inclinação relacionada aos três tipos de corridas.

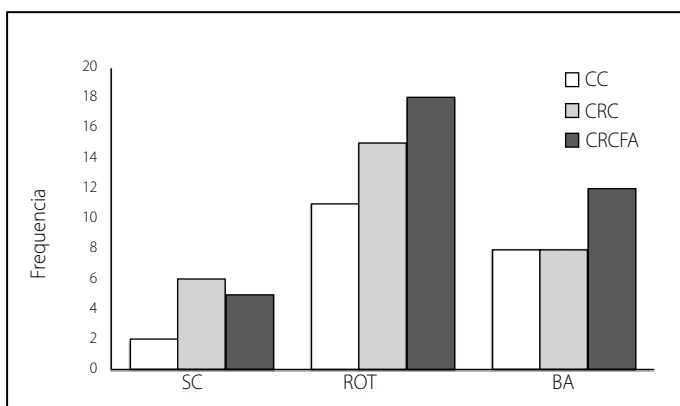


Figura 5. Assimetria da dinâmica de apoio em relação aos três tipos de corridas.

Tabela 2. Velocidade, RPE e Fc dos tres tipos de corridas.

	CC	CRC	CRCFA	p
Velocidade (km/h)	10,23 (0,95)	13,73 (1,34)	13,73 (1,34)	<0,001
RPE (6-20)	10,55 (1,00)	13,69 (0,70)	16,11 (0,79)	<0,001
Fc (pulxmin)	139,58 (12,94)	159,32 (10,87)	167,13 (10,40)	<0,001

CC (corrida confortável). CRC (corrida ritmo de competição). CRCFA (carrera ritmo competição com fadiga acumulada).

Tabela 3. Evolução dos parâmetros observacionais nos tres tipos de corridas.

	CC	CRC	CRCFA	p
SC	1,26 (0,44)	1,18 (0,45)	1,10 (0,25)	0,027
ROT	3,76 (0,56)	3,81 (0,65)	3,82 (0,67)	NS
BA	3,23 (0,52)	3,27 (0,52)	3,23 (0,48)	NS

NS: não significativo. CC (corrida confortável). CRC (corrida ritmo de competição). CRCFA (carrera ritmo competição com fadiga acumulada).

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam que o apoio atrasado, com rotação externa leve e ligeira inclinação lateral leve, é a execução dinâmica mais comum do atleta veterano, independentemente da raça. Apresentado uma tendência de SC atrasada e a assimetria dos pés em relação ao ROT a medida que aumenta a velocidade crescente e a fadiga da corrida.

A tendência da SC muito atrasada com a fadiga está em consonância com o estudo de Lason *et al.*⁷ entretanto, este aumento associado à velocidade de corrida não corresponde aos dados de Hasegawa *et al.*¹⁰ que informam um aumento de apoio plano nos atletas mais velozes.

Dos atletas deste estudo, 84,5% tem apoio atrasado na soma das três corridas, 15,5% tem apoios planos e adiantados. Dados semelhantes aos de Hamil¹⁷ que projeta valores de 75% a 80% de apoios atrasados e de outros estudos^{7,10}, que destacam que este tipo de SC é a mais habitual em atletas de corrida de fundo recreativas aportando porcentagem de apoio atrasado entre 93% - 74,9% e 87,8 % respectivamente. Ainda que inferiores aos dados de Daoud *et al.*⁶ que informada presença deste tipo de apoio em 59% dos corredores. Alguns estudos⁵ assinalam que os atletas universitários que possuem apoio atrasado apresentam o dobro de lesões por esforço repetitivo em comparação aos que se apoiam no metatarso.

Os modernos calçados de corrida podem ser perigosos porque propiciam uma aterrissagem de calcanhar no solo que produz um impacto muito maior que a aterrissagem com a parte dianteira dos pés. Além disso, a magnitude da força vertical máxima durante o período de impacto é aproximadamente três vezes menor nos corredores descalços que aterrissam de antepé do que nos corredores que habitualmente aterrissam de calcanhar⁹. Os tênis para corridas podem debilitar os músculos do pé e a força do arco através da dependência de suportes este e solas rígidas e, que esta mesma debilidade pode contribuir para a pronação excessiva e a facis plantar. Enquanto isso, corredores que correm descalços ou com calçados minimalistas evitam aterrissagens posteriores do pé e os impactos fortalecem os músculos do pé e com isso podem evitar lesões⁹.

Neste sentido Daoud *et al.*⁶, indicam que os corredores que habitualmente apoiam atrasados tem aproximadamente o dobro da taxa de lesões por esforços repetitivos em relação aos indivíduos que apoiam com a parte dianteira do pé. E a causa destas diferenças se deve a ausência de um pico forte de impacto na força de reação solo durante o apoio do antepé.

O 52,7% dos atletas nas três corridas apresentam um apoio com

Tabela 4. Sequência de tempo nos três tipos de corrida em relação ao SC.

	CC			CRC			CRCFA		
	TA	TI	TV	TA	TI	TV	TA	TI	TV
SC retrasado (s)	0,167 (0,01)	0,122 (0,01)	0,072 (0,03)	0,142 (0,02)	0,105 (0,01)	0,090 (0,02)	0,142 (0,02)	0,106 (0,01)	0,088 (0,02)
SC plano (s)	0,140 (0,01)	0,130 (0,01)	0,076 (0,03)	0,126 (0,01)	0,107 (0,01)	0,103 (0,03)	0,127 (0,00)	0,105 (0,00)	0,122 (0,02)
SC adiantado (s)	-	-	-	0,107	0,102	0,110	-	-	-
p	<0,001	NS	NS	0,043	NS	NS	NS	NS	NS

NS: não significativo. TA: tempo de amortização. TI: tempo de impulso. TV: tempo de voo. SC= superfície de contato. CC (corrida confortável). CRC (corrida ritmo de competição). CRCFA (carrera ritmo competição com fadiga acumulada).

rotação externa leve e 69% uma inclinação lateral leve, não sendo fatores graves de desalinhamento.

Por outro lado, Hasegawa *et al.*¹⁰ indicam que o tempo de contato é maior nos apoios atrasados que nos planos e adiantados. Neste sentido este estudo destaca que o tempo de contato na fase de amortização é superior no apoio atrasado em relação ao resto de tipos de pisada na CC e CRC.

Em recente revisão Lorenz e Pontillo¹⁸ observaram que há dados suficientes para afirmar que os corredores devem utilizar um padrão de SC adiantada no lugar de um atrasada para reduzir as forças de reação do solo o tempo de contato com a superfície e a duração do passo.

Se há um efeito positivo ou negativo sobre a lesão ainda não se determinou. Sem lugar a dúvidas se necessita mais investigação antes de tirar conclusões definitivas a respeito.

CONCLUSÃO

O estudo da dinâmica de apoio na corrida do atleta veterano pode ser um aspecto interessante no desenho de calçados especializados para esta população. Ainda que futuras investigações com amostras amplas devessem estabelecer de maneira precisa a relação entre a dinâmica de apoio na corrida de resistência do atleta veterano e a incidência de lesões, assim como determinar se o emprego do calçado esportivo atual pode ser um elemento de risco.

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

REFERÊNCIAS

- Alvero JR. Lesiones deportivas en competición en atletas veteranos. *Apunts Medicina de l'esport*. 2008;43:113-7.
- Osorio JA, Clavijo MP, Arango E, Patiño S, Gallego IC. Lesiones deportivas. *Latreia*. 2007;20:167-77.
- Lohman EB, Balan Sackiriyas KS, Swen RW. A comparison of the spatiotemporal parameters, kinematics and biomechanics between shod, unshod and minimally supported running as compared to walking. *Phys Ther Sport*. 2011; 12(4):151-63.
- Rixe JA, Gallo RA, Silvis ML. The Barefoot Debate: Can Minimalist Shoes Reduce Running-Related Injuries?. *Curr Sports Med Rep*. 2012;11(3):160-5.
- Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(3):176-82.
- Daoud AI, Geissler GJ, Wang F, Saretzky J, Daoud YA, Lieberman DE. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(7):1325-34.
- Larson P, Higgins E, Kaminski J, Decker T, Preble J, Lyons D, et al. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. *J Sports Sci*. 2011;29(15):1665-73.
- Latorre PA. Análisis de los parámetros biomecánicos de la economía de carrera en atletas de fondo a velocidades competitivas. Tesis Doctoral. Jaén: Universidad de Granada. Servicio de publicaciones de la Universidad de Jaén; 2003.
- Lieberman DE, Vankadesan M, Werbel WA, Daoud AI, D'Andrea S, Davis IS, et al. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature*. 2010;463:531-5.
- Hasegawa H, Yamauchi T, Kraemer WJ. Foot strike patterns of runners at the 15-km point during an elite-level half marathon. *J Strength Cond Res*. 2007;21(3):888-93.
- Cheung RT, Davis IS. Landing pattern modification to improve patellofemoral pain in runners: a case series. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(12):914-9.
- Diebal AR, Gregory R, Alitz C, Gerber JP. Forefoot running improves pain and disability associated with chronic exertional compartment syndrome. *Am J Sports Med*. 2012;40(5):1060-7.
- Davis I, Bowser B, Mullineau D. Do Impacts Cause Running Injuries? A Prospective Investigation. Presented at the American Society of Biomechanics Mtg, Providence, RI, August, 2010.
- Divert C, Mornieux G, Baur H, Mayer F, Belli A. Mechanical comparison of barefoot and shod running. *Int J Sports Med*. 2005;26:593-8.
- Zifchock RA, Davis I, Hamill J. Kinetic asymmetry in female runners with and without retrospective tibial stress fractures. *J Biomech*. 2006;39:2792-7.
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc*. 1982; 14: 377-381.
- Hamill J. Rearfoot and forefoot footfall patterns: implications for barefoot running. *J Foot Ankle Res*. 2012;5(Suppl 1):K1.
- Lorenz DS, Pontillo M. Is there evidence to support a forefoot strike pattern in barefoot runners? A review. *Sports Health*. 2012;4:480.