UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre as características
biomecânicas da corrida.

Carlos Alberto Cardoso Filho

São Paulo

2019

CARLOS ALBERTO CARDOSO FILHO

Efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre as características biomecânicas da corrida.

Dissertação de Mestrado apresentado à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Biodinâmica do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão

São Paulo

2019

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Cardoso Filho, Carlos Alberto

Efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre as características biomecânicas da corrida / Carlos Alberto Cardoso Filho. – São Paulo : [s.n.], 2019.
90p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
Orientador: Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão

1. Locomoção 2. Força 3. Eletromiografia 4. Desempenho Esportivo I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: CARDOSO FILHO, Carlos Alberto

Título: Efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre as características biomecânicos da corrida.

Dissertação de Mestrado apresentado à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Neste momento, deixo meu agradecimento às pessoas importantes que participaram de forma direta, ou indireta, da elaboração deste documento.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais Carlos Alberto Cardoso e Dineia Mendes de Araújo Cardoso e ao meu irmão Carlos Eduardo M. A. Cardoso, por todo o apoio, carinho e amor que tem por mim. Agradeço também à minha namorada e companheira, Márjorie Piedade, uma pessoa que sempre me incentiva e que está comigo em todos os momentos. Obrigado pelos conselhos, pelo apoio e por ser meu porto seguro. Agradeço pela compreensão de vocês nos momentos em que tive que me ausentar para me dedicar à realização deste trabalho. Amo vocês!

Agradeço ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Júlio Cerca Serrão, a quem devo boa parte de meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço, sobretudo, pelos conselhos, pelas críticas construtivas, pela paciência e por toda a confiança depositada em mim. Seus ensinamentos vão além dos conteúdos curriculares e acadêmicos. Meu mais sincero, muito obrigado!

Agradeço de forma especial aos colegas que auxiliaram e se envolveram de forma direta com as sessões de coleta, ou na etapa de tratamento dos dados: Jaqueline Albuquerque, Matheus Graciano, Wilson Lima, Pedro Lanza, Maura Arruda, Andre Rojz, Kairo Lorrán, Renan Antunes, Rodrigo Maciel, João Pinho e Márcio Goethel. Sem a ajuda e disponibilidade de vocês, a concretização deste projeto não teria sido possível!

Agradeço ao Prof. Dr. Alberto Carlos Amadio e ao Prof. Dr. Luís Mochizuki, por toda a disponibilidade que sempre tiveram em me atender. Cada conversa com vocês é uma grande oportunidade de se aprender sobre biomecânica.

Sou grato também aos colegas e amigos do Laboratório de Biomecânica, João Claudino, Pedro Sampaio, João Pinho, Rodrigo Maciel, Ana Azevedo, Wilson Lima, Eduardo Borges, Rafael Soncin, Thiago Teruya, Bruno Mezêncio e Larissa Avilarino. Pude aprender muito com cada um de vocês ao longo desta importante etapa de minha formação. A contribuição de vocês, seja de forma direta ou indireta, foram fundamentais para meu aprendizado

Agradeço ao Prof. Dr. Abdallah Achour Junior e ao Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz pelas significativas contribuições com o trabalho.

Destaco um agradecimento a todos os voluntários que se disponibilizaram a participar deste projeto, afim de contribuir com o avanço da produção científica.

Agradeço a todo corpo docente da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo pelo conhecimento transmitido durante os três anos de curso, e a todos os funcionários desta instituição, que nunca mediram esforços para prontamente auxiliar no que fosse preciso.

Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo financiamento de toda esta pesquisa.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

CARDOSO FILHO, C.A. **Efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre as características biomecânicas da corrida.** 2019. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2019.

A prática do alongamento muscular é comum durante as rotinas de aquecimento para a corrida, com a crença de que tal atividade pode prevenir lesões e/ou melhorar o desempenho. Evidências experimentais indicaram que de forma aguda o alongamento estático pode prejudicar, melhorar ou não influenciar no desempenho de corridas de longas distâncias. Da mesma forma, evidenciou-se que o alongamento dinâmico pode melhorar ou não interferir no desempenho da corrida subsequente. No entanto, são escassos os dados relacionados à biomecânica da corrida em função destes estímulos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de dimensionar os efeitos agudos do alongamento estático e do alongamento dinâmico sobre as variáveis biomecânicas da corrida relacionadas ao desempenho e à sobrecarga mecânica externa. 32 corredores amadores participaram do estudo (20 homens e 12 mulheres; $31,5 \pm 4,9$ anos; $1,7 \pm 0,1$ metros; $68 \pm 10,8$ kg). Os corredores participaram de três sessões experimentais para a avaliação biomecânica durante 15 minutos de corrida em esteira numa velocidade constante. A velocidade de corrida foi individualizada e correspondente à velocidade média da última prova de 10 km de cada participante. Foram feitas aquisições do comportamento da força de reação do solo no eixo vertical (esteira Mercury® Med, H/P/Cosmos Sports & Medical GMB) e da atividade muscular (TeleMyoDTS) do reto femoral, do vasto lateral, do bíceps femoral, do gastrocnêmio lateral e do tibial anterior, bem como de parâmetros espaço temporais como o tempo de apoio, a frequência e o comprimento de passos, em quatro momentos distintos: momento 1- entre 0 e 1 minuto de corrida, momento 2 - entre 4 e 5 minutos de corrida, momento 3 - entre 9 e 10 minutos de corrida e momento 4 - entre 14 e 15 minutos de corrida. Em cada sessão de avaliação, os voluntários foram submetidos a um protocolo de exercícios de alongamento distinto, sendo eles: alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores. Em cada um dos dias, foram executados 5 exercícios distintos, com um volume total de estímulo de 60 segundos para cada grupamento muscular. Os resultados não evidenciaram influência significativa do alongamento estático ou do alongamento dinâmico sobre as variáveis biomecânicas da corrida avaliadas neste estudo. Observou-se somente efeitos principais de momento, evidenciando uma diminuição no primeiro pico da força de reação do solo no momento 4 em comparação com o momento 2 ($p = 0,011$), um aumento no comprimento e uma diminuição na frequência de passos ($p < 0,05$) nos momentos 3 e 4, e uma menor intensidade de atividade muscular do bíceps femoral e do gastrocnêmio lateral na fase de apoio a partir do momento 2 ($p < 0,05$), independentemente do tipo de exercício de alongamento utilizado. Com base nestes resultados é possível concluir que a utilização de até 60 segundos de alongamento, estático ou dinâmico, para os membros inferiores não foi capaz de influenciar significativamente o comportamento muscular e os parâmetros dinâmicos durante uma corrida na esteira em velocidade constante submáxima.

Palavras chave: locomoção; força; eletromiografia; desempenho esportivo.

ABSTRACT

CARDOSO FILHO, C.A. **Acute effects of static and dynamic stretching on running mechanics**. 2019. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019

Stretching is a common practice during warm up routines for running, with the belief that it could prevent against injuries or improve performance. Literature suggests that static stretching can impair, improve or cannot influence on subsequent long-distance running performance. On the same way, it has been shown that dynamic stretching can improve or do not influence running performance. However, data about the acute effects of stretching on running mechanics are rare. Therefore, the objective of this study was to assess the acute effects of static and dynamic stretching on running mechanics related to performance and to mechanical overload. 32 amateur runners volunteered to this study (20 men, 12 women; $31,5 \pm 4,9$ years; $1,7 \pm 0,1$ meters; $68 \pm 10,8$ kg). The runners underwent on three experimental sessions to assess running mechanics for 15 minutes of constant speed running on a instrumented treadmill. The speed was correspondent to the average speed of the last 10 km race performance of each volunteer. Ground reaction forces (Mercury® Med, H/P/Cosmos Sports & Medical GMB) data were collected, and electromyographic activity were assessed (TeleMyoDTS) of rectus femoral, vastus lateral, biceps femoral, lateral gastrocnemius and tibialis anterior during trials. Step frequency and step length were also assessed. These parameters were assessed in four different moments: moment 1 – between 0 and 1 minute of test; moment 2 – between 4 and 5 minutes of test; moment 3 – between 9 and 10 minutes of test; moment 4 – between 14 and 15 minutes of test. At each session, the volunteers underwent a different protocol of stretching exercises: static stretching for lower limbs; dynamic stretching for lower limbs; and static stretching for upper limbs. There were 5 different exercises for lower limbs, with a total volume of 60 seconds for each muscle. The results did not show any significant influence of static or dynamic stretching on running mechanics. It was only observed a moment main effects, showing a decrease in the first peak of ground reaction forces at time 4 compared to moment 2 ($p = 0,011$), an increase on step length and a decrease on step frequency ($p < 0,05$) at moments 3 and 4, and a decrease on electromyograph intensity of biceps femoral and lateral gastrocnemius during stance phase from the moment 2 to the end of the test. With these results, is possible to conclude that the use up to 60 seconds of static or dynamic stretching for lower limbs was not able to significant influence the neuromuscular behavior and the dynamic parameters during a treadmill running at a constant submaximal speed.

Keywords: locomotion; forces; electromyograph; sports performance.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sumário dos estudos disponíveis na literatura a respeito da influência dos exercícios de alongamento sobre o desempenho de corridas de curta duração.....26

Tabela 2 – Representação e descrição das variáveis selecionadas para a análise da corrida referentes à componente vertical da força de reação do solo (FRS).....55

Tabela 3 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) do resultado do teste de sentar e alcançar no Banco de Wells, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 2 momentos distintos (momento 1 – antes da realização dos exercícios de alongamento; momento 2 – após a realização dos exercícios de alongamento). (*) indica diferença significativa para o momento 1.....62

Tabela 4 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) das variáveis da componente vertical da força de reação do solo durante corrida, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 2.....64

Tabela 5 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) das variáveis espaço-temporais (TC – tempo de contato; TP – tempo de passada; CP – comprimento de passos; FP – frequência de passos) durante a corrida, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1. (&) indica diferença significativa para o momento 2.....65

Tabela 6 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) do RMS (em % do pico da tarefa de aquecimento) calculado no intervalo de 100 ms antecedentes ao contato inicial com o solo, dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA) em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1.....66

Tabela 7 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) do RMS (em % do pico da tarefa de aquecimento) calculado durante a fase de apoio, dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA) em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1.....68

Tabela 8 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) da cocontração muscular (representada em %) durante a fase de apoio na corrida, dos músculos Reto Femoral (RF), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA), em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos).....69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática de fuso muscular (A) e de um órgão tendinoso de Golgi (B) (adaptada de HALL, 2016).....	19
Figura 2: Gráfico da curva de estresse x deformação da musculatura dos isquiotibiais, antes e depois da realização de 5 séries de exercícios de alongamento estático (Adaptado de MAGNUSSON et al., 1996).....	20
Figura 3: Gráfico representativa da duração dos efeitos do alongamento sobre à resistência passiva ao alongamento. Os dados de Ryan et al. (2008) são referentes ao stiffness dos flexores plantares, já os dados de Magnusson et al. (1995, 1996) se referem à resistência passiva ao torque dos flexores de joelho (adaptado de MCHUGH; COSGRAVE, 2010)	21
Figura 4. Fluxograma representativo das três sessões laboratoriais de avaliação.....	47
Figura 5. Escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) (adaptada de FOSTER et al., 2001).....	48
Figura 6 Figura ilustrativa do teste de sentar e alcançar no Banco de Wells.....	49
Figura 7. Ilustração dos exercícios de alongamento estático para membros inferiores utilizados nos protocolos A referentes aos seguintes grupamentos musculares: extensores de joelho (A), flexores plantares (B), flexores de quadril (C), extensores de quadril (D), flexores de joelho (E).....	51
Figura 8. Ilustração dos exercícios de alongamento dinâmico para membros inferiores utilizados nos protocolos B referentes aos seguintes grupamentos musculares: extensores de joelho (A), flexores plantares (B), flexores de quadril (C), extensores de quadril (D), flexores de joelho (E).....	52
Figura 9. Ilustração do mini metrônomo digital portátil (M50, MeIdeal).....	53
Figura 10. Ilustração dos exercícios de alongamento estático para membros superiores utilizados no protocolo C referentes aos seguintes grupamentos musculares: deltoide posterior (A), triceps braquial (B), flexores de punho (C), trapézio (D), dorsais (E).....	54
Figura 11. Esteira Mercury® Med, H/P/Cosmos Sports & Medical GMBH, com duas plataformas de força dispostas em série.....	55
Figura 12 - Representação gráfica da curva da força de reação do solo (FRS) para a corrida, em sua componente vertica (Fy).....	56
Figura 13: Sistema TeleMyo DTA (A); canais de amplificação, filtro e digitalização do sinal elétrico (B); eletrodo bipolar ativo de superfície (C).....	57

Figura 14: Figura ilustrativa dos locais para posicionamento dos eletrodos de superfície de acordo com as recomendações do SENIAM (adaptado de HERMENS et al., 2000).....58

Figura 15: Figura ilustrativa do posicionamento dos eletrodos e dos aparelhos de eletromiografia na perna direita dos voluntários.....58

Figura 16: Figura ilustrativa do comportamento da percepção subjetiva de esforço em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1, (#) indica diferença significativa para o momento 2, (&) indica diferença significativa para momento 3.....63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Ojetivos específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Aspectos gerais relacionados ao alongamento e à flexibilidade.....	17
3.2. Efeitos agudos do alongamento no desempenho do exercício físico.....	24
3.3. Relação da flexibilidade com o desempenho na corrida de longa distância.....	31
3.4. Efeitos agudos do alongamento no desempenho de corridas de longas distâncias.....	34
3.5. Efeitos do alongamento nos parâmetros biomecânicos da corrida	37
4. MÉTODOS	46
4.1. Delineamento experimental.....	46
4.1. Amostra.....	48
4.2. Teste de flexibilidade	49
4.3. Exercícios de alongamento.....	49
4.4. Instrumentos de medição e Variáveis Seleccionadas:	54
4.4.1. Dinamometria.....	54
4.4.2. Eletromiografia.....	56
5. TRATAMENTO MATEMÁTICO DOS DADOS	60
6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO	61
7. RESULTADOS	62
8. DISCUSSÃO	70
9. LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	78
10. CONCLUSÃO.....	80
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

1. INTRODUÇÃO

O alongamento é um movimento aplicado por uma força interna ou externa com o objetivo de aumentar a amplitude articular, ou seja a flexibilidade (WEERAPONG; HUME; KOLT, 2004). O alongamento estático refere-se ao posicionamento de um segmento corporal até seu limite de amplitude articular e sua manutenção na posição desejada por um tempo determinado (GARBER et al., 2011; YOUNG; BEHM, 2002). O alongamento dinâmico, por sua vez, representa a execução de um movimento voluntário e controlado dos músculos agonistas e o relaxamento dos músculos antagonistas (ACHOUR JUNIOR, 2010) com uma transição gradual de uma posição segmentar até a amplitude de movimento desejada de determinada articulação através de um progressivo aumento em sua amplitude a cada repetição realizada (FLETCHER, 2010; GARBER et al., 2011).

O alongamento estático e o alongamento dinâmico apresentam distintos efeitos sobre as estruturas neuromusculares. Se de um lado, a execução do alongamento estático é capaz de diminuir de forma significativa o *stiffness* musculotendíneo (MAGNUSSON et al., 1998, 1996; MCHUGH; COSGRAVE, 2010; RYAN et al., 2008), o reflexo H e a atividade eletromiográfica (AVELA; KYRÖLÄINEN; KOMI, 1999; TRAJANO et al., 2013; TRAJANO; NOSAKA; BLAZEVOICH, 2017). De outro, os efeitos do alongamento dinâmico sobre o *stiffness* (HERDA et al., 2013; MIZUNO, 2017; MIZUNO; UMEMURA, 2016; OPPLERT; BABAUULT, 2018) e sobre a atividade eletromiográfica (FLETCHER, 2010; HOUGH; ROSS; HOWATSON, 2009; OPPLERT; BABAUULT, 2018) são bastante preliminares e conflitantes. Sugere-se que o aumento na temperatura corporal provocado pelo alongamento dinâmico seria um dos responsáveis pelas alterações no *stiffness* musculotendíneo, na condução nervosa e sincronização das unidades motoras, e no eventual aumento da atividade eletromiográfica (BISHOP, 2003a; OPPLERT; BABAUULT, 2018).

Por muitos anos o alongamento vem sendo utilizado durante as rotinas de aquecimento no esporte (KOKKONEN; NELSON; CORNWELL, 1998; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013), além de ser uma prática comum durante as rotinas de preparação para a corrida, tanto entre atletas amadores como entre os profissionais (BLAGROVE et al., 2017; BRADLEY; OLSEN; PORTAS, 2007; LITTLE; WILLIAMS, 2006), devido à crença de que tal exercício pode melhorar o desempenho (LITTLE; WILLIAMS, 2006) e prevenir lesões musculoesqueléticas (SHELLOCK & PRENTICE, 1985; SMITH, 1994; SARAGIOTTO et al., 2014). No entanto, não existem evidências sólidas associando a prática do alongamento com

a redução ou prevenção de lesões de forma aguda (BEHM et al., 2016a; GARBER et al., 2011; LEPPÄNEN et al., 2014; SHRIER, 1999; THACKER et al., 2004), e no que tange ao desempenho na corrida, os resultados são controversos.

Evidenciou-se que a prática do alongamento estático de forma aguda pode trazer um prejuízo no desempenho em tarefas que exijam alta capacidade de gerar força, como: testes de 1 repetição máxima, testes em aparelhos isocinéticos, salto vertical, e no desempenho em corridas de *sprint* (BEHM et al., 2016a; BEHM; CHAOUACHI, 2011; FLETCHER; JONES, 2004; KAY; BLAZEVOICH, 2012; NELSON et al., 2005; SIM et al., 2009; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013; STEWART et al., 2007; WINCHESTER et al., 2008). Já, a realização do alongamento dinâmico de forma aguda pode trazer benefícios ao desempenho destas mesmas tarefas (BEHM et al., 2016a; BEHM; CHAOUACHI, 2011; FLETCHER; JONES, 2004; OPPLERT; BABAUULT, 2018). Por outro lado, dados referentes ao desempenho na corrida de longa distância, uma atividade que envolve uma participação significativa do ciclo excêntrico-concêntrico, e não é realizada em altas intensidades de contração muscular, ainda não estão muito consubstanciados (KALLERUD; GLEESON, 2013).

De forma geral, sugere-se que uma menor flexibilidade dos membros inferiores está associada com uma melhor economia de corrida (CRAIB et al., 1996; GLEIM; STACHENFELD; NICHOLAS, 1990; JONES, 2002; TREHEARN; BURESH, 2009), no entanto, os dados relativos aos efeitos agudos do alongamento são variados. Observou-se, de forma aguda, que o alongamento estático é capaz de melhorar (GODGES et al., 1989a), de prejudicar (LOWERY et al., 2014; WILSON et al., 2010) e de não influenciar (DAMASCENO et al., 2014; HAYES; WALKER, 2007; MOJOCK et al., 2011) o desempenho subsequente. O mesmo cenário se repete sobre os efeitos agudos do alongamento dinâmico, onde foi observada melhora (YAMAGUCHI; TAKIZAWA; SHIBATA, 2015) e ausência de interferência (HAYES; WALKER, 2007; ZOURDOS et al., 2012) no desempenho.

Considerando a capacidade do alongamento de interferir no desempenho da corrida de longas distâncias, e que existem características biomecânicas da corrida que podem contribuir para um melhor desempenho na corrida (ABE et al., 2007; ANDERSON, 1996; BARNES; KILDING, 2015; HEISE; MARTIN, 2001; LACOUR; BOURDIN, 2015; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004; TAM et al., 2017, 2018), entender o comportamento biomecânico da corrida em função desse estímulo pode contribuir no esforço de elucidar as adaptações do corpo humano ao alongamento.

De forma aguda, alguns estudos se propuseram a investigar tais questões (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; HAMMONDS et al., 2012), e não observaram alterações

cinemáticas significativas em função do alongamento estático. Por outro lado, observou-se maior tempo de contato com o solo, maior tempo de passada, e uma maior atividade eletromiográfica do bíceps femoral (DAMASCENO et al., 2014) e do gastrocnêmio (LOWERY et al., 2014), sugerindo um menor aproveitamento da energia elástica após o alongamento estático.

Somente um estudo comparou os efeitos agudos do alongamento estático e do dinâmico sobre os parâmetros biomecânicos da corrida (PAPPAS et al., 2017). Após o protocolo de alongamento dinâmico observou-se maior deslocamento vertical do centro de massa, maior força de reação do solo, maior tempo de voo, maior comprimento de passos e menor frequência de passos. No entanto, o alongamento estático não influenciou de forma significativa qualquer uma destas variáveis.

Ademais, até onde conhecemos não existem estudos que avaliaram parâmetros relacionados à sobrecarga mecânica externa durante a corrida em função do alongamento de forma aguda. Aponta-se que um aumento nos parâmetros de força de reação do solo pode favorecer o surgimento lesões durante a corrida (DAVIS; BOWSER; MULLINEAUX, 2016; VAN DER WERP; VRIELINK; BREDEWEG, 2016). Considerando que o alongamento prévio é capaz de influenciar a capacidade do músculo gerar tensão (CRAMER et al., 2004; FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000), e este é um dos mecanismos responsáveis pela absorção do choque mecânico durante a corrida, a investigação desses parâmetros pode elucidar um possível aumento em um dos fatores de risco para as lesões relacionadas com a prática da corrida.

Diante da inconsistência nos achados sobre os efeitos do alongamento no desempenho da corrida e da escassez de dados biomecânicos referentes ao assunto, verifica-se uma lacuna a ser preenchida. Desta forma, a avaliação dos parâmetros biomecânicos da corrida já apresentados, e de outros que ainda não foram medidos referentes à sobrecarga mecânica externa, à ativação muscular e à mecânica de movimento, pode contribuir no esforço de dimensionar a influência do alongamento no movimento humano, indicando a interferência de cada exercício na corrida subsequente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Dimensionar os efeitos agudos dos alongamentos estático e do alongamento dinâmico sobre as variáveis biomecânicas da corrida relacionadas ao desempenho e à sobrecarga mecânica externa.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar os efeitos dos alongamentos estático e dinâmico sobre o impulso vertical total e sobre os picos de força de reação do solo, enquanto indicadores das forças externas durante a corrida.
- Comparar os efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre a atividade muscular nos momentos antecedentes ao contato inicial com o solo e na fase de apoio.
- Comparar os efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre os parâmetros espaço-temporais como comprimento e frequência de passos e o tempo de apoio.
- Avaliar a influência dos protocolos de alongamento estático e dinâmico na percepção subjetiva de esforço durante a corrida.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais relacionados ao alongamento e à flexibilidade

O alongamento é definido por Weerapong et al (2004) como um movimento aplicado por uma força interna ou externa com o objetivo de aumentar a flexibilidade, ou a amplitude articular. A flexibilidade é definida como a amplitude articular de um segmento corporal (APOSTOLOPOULOS et al., 2015), mais especificamente, é uma propriedade intrínseca dos tecidos corporais, que determinam a amplitude de movimento realizável sem lesionar uma articulação ou um grupo de articulações (FAVERO; MIDGLEY; BENTLEY, 2009). O alongamento amplia a flexibilidade de seus praticantes, através de um aumento transitório no comprimento dos músculos e tendões, e um aumento no tecido conjuntivo (JACOBSON; SPEECHLEY, 1990). Tal exercício pode ser realizado na forma ativa ou passiva, sendo que o alongamento ativo é produzido pela contração ativa dos músculos antagonistas de determinada articulação, já o alongamento passivo envolve a aplicação de uma força gerada por outro segmento corporal, por outra pessoa ou até mesmo pela gravidade para movimentar determinado segmento corpóreo até o limite da amplitude de movimento.

Os exercícios de alongamento podem ser realizados ainda na forma dinâmica, estática, balística ou através da facilitação neuromuscular proprioceptiva (GARBER et al., 2011; SHELLOCK; PRENTICE, 1985; SHRIER, 2004). O alongamento estático refere-se ao posicionamento de um segmento corporal até seu limite de amplitude articular e sua manutenção na posição desejada por um tempo determinado (GARBER et al., 2011; YOUNG; BEHM, 2002), e é considerado como um dos métodos mais fáceis, populares, e seguros de se realizar tal exercício (JENKINS; BEAZELL, 2010), além de ter sido considerado como parte fundamental das rotinas de aquecimento por um longo período (BRADLEY; OLSEN; PORTAS, 2007; YOUNG; BEHM, 2002). O alongamento dinâmico, por sua vez, é a execução de um movimento voluntário e controlado dos músculos agonistas e o relaxamento dos músculos antagonistas (ACHOUR JUNIOR, 2010) com uma transição gradual de uma posição segmentar até a amplitude de movimento desejada de determinada articulação através de um progressivo aumento em sua amplitude a cada repetição realizada (FLETCHER, 2010; GARBER et al., 2011).

Durante o exercício do alongamento dois órgãos proprioceptores, que se localizam nos músculos e são responsáveis por fornecer precisão aos movimentos corporais, entram em ação:

os Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG), e os fusos musculares. Esses órgãos percebem as mudanças que ocorrem no comprimento muscular, na velocidade e ou na força de contração muscular, e enviam informações ao sistema nervoso central (SNC) através de sinais elétricos, e este por sua vez, cria e fornece a resposta apropriada.

Os fusos musculares, localizados ao longo das fibras musculares, respondem ao alongamento muscular, provocando uma contração reflexa e uma inibição no desenvolvimento de tensão nos músculos antagonistas, tais processos são chamados de reflexo de estiramento (ou reflexo miotático) e inibição recíproca, respectivamente (Figura 1A). Os fusos musculares respondem tanto ao grau de alongamento (resposta estática) quanto à taxa de alongamento (resposta dinâmica), porém a resposta dinâmica é muito mais forte que a resposta estática, e um alongamento realizado de forma lenta não ativa os fusos musculares até que o músculo esteja significativamente alongado (HALL, 2016).

Os OTGs, por sua vez, estão localizados nos tendões e nas junções musculotendinosas, são estimulados pela tensão gerada através da contração muscular ou através do alongamento muscular na unidade musculotendínea (Figura 1B). Quando estimulados, os OTGs, respondem, através de conexões neurais, inibindo o desenvolvimento de tensão no músculo ativado, e promovendo o seu relaxamento. Inicia-se também a tensão gerada nos músculos antagonistas. Entretanto, por possuir um limiar mais elevado que os fusos musculares, os OTGs apenas entram em ação quando o grupamento muscular já está significativamente alongado (HUME; REID, 2011b). Considerando que a excitação do fuso muscular promove uma tensão no músculo estirado e a ativação dos OTG provoca um relaxamento no músculo em contração (podendo esta ser uma contração excêntrica causada pelo alongamento), os objetivos dos exercícios de alongamento muscular, visando obter maior eficiência, devem ser o de minimizar os efeitos do fuso muscular e maximizar os efeitos dos OTG (HALL, 2016).

Figura 1 – Representação esquemática de fuso muscular (A) e de um órgão tendinoso de Golgi (B) (adaptada de HALL, 2016).

Quando um músculo ou um conjunto de músculos é alongado de forma passiva, utilizando técnicas estáticas, dinâmicas ou através da facilitação neuromuscular proprioceptiva (FNP) podem existir algumas mudanças de curta duração nos músculos (KNUDSON, 2006), essas mudanças podem ser entendidas como os efeitos agudos. Os efeitos agudos em função da realização do alongamento, podem ser divididos em efeitos mecânicos e efeitos neurais (MCHUGH; COSGRAVE, 2010).

Em relação aos aspectos mecânicos relacionados ao alongamento estático realizado de forma aguda, um estudo clássico da literatura (TAYLOR et al., 1990) verificou uma redução no significativa no *stiffness* da musculatura de coelhos após a realização de uma sequência de exercícios de alongamento estático. Da mesma forma, estudos com seres humanos (MAGNUSSON et al., 1995, 1996) também identificaram que após a realização de 5 séries de alongamento estático, com 90 segundos de duração cada uma, há uma redução significativa de aproximadamente 19% na resistência ao torque passivo, ou seja, uma redução na rigidez passiva (*stiffness*) dos isquiotibiais (figura 2). A rigidez passiva pode ser entendida como o grau de inclinação da curva no gráfico força x deformação (HUME; REID, 2011a).

Figura 2: Gráfico da curva de estresse x deformação da musculatura dos isquiotibiais, antes e depois da realização de 5 séries de exercícios de alongamento estático (Adaptado de MAGNUSSON et al., 1996).

O efeito observado na figura 2 pode ser justificado por um fenômeno chamado de relaxamento de estresse. Quando um músculo, um tecido viscoelástico, é alongado e mantido em novo comprimento por um determinado período, a resistência ao alongamento diminui com o passar do tempo, de modo que, para uma mesma força aplicada há uma maior deformação no comprimento da estrutura (HUME; REID, 2011a). A ilustração representada na figura 2 demonstra que as propriedades mecânicas musculares são afetadas pela execução do alongamento (MAGNUSSON, 1998).

Resultados semelhantes foram observados por Ryan et al. (2008), que investigaram os efeitos os efeitos de diferentes durações de alongamento estático (2 minutos, 4 minutos e 8 minutos, divididos em séries de 30 segundos) sobre o *stiffness* dos flexores plantares. O *stiffness* foi avaliado imediatamente após a realização de cada protocolo de alongamento, 10 minutos após o término, 20 minutos após o término e 30 minutos após o término dos exercícios. Observou-se que todos os protocolos de alongamento causaram uma redução no *stiffness* imediatamente após o término dos exercícios. Entretanto, conforme avançava o tempo os protocolos de alongamento estático com menores durações iam perdendo seu efeito sobre as propriedades mecânicas dos flexores plantares. Os resultados sugerem, portanto, uma clara dose resposta nos efeitos alongamento estático, além de evidenciar que o protocolo com o volume de 2 minutos de exercício, apesar de provocar uma redução de 12% no *stiffness* passivo, não apresenta efeitos prolongados, retornando ao seu *baseline* após cerca de 10 minutos do término

dos exercícios. Os protocolos de exercício de alongamento estático com 4 e 8 minutos de duração, retornaram ao baseline após aproximadamente 20 minutos do término dos exercícios (RYAN et al., 2008).

Os resultados de Ryan et al. (2008) corroboram com os resultados apresentados anteriormente (MAGNUSSON et al., 1995, 1996), que observaram que após 60 minutos do término do alongamento, a resistência passiva dos isquiotibiais tinha voltado aos valores basais. Tais resultados indicam que existe um efeito agudo do alongamento sobre as propriedades mecânicas do tecido, mas que esse efeito não é definitivo e há um retorno ao comportamento original dos músculos e tendões após determinado tempo. Tais resultados estão sumarizados e apresentados na Figura 3.

Figura 3: Gráfico representativa da duração dos efeitos do alongamento sobre a resistência passiva ao alongamento. Os dados de Ryan et al. (2008) são referentes ao *stiffness* dos flexores plantares, já os dados de Magnusson et al. (1995, 1996) se referem à resistência passiva ao torque dos flexores de joelho (adaptado de MCHUGH; COSGRAVE, 2010)

Em relação ao volume mínimo necessário de alongamento estático que seria necessário para reduzir o *stiffness* de forma aguda, os resultados são destoantes (MAGNUSSON et al., 1998; MCNAIR et al., 2001; MCNAIR; STANLEY, 1996; RYAN et al., 2009). Magnusson et al. (1998) o avaliaram os efeitos de 90 segundos de alongamento estático (2 séries de 45 segundos) sobre o *stiffness* dos isquiotibiais em 12 atletas amadores. Após tal protocolo, não foi observada influência significativa no *stiffness* dos voluntários. Resultados semelhantes

foram observados por McNair et al. (2001), que avaliou o efeito de 60 segundos de alongamento estático (2 séries e 30 segundos, ou 4 séries de 15 segundos) sobre o *stiffness* da musculatura do tríceps sural, e também não verificou qualquer influência destes protocolos na variável em questão.

Por outro lado, ao avaliar 13 indivíduos fisicamente ativos (6 homens e 7 mulheres), observou-se que duas séries de 30 segundos de alongamento estático, realizados numa intensidade de torque constante, são suficientes para provocar uma redução significativa no *stiffness* dessa musculatura, avaliado através da inclinação da curva torque-ângulo (RYAN et al., 2009).

As hipóteses sugeridas para justificar as diferenças encontradas entre os estudos (MAGNUSSON et al., 1998; MCNAIR et al., 2001; RYAN et al., 2009) são quanto à forma de alongamento utilizada. De um lado, foi utilizado o alongamento com deformação constante (MAGNUSSON et al., 1998; MCNAIR et al., 2001), do outro foi adotado o alongamento com torque constante (RYAN et al., 2009). Desta forma os resultados sugerem que para facilitar o acontecimento do relaxamento de estresse das estruturas viscoelásticas, a realização do alongamento num torque constante é mais interessante do que a realização do mesmo exercício com um ângulo constante (YEH; TSAI; CHEN, 2005), de modo que a realização do alongamento estático com um ângulo de deformação constante, parece não ser muito efetivo em reduzir o *stiffness* musculotendíneo.

Em relação aos efeitos agudos do alongamento dinâmico sobre os parâmetros musculotendíneos e sobre os parâmetros neurais, ainda não existem muitas evidências consolidadas, de modo que mais estudos são necessários para melhor elucidar o comportamento do corpo em função deste estímulo (MCHUGH; COSGRAVE, 2010). Devido às diferenças existentes nas técnicas de realização do alongamento dinâmico, os resultados são conflitantes quanto às mudanças nas propriedades mecânicas dos músculos ou tendões (HERDA et al., 2013; MIZUNO, 2017; MIZUNO; UMEMURA, 2016). Se por um lado, Herda et al. (2013) encontraram que após quatro séries de 30s de alongamento dinâmico houve uma maior amplitude de movimento e uma redução significativa no *stiffness* dos flexores plantares mensurado através de um modelo de regressão polinomial de quarta ordem para a curva torque-ângulo de cada participante. Por outro, Mizuno e Umemura (2016) não observaram diferenças significativas no *stiffness*, apesar de ter sido encontrada maior amplitude de movimento.

Ao comparar o efeito dose-resposta do alongamento dinâmico sobre a amplitude de movimento, o *stiffness* e o torque passivo dos flexores plantares, Mizuno (2017) observou que

houve uma melhora significativa na amplitude de movimento após 4 e 7 séries de alongamento dinâmico realizadas por 15 segundos cada uma. No entanto, a realização de uma única série de 15 segundos não foi capaz de proporcionar tal mudança. Destaca-se que não houve diferenças significativas na amplitude de movimento entre os protocolos com 4 ou 7 séries de alongamento, sugerindo a existência de um platô após um volume aproximado de 60 segundos de estímulo. Entretanto, nenhum dos protocolos foi capaz de influenciar de maneira significativa o *stiffness* ou o torque passivo da musculatura do tornozelo.

As diferenças em relação à influência do alongamento dinâmico no *stiffness* da unidade muscular tendínea podem ser justificadas pelo tipo de exercício de alongamento utilizado em cada um dos estudos. O estudo de Herda et al. (2013) adotou um protocolo de alongamentos dinâmicos que envolveu a contração ativa do músculo agonista que estava sendo alongado, já nos protocolos de exercícios propostos pelos outros dois estudos (MIZUNO, 2017; MIZUNO; UMEMURA, 2016), foi realizada somente a contração da musculatura antagonista, de modo que uma máquina desempenhasse o papel da musculatura agonista durante os exercícios. Desta forma, entende-se que para existir de fato uma mudança no *stiffness* com a realização do alongamento dinâmico, a musculatura agonista também deverá realizar contração concêntrica e isométrica.

Por além das perspectivas mecânicas relacionadas aos efeitos agudos do alongamento, existem também as perspectivas neurais relacionadas aos efeitos agudos desses exercício, principalmente sobre a perda de força em tarefas subsequentes. Uma recente revisão narrativa (TRAJANO; NOSAKA; BLAZEVOICH, 2017), apontou que os mecanismos neurais de fato contribuem para uma perda significativa de força muscular. Os autores sugerem que após pelo menos 60 segundos de alongamento estático para cada grupamento muscular, há uma redução no drive neural eferente, de modo que menos unidades motoras sejam acionadas para a realização da tarefa. No entanto, ainda não existem evidências científicas suficientes para que se possa afirmar com clareza os mecanismos envolvidos na redução do disparo de unidades motoras.

Sobre os mecanismos neurais em relação aos efeitos agudos do alongamento dinâmico, os dados também são bastante preliminares e escassos (OPPLERT; BABULT, 2018). Sugere-se que a realização do alongamento dinâmico poderia ter o efeito inverso ao efeito do alongamento estático, que seria o de aumentar a condução nervosa, e consequentemente resultar em um aumento da atividade elétrica muscular, na propagação do sinal ou até na sincronização do sinal elétrico. Tais resultados fazem com que em alguns momentos o alongamento dinâmico seja preferido em relação ao alongamento estático. Sugere-se ainda que o alongamento

dinâmico pode se assemelhar mais com os movimentos que serão realizados na prática esportiva, além de ser capaz de proporcionar um aumento e manutenção da temperatura corporal (FLETCHER; JONES, 2004), fato que pode aumentar a velocidade de condução nervosa, a complacência muscular e acelerar a produção de energia (BISHOP, 2003b). Além disso, diferentemente do alongamento estático, a execução do alongamento dinâmico poderia aumentar a atividade reflexa espinal (OPPLERT; BABAUULT, 2018).

3.2. Efeitos agudos do alongamento no desempenho do exercício físico

O alongamento é uma prática comum durante as rotinas de aquecimento para o exercício físico ou para o esporte (BRADLEY; OLSEN; PORTAS, 2007; YOUNG; BEHM, 2002). Diante disso, diversos estudos se propuseram a investigar os efeitos de sua prática sobre o desempenho da atividade subsequente. Tais efeitos podem ser chamados de efeitos agudos, e dizem respeito a uma atividade temporária que é realizada em uma determinada capacidade física imediatamente antes do exercício (WALLMANN et al., 2012).

Os efeitos agudos são relacionados às mudanças iniciais que ocorrem no desempenho nas primeiras horas após a execução dos exercícios de alongamento, e estão relacionados com a variável de desempenho de interesse. Um dos primeiros estudos, e que também é um dos mais citados na área, identificou que a execução de 90 segundos de alongamento estático, dividido em 6 séries de 15 segundos, para os flexores plantares, para os flexores e extensores de joelho e para os adutores de quadril, diminuíram de maneira significativa a força dos extensores e dos flexores de joelho em 7,3 e 8,1%, respectivamente, avaliados através do teste de uma repetição máxima (KOKKONEN; NELSON; CORNWELL, 1998). Os autores sugeriram que tal resultado foi oriundo de uma redução no stiffness musculotendíneo que prejudicou a produção de força das estruturas previamente alongadas.

Resultados semelhantes foram encontrados por de Cramer et al. (2004), em que foi observado que a execução prévia de alongamento estático reduziu em aproximadamente 3% o pico de torque exercido durante a contração isocinética concêntrica de extensão de joelho tanto em velocidades mais lentas quanto em velocidades mais rápidas. Da mesma forma, também foi identificada uma redução de 23% no torque nos músculos do tríceps sural, de 19,9% na atividade muscular e de 43,8% no reflexo H, e no desempenho de saltos verticais após uma hora de alongamento passivo dessa musculatura (AVELA; KYRÖLÄINEN; KOMI, 1999). No entanto, após 15 minutos da finalização dos exercícios de alongamento, os parâmetros avaliados

retornaram aos valores basais pré-alongamento, sugerindo novamente que os efeitos não são tão duradouros.

Uma das primeiras revisões de literatura sobre os efeitos agudos do alongamento sobre o desempenho de modalidades esportivas ou gestos motores relacionados ao esporte foi conduzida por Young e Behm (2002) e os autores identificaram que a execução de alongamento estático de maneira aguda pode prejudicar de 5 a 50% o desempenho em tarefas que exijam a produção de força e de potência, como o salto vertical por exemplo.

Os efeitos do alongamento sobre o desempenho na corrida também ganharam bastante atenção na literatura. Muitos estudos se pautaram nos efeitos agudos do alongamento, seja ele estático ou dinâmico, sobre o desempenho de corridas do tipo sprint, com distância de até 100 metros rasos e estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Sumário dos estudos disponíveis na literatura a respeito da influência dos exercícios de alongamento sobre o desempenho de corridas de curta duração.

Autor (ano)	Distância	Tipo de alongamento	Volume de exercício (séries x repetições)	Grupamentos musculares alongados	Efeitos no desempenho
Little e Williams (2006)	20 metros	estático	1 x 30 segundos	flexores plantares, flexores e extensores de joelho, flexores e extensores de quadril e adutores de quadril	↑ 1,3%
		dinâmico	1 x 30 segundos		↑ 1,3%
Nelson et al. (2005)	20 metros	estático	4 x 30 segundos	flexores de joelho, flexores plantares e extensores de quadril	↓ 1%
Fletcher e Jones (2004)	20 metros	estático	1 x 20 segundos	adutores de quadril, flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e flexores plantares	↓ 1,5%
		dinâmico	1 x 20 repetições		↑ 1,8%
Paradis et al. (2014)	20 metros	estático	2 x 20 segundos	extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e flexores plantares	↓ 2,5%
		dinâmico	1 x 40 segundos		↔
Sim et al. (2009)	20 metros	estático	2 x 20 segundos	flexores e extensores de joelho, flexores plantares	↓ 1%
Turki et al. (2012)	20 metros	dinâmico	1 x 14 repetições	adutores de quadril, flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e flexores plantares	↑ 2,56%
		dinâmico	2 x 14 repetições		↑ 2,56%
		dinâmico	3 x 14 repetições		↓ 2,58%
Favero et al. (2009)	40 metros	estático	2 x 45 segundos	extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e flexores plantares	↔
Stewart et al. (2007)	40 metros	estático	2 x 45 segundos	flexores e extensores de joelho, flexores plantares	↓ 1%
Winchester et al. (2008)	40 metros	estático	3 x 30 segundos	extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e flexores plantares	↓ 1,7%
Wallmann et al. (2012)	40 metros	estático	2 x 15 segundos	flexor de quadril (iliopsoas)	↔
		dinâmico	2 x 15 segundos		↔
Kistler et al. (2010)	100 metros	estático	3 x 30 segundos	flexores e extensores de joelho, flexores plantares	↔

De forma geral, os resultados indicaram que o alongamento estático pode melhorar (LITTLE; WILLIAMS, 2006), não interferir (FAVERO; MIDGLEY; BENTLEY, 2009; KISTLER et al., 2010; WALLMANN et al., 2012) ou prejudicar o desempenho em corridas de *sprint* (FLETCHER; JONES, 2004; NELSON et al., 2005; PARADISIS et al., 2014; SIM et al., 2009). Em relação aos efeitos agudos do alongamento dinâmico sobre corridas de velocidade, os resultados indicam que a utilização desta atividade na rotina de aquecimento provocou melhora (FLETCHER; JONES, 2004; LITTLE; WILLIAMS, 2006) ou não influenciou no desempenho de forma significativa (PARADISIS et al., 2014; WALLMANN et al., 2012). Um estudo (TURKI et al., 2012) observou que a execução de até duas séries de alongamento dinâmico para os membros inferiores poderia causar uma melhora de 2,56% no desempenho da corrida de 20 metros rasos. Por outro lado, a realização de uma terceira série causou um prejuízo de 2,58% no desempenho. Os autores sugeriram a existência de um volume ótimo de alongamento dinâmico para trazer benefícios ao desempenho, de modo que um excesso de exercícios poderia fadigar os atletas e ser contraproducente para o desempenho da tarefa alvo.

Diversas revisões de literatura, sejam elas narrativas ou sistemáticas, (BEHM et al., 2016a; BEHM; CHAOUACHI, 2011; KAY; BLAZEVOICH, 2012; MCHUGH; COSGRAVE, 2010; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013) se propuseram a avaliar os efeitos agudos da realização do alongamento sobre o desempenho em atividades subsequentes. O Colégio Europeu de Ciências do Esporte em seu posicionamento mais recente sobre o assunto (MAGNUSSON; RENSTRÖM, 2006) afirma que existem fortes evidências para uma diminuição significativa no desempenho em tarefas de força e no desempenho do salto vertical após a realização do alongamento. Sugere-se ainda, que a diminuição de força após o alongamento estático pode durar por até 60 minutos após a realização dos exercícios (FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000). Da mesma forma, o Colégio Americano de Medicina do Esporte sugere que os exercícios de alongamento sejam retirados das rotinas de aquecimento e substituídos por atividades cardiovasculares, em situações que a força e a potência são importantes para o desempenho final (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2010).

Numa revisão narrativa de literatura, Behm e Chaouachi (2011) encontraram 38 estudos discutindo os efeitos agudos do alongamento estático e do alongamento dinâmico sobre o desempenho de tarefas esportivas que envolviam a geração de força máxima e de potência. Dentre os principais achados, os autores apontaram que o tempo de estímulo de alongamento é um dos principais responsáveis pelas alterações no desempenho da tarefa subsequente, sugerindo que se o tempo total de exercício de alongamento estático, por grupamento muscular,

for superior a 90s (exemplo: 3 séries de 30 s), há maior probabilidade de ocorrer um prejuízo aproximado de 5,8% na força máxima e de 3,3% na altura do salto vertical. Por outro lado, em volumes inferiores a 90s, os resultados são inconclusivos quanto aos efeitos no desempenho, de modo que pode existir ou não influência no desempenho subsequente à realização do alongamento.

Ao realizar uma revisão sistemática com meta-análise de 106 artigos relacionados os efeitos do alongamento estático sobre o desempenho de tarefas que exigissem prioritariamente a força muscular, velocidade e potência (KAY; BLAZEIVICH, 2012), verificaram um claro efeito dose-resposta do alongamento estático sobre o desempenho subsequente. Ao dividir os volumes de alongamento estático em 4 categorias: até 30 segundos de exercício, 30-45 segundos de exercício, 60-120 segundos de exercício e mais do que 120 segundos de exercício; os resultados indicaram que quando o alongamento estático é realizado por até 45 segundos por grupamento muscular, não há forte evidência de prejuízo no desempenho. Por outro lado, quando o volume é igual ou superior a 60 segundos por grupamento, os prejuízos são mais evidentes e relevantes no desempenho. Destaca-se ainda, que os autores não encontraram prejuízos adicionais no desempenho na comparação de 60 segundos de exercício com volumes superiores a 120 segundos por grupamento muscular, desta forma, sugeriu-se que exista uma relação dose-resposta sigmoide do alongamento estático e o desempenho, e que o “*turning point*” seja por volta dos 60 segundos (KAY; BLAZEIVICH, 2012).

Em outra extensa revisão sistemática com meta-análise (SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013), foram avaliados os efeitos agudos do alongamento estático sobre tarefas que exigiam a manifestação máxima da força, potência muscular, ou tarefas de explosão (corridas de sprint, saltos verticais e desempenho de lançamentos), em 104 estudos que preencheram os critérios de inclusão. Observou-se que o alongamento estático causaria uma redução média de 5,4% no desempenho de tarefas de força máxima, 1,9% em tarefas que exijam potência muscular, e em tarefas de explosão (i.e. corridas de sprint) a redução média foi de 2 % no desempenho. Esses resultados se mostraram independentes do sexo, idade e nível de experiência dos indivíduos, sugerindo que tais resultados podem ser extrapolados para diversas populações. Ao medir o tamanho do efeito destas mudanças, os autores concluíram que os prejuízos na força máxima e na força explosiva são bastante relevantes, por outro lado, o tamanho do efeito dos prejuízos na potência muscular ainda não são muito claros. Foi observado, ainda, que existe uma relação dose-resposta entre o efeito do alongamento e o prejuízo no desempenho, de modo que quanto maior for a duração do exercício de alongamento estático, maior será sua interferência na atividade subsequente. No entanto, mesmo curtas

durações de alongamento estático (< 45 segundos) podem trazer prejuízos significativos ao desempenho.

Em outra recente revisão sistemática (BEHM et al., 2016a) foram avaliados os efeitos agudos do alongamento estático e do alongamento dinâmico sobre o desempenho no exercício subsequente. Foram selecionados 125 estudos relacionados aos efeitos agudos do alongamento estático sobre o desempenho esportivo (salto vertical, tempo em uma corrida de *sprint*, repetição máxima no exercício de supino e na atividade elétrica muscular) totalizando 178 medidas de desempenho. Os resultados analisados mostraram uma redução média de 3,7% no desempenho em função do alongamento estático. Nesta revisão observou-se que estímulos de alongamento estático com no mínimo 60s de duração por grupamento muscular são mais propícios a provocar prejuízos no desempenho esportivo de maneira geral, em relação aos estímulos mais curtos (BEHM et al., 2016a; KAY; BLAZEIVICH, 2012).

A intensidade de alongamento estático é outra variável que deve ser considerada (APOSTOLOPOULOS et al., 2015; BEHM; CHAOUACHI, 2011), porém de difícil quantificação, devido às diferentes percepções individuais quanto à realização de determinada atividade (APOSTOLOPOULOS et al., 2015). Muitos dos praticantes costumam realizar os exercícios de alongamento até o ponto de desconforto muscular, pois acreditam que essa é a intensidade limite para o ganho de flexibilidade. Entretanto, nessa intensidade de alongamento houve prejuízo no desempenho do salto vertical (YOUNG; BEHM, 2002), no equilíbrio e na atividade muscular (AVELA; KYRÖLÄINEN; KOMI, 1999; BEHM; BUTTON; BUTT, 2001; BEHM; CHAOUACHI, 2011). Por outro lado, sugere-se que quando o alongamento é realizado em intensidades baixas, como por exemplo sem atingir o ponto de desconforto muscular não existem prejuízos no desempenho, no entanto, trata-se de uma especulação teórica e não foram encontradas evidências suficientes para afirmar que alongamento realizado em intensidades inferiores ao ponto de desconforto muscular não prejudicariam o desempenho subsequente (BEHM; CHAOUACHI, 2011). Desta forma, as evidências apontam que é recomendado iniciar com um desconforto moderado nas primeiras sessões de treinamento (ACHOUR JUNIOR, 2010), pois desta maneira haverá uma maior adesão ao programa de exercícios e este não gerará contração muscular indesejada pra inibir o processo de alongamento.

Diante das evidências de que o alongamento estático pode ser prejudicial ao desempenho de forma aguda, quando realizado durante as rotinas de aquecimento, e de que o alongamento dinâmico também se mostra igualmente eficiente em aumentar a flexibilidade de forma aguda, há atualmente uma recomendação de que opte-se por exercícios de alongamento dinâmico nos momentos preparatórios para a atividade alvo (OPPLERT; BABULT, 2018).

No entanto, estudos científicos frequentemente confundem na interpretação dos resultados referentes ao alongamento dinâmico, muito em função da ausência de clara descrição de como os exercícios foram realizados. É comum confundir os efeitos do alongamento dinâmico com os efeitos do alongamento balístico. Em que pese ambas as formas de alongamento consistirem na realização de movimentos até o limite da amplitude de movimento através da contração dos músculos agonistas de determinada articulação, o que permite o alongamento dos músculos antagonistas, o alongamento dinâmico é realizado de forma controlada, já o alongamento balístico é realizado de forma não controlada e da forma mais rápida possível (OPPLERT; BABAUULT, 2018). Todavia nem sempre os protocolos de exercício são bem descritos nos estudos.

Quanto aos efeitos do alongamento dinâmico sobre o desempenho, em uma vasta revisão de literatura foram encontrados 48 artigos que reportaram uma melhora média de 1,8% no desempenho esportivo após esse tipo de estímulo (BEHM et al., 2016a), medido através da força máxima, altura do salto vertical e em corridas de *sprint*. Diferentemente do alongamento estático, onde somente o tempo total de exercício é contabilizado, para o alongamento dinâmico atenta-se ao tempo, ao número de séries e ao número de repetições realizadas no período determinado. No entanto, nem todos os autores dão claras especificações sobre o volume dos exercícios. Alguns dizem apenas o número de repetições e outros apenas o tempo total de estímulo. Desta forma, recomenda-se que para facilitar a comparação entre os estudos, a descrição dos exercícios de alongamento deve conter a frequência de movimentos realizados (expressos em movimentos por segundo) e a duração total de alongamento (expresso em segundos) para cada grupamento muscular (OPPLERT; BABAUULT, 2018).

Em relação ao volume de alongamento dinâmico, observou-se que aproximadamente 49 repetições de movimento seriam suficientes para interferir positivamente no desempenho subsequente, o que equivale a aproximadamente 60s a 90s por grupamento muscular (BEHM et al., 2016a; BEHM; CHAOUACHI, 2011; OPPLERT; BABAUULT, 2018). No entanto, deve-se tomar cuidado para que a duração total de alongamento não seja muito extensa, de modo que cause fadiga no praticante, trazendo efeitos negativos ao desempenho subsequente.

Somente um estudo comparou o efeito de diferentes velocidades de alongamento sobre o desempenho (FLETCHER, 2010). Neste estudo, foi realizada a comparação entre três protocolos de aquecimento diferentes sobre o desempenho no salto vertical, sendo eles: corrida durante 10 minutos em esteira; corrida durante 10 minutos em esteira somado com uma sequência de alongamento dinâmico executado a 50 beats por minuto; e 10 minutos de corrida em esteira somado com um protocolo de alongamento dinâmico realizado a 100 beats por

minuto. Os exercícios de alongamento consistiram em duas séries com 10 repetições para a musculatura da articulação do tornozelo, do joelho, do quadril e da coluna. Os resultados indicaram que o protocolo de alongamento realizado na frequência de 100 beats por minuto foi mais eficiente em melhorar a altura do salto vertical em comparação aos outros dois protocolos de aquecimento. Apesar disso, destaca-se também, que neste estudo o protocolo de alongamento dinâmico realizado numa frequência de 50 beats por minuto se mostrou melhor para o desempenho na altura dos saltos verticais, que o protocolo sem a realização de alongamento dinâmico. Sugerindo, que a realização do alongamento dinâmico, mesmo em baixa frequência, pode ser uma estratégia interessante para a melhora do desempenho subsequente.

Com base no atual estado da arte, é possível perceber que a utilização do alongamento estático durante a rotina de aquecimento tem a tendência de prejudicar o desempenho subsequente, já a utilização do alongamento dinâmico pode favorecer o praticante e trazer um benefício ao desempenho subsequente. Destaca-se, no entanto, que boa parte dos relatos na literatura sobre o desempenho físico e esportivo utilizam de tarefas isoladas, de movimentos específicos, de tarefas de geração de força (máxima ou potência). Além disso, muito dos relatos observados na literatura científica referentes aos efeitos agudos do alongamento no desempenho da corrida, são relacionados com corridas de *sprint* de até 100 metros rasos, tarefas essas que exigem grande capacidade contrátil e de força máxima para a sua execução (FAVERO; MIDGLEY; BENTLEY, 2009; FLETCHER; JONES, 2004; KISTLER et al., 2010; LITTLE; WILLIAMS, 2006; NELSON et al., 2005; PARADISIS et al., 2014; SIM et al., 2009; TURKI et al., 2012; WALLMANN et al., 2012; WINCHESTER et al., 2008). Por outro lado, dados referentes ao desempenho na corrida de longa distância, uma atividade que envolve uma participação significativa do ciclo excêntrico-concêntrico, e não é realizada em altas intensidades de contração muscular, ainda não estão muito consubstanciados (KALLERUD; GLEESON, 2013).

3.3. Relação da flexibilidade com o desempenho na corrida de longa distância

O desempenho na corrida, particularmente àquele relacionado com às corridas de longas distâncias depende da interação complexa de alguns fatores como um alto débito cardíaco e uma alta taxa de oxigênio sendo transportada para os músculos que estão sendo acionados, a habilidade de sustentar a corrida em um alto percentual do VO_2 máximo por um longo período e da habilidade de mover-se com eficiência, que também pode ser entendida como economia

de corrida (FOSTER; LUCIA, 2007). Num grupo heterogêneo de corredores, o VO_2 máximo está intimamente relacionado com o desempenho, já em indivíduos que apresentam valores de VO_2 máximo semelhantes, a variável utilizada para distinguir bons corredores de corredores não tão bons, é a economia de corrida (BARNES; KILDING, 2015; BERTUZZI; LIMA-SILVA, 2017; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004).

O desempenho das corridas de longa duração foi avaliado de distintas formas na literatura: através da economia de corrida, de testes de corrida até exaustão em esteira, de testes contrarrelógio em esteira e em situação de campo (superiores a 1500 metros). A economia de corrida é representada pela demanda energética a uma velocidade submáxima constante, expressa pelo consumo submáximo de oxigênio (VO_2) por unidade de massa corporal (BARNES; KILDING, 2015; DANIELS; YARBROUGH; FOSTER, 1978; SAUNDERS et al., 2004; WILLIAMS; CAVANAGH, 1987), em que um menor consumo de oxigênio para uma velocidade constante, representa uma melhor economia de corrida. Diversos autores apontaram uma forte associação entre a economia de corrida e o desempenho na corrida (HOOGKAMER et al., 2016; JONES, 2006), trata-se de uma medida multifatorial que envolve a combinação de fatores metabólicos, cardiopulmonares, antropométricos, neuromusculares e biomecânicos (BARNES; KILDING, 2014, 2015; SAUNDERS et al., 2004).

A literatura, no entanto, apresenta resultados controversos em relação à flexibilidade dos membros inferiores e o desempenho na corrida em corredores de longa distância (BEAUDOIN; WHATLEY BLUM, 2005; CRAIB et al., 1996; GLEIM; STACHENFELD; NICHOLAS, 1990; JONES, 2002; SAUNDERS et al., 2004). Gleim e colaboradores (1990) testaram 100 corredores (38 homens e 62 mulheres) em diferentes velocidades 3 a 12 km/h e observaram que aqueles indivíduos que apresentaram menor flexibilidade numa bateria de avaliações do tronco e dos membros inferiores, apresentaram melhor economia de corrida. Para os autores, uma menor flexibilidade nos planos frontal e transversal do quadril, e no tronco ajudam a estabilizar a pelve no momento do contato inicial com o solo, diminuindo a amplitude de movimento excessiva e a necessidade de uma maior atividade muscular estabilizadora. Ressalta-se, porém, que neste estudo (GLEIM; STACHENFELD; NICHOLAS, 1990), os voluntários não tiveram um perfeito período de familiarização, e que os voluntários não foram classificados como corredores experientes ou atletas, de modo que os resultados podem ter surgido não das características de flexibilidade e sim das características mecânicas de corrida dos sujeitos avaliados.

Da mesma forma, Craib et al. (1996) investigaram a relação entre a flexibilidade com a economia de corrida de 19 corredores experientes. Foram utilizados nove testes para medir a flexibilidade dos membros inferiores, porém somente foi encontrada correlação significativa negativa entre a flexibilidade e o consumo submáximo de oxigênio nos testes dos rotadores externos de quadril ($r = -0,53$) e dos dorsiflexores ($r = -0,65$), apontando que os indivíduos menos flexíveis nessas articulações apresentavam melhor economia de corrida. Além disso, a análise de regressão apresentou que 47% da variação na economia de corrida poderia ser explicada pela variação no movimento de dorsiflexão e rotação externa de quadril. Segundo os autores, uma menor flexibilidade na dorsiflexão poderia favorecer um melhor armazenamento e aproveitamento de energia elástica nos tendões e músculos da perna, já a menor flexibilidade nos rotadores externos de quadril (glúteo médio) facilitariam uma maior estabilização da pelve no contato do pé com o solo, reduzindo a necessidade de atividade muscular concêntrica para cumprir esse papel (CRAIB et al., 1996).

Ao investigar a relação entre economia de corrida e o teste de sentar e alcançar, dois estudos (JONES, 2002; TREHEARN; BURESH, 2009) também observaram correlação significativa negativa entre as variáveis observadas. Ao avaliar 34 corredores experientes, Jones (2002) observou uma correlação negativa entre o consumo de VO_2 numa velocidade de 16 km/h e o resultado do teste de sentar e alcançar ($r = -0,68$; $p < 0,0001$). Da mesma maneira, Trehearn e Buresh (2009) avaliaram 8 estudantes do segundo grau (4 homens e 4 mulheres), e também encontraram correlação negativa ($r = -0,826$, $p = 0,006$) entre o resultado do teste de sentar e alcançar e a economia de corrida em uma velocidade absoluta. Além disso, o coeficiente de determinação indicou que 68% da variabilidade observada na economia de corrida nesta velocidade podia ser explicada pela variabilidade no resultado do teste de flexibilidade, indicando que a flexibilidade do teste de sentar e alcançar é um bom indicador de desempenho na corrida. Por outro lado, Beaudoin e Blum (2005) não encontraram correlação significativa entre a flexibilidade dos membros inferiores e a economia de corrida de 17 corredoras amadoras.

Uma das principais hipóteses entre os autores (CRAIB et al., 1996; GLEIM; STACHENFELD; NICHOLAS, 1990; JONES, 2002; TREHEARN; BURESH, 2009) em relação ao mecanismo que explique a correlação inversa entre o desempenho no teste de sentar e alcançar e a economia de corrida é a influência da capacidade de acumular e restituir energia elástica durante a corrida. Acredita-se que músculos mais rígidos quando alongados durante as fases de contração excêntrica na corrida, podem gerar maior tensão oriunda do componente elástico, na fase propulsiva, e consequentemente trazer um benefício ao desempenho

(BARNES; KILDING, 2015; GLEIM; STACHENFELD; NICHOLAS, 1990; MOORE, 2016). Deve-se ressaltar, no entanto, que a flexibilidade articular não pode ser considerada como um sinônimo do *sitffness* musculotendíneo (MAGNUSSON, 1998; NELSON et al., 2001), ou seja, a amplitude de movimento de determinada articulação não fornece nenhuma informação sobre as propriedades mecânicas dos músculos ou dos tendões (MAGNUSSON, 1998), de modo que as associações entre flexibilidade e economia de corrida devam ser feitas com cautela.

3.4. Efeitos agudos do alongamento no desempenho de corridas de longas distâncias

O alongamento é altamente praticado durante as rotinas de aquecimento de corredores amadores (SHRIER, 2004; TREHEARN; BURESH, 2009; WILSON et al., 2010), e entre alguns corredores de elite e profissionais (BLAGROVE et al., 2017; JUDGE et al., 2013). A literatura não apresenta qualquer evidência sólida associando a prática do alongamento de forma aguda e a prevenção de lesões musculoesqueléticas (BEHM et al., 2016a; GARBER et al., 2011; LEPPÄNEN et al., 2014; MAGNUSSON; RENSTRÖM, 2006; RYAN et al., 2008; SHRIER, 1999; SMALL; MC NAUGHTON; MATTHEWS, 2008; THACKER et al., 2004), no entanto, a crença de que tal exercício é capaz de prevenir lesões durante a corrida ainda é bastante presente entre os corredores amadores (SARAGIOTTO; YAMATO; LOPES, 2014). No que diz respeito aos efeitos agudos do alongamento sobre o desempenho, os resultados são controversos.

Godges et al. (1989), ao avaliar sete corredores amadores, verificaram que a realização de 3 séries de 120s de alongamento estático para os flexores e extensores de quadril, provocaram uma melhora de 7%, 4% e 3,9% na economia de corrida nas seguintes intensidades 40, 60 e 80% do VO₂ máximo, respectivamente. Deve-se considerar, no entanto, que os autores destacam que os sujeitos avaliados apresentavam encurtamento muscular nos movimentos de flexão e extensão de quadril, e o alongamento, ainda que de forma aguda, pode ter corrigido essas limitações durante a corrida e favorecido o movimento das articulações.

Ao avaliar um grupo de 10 corredores bem treinados (VO₂ máximo de 63.8 ± 2.8 ml/kg/min), Wilson et al. (2010) observaram uma melhora na flexibilidade (avaliada pelo teste de sentar e alcançar), uma piora de 4,9% na economia de corrida durante um teste de 30 minutos de corrida constante a uma velocidade de 65% do VO₂ máximo e uma piora de 3,4% num teste contrarrelógio de 30 minutos em esteira, após a realização de 4 séries de 30 segundos de

exercícios de alongamento para os flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho, e aos flexores plantares. Por outro lado, o protocolo de exercícios de alongamento não foi capaz de influenciar de forma significativa a percepção subjetiva de esforço e a frequência cardíaca dos voluntários durante os testes de corrida.

Resultados semelhantes foram encontrados por Lowery et al. (2014). Os pesquisadores também avaliaram os efeitos do alongamento estático no desempenho da corrida de uma milha em alicie em 10 corredores bem treinados. O protocolo de alongamentos foi composto por três séries de 30 segundos para os seguintes grupamentos musculares: flexores e extensores de joelho, flexores e extensores de quadril e para os flexores plantares. Após a execução deste protocolo, foi identificada uma piora de 8% no tempo total para percorrer uma milha, com a esteira em de inclinação 5%, na comparação à não realização prévia de exercícios de alongamento.

No entanto, ao avaliar 12 corredoras (VO_2 máximo de 48.4 ± 5.1 ml/kg/min) e adotar o mesmo protocolo de exercícios (séries e duração) de Wilson et al. (2010), Mojock e colaboradores (2011), apesar de terem observado melhora significativa na flexibilidade dos membros inferiores, não encontraram diferenças significativas na economia de corrida na velocidade constante de 65% do VO_2 máximo, nem no desempenho de um teste contrarrelógio de 30 minutos de corrida em esteira. Além disso, o protocolo de alongamento também não foi capaz de influenciar de forma significativa a percepção subjetiva de esforço das corredoras durante os testes (MOJOCK et al., 2011).

Da mesma forma, não foram encontradas diferenças significativas na economia de corrida, na frequência cardíaca, na ventilação por minuto e na razão do coeficiente respiratório, numa velocidade de 70% do VO_2 pico após a execução de 240 segundos de exercícios de alongamento estático para os extensores e flexores de joelho, flexores de quadril e flexores plantares, em dez corredores homens (VO_2 máximo 60.1 ± 7.3 ml/kg/min). Deve-se destacar que a duração total do protocolo de alongamento foi de 38 minutos (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008), um valor muito maior do que é realizado habitualmente nas rotinas de aquecimento.

Ao adotar sete exercícios de alongamento para os extensores e flexores de joelho e para os extensores de quadril, sendo realizadas três séries de 30s de alongamento estático em cada exercício, não foi observada influência significativa no desempenho em uma prova 3 km em pista de atletismo, tampouco na economia de corrida numa velocidade de 12 km/h, em onze corredores amadores (VO_2 máximo 51.0 ± 3.0 ml/kg/min) (DAMASCENO et al., 2014). Por outro lado, observou-se uma significativa diminuição no *pace* médio dos corredores durante os

primeiros 100 metros ($p = 0.036$) e um significativo aumento na percepção subjetiva de esforço nos primeiros 800 metros durante a prova de 3 km ($p = 0.019$), após a realização do protocolo de alongamento estático. Deve-se considerar que neste estudo um mesmo grupamento muscular foi estimulado por mais de um exercício, de modo que o volume de alongamento por grupamento foi superior à 90 segundos.

Em relação ao alongamento dinâmico realizado previamente à corrida, os resultados são igualmente controversos. Ao avaliar 14 corredores treinados (VO_2 máximo 63.1 ± 8.3 ml/kg/min), Zourdos et al. (2012) observaram uma piora de 4.4% na economia de corrida em um teste de 30 minutos de corrida constante a uma intensidade relativa a 65% do VO_2 máximo, após a execução de um protocolo de exercícios de alongamento dinâmico. Por outro lado, tal protocolo não foi capaz de influenciar o desempenho dos corredores em um teste contrarrelógio de 30 minutos na esteira. Neste estudo foram alongados os flexores e extensores de quadril, os flexores e extensores de joelho e os flexores plantares através de 10 exercícios diferentes, sendo realizadas duas séries com 4 repetições em cada movimento, com duração total de 15 minutos de alongamento. Além disso, o protocolo de alongamentos não causou qualquer interferência na percepção subjetiva de esforço dos voluntários, nas duas condições de corrida. Os autores acreditam que o prejuízo no gasto energético durante o teste constante seja oriundo do tempo extenso de alongamento que foi adotado, de modo que a utilização de um protocolo de alongamento com menor duração poderia ter trazido resultados diferentes.

Por outro lado, Yamaguchi et al. (2015) observaram uma melhora de 18,2% no tempo total de exaustão ($p < 0.01$; $d = 1.56$) e 18,8% na distância total percorrida ($p < 0.01$; $d = 1.55$) a uma velocidade equivalente a 90% VO_2 máximo, após a realização de alongamento dinâmico para os flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e para os flexores plantares, em 7 corredores treinados (VO_2 máximo 63.1 ± 8.3 ml/kg/min). Por outro lado, não foram encontradas diferenças significativas na economia de corrida durante a avaliação. Neste estudo, foi realizada uma série de 10 repetições para cada um dos 5 exercícios, e a instrução dada foi que os voluntários realizassem os movimentos da maneira mais rápida possível, sendo que a duração do protocolo foi de aproximadamente 3 minutos e 37 segundos. No entanto, esse protocolo de exercícios está mais relacionado com exercícios de alongamento balístico, em que os movimentos são realizados da forma mais rápida possível, ao invés de alongamentos dinâmicos, em que os exercícios são realizados de forma controlada. Diante disso, a interpretação e extrapolação destes resultados deve ser feita com cautela.

Até o momento, somente um estudo se propôs a comparar os efeitos do alongamento estático com o alongamento dinâmico sobre a economia de corrida nos mesmos indivíduos

(HAYES; WALKER, 2007). Foram avaliados 7 corredores treinados (VO_2 máximo 66.8 ± 7.0 ml/kg/min), em função de 3 protocolos de alongamento distintos, com 5 exercícios cada. Os protocolos foram: alongamento estático, onde foram realizadas duas séries de 30 segundos para os extensores e flexores de quadril, extensores e flexores de joelho e flexores plantares; alongamento estático progressivo, onde após 10 segundos de alongamento estático em intensidade moderada, os voluntários aumentaram a intensidade de alongamento até o ponto de desconforto durante 20 segundos; e alongamento dinâmico, em que também foram realizadas duas séries de 30 segundos de movimento em velocidade controlada até o ponto que simulasse a máxima amplitude articular alcançada nos exercícios de alongamento estático. Os resultados não indicaram qualquer efeito significativo de nenhum dos protocolos de alongamento sobre a economia de corrida numa velocidade a 75% do VO_2 máximo, em comparação à não realização de exercícios de alongamento.

As inconsistências observadas na literatura a respeito da utilização do alongamento, nas rotinas de aquecimento, sobre o desempenho na corrida podem ser atribuídas às características demográficas dos voluntários, ao número amostral relativamente baixo utilizado em cada estudo, aos diferentes tipos de alongamento, em diferentes intensidades e diferentes volumes, e também às maneiras e métodos de aferição de desempenho.

De maneira especial, no que diz respeito aos estudos que avaliaram a economia de corrida numa velocidade constante (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; DAMASCENO et al., 2014; GODGES et al., 1989b; HAYES; WALKER, 2007; MOJOCK et al., 2011; WILSON et al., 2010; ZOURDOS et al., 2012), vale salientar que a economia de corrida é um componente plurifacetado que envolve variáveis cinemáticas, cinéticas, antropométricas e neuromusculares (ANDERSON, 1996; BARNES; KILDING, 2014, 2015; FLETCHER; MACINTOSH, 2017; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004), e que não necessariamente foram avaliadas em todos os estudos. Desta forma uma compreensão dos aspectos biomecânicos em função do alongamento pode elucidar o comportamento do aparelho locomotor durante a prática da corrida.

3.5. Efeitos do alongamento nos parâmetros biomecânicos da corrida

Se por um lado a eficiência metabólica se refere à energia disponível para facilitar um ótimo desempenho e a eficiência cardiopulmonar à redução no trabalho de transporte e utilização de oxigênio, as características biomecânicas e neuromusculares dizem respeito à interação entre o sistema nervoso e o sistema musculoesquelético e sua habilidade de converter

energia em deslocamento e desempenho (ANDERSON, 1996; BARNES; KILDING, 2015). A literatura aponta que existem alguns parâmetros biomecânicos que podem ser determinantes para uma boa economia de corrida e que podem ser classificados em espaço-temporais, cinemáticos, cinéticos e neuromusculares (BARNES; KILDING, 2015; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004).

As duas principais hipóteses defendidas como responsáveis pela alteração no desempenho em função da execução do alongamento são em relação a uma alteração neurofisiológica, que através de um processo de fadiga induzido pelo alongamento poderia prejudicar a ativação muscular (AVELA; KYRÖLÄINEN; KOMI, 1999; BEHM; BUTTON; BUTT, 2001; BEHM; CHAOUACHI, 2011; MAGNUSSON, 1998), e em relação ao comportamento mecânico, ou seja uma alteração do *stiffness* musculotendíneo (BEHM; CHAOUACHI, 2011; DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014; MAGNUSSON, 1998), que poderia prejudicar o acúmulo e restituição de energia elástica na corrida. Ambas hipóteses resultariam num aumento do gasto energético e consequentemente na piora do desempenho, porém raros são os estudos que se propuseram a analisar os aspectos biomecânicos da corrida após o alongamento de forma aguda.

Em relação à hipótese de alteração neuromuscular, uma diminuição na razão excêntrico-concêntrica de ativação muscular poderia representar um aumento no consumo energético durante a corrida, e a alteração nessa razão é atribuída ao aumento da atividade eletromiográfica durante as fases propulsivas na corrida (ABE et al., 2007), sugerindo um prejuízo no reaproveitamento de energia mecânica (SINCLAIR et al., 2013).

Outra provável alteração seria uma diminuição na pré-atividade elétrica muscular em relação ao contato inicial do pé com o solo, sugerindo uma diminuição na rigidez articular dos membros inferiores durante a corrida e potencialmente prejudicando o desempenho. Acredita-se que a pré-atividade elétrica muscular e a coativação entre alguns músculos da perna antes do contato com o solo seja capaz de modular o rigidez dos membros inferiores e consequentemente potencializar a geração de força muscular através do ciclo alongamento-encurtamento (NUMMELA; KERÄNEN; MIKKELSSON, 2007; TAM et al., 2017). A capacidade do músculo armazenar e reutilizar energia elástica depende em grande parte da pré-atividade muscular (100ms antes do contato com o solo), que pode aumentar o grau de rigidez dos membros inferiores e favorecer a transferência rápida da fase de frenagem para a fase propulsiva no momento de apoio durante a corrida (PAAVOLAINEN et al., 1999).

Ao avaliar um grupo de 19 corredores experientes, Paavolainen et al. (1999^a) observaram que os corredores que apresentavam melhor desempenho apresentavam maior pré-

atividade elétrica muscular em comparação ao grupo de corredores menos habilidoso. Além disso, observou-se também, que os melhores corredores apresentavam menor atividade elétrica muscular na fase propulsiva da corrida, sugerindo que haveria uma melhor capacidade de reaproveitar a energia elástica de cada passo. Abe et al. (2007), também encontraram que a diminuição na razão excêntrica-concêntrica do músculo vasto lateral provocou um aumento no consumo de oxigênio durante a corrida. Essa alteração na razão excêntrica-concêntrica é atribuída ao aumento da atividade eletromiográfica concêntrica durante a fase propulsiva na corrida, de modo que a necessidade dessa maior atividade elétrica no músculo reflete uma redução na eficiência mecânica do ciclo excêntrico concêntrico e prejudica a economia de corrida (MOORE, 2016; SINCLAIR et al., 2013). A justificativa para isso seria que os músculos necessitariam de oxigênio para ativar, controlar os movimentos e estabilizar as articulações, então uma maior EMG aumentaria o consumo de oxigênio e pioraria a EC.

Resultados semelhantes foram observados por Tam et al. (2018) ao avaliar um grupo de 30 corredores amadores bem treinados (tempo dos 10 km de até 45 minutos). Observou-se que a economia de corrida estava inversamente correlacionada com a pré-atividade de alguns músculos dos membros inferiores: cabeça medial e lateral do gastrocnêmio ($r = -0,661$; $p < 0,0001$; grande tamanho de efeito) e $r = -0,535$; $p = 0,003$; grande tamanho de efeito, respectivamente), bíceps femoral ($r = -0,431$; $p = 0,019$; tamanho de efeito moderado), glúteo médio ($r = -0,442$; $p = 0,016$; tamanho de efeito moderado), reto femoral ($r = -0,373$; $p = 0,046$; tamanho de efeito moderado). Tais resultados, principalmente àqueles relacionados à pré-atividade da musculatura posterior podem reduzir o custo metabólico para prática e melhorar a economia de corrida. Os mecanismos envolvidos em tais resultados sugerem que um aumento na pré-atividade facilitaria o controle articular e diminuiria a necessidade de ativação muscular corretiva após o contato inicial com o solo, quando as forças são aplicadas às articulações, e desta forma, a antecipação da magnitude de força pode otimizar o custo energético na corrida, e permitir uma boa transferência de energia da fase de frenagem para a fase de propulsão (TAM et al., 2017, 2018).

Outra variável relevante para o desempenho é a coativação muscular, que representa a ativação simultânea de um par de músculos (MOORE; JONES; DIXON, 2014b). Durante a fase de apoio na corrida, acredita-se que a coativação muscular contribua para a estabilidade articular, aumentando a rigidez dos membros inferiores durante os movimentos (PADUA et al., 2006; TAM et al., 2017), característica esta que pode reduzir o custo metabólico para desempenhar a atividade caso haja uma coordenação muscular eficiente (HEISE; SHINOHARA; BINKS, 2008). Heise et al. (2008) observaram que um maior valor de

coativação entre o reto femoral e o gastrocnêmio durante a fase de apoio na corrida, representam um menor valor de consumo de oxigênio em um grupo corredoras amadoras correndo em velocidade auto selecionada.

Por outro lado, deve existir um valor ótimo de coativação, visto que aumentos na duração da coativação do reto-femoral com gastrocnêmio lateral, do vasto lateral com o bíceps femoral e do reto femoral com o bíceps femoral podem reduzir a eficiência metabólica e aumentar o custo energético durante a corrida (MOORE; JONES; DIXON, 2014b). Resultados semelhantes foram obtidos por Tam et al. (2016), ao avaliar corredores quenianos de elite (VO_2 máximo 71.9 ± 5.1 ml/kg/min), os autores identificaram que uma maior razão de coativação do reto femoral sobre a ativação do bíceps femoral durante os 100ms antecedentes ao contato com o solo e durante a fase de apoio, foi significativamente associada com um maior *stiffness* do joelho ($r = 0,739$; $p = 0,009$ e $r = 0,729$; $p = 0,011$), mas também foi associada com um maior custo energético na corrida ($r = 0,620$; $p = 0,032$).

Da mesma forma, um menor valor de coativação da cabeça lateral do gastrocnêmio com o tibial anterior no momento de apoio com o pé no solo, foi associada com uma melhor economia de corrida (TAM et al., 2018). O aumento no custo energético relacionado a maiores valores de coativação muscular agonista-antagonista ou biarticular, pode estar associado com uma maior necessidade de a musculatura agonista produzir força em relação à força produzida pela musculatura antagonista. Considerando que a coativação desempenha um papel fundamental no controle articular, consequentemente tal ação tem um gasto energético envolvido, de forma que corredores devem tentar melhorar seus próprios desempenhos através um melhor controle postural e motor, de modo que a mesma estabilidade seja atingida com menor coativação entre um par de músculos.

Apesar destas variáveis serem boas indicadoras de desempenho (BARNES; KILDING, 2015; MOORE, 2016), os resultados na literatura a respeito do alongamento e da atividade muscular são bastante escassos. Pouquíssimos estudos se propuseram a avaliar o comportamento da eletromiografia durante a corrida, após a execução de um protocolo de exercícios de alongamento.

Lowery et al. (2014), identificaram, juntamente com uma piora de 8% no desempenho na corrida de uma milha em active, um aumento de 15,7% na intensidade da atividade elétrica muscular da cabeça lateral do gastrocnêmio após três séries de 30s de alongamento estático para os flexores e extensores de joelho, flexores e extensores de quadril e para os flexores plantares. Já Damasceno et al. (2014), apesar de não terem encontrado influência aguda do alongamento

no desempenho nem na economia de corrida, observaram um significativo aumento na intensidade do sinal eletromiográfico do bíceps femoral (28%), após a execução de três séries de 30s de exercícios de alongamento estático para os flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e para os flexores plantares. Os autores no entanto, não identificaram qualquer alteração na atividade eletromiográfica dos músculos vasto medial e gastrocnêmio medial (DAMASCENO et al., 2014).

O aumento na atividade elétrica muscular pode representar uma necessidade de recrutar mais unidades motoras para desempenhar a tarefa, e ter que utilizar mais unidades motoras para uma mesma tarefa pode ser contraproducente para o desempenho (CARTER; GREENWOOD, 2015). Apesar de terem sido apresentadas algumas variáveis relativas ao comportamento elétrico muscular em ambos estudos (DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014), ainda são necessários dados sobre a pré-ativação muscular, sobre a coativação agonista-antagonista e sobre ativação muscular durante a fase de apoio da corrida.

As variáveis cinemáticas também podem ter papel relevante para o desempenho final da corrida (BARNES; KILDING, 2015; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004), músculos muito rígidos e encurtados podem afetar negativamente a execução de algumas tarefas funcionais e podem alterar a dinâmica de alguns movimentos durante corrida (HAMMONDS et al., 2012). A excessiva rigidez na musculatura posterior de coxa pode prejudicar a absorção de energia e a produção de força (COONEY, 2003).

Em relação aos efeitos do alongamento estático nos parâmetros cinemáticos da corrida, Hammonds et al. (2012) não encontraram alterações nos ângulos de joelho, quadril e no movimento da pélvis após a realização três séries de 30 segundos de alongamento estático para os isquiotibiais, ainda que tal sessão de alongamento tenha provocado melhoras na flexibilidade dos sujeitos. Da mesma forma, apesar de ter existido melhora na flexibilidade após a execução de exercícios de alongamento estático para os extensores e flexores de joelho, flexores de quadril e flexores plantares, durante 120 segundos, não foram encontradas diferenças significativas na frequência de passos e no comprimento de passada (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008).

Deve-se considerar, entretanto, que o estudo de Hammonds et al. (2012) investigou o efeito agudo do alongamento estático somente nos flexores de joelho, deixando de lado outros grupamentos musculares que são importantes durante a corrida. Já o protocolo de Allison et al. (2008) preocupou-se em oferecer estímulos para outros grupamentos musculares, como os flexores de quadril, os extensores e flexores de joelho e os flexores plantares, porém seu

protocolo durou cerca de 38 minutos, um tempo muito maior do que o habitual para as rotinas de aquecimento.

Com a utilização de protocolo de exercícios de alongamento com duração intermediária, entre 10 e 20 minutos (DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014), foram identificadas pequenas alterações nos parâmetros espaço-temporais. Após a execução de 7 exercícios com um volume de três séries de 30s para os flexores e extensores de quadril, flexores e extensores de joelho e para os flexores plantares (DAMASCENO et al., 2014), foi observada uma maior duração (1%) no tempo de passada (intervalo de tempo entre o contato do mesmo pé num ciclo da corrida), mas não foram encontradas diferenças significativas no tempo de voo durante a corrida nem no tempo de apoio durante a corrida (DAMASCENO et al., 2014). Já após uma sequência alongamentos estáticos composta por três séries de 30 segundos para os flexores e extensores de joelho, flexores e extensores de quadril e para os flexores plantares observou-se um significativo aumento de 12,6% no tempo de apoio (LOWERY et al., 2014).

Destaca-se que, a maioria dos estudos até o momento (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; DAMASCENO et al., 2014; HAMMONDS et al., 2012; LOWERY et al., 2014) observaram a biomecânica da corrida após a execução de um protocolo de alongamento estático, de modo que carecem-se dados referentes aos parâmetros biomecânicos da corrida em função do alongamento dinâmico de forma aguda.

Somente um estudo comparou os efeitos agudos do alongamento estático e do dinâmico sobre os parâmetros biomecânicos da corrida (PAPPAS et al., 2017). Os autores avaliaram os efeitos agudos da execução de 40 segundos de alongamento estático e de 40 segundos de alongamento dinâmico, em dias não consecutivos, para os extensores de quadril, extensores e flexores de joelho e flexores plantares, em 14 indivíduos fisicamente ativos. Observou-se que o alongamento dinâmico induziu um maior deslocamento vertical do centro de massa (4,5%), uma maior força de reação do solo (1,7%), um maior comprimento de passada (2,5%), uma menor frequência de passos (-2,12%) e um maior tempo de voo (5,84%) em comparação à não realização de alongamento ou da realização de alongamento estático. Segundo os autores, esses resultados sugerem uma melhoria no desempenho, visto que a força aumentou e não houve mudança no tempo de apoio, de modo que pode ser reflexo de um melhor armazenamento e restituição de energia ou de uma melhor produção de força das unidades motoras, sugerindo uma relação com os efeitos do aquecimento ativo (BISHOP, 2003b; PAPPAS et al., 2017).

Neste mesmo estudo (PAPPAS et al., 2017), também foi avaliado o *stiffness* da perna e o *stiffness* vertical, através de modelos físico-matemáticos com base em informações

cinemáticas, cinéticas e antropométricas propostos por estudos anteriores (BRUGHELLI; CRONIN, 2008; COLEMAN et al., 2012; MORIN et al., 2005). Tais modelos são baseados num sistema massa-mola, e fundamentam-se na ideia de que um maior *stiffness* está associado com uma melhor restituição de energia durante a corrida (ARAMPATZIS et al., 2006; CAVANAGH; POLLOCK; LANDA, 1977; FARLEY; GONZÁLEZ, 1996). Dalleau et al. (1998) verificaram que a economia de corrida estava significativamente relacionada com o *stiffness* da perna propulsiva na fase de apoio ($r = -0,80$; $p < 0,02$) de modo que uma maior rigidez musculotendínea está relacionada com um menor gasto energético.

Durante a fase de apoio nas atividades de marcha e corrida, o sistema musculotendíneo se alonga armazenando energia elástica e se encurta devolvendo tal energia, agindo como uma mola. No alongamento da fase de contração excêntrica, há um acúmulo de energia elástica nos componentes elásticos do sistema musculotendíneo (DALLEAU et al., 1998), e no relaxamento ocorre sua liberação juntamente com uma contração concêntrica (BLICKHAN, 1989; MCMAHON; CHENG, 1990). Sugere-se que tal reaproveitamento de energia é capaz de reduzir o gasto calórico durante a corrida (CAVAGNA; SAIBENE; MARGARIA, 1964). Sasaki e Neptune (2005) observaram que numa corrida submáxima, a energia absorvida nos tendões e aponeuroses dos músculos do tríceps sural e quadríceps femoral representam cerca de 75% de toda a energia armazenada em todos os tendões do corpo humano.

Acredita-se que exista um *stiffness* ótimo para que haja um armazenamento e restituição de energia elástica durante a corrida através do ciclo excêntrico-concêntrico (BEHM; CHAOUACHI, 2011; BELL; BOSCO, 1992), e um alongamento prévio poderia alterar esse nível de tensão, prejudicando a eficiência desse fenômeno a ponto de afetar o desempenho de corrida (WINCHESTER et al., 2008). No entanto, após a execução dos protocolos de alongamento estático e dinâmico propostos por Pappas et al. (2017), não foram identificadas diferenças significativas no comportamento do *stiffness* da perna ou no *stiffness* vertical. Além disso, o protocolo de alongamento estático não foi capaz de influenciar qualquer variável medida no estudo, sugerindo que os corredores exerceram o mesmo nível de força no mesmo tempo de contato após a realização do protocolo proposto, em comparação à não execução dos alongamentos (PAPPAS et al., 2017).

Entretanto, os dados referentes à força de reação do solo deste estudo (PAPPAS et al., 2017) foram estimados a partir de equipamentos de aquisição cinemática e não com plataformas de força para a mensuração direta desta variável. Além disso, outras duas limitações deste estudo são: os voluntários foram avaliados em uma mesma velocidade absoluta (4.4 m/s), o que

pode ter sido muito intenso para alguns e muito leve para outros, e a não verificação do comportamento de atividade elétrica muscular dos membros inferiores durante a corrida.

Em relação aos parâmetros cinéticos, uma outra hipótese relacionando a biomecânica da corrida com o desempenho, foi de que existiria uma relação inversa entre a demanda aeróbica para determinada atividade e o tempo de apoio do pé com o solo (KRAM; TAYLOR, 1990), além de existir uma relação direta com a força máxima aplicada no chão e o custo metabólico durante a corrida. Foi sugerido que o fator primordial que determina o custo metabólico da corrida é o trabalho de suportar o próprio peso corporal e o tempo de gerar tal força de sustentação (ARELLANO; KRAM, 2014). Dados experimentais sugerem, inclusive, que a demanda energética para sustentar o peso corporal durante a corrida corresponde a cerca de 80% de toda a demanda metabólica gasta na atividade (ARELLANO; KRAM, 2014; MOORE, 2016; TEUNISSEN; GRABOWSKI; KRAM, 2007).

Na corrida, a força de reação do solo aumenta na primeira fase do apoio, chega ao máximo valor no apoio médio, diminui na segunda fase do apoio e fica com valor igual a zero na fase aérea. A média do componente vertical da força de reação do solo durante um ciclo completo de passada é igual ao peso corporal do indivíduo e se mantém constante em diferentes velocidades (ARELLANO; KRAM, 2014). Por outro lado, enquanto a média da componente vertical da força de reação do solo se mantém igual ao peso corporal independente da velocidade, o tempo disponível para cada passo gerar a força necessária diminui conforme a velocidade aumenta, forçando os músculos a gerarem força num menor período de tempo (KRAM; TAYLOR, 1990).

Durante o apoio do pé com o solo, o corredor ativa a musculatura da perna com o objetivo de estabilizar o corpo e manter uma força propulsiva (HEISE; MARTIN, 2001), tais características são sensíveis de serem medidas através da força de reação do solo (FRS), de modo que mudanças excessivas produzidas nas características da força (vertical, antero-posterior e médio-lateral), poderiam representar movimentos desnecessários e aumentar o custo energético para a realização da corrida. Ao avaliar 16 corredores (histórico de desempenho nos 10 km entre 38 e 45 minutos), observou-se que aqueles corredores que apresentaram melhor economia de corrida também apresentavam menor impulso vertical total ($r = -0.62$) e menor impulso vertical líquido ($r = -0.6$) (HEISE; MARTIN, 2001). Sugere-se que o impulso vertical represente o trabalho muscular total realizado pelos músculos para suportar o peso corporal. Tais resultados vão ao encontro do proposto previamente, de que boa parte do consumo energético da corrida seria oriundo da sustentação do próprio peso corporal (KRAM; TAYLOR,

1990). No entanto, nenhum estudo até o momento investigou os efeitos do alongamento, seja ele estático ou dinâmico, sobre os parâmetros relacionados com a economia de corrida, como o impulso vertical e os picos de força (BARNES; KILDING, 2015; HEISE; MARTIN, 2001).

A literatura aponta, inclusive, que um aumento nos parâmetros de força de reação do solo no eixo vertical pode favorecer o surgimento lesões durante a corrida (DAVIS; BOWSER; MULLINEAUX, 2016; MILNER et al., 2006; VAN DER WERP; VRIELINK; BREDEWEG, 2016), principalmente fraturas por estresse. Considerando que o alongamento prévio é capaz de influenciar a capacidade do músculo gerar tensão (BEHM; BUTTON; BUTT, 2001; CRAMER et al., 2004; FOWLES; SALE; MACDOUGALL, 2000), e este é um dos mecanismos responsáveis pela absorção do choque mecânico durante a corrida, a investigação desses parâmetros pode elucidar um possível aumento em um dos fatores de risco para as lesões relacionadas com a corrida.

Sendo assim, entender o comportamento do aparelho locomotor durante a corrida, em função do alongamento, somado com falta de um consenso na literatura a respeito de seus efeitos sobre parâmetros de desempenho na corrida, torna-se fundamental. Além disso, uma alta parcela de estudos que verificaram os efeitos agudos do alongamento na corrida, adotaram corridas de velocidade constante em baixas intensidades relativas, como por exemplo à 60% (ZOURDOS et al., 2012), 65% (MOJOCK et al., 2011; WILSON et al., 2010), 75% (HAYES; WALKER, 2007) do VO_2 máximo; a 70% do VO_2 pico (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008) ou uma intensidade absoluta de 12 km/h (DAMASCENO et al., 2014) para todos os voluntários. Entretanto, as provas de corrida de média e de longa distância são realizadas em intensidades relativas superiores a estas, como no caso de uma maratona em que a intensidade é cerca de 75 – 85% do VO_2 máximo, e nas corridas de até 10 km em que a intensidade relativa é entre 90 – 100% do VO_2 máximo (COSTILL; THOMASON; ROBERTS, 1973; JOYNER; COYLE, 2008). Desta forma, a utilização do *Pace* médio da prova mais recente de 10 km realizada nos últimos 12 meses pode melhor refletir os efeitos do alongamento na biomecânica da corrida em situação próxima àquela vivenciada nas provas.

Portanto, uma análise detalhada de aspectos dinâmicos, cinemáticos e eletromiográficos da locomoção humana após a realização do alongamento estático e dinâmico permite testar diferentes possibilidades não estudadas e preencher certas lacunas na literatura.

4. MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

Trata-se de um estudo experimental transversal em que um grupo de corredores amadores realizou três visitas ao Laboratório de Biomecânica da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para a avaliação da biomecânica da corrida em função de três protocolos distintos de alongamento, sendo eles: alongamento estático, alongamento dinâmico e alongamento para os membros superiores, que serviu como protocolo controle para as demais condições. O intervalo mínimo entre cada visita foi de 48 horas, e o intervalo máximo foi de 7 dias, de modo que o período total para a realização das três avaliações não excedesse duas semanas. Todas as sessões de avaliação foram realizadas nas mesmas condições ambientais (a temperatura do laboratório foi mantida entre 18°C e 20°C e a umidade do ar em 50%), além disso, todas as três visitas foram realizadas no mesmo horário do dia para cada voluntário, visando minimizar as influências do ritmo circadiano.

Todos participantes foram instruídos a não ingerirem álcool e a não realizar exercício físico intenso nas 48 horas antecedentes à cada um dos testes, bem como não realizar qualquer tipo de exercício físico nas 24 horas antecedentes à cada avaliação. Os voluntários utilizaram seus próprios calçados de corrida para a realização das avaliações, e foram instruídos a virem com o mesmo par de calçados nos três dias de avaliação.

No primeiro dia de visita ao laboratório, todos os voluntários foram devidamente informados sobre os propósitos do estudo e sobre os procedimentos adotados para a sua realização. Na sequência assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido para a participação na pesquisa. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (CAAE 60046816.4.0000.5391).

Cada sessão de avaliação foi composta por um período de aquecimento de 6 minutos de corrida em esteira, seguida pela realização do teste de flexibilidade de sentar e alcançar no Banco de Wells e por um dos três protocolos de alongamento pré-estabelecidos. Os protocolos de alongamento foram: alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores, e afim de blindar os voluntários quanto aos reais objetivos do estudo, foi utilizado um protocolo de exercícios de alongamento estático para os membros superiores, que serviu como protocolo controle dos outros dois tipos de alongamento.

Na sequência repetiu-se o teste de flexibilidade no Banco de Wells e então os voluntários realizaram período de 15 minutos de corrida numa velocidade constante, onde foram mensuradas as variáveis biomecânicas da corrida selecionadas para análise. Visando minimizar os efeitos de ordem, os protocolos de alongamento foram realizados de forma aleatorizada e balanceada através de um quadrado latino. A figura 4 sumariza o procedimento experimental.

FIGURA 4. Fluxograma representativo das três sessões laboratoriais de avaliação.

A corrida de aquecimento foi dividida em duas fases, na primeira fase cada voluntário correu durante 4 minutos numa intensidade relativa a 70% da velocidade alvo de avaliação, e na segunda fase, composta por dois minutos, os voluntários correram na velocidade alvo de avaliação. A velocidade alvo de avaliação de corrida em esteira foi individualizada e foi equivalente à velocidade média da prova de 10 km mais recente realizada pelo voluntário nos últimos 12 meses. Em média, a velocidade alvo foi de avaliação $11,8 \pm 1,8$ km/h. Em momento algum, os voluntários receberam feedback sobre a velocidade que estavam correndo ou sobre o tempo de avaliação já decorrido.

Com o objetivo de avaliar, na existência de algum efeito dos alongamentos nos parâmetros biomecânicos, se o efeito é duradouro, ou se o efeito se dissipa com o passar da corrida, foram feitas medições da força de reação do solo (FRS) e da atividade muscular dos membros inferiores durante 20 segundos nos seguintes momentos: momento 1 - instante entre 0 e o 1º minuto; momento 2 - instante entre o 4º e o 5º minuto; momento 3 - instante entre o 9º e o 10º minuto; momento 4 - instante entre o 14º e o 15 minutoº. Foram consideradas para

análise a média de 10 passos da perna direita consecutivos. Além disso, também foi avaliada a percepção subjetiva de esforço através da escala adaptada (figura 5) ((PSE 0 - 10 de FOSTER et al., 2001), nos mesmos instantes.

FIGURA 5. Escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) (adaptada de FOSTER et al., 2001).

4.1. Amostra

Participaram do estudo 32 corredores amadores (20 homens e 12 mulheres; $31,5 \pm 4,9$ anos; $1,7 \pm 0,1$ metros; $68 \pm 10,8$ kg). A quilometragem semanal média de treino dos voluntários é de 33 ± 16 km, e a frequência é de $3,4 \pm 0,9$ treinos por semana. Para a inclusão dos indivíduos na amostra, foram adotados os seguintes critérios: a) ter idade entre 18 e 40 anos; b) possuir um tempo mínimo de experiência de 6 meses na prática da corrida; c) não estar acometido por nenhuma lesão nos últimos seis meses. A definição de lesão adotada foi: “Uma dor músculo esquelética nos membros inferiores, relacionada à corrida (treino ou competição), que causou uma paralisação na prática da corrida (distância, velocidade, duração ou treinamento) por pelo menos 7 dias ou 3 sessões de treino planejadas” (YAMATO; SARAGIOTTO; LOPES, 2015). Para exclusão dos indivíduos da amostra, o critério adotado foi: a) impossibilidade de participar nos testes em função de desconfortos, dores e ou lesões surgidas durante a realização dos mesmos; b) não cumprimento das 3 sessões de avaliação.

4.2. Teste de flexibilidade

O teste de flexibilidade adotado foi o teste de flexibilidade de sentar e alcançar no Banco de Wells. Trata-se de um teste validado, de simples aplicabilidade e com correlação moderada (0,46 – 0,67) para mensuração da extensibilidade dos isquiotibiais (MAYORGA-VEGA; MERINO-MARBAN; VICIANA, 2014). O teste foi realizado da seguinte maneira: sentados e com os pés descalços, os voluntários tocaram os calcanhares no Banco de Wells e mantiveram os joelhos estendidos. Mantendo as mãos sobrepostas, os cotovelos estendidos e os ombros flexionados, os voluntários realizaram uma flexão de quadril para frente tentando alcançar o maior ponto na escala linear do banco (Figura 6). Os voluntários realizaram três aquisições e foi contabilizado o maior desempenho entre elas. Não foi realizada qualquer avaliação da flexibilidade dos membros superiores.

Figura 6 Figura ilustrativa do teste de sentar e alcançar no Banco de Wells.

4.3. Exercícios de alongamento

Os 5 exercícios de alongamento para os membros inferiores foram destinados aos principais grupamentos musculares utilizados durante a prática da corrida. A intensidade de cada exercício de alongamento foi de 70-90% do ponto de desconforto, onde 0 representa nenhum desconforto de alongamento e 100% representa o máximo desconforto imaginado para o alongamento. Todos os exercícios foram iniciados pelo lado direito do corpo. O tempo médio para a realização de cada protocolo de alongamento foi de 12 minutos e 40 segundos.

Os exercícios de alongamento estático selecionados seguiram esta ordem e foram para os seguintes grupamentos musculares: Quadríceps – em pé os voluntários flexionaram o joelho e seguraram com a mão no tornozelo ipsilateral de modo a que o calcanhar se aproximasse do glúteo. A coluna deveria estar ereta e ser mantida numa posição perpendicular ao solo (Figura 7A); Tríceps sural – em pé, com os pés apontados para frente e posicionados um à frente do outro, na largura dos ombros, os voluntários foram instruídos a realizarem uma flexão do joelho da perna da frente e a manter o calcanhar da perna de trás sempre apoiado no chão, de modo que houvesse um alongamento no gastrocnêmio da perna de trás (Figura 7B); Ilio-psoas – com um dos joelhos apoiados no chão em uma flexão de aproximadamente 90° e com o pé da perna contralateral apoiada à frente no solo com o joelho também à 90°, os voluntários foram instruídos a avançarem o corpo no sentido da perna da frente de modo que houvesse uma extensão de quadril e consequentemente o alongamento da musculatura alvo (Figura 7C); Glúteo máximo – em decúbito dorsal, os voluntários realizaram uma flexão unilateral de quadril e de joelho, segurando a perna flexionada com as duas mãos abaixo da patela, de modo que o joelho se aproximasse do tórax. Enquanto isso, os voluntários mantiveram a perna contralateral inteiramente estendida e apoiada no chão (Figura 7D); Isquiotibiais – sentados, os voluntários se posicionaram com um dos joelhos estendidos e o outro fletido com os pés apoiados no solo. Na sequência os voluntários foram instruídos, com as mãos sobrepostas, a realizarem uma flexão de quadril no sentido do pé da perna estendida e manter na máxima amplitude articular possível (Figura 7E). Para os exercícios de alongamento estático dos membros inferiores, foram realizadas duas séries de 30 segundos para cada grupamento muscular do lado direito e do lado esquerdo do corpo, de maneira alternada (GARBER et al., 2011).

FIGURA 7. Ilustração dos exercícios de alongamento estático para membros inferiores utilizados nos protocolos A referentes aos seguintes grupamentos musculares: extensores de joelho (A), flexores plantares (B), flexores de quadril (C), extensores de quadril (D), flexores de joelho (E).

Os exercícios de alongamento dinâmico foram destinados aos mesmos grupamentos musculares dos exercícios utilizados na condição estática. No entanto, no momento em que os voluntários atingiram a máxima amplitude articular desejada em cada exercício, foram instruídos a retornar à posição original e iniciarem as repetições programadas. Os exercícios foram: Quadríceps – em pé, com as mãos posicionadas ao lado do corpo, os voluntários foram instruídos a realizar uma flexão unilateral de joelho, de forma alternada, de modo que o calcanhar se aproximasse dos glúteos e houvesse o alongamento na musculatura alvo desejada da perna que realizava o movimento. A coluna deveria ser mantida ereta e numa posição perpendicular ao solo (Figura 8A); Tríceps sural – em pé, com os pés apontados para frente e posicionados um à frente do outro na largura dos ombros, os voluntários foram instruídos a realizarem uma flexão do joelho da perna da frente e a manter o calcanhar da perna de trás sempre apoiado no chão, de modo que houvesse um alongamento no gastrocnêmio da perna de trás. No momento em que foi atingida a máxima amplitude articular possível, os voluntários retornaram à posição inicial e iniciaram as repetições programadas (Figura 8B); Ilio-psoas – com o joelho apoiado no chão em uma flexão de aproximadamente 90° e com o pé da perna contralateral apoiada à frente no solo com o joelho também à 90°, os voluntários foram instruídos a avançarem o corpo no sentido da perna da frente de modo que houvesse uma

extensão de quadril e consequentemente o alongamento da musculatura alvo. No momento em que foi atingida a máxima amplitude articular possível, os voluntários retornaram à posição inicial e iniciaram as repetições programadas (Figura 8C); Glúteo máximo – em pé, com as mãos posicionadas ao lado do corpo, os voluntários foram instruídos a realizar uma flexão unilateral de quadril e de joelho, de forma alternada, de modo que o joelho se aproximasse do tórax e houvesse o alongamento na musculatura alvo desejada da perna que realizava o movimento (Figura 8D); Isquiotibiais – em pé, mantendo os braços estendidos e as mãos sobrepostas à frente do corpo, os voluntários foram instruídos a manter os joelhos estendidos e realizar uma flexão de quadril unilateral de forma alternada, de modo que houvesse o alongamento na musculatura alvo desejada na perna que realizava o movimento (Figura 8E).

FIGURA 8. Ilustração dos exercícios de alongamento dinâmico para membros inferiores utilizados nos protocolos B referentes aos seguintes grupamentos musculares: extensores de joelho (A), flexores plantares (B), flexores de quadril (C), extensores de quadril (D), flexores de joelho (E).

Visando equalizar o volume de alongamento entre as duas condições (estático x dinâmico), o tempo total de estímulo também foi de 60 segundos. Os exercícios B e C do protocolo de alongamento dinâmico, foram realizados de forma unilateral, e o volume foi de duas séries de 30 segundos para cada perna. Já os exercícios A, D e E do mesmo protocolo de alongamento, foram realizados forma alternada entre o lado direito e o lado do esquerdo, com um volume de duas séries de 60 segundos, e um intervalo de 25 segundos entre elas. A

frequência de movimentos do alongamento dinâmico para todos os exercícios foi de 50 *beats* por minuto, gerenciadas por um mini metrônomo digital portátil (M50, MeIdeal) (Figura 9).

FIGURA 9. Ilustração do mini metrônomo digital portátil (M50, MeIdeal).

Todos os 5 exercícios de alongamento referentes ao protocolo controle, de alongamento estático para os membros superiores, foram realizados em pé, com a coluna ereta e com os pés afastados equidistantes em uma largura aproximada à dos ombros, e estão apresentados na Figura 10. Deltoide Posterior – mantendo os cotovelos estendidos, os voluntários realizaram uma adução de ombro, de modo que o cotovelo se aproximasse do ombro contralateral (Figura 10A); o Tríceps braquial – os voluntários realizaram uma flexão de ombro juntamente com uma flexão de cotovelo de modo que o braço ficasse numa posição perpendicular ao solo. A mão livre contralateral foi apoiada no cotovelo fletido e então foi realizada uma tração para trás e para baixo (Figura 10B); os Flexores de punho – os voluntários realizaram uma flexão e rotação externa de ombro. A mão contralateral auxiliou para que ocorresse uma extensão de punho e houvesse o alongamento nos flexores (Figura 10C); o Trapézio – com o auxílio da mão esquerda, os voluntários puxaram a cabeça para o ombro esquerdo. A mão direita realizou o movimento de empurrar para baixo, de modo que houvesse o alongamento no trapézio (Figura 10D); e Dorsais – os voluntários realizaram uma flexão de ombro mantendo os cotovelos estendidos e os dedos apontando para cima. Na sequência os voluntários inclinaram o braço elevado para o lado oposto do corpo, acompanhando com uma ligeira flexão lateral da coluna no mesmo sentido (Figura 10E). Os exercícios do protocolo C também foram divididos em duas séries de 30 segundos para cada grupamento muscular do lado direito e esquerdo do corpo, de forma alternada.

FIGURA 10. Ilustração dos exercícios de alongamento estático para membros superiores utilizados no protocolo C referentes aos seguintes grupamentos musculares: deltoide posterior (A), triceps braquial (B), flexores de punho (C), trapézio (D), dorsais (E).

4.4. Instrumentos de medição e Variáveis Seleccionadas:

4.4.1. Dinamometria

A aquisição das variáveis relacionadas à Força de Reação do Solo (FRS) foi realizada por intermédio do sistema Gaitway Instrumented Treadmill – Type 9810S1X, composto por uma esteira rolante (Mercury® Med, H/P/Cosmos Sports & Medical GMBH, Germany) com duas plataformas de força montadas em sua superfície, gerenciadas por um conversor Analógico/Digital (A/D) Keithley Metrabyte DAS-1402 e um programa de funções Gaitway Software (versão 1.0x). A frequência de aquisição dos dados cinéticos foi de 250 Hz. A esteira conta também com um programa de controle remoto (H/P/COSMOS para Control® for display & remote control) e apresenta as seguintes especificações: comprimento de lona de 150 cm e largura de lona de 50 cm, variação de velocidade de 0 a 22 km/h, variação de inclinação de 0 a 25 % e motor de 4.5 HP. As esteiras com plataformas de força têm se mostrado bons equipamentos para avaliação do comportamento da FRS durante as atividades de marcha e corrida (KLUITENBERG et al., 2012).

O sistema Gaitway utiliza-se de duas plataformas de força piezoelétricas montadas em série na base da esteira. Para a identificação e discriminação dos passos, existe um dispositivo

auxiliar, que se constitui de um sinal infravermelho retroflexivo e que informa ao software de gerenciamento dos dados quando o apoio é realizado com o pé direito ou quando o apoio é realizado com o pé esquerdo no ciclo da passada.

FIGURA 11. Esteira Mercury® Med, H/P/Cosmos Sports & Medical GMBH, com duas plataformas de força dispostas em série.

As variáveis selecionadas referem-se à componente vertical (F_y) da força de reação do solo (FRS), representante das forças externas incidentes no aparelho locomotor. Tais variáveis estão descritas na Tabela 2 e esquematizadas na FIGURA 12.

Tabela 2 – Representação e descrição das variáveis selecionadas para a análise da corrida referentes à componente vertical da força de reação do solo (FRS).

VARIÁVEIS	DESCRIÇÃO
Força vertical máxima 1 (F_{y1}) (a)	Valor máximo do primeiro pico da força vertical.
Força vertical máxima 2 (F_{y2}) (B)	Valor do segundo pico da força vertical.
Tempo para F_{y1} (C)	Intervalo de tempo decorrido desde o início do apoio até o primeiro pico da força vertical.
Taxa de desenvolvimento da F_{y1} entre 20 e 80% (D)	Razão entre $F_{y1\ 20-80\%}$ e $tF_{y1\ 20-80\%}$.
Impulso total vertical	Valor da área total da força vertical no eixo vertical.
Tempo de apoio	Tempo total de contato do pé com o solo

FIGURA 12 - Representação gráfica da curva da força de reação do solo (FRS) para a corrida, em sua componente vertical (F_y).

A partir dos dados provenientes da esteira instrumentada, também foi possível calcular a frequência de passos e o comprimento de passos. Através do tempo de passada, obteve-se a frequência de passos, pois o tempo de passada é o inverso da frequência de passos. Na sequência, como a velocidade foi constante, também foi possível obter os dados do comprimento de passos através da fórmula (WILLIAMS, 2004):

$$VC = CP \times FP$$

Onde: VC representa a velocidade de corrida, CP representa o comprimento de passos e FP representa a frequência de passos.

4.4.2. Eletromiografia

A aquisição do sinal eletromiográfico será realizada via Eletromiógrafo TeleMyo DTS (NORAXON USA inc). O equipamento amplifica, filtra e digitaliza os sinais adquiridos por 5 canais. Cada canal possui um Rejeição de modo comum > 100 dB e impedância de entrada > 100 M Ω , com ganho fixo de valor nominal 500. A frequência de amostragem utilizada foi de 1500 Hz. Para a coleta dos dados foram utilizados eletrodos descartáveis bipolares de superfície do tipo Ag/AgCl equidistantes 20mm (Figura 13).

Figura 13: Sistema TeleMyo DTA (A); canais de amplificação, filtro e digitalização do sinal elétrico (B); eletrodo bipolar ativo de superfície (C).

Através destes instrumentos de medição, foram monitorados os seguintes músculos durante o movimento de corrida: cabeça lateral do gastrocnêmio (GL), reto femoral (RF), vasto lateral (VL), cabeça longa do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA). Optou-se pela análise desses músculos pois descrevem o comportamento dos grandes grupos musculares, responsáveis pelo controle das articulações do quadril, joelho e tornozelo durante as fases de execução da locomoção humana. O monitoramento da atividade elétrica muscular foi executado apenas para o membro inferior direito.

A identificação do local no ventre muscular a ser posicionado cada par de eletrodo nos músculos selecionados foi baseada em critérios estabelecidos pela Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM)) (HERMENS et al., 2000) e estão apresentados na figura 14: reto femoral (Figura 14A) – $\frac{1}{2}$ da linha entre a espinha ilíaca anterossuperior e a parte anterior da patela; vasto lateral (Figura 14B) – $\frac{2}{3}$ da linha entre a espinha ilíaca Anterossuperior e a borda lateral da patela; cabeça longa do bíceps femoral (Figura 14C) – $\frac{1}{2}$ da linha entre a tuberosidade isquiática e o epicôndilo lateral da tíbia; tibial anterior (Figura 14D) – $\frac{1}{3}$ entre a linha da cabeça da fíbula e o maléolo medial; cabeça lateral do gastrocnêmio (Figura 14E) – $\frac{1}{3}$ da linha entre a cabeça da fíbula e o calcâneo.

Figura 14: Figura ilustrativa dos locais para posicionamento dos eletrodos de superfície de acordo com as recomendações do SENIAM (adaptado de HERMENS et al., 2000).

Visando a diminuição da impedância da pele, foi realizada tricotomia, abrasão por lixa fina, removendo a camada sebácea da pele, e a assepsia com álcool. Logo na sequência os eletrodos foram colocados sobre a pele.

Figura 15: Figura ilustrativa do posicionamento dos eletrodos e dos aparelhos de eletromiografia na perna direita dos voluntários.

As variáveis eletromiográficas avaliadas durante a corrida foram:

- a) Intensidade de ativação do sinal EMG: foi calculada através do RMS (*Root Mean Square*), para cada músculo analisado durante duas fases distintas: no intervalo de 100ms antecedentes ao contato do pé com o solo e durante a fase de apoio na corrida.
- b) Cocontração agonista-antagonista: o cálculo do índice de cocontração durante a fase de apoio tem como objetivo acessar a estabilidade articular. Foi avaliada a taxa de cocontração

agonista-antagonista da articulação do joelho, através da análise do reto femoral com o bíceps femoral, e da articulação do tornozelo através da análise do tibial anterior com o gastrocnêmio lateral. O algoritmo utilizado para estabelecer a relação entre a ativação concomitante dos músculos agonistas e antagonistas será o proposto por Winter (WINTER, 2009).

$$\%COCON = 2 \times \frac{\text{área comum do músculo A com o músculo B}}{\text{área do músculo A} + \text{área do músculo B}} \times 100\%$$

5. TRATAMENTO MATEMÁTICO DOS DADOS

A sincronização entre os sistemas de aquisição ocorreu através do software MR3 Noraxon (Versão 3.4), onde um pulso de energia transmitido ao sistema de aferição da esteira, de modo a iniciar a coleta concomitante dos sinais de força de reação do solo (FRS) e eletromiográficos.

Sendo assim, primeiramente foi realizado o comando para iniciar o registro dos dados de FRS, e esta permanecia em modo de espera. O comando de iniciar a gravação dos dados foi disparado de forma integrada pelo software MR3 Noxaron e então houve a gravação em simultâneo dos dados eletromiográficos e dinâmicos.

O tratamento matemático dos dados foi realizado por um algoritmo desenvolvido no software Matlab 2015a (Mathworks, EUA). Para os dados de FRS, foi utilizado um filtro passa baixa do tipo Butterworth de 4ª ordem com frequência de corte de 50 Hz. A frequência de corte foi definida através de uma análise de resíduos (WINTER, 2009).

Para a determinação do início e do final do apoio de cada passo, a curva força-tempo de FRS foi convertida em Newtons, a partir do peso corporal mensurado pelo sistema de aquisição (plataforma de força da esteira), no momento da coleta. O início e o final do apoio de cada passo da perna direita foram determinados por um limiar de 50N, de acordo com modelo utilizado em estudos anteriores (NAPIER et al., 2018). Foram selecionadas 10 passadas consecutivas válidas da perna direita.

A exceção da determinação do início e do final do apoio de cada passo, para a obtenção de todos os parâmetros relacionados à FRS, foi utilizado a curva força-tempo normalizada pelo peso corporal de cada indivíduo, procedimento este realizado no ato da aquisição dos dados. A magnitude do impulso vertical foi calculada a partir da integração numérica com regra trapezoidal da curva de força de reação em sua componente vertical.

Em relação à EMG, os dados foram filtrados por um filtro butterworth passa banda de 4ª ordem, com frequência de corte de 20 e 500 Hz. Para a determinação do envoltório linear foi aplicado um filtro butterworth passa baixa de 4ª ordem com 8 Hz de frequência de corte. Considerando que a normalização do sinal eletromiográfico pela contração isométrica voluntária máxima não é uma unanimidade para tarefas dinâmicas, como a corrida (ALBERTUS-KAJEE et al., 2011; ROBERTSON et al., 2014), os dados de RMS durante a corrida foram normalizados pelo pico do envoltório linear obtido durante a corrida de aquecimento de cada um dos dias de coleta.

6. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A normalidade dos dados foi pelo teste Kolmogorov-Smirnov e a esfericidade pelo teste de Mauchly. O efeito dos protocolos de alongamento estático e dinâmico para os membros inferiores e do protocolo de alongamento para os membros superiores sobre os parâmetros biomecânicos da corrida e sobre o teste de flexibilidade, foi analisado por meio de uma ANOVA *two-way* com medidas repetidas. O nível de significância adotado foi de 0,05. Nos locais onde foram encontradas interação ou efeitos principais nos fatores intervenção e momento, foi utilizado o *post-hoc* de Tukey. Para a análise dos dados foi utilizado o software SigmaStat 3.5.

Para determinar a magnitude dos efeitos entre os dois momentos (pré e pós) da execução dos protocolos de alongamento, para o desempenho no teste de sentar e alcançar, foi calculado o tamanho de efeito d de Dunlap (DUNLAP et al., 1996). Foram utilizados como valores de referência: insignificante ($-0,2 < d < 0,2$), pequeno ($-0,5 < d \leq -0,2$ e $0,2 \leq d < 0,5$), moderado ($-0,8 < d \leq -0,5$ e $0,5 \leq d < 0,8$) e grande ($d \leq -0,8$ e $d \geq 0,8$).

7. RESULTADOS

Os resultados do teste de flexibilidade (Teste de sentar e alcançar) se encontram na tabela 3. A análise de variância com duas vias não identificou interação entre os fatores momento e tipo de alongamento ($p > 0,05$). No entanto, houve um efeito principal de momento, em que se observou que os três tipos de protocolos de alongamento provocaram aumento médio de 7% na flexibilidade medida pelo teste de sentar e alcançar ($p < 0,001$). Ao observar o tamanho de efeito dessas mudanças, observou-se que o efeito do alongamento estático sobre a flexibilidade foi pequeno ($TE = 0,48$; $ICC -0,17 - 0,977$), o efeito do alongamento dinâmico também foi pequeno ($TE = 0,38$; $ICC -0,111 - 0,875$), e o tamanho de efeito do protocolo controle de alongamento foi insignificante ($TE = 0,19$; $ICC -0,3 - 0,681$).

Tabela 3 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) do resultado do teste de sentar e alcançar no Banco de Wells, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 2 momentos distintos (momento 1 – antes da realização dos exercícios de alongamento; momento 2 – após a realização dos exercícios de alongamento). (*) indica diferença significativa para o momento 1.

Variável	Tipo de Alongamento	Momento 1 (Pré)	Momento 2* (Pós)
Teste de	Estático	30.7 ± 6.4	33.6 ± 6.4
Sentar e	Dinâmico	31.4 ± 6.1	33.6 ± 5.4
alcançar	Controle	31.6 ± 6.4	32.8 ± 6.0

A figura 16 apresenta o comportamento da percepção subjetiva de esforço durante o teste de 15 minutos de corrida em esteira, em 4 momentos distintos. A análise de variância não identificou interação entre os fatores tipo de alongamento e momento para essa variável ($p > 0,05$). Observou-se, no entanto, um efeito principal para momento, para as condições, em que os resultados dos momentos 2, 3 e 4 foram significativamente maiores que o resultado do momento 1 ($p < 0,001$), os momentos 3 e 4 foram maiores que o momento 2 ($p < 0,01$), e o momento 4 foi maior que o momento 3 ($p = 0,023$).

Figura 16: Figura ilustrativa do comportamento da percepção subjetiva de esforço em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1, (#) indica diferença significativa para o momento 2, (&) indica diferença significativa para momento 3.

Os dados referentes às variáveis da componente vertical da força de reação do solo estão apresentados e sumarizados na tabela 4. A análise de variância não identificou interação entre os fatores (momento x tipo de alongamento) para o primeiro pico (Fy1) da componente vertical da força de reação do solo ($p > 0,05$). Observou-se para essa variável um efeito principal do momento, com o post hoc de Tukey identificando diminuição significativa do primeiro pico no momento 4, em comparação com o momento 2 ($p = 0,011$). As demais variáveis (tempo para primeiro pico, TDF 20-80% do primeiro pico, Fy2 e impulso vertical total) não sofreram influência significativa dos tipos de alongamento ou dos momentos durante o teste de corrida.

Tabela 4 – Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm DP$) das variáveis da componente vertical da força de reação do solo durante corrida, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 2.

Variável	Tipo de Alongamento	Momento 1 (0 – 1')	Momento 2 (4' – 5')	Momento 3 (9' – 10')	Momento 4 (14' – 15')
Fy1 (PC)	Estático	1.64 $\pm$ 0.30	1.65 $\pm$ 0.30	1.62 $\pm$.031	1.61 $\pm$ 0.31*
	Dinâmico	1.63 $\pm$ 0.34	1.65 $\pm$ 0.37	1.62 $\pm$ 0.35	1.60 $\pm$ 0.35*
	Controle	1.61 $\pm$ 0.32	1.65 $\pm$ 0.33	1.63 $\pm$ 0.35	1.59 $\pm$ 0.32*
Tempo para Fy1 (ms)	Estático	30 $\pm$ 3	30 $\pm$ 4	30 $\pm$ 3	30 $\pm$ 4
	Dinâmico	31 $\pm$ 3	31 $\pm$ 4	30 $\pm$ 4	30 $\pm$ 4
	Controle	30 $\pm$ 3	31 $\pm$ 4	30 $\pm$ 4	30 $\pm$ 4
TDF 20-80% (PC/s)	Estático	68.9 $\pm$ 18.8	69.4 $\pm$ 17.9	68.9 $\pm$ 16.9	68.9 $\pm$ 18.5
	Dinâmico	68.4 $\pm$ 17.9	68.6 $\pm$ 19.7	69.2 $\pm$ 18.3	68.9 $\pm$ 18.3
	Controle	66.7 $\pm$ 17.6	69.0 $\pm$ 18.4	68.0 $\pm$ 17.4	67.8 $\pm$ 16.6
Fy2 (PC)	Estático	2.63 $\pm$ 0.28	2.66 $\pm$ 0.28	2.66 $\pm$ 0.29	2.63 $\pm$ 0.29
	Dinâmico	2.66 $\pm$ 0.28	2.68 $\pm$ 0.28	2.66 $\pm$ 0.27	2.64 $\pm$ 0.25
	Controle	2.64 $\pm$ 0.29	2.68 $\pm$ 0.28	2.65 $\pm$ 0.30	2.66 $\pm$ 0.29
Impulso vertical (PC/ms)	Estático	354 $\pm$ 17	354 $\pm$ 20	355 $\pm$ 23	353 $\pm$ 21
	Dinâmico	354 $\pm$ 18	357 $\pm$ 20	357 $\pm$ 22	353 $\pm$ 21
	Controle	353 $\pm$ 15	358 $\pm$ 18	356 $\pm$ 20	356 $\pm$ 17

Os resultados das variáveis espaço-temporais estão apresentados na tabela 5. Não foi identificada interação do tipo de alongamento com momento para o tempo de apoio na corrida, bem como não foram identificados efeitos principais para essa variável ($p > 0,05$). Em relação ao tempo de passada, não foi observada interação entre os fatores (tipo de alongamento x momento) ($p > 0,05$), no entanto observou-se efeito principal de momento para essa variável. O post hoc de Tukey identificou um aumento significativo no tempo de passada para os momentos 3 e 4, em comparação com o momento 1 ($p < 0,05$), e um aumento significativo do momento 3 em comparação ao momento 2 ($p = 0,015$).

Resultados semelhantes foram observados para o comprimento de passos, em que as diferenças encontradas nas médias dos diferentes níveis do fator tipo de alongamento não são grandes suficientes para excluir a possibilidade de que sejam oriundas do acaso ($p = 0,527$). No entanto, observou-se efeito principal de momento para essa variável, em que os momentos 3 e 4 apresentam um comprimento de passos significativamente maior que o momento 1 ($p < 0,001$), e o momento 3 apresenta um comprimento de passo significativamente maior que o momento 2 ($p = 0,033$). Da mesma forma, a análise de variância identificou somente efeito principal de tempo para a variável frequência de passos. O post hoc identificou que os momentos 3 e 4 apresentam menor frequência de passos que os momentos 1 e 2 ($p < 0,001$).

Tabela 5 – Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm DP$) das variáveis espaço-temporais (TC – tempo de contato; TP – tempo de passada; CP – comprimento de passos; FP – frequência de passos) durante a corrida, em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1. (&) indica diferença significativa para o momento 2.

Variável	Tipo de Alongamento	Momento 1 (0 – 1')	Momento 2 (4' – 5')	Momento 3 (9' – 10')	Momento 4 (14' – 15')
TC (ms)	Estático	230 $\pm$ 24	228 $\pm$ 22	227 $\pm$ 21	229 $\pm$ 22
	Dinâmico	232 $\pm$ 26	231 $\pm$ 23	230 $\pm$ 23	229 $\pm$ 23
	Controle	230 $\pm$ 25	230 $\pm$ 25	232 $\pm$ 25	230 $\pm$ 24
TP (ms)	Estático	696 $\pm$ 37	703 $\pm$ 43	706 $\pm$ 38*&	706 $\pm$ 36*
	Dinâmico	693 $\pm$ 32	697 $\pm$ 36	716 $\pm$ 38*&	704 $\pm$ 37*
	Controle	690 $\pm$ 27	697 $\pm$ 34	706 $\pm$ 39*&	705 $\pm$ 35*
CP (metros)	Estático	1.13 $\pm$ 0.17	1.15 $\pm$ 0.17	1.15 $\pm$ 0.17*&	1.15 $\pm$ 0.17*
	Dinâmico	1.13 $\pm$ 0.16	1.13 $\pm$ 0.17	1.16 $\pm$ 0.17*&	1.15 $\pm$ 0.17*
	Controle	1.12 $\pm$ 0.16	1.14 $\pm$ 0.17	1.15 $\pm$ 0.18*&	1.15 $\pm$ 0.18*
FP (Hz)	Estático	2.89 $\pm$ 0.14	2.87 $\pm$ 0.15	2.84 $\pm$ 0.15*&	2.84 $\pm$ 0.14*&
	Dinâmico	2.89 $\pm$ 0.13	2.89 $\pm$ 0.17	2.83 $\pm$ 0.16*&	2.85 $\pm$ 0.14*&
	Controle	2.90 $\pm$ 0.12	2.88 $\pm$ 0.14	2.85 $\pm$ 0.15*&	2.85 $\pm$ 0.14*&

A tabela 6 apresenta os valores médios com seus respectivos desvios-padrões do RMS para os cinco músculos estudados no intervalo de 100 ms antecedentes ao contato inicial com o pé com o solo. A análise estatística identificou somente efeito principal de momento para o RMS do gastrocnêmio lateral, com o post hoc indicando uma intensidade de sinal eletromiográfico significativamente menor no momento 3 em comparação ao momento 1 ($p = 0,025$). As demais variáveis não apresentaram qualquer influência significativa dos momentos ou dos tipos de alongamento.

Tabela 6 – Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm DP$) do RMS (em % do pico da tarefa de aquecimento) calculado no intervalo de 100 ms antecedentes ao contato inicial com o solo, dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA) em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1

Músculo selecionado	Tipo de Alongamento	Momento 1 (0 – 1')	Momento 2 (4' – 5')	Momento 3 (9' – 10')	Momento 4 (14' – 15')
RF	Estático	43 $\pm$ 24	41 $\pm$ 21	40 $\pm$ 22	43 $\pm$ 25
	Dinâmico	44 $\pm$ 31	44 $\pm$ 37	44 $\pm$ 33	52 $\pm$ 41
	Controle	49 $\pm$ 24	46 $\pm$ 20	45 $\pm$ 25	49 $\pm$ 31
VL	Estático	63 $\pm$ 21	63 $\pm$ 30	61 $\pm$ 25	60 $\pm$ 26
	Dinâmico	57 $\pm$ 19	58 $\pm$ 16	56 $\pm$ 21	59 $\pm$ 23
	Controle	57 $\pm$ 22	57 $\pm$ 18	54 $\pm$ 24	56 $\pm$ 21
BF	Estático	34 $\pm$ 20	31 $\pm$ 17	30 $\pm$ 15	33 $\pm$ 19
	Dinâmico	35 $\pm$ 22	34 $\pm$ 19	32 $\pm$ 17	28 $\pm$ 17
	Controle	34 $\pm$ 19	35 $\pm$ 16	31 $\pm$ 18	31 $\pm$ 18
GL	Estático	58 $\pm$ 27	50 $\pm$ 23	50 $\pm$ 18*	50 $\pm$ 23
	Dinâmico	52 $\pm$ 28	51 $\pm$ 26	46 $\pm$ 25*	46 $\pm$ 20
	Controle	62 $\pm$ 59	50 $\pm$ 31	49 $\pm$ 37*	56 $\pm$ 36
TA	Estático	46 $\pm$ 28	47 $\pm$ 27	43 $\pm$ 23	43 $\pm$ 39
	Dinâmico	45 $\pm$ 19	41 $\pm$ 23	39 $\pm$ 19	37 $\pm$ 19
	Controle	47 $\pm$ 21	42 $\pm$ 24	47 $\pm$ 31	50 $\pm$ 40

A tabela 7 apresenta os valores médios com seus respectivos desvios-padrões do RMS para os cinco músculos estudados no tempo de apoio da corrida. Não foi identificada interação entre os momentos e o tipo de alongamento para a intensidade de atividade eletromiográfica do bíceps femoral. Observou-se, porém, um menor valor do RMS desta musculatura nos momentos 2, 3 e 4 em comparação com o momento 1 ($p < 0,001$). Resultados semelhantes foram encontrados para o gastrocnêmio lateral, em que não houve interação significativa entre os fatores (momento x tipo de alongamento), mas foi observado um efeito principal de momento. O post hoc apresentou que os momentos 2, 3 e 4 apresentaram uma intensidade de ativação significativamente menor que o momento 1 ($p < 0,001$), independentemente do tipo de alongamento realizado. As demais variáveis não apresentaram qualquer influência significativa dos diferentes momentos ou dos tipos de alongamento utilizados.

Tabela 7 – Média e desvio padrão ($\bar{X} \pm DP$) do RMS (em % do pico da tarefa de aquecimento) calculado durante a fase de apoio, dos músculos Reto Femoral (RF), Vasto Lateral (VL), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA) em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos). (*) indica diferença significativa para o momento 1.

Músculo selecionado	Tipo de Alongamento	Momento 1 (0 – 1')	Momento 2 (4' – 5')	Momento 3 (9' – 10')	Momento 4 (14' – 15')
RF	Estático	38 ± 27	36 ± 31	30 ± 22	27 ± 20
	Dinâmico	41 ± 36	34 ± 32	38 ± 31	37 ± 35
	Controle	42 ± 26	44 ± 32	45 ± 42	44 ± 52
VL	Estático	41 ± 26	43 ± 34	37 ± 26	29 ± 21
	Dinâmico	50 ± 31	40 ± 31	44 ± 32	39 ± 27
	Controle	44 ± 30	44 ± 29	39 ± 22	37 ± 23
BF	Estático	41 ± 21	37 ± 21*	34 ± 24*	32 ± 24*
	Dinâmico	45 ± 31	35 ± 28*	37 ± 26*	35 ± 29*
	Controle	44 ± 24	38 ± 21*	36 ± 23*	34 ± 20*
GL	Estático	75 ± 22	69 ± 21*	68 ± 37*	57 ± 25*
	Dinâmico	72 ± 28	62 ± 22*	60 ± 28*	62 ± 26*
	Controle	75 ± 32	62 ± 27*	59 ± 27*	62 ± 25*
TA	Estático	27 ± 11	24 ± 19	29 ± 35	25 ± 24
	Dinâmico	28 ± 21	24 ± 22	27 ± 23	26 ± 20
	Controle	27 ± 17	22 ± 13	28 ± 22	22 ± 15

Relativamente à cocontração, as ANOVAS realizadas não identificaram qualquer efeito estatisticamente significativo dos diferentes tipos de alongamento ou dos diferentes momentos ($p > 0,05$), e estes resultados estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Média e desvio padrão ($X \pm DP$) da cocontração muscular (representada em %) durante a fase de apoio na corrida, dos músculos Reto Femoral (RF), Bíceps Femoral (BF), Gastrocnêmio Lateral (GL) e Tibial Anterior (TA), em função de três condições experimentais (alongamento estático para os membros inferiores, alongamento dinâmico para os membros inferiores e alongamento estático para os membros superiores), em 4 momentos distintos durante o teste de 15 minutos de corrida constante (momento 1 – entre 0 e 1 minutos; momento 2 – entre 4 e 5 minutos; momento 3 – entre 9 e 10 minutos; momento 4 – entre 14 e 15 minutos).

Músculos selecionados	Tipo de Alongamento	Momento 1 (0 – 1')	Momento 2 (4' – 5')	Momento 3 (9' – 10')	Momento 4 (14' – 15')
Cocontração RF:BF	Estático	48 ± 17	47 ± 21	49 ± 20	47 ± 20
	Dinâmico	46 ± 19	49 ± 17	46 ± 19	47 ± 17
	Controle	50 ± 19	53 ± 17	48 ± 18	51 ± 18
Cocontração TA:GL	Estático	33 ± 13	34 ± 14	36 ± 16	36 ± 12
	Dinâmico	32 ± 14	32 ± 14	33 ± 14	35 ± 14
	Controle	33 ± 16	35 ± 15	36 ± 16	35 ± 13

8. DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo investigar os efeitos agudos da prática do exercício de alongamento muscular, tanto na forma estática quanto na forma dinâmica, sobre os parâmetros cinéticos, cinemáticos e eletromiográficos da corrida. Os resultados deste estudo não permitem rejeitar a hipótese de nulidade, e indicam que a realização de alongamento para os membros inferiores, não é capaz de influenciar de forma significativa o comportamento das forças externas incidentes sobre o aparelho locomotor mensurada por intermédio da componente vertical da força de reação do solo, o comportamento neuromuscular medido através da intensidade do sinal eletromiográfico dos músculos da perna, ou os parâmetros espaço-temporais como comprimento e frequência de passos.

Muitos dos estudos anteriores que investigaram os efeitos agudos do alongamento em parâmetros biomecânicos da corrida, utilizaram volumes de alongamento com duração igual ou superior a 90 segundos de exercício por grupamento muscular (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; DAMASCENO et al., 2014; HAMMONDS et al., 2012; LOWERY et al., 2014). No entanto, tais volumes de exercício resultaram em um protocolo de alongamento com duração total entre 15 e 20 minutos, um tempo muito maior do que o habitualmente utilizado na prática esportiva. Diante disso, neste estudo procurou-se utilizar um protocolo de exercícios de alongamento cuja duração total tivesse um maior valor ecológico, de modo que o tempo total dos protocolos de alongamento utilizados neste estudo foi em média 12 minutos e 40 segundos. O volume de cada exercício de alongamento dos protocolos foi de 60 segundos para cada grupamento muscular. Foi evidenciado que tal volume é suficiente para causar mudanças na rigidez musculotendínea ou para potencialmente interferir em aspectos neurais (RYAN et al., 2009; TRAJANO; NOSAKA; BLAZEIVICH, 2017), além de ser considerado como um volume mínimo para interferir de forma significativa no desempenho subsequente (BEHM et al., 2016a; KAY; BLAZEIVICH, 2012; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013).

Uma contribuição deste estudo, é que diferentemente de estudos anteriores com métodos semelhantes (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014; PAPPAS et al., 2017; WILSON et al., 2010; YAMAGUCHI; TAKIZAWA; SHIBATA, 2015; ZOURDOS et al., 2012) e que não conseguiram cegar os voluntários quanto aos objetivos da pesquisa, pois os deixaram sentados em uma cadeira na situação controle aos protocolos de alongamento estático ou dinâmico, visando uma melhor qualidade metodológica

e uma diminuição no viés, neste estudo foi utilizado um crossover em que os voluntários foram blindados quanto aos reais objetivos da pesquisa, por intermédio da adoção de um protocolo de alongamento para os membros superiores.

Afim de verificar a efetividade de um estímulo de alongamento para a flexibilidade dos membros inferiores, adotou-se o teste de sentar e alcançar no banco de Wells. Foi observado um aumento significativo de 6,8% na flexibilidade após a realização dos exercícios de alongamento, independentemente do protocolo utilizado (estático, dinâmico ou controle). Ao avaliar o tamanho de efeito da melhora na flexibilidade dos membros inferiores em função dos diferentes protocolos de alongamento, este estudo identificou que os protocolos de alongamento estático e dinâmico apresentaram um tamanho de efeito pequeno enquanto que o protocolo de alongamento controle apresentou um tamanho de efeito insignificante sobre a flexibilidade. Resultados estes que corroboram com a literatura, de que tanto o alongamento estático quanto o alongamento dinâmico são igualmente eficientes em melhorar a flexibilidade de forma aguda (GARBER et al., 2011; HAYES; WALKER, 2007).

Behm et al. (2016b) também identificaram uma melhora na flexibilidade dos membros inferiores após a realização de um protocolo de exercícios de alongamento para os membros superiores. Uma das hipóteses para justificar a melhoria da flexibilidade dos membros inferiores após a realização de um protocolo de exercícios de alongamento para os membros superiores seria a um aumento global na tolerância ao alongamento (BEHM et al., 2016b). No entanto, os mecanismos envolvidos nestes resultados não são claros e não estão bem consubstanciados na literatura, de modo que mais estudos são necessários para sustentar ou refutar tal hipótese. Portanto, a prática de exercícios de alongamento durante a rotina de aquecimento para o esporte, ainda que não realizada em articulações envolvidas diretamente com a atividade alvo, deve ser empregada com cuidado por atletas amadores e profissionais.

A escala da percepção subjetiva de esforço pode ser utilizada durante a prática esportiva para medir o grau de esforço e de dificuldade de determinada tarefa (BORG, 1982). Afim de avaliar se o alongamento poderia ter efeito sobre a intensidade percebida por cada voluntário, foi aplicada a escala subjetiva de esforço adaptada (FOSTER et al., 2001). Os resultados deste estudo não apresentaram interação entre a realização do alongamento e os momentos de avaliação, indicando que tanto o alongamento estático quanto o alongamento dinâmico não foram capazes de influenciar a PSE dos sujeitos. Resultados semelhantes também foram encontrados em estudos anteriores que tanto o alongamento estático quanto o alongamento dinâmico não afetaram a PSE dos indivíduos em testes de corrida em esteira (MOJOCK et al.,

2011; WILSON et al., 2010; ZOURDOS et al., 2012). Um único estudo avaliou a PSE durante uma prova de 3 km em pista de atletismo após a realização de alongamento estático, e identificou um aumento significativo na PSE dos indivíduos somente nos primeiros 800 metros da prova (DAMASCENO et al., 2014), sugerindo que os efeitos agudos do alongamento estático sobre a PSE não sejam tão duradouros. As diferenças na natureza dos testes (*time trial* e testes de corrida com velocidade constante) e no ambiente de coleta (pista de atletismo e esteira) podem contribuir para justificar as divergências encontradas entre os estudos.

Os resultados da PSE indicaram um efeito principal de momento, apresentando que conforme o tempo de teste avançava, a percepção dos indivíduos era de uma tarefa mais difícil. Considerando que a velocidade de corrida utilizada foi o equivalente à velocidade média do voluntário para percorrer 10 km, e que 15 minutos representaria em média 30% do tempo da prova, o aumento na PSE ao longo do teste não é um resultado anormal. Ainda assim, a intensidade de corrida durante todo o teste foi considerada submáxima, visto que no momento 4 (o momento com maiores valores de PSE), a média de intensidade reportada pelos voluntários foi de 3,7, que corresponde a um valor relativo a uma intensidade moderada a pouco difícil.

Em que pese ter sido evidenciado que de forma aguda o alongamento é capaz de influenciar na capacidade muscular de gerar tensão (BEHM et al., 2016a; BEHM; CHAOUACHI, 2011; CRAMER et al., 2004; KAY; BLAZEIVICH, 2012; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013), e a força muscular é um dos mecanismos responsáveis pela absorção do choque mecânico e pela propulsão do corpo durante a corrida, nossos resultados não evidenciaram qualquer influência significativa dos protocolos de alongamento estático ou dinâmico sobre os parâmetros cinéticos, como a magnitude do primeiro ($Fy1$) e do segundo ($Fy2$) pico da força de reação do solo, tampouco no tempo para o primeiro pico ou na taxa de desenvolvimento de força entre 20-80% do primeiro pico. Além disso, o impulso vertical total também não sofreu influência dos protocolos de alongamento.

Pelo melhor de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a investigar os efeitos do alongamento sobre características dinâmicas da corrida medidas de forma direta com plataformas de força. Um único estudo, com objetivos semelhantes ao desta pesquisa, se propôs a comparar os efeitos do alongamento estático e dinâmico sobre variáveis dinâmicas na corrida (PAPPAS et al., 2017). Os autores também não observaram efeitos do alongamento estático sobre a $Fy2$, mas identificaram que o protocolo de alongamento dinâmico proporcionou um aumento de 1,4% na magnitude da $Fy2$. Destaca-se que a força de reação do solo no estudo de Pappas et al. (2017) foi estimada por intermédio de equações matemáticas com informações

advindas da avaliação cinemática dos voluntários, de modo que comparações diretas entre os dois estudos não são muito precisas. Embora os resultados de ambos os estudos sugerirem que o alongamento estático não influencia de forma significativa no comportamento da Fy2, existem diferenças quanto aos efeitos agudos do alongamento dinâmico sobre essa variável, de modo que mais estudos são necessários para que seja entendido o real comportamento do pico da força de reação do solo durante a corrida. Além disso os dados a respeito dos efeitos agudos dos alongamentos estático e dinâmico sobre os outros parâmetros cinéticos (Fy1, TDF e impulso total) continuam escassos.

Foi observado somente um efeito principal de momento para a variável Fy1, em que o momento 4 apresentou um valor de pico de impacto 3% menor que o momento 2 ($p < 0,05$). Tal resultado poderia ser atribuído à uma variabilidade natural de movimento dos indivíduos à corrida, e que pode ter sofrido influência de diversos fatores, dentre os quais a própria corrida em esteira em ambiente laboratorial.

Em relação às variáveis espaço-temporais, também não foi encontrada influência significativa do alongamento estático ou dinâmico sobre o tempo de apoio durante a corrida. Tais resultados corroboram com achados anteriores de que a prática aguda do alongamento estático (DAMASCENO et al., 2014; PAPPAS et al., 2017) ou dinâmico (PAPPAS et al., 2017) não seriam capazes de influenciar no tempo de apoio da corrida. No entanto, não existe um consenso sobre o tema, pois também já foi observado que após um protocolo alongamento estático houve um aumento de 12,6 % no tempo de apoio durante uma corrida com 5% de inclinação (LOWERY et al., 2014).

As diferenças nos resultados entre os estudos poderiam ser atribuídas à tarefa avaliada. Enquanto nossos voluntários e os voluntários dos estudos de Damasceno et al. (2014) e de Pappas et al. (2017) foram avaliados durante uma corrida sem qualquer grau de inclinação, Lowery et al. (2014) realizou sua avaliação em uma corrida com 5% de inclinação. As corridas em aclave exigem muito mais força concêntrica dos músculos da perna, do que as corridas realizadas sem nenhum grau de inclinação (VERNILLO et al., 2017). Já foi evidenciado que em tarefas de alta demanda de força muscular concêntrica, os efeitos do alongamento estático são mais evidentes e pronunciados, como no caso de uma repetição máxima, saltos verticais e em corridas de *sprint* (BEHM et al., 2016a; KAY; BLAZEIVICH, 2012; SIMIC; SARABON; MARKOVIC, 2013). Desta forma, é provável que o alongamento estático realizado tenha maior capacidade de influenciar a mecânica da corrida em uma situação que exija maior trabalho muscular concêntrico, como no caso da corrida em aclave, do que em uma condição em que o

trabalho muscular concêntrico é menos elevado e há uma alta participação do ciclo excêntrico-concêntrico, como a corrida no plano.

Os resultados deste estudo não identificaram influência do alongamento estático ou do alongamento dinâmico sobre o tempo de passada. Um único estudo observou um aumento significativo no tempo de passada após a realização do alongamento estático (DAMASCENO et al., 2014). As hipóteses para justificar as diferenças entre os estudos se baseiam no efeito dose-resposta de alongamento. Enquanto este estudo utilizou um volume de exercício de 60 segundos por grupamento muscular, o estudo de Damasceno et al. (2014) adotou um volume de 90 segundos para cada grupamento muscular, fato esse que pode ter influenciado de forma mais significativa no comportamento espaço-temporal dos sujeitos durante a corrida.

Em relação ao comprimento e frequência de passos, assim como os resultados relativos ao tempo de apoio e de passada, são igualmente controversos na literatura. Os resultados deste estudo mostraram que tanto o alongamento estático quanto o alongamento dinâmico não foram capazes de influenciar nem o comprimento nem a frequência de passos. Resultados semelhantes foram observados após a execução de alongamento estático os membros inferiores (ALLISON; BAILEY; FOLLAND, 2008; PAPPAS et al., 2017). No entanto, ao adotar um volume de 40 segundos de alongamento dinâmico, identificou-se uma diminuição de 2,12% na frequência de passos e um aumento de 2,25% no comprimento de passos (PAPPAS et al., 2017). Os resultados deste e dos demais estudos, sugerem que o alongamento estático parece não influenciar no comprimento ou na frequência de passos. Por outro lado, mais estudos não necessários para chegar a uma conclusão sobre os efeitos do alongamento dinâmico nessas variáveis.

Houve somente um efeito principal de momento, indicando uma frequência de passos 1,2% menor e um comprimento de passos 1,8% maior nos momentos finais da corrida em comparação aos momentos iniciais. Sabe-se que os corredores tendem a escolher de forma auto selecionada o melhor comprimento e frequência de passos para a prática da corrida, e esta estratégia é considerada como a mais econômica e vantajosa (ANDERSON, 1996; BARNES; KILDING, 2015; LACOUR; BOURDIN, 2015; MOORE, 2016; SAUNDERS et al., 2004; WILLIAMS; CAVANAGH, 1987). A alteração de até 2% na frequência e no comprimento de passos observadas neste estudo, sugerem que ocorreu uma variação natural dos indivíduos ao longo da corrida. Tal hipótese pode ser sustentada por relatos da literatura que evidenciaram que as mudanças nas variáveis relacionadas à sobrecarga mecânica ocorrem a partir de 5% de manipulação do comprimento e frequência de passos (HEIDERSCHEIT et al., 2011; HOBARA et al., 2012), e que alterações de até 3% no comprimento e frequência de passos não são capazes

de influenciar de forma significativa a economia de corrida (CRAIGHEAD; LEHECKA; KING, 2014; MOORE, 2016; MOORE; JONES; DIXON, 2014a).

Pelo motivo da capacidade do alongamento muscular potencialmente influenciar no *drive* neural (TRAJANO; NOSAKA; BLAZEVOICH, 2017), também foi avaliado o comportamento da atividade eletromiográfica dos músculos da perna durante a corrida. A avaliação da EMG foi realizada em dois momentos da corrida, 100ms antes do contato inicial com o solo e durante a fase de apoio. A capacidade do músculo armazenar e reutilizar energia elástica depende em grande parte da pré-atividade muscular (100ms antes do contato com o solo), que pode aumentar o grau de rigidez dos membros inferiores e favorecer a transferência rápida da fase de frenagem para a fase propulsiva no momento de apoio durante a corrida (PAAVOLAINEN et al., 1999).

Sugere-se ainda que um aumento na pré-atividade poderia facilitar o controle articular e diminuir a necessidade de ativação muscular corretiva após o contato inicial com o solo, fato esse que pode minimizar o custo energético na corrida e permitir uma boa transferência de energia da fase de frenagem para a fase propulsiva (TAM et al., 2017, 2018). Evidências experimentais indicaram que corredores com melhor desempenho apresentavam uma maior pré-ativação em comparação com corredores de menor nível (PAAVOLAINEN et al., 1999; TAM et al., 2017, 2018).

Os resultados do presente estudo evidenciaram que o alongamento muscular, estático ou dinâmico, antecedente à prática da corrida não foi capaz de interferir na intensidade do sinal eletromiográfico no intervalo de tempo de 100ms antecedentes ao contato inicial com o solo. Trata-se do primeiro estudo a avaliar tal características, de modo que não é possível fazer comparações diretas com outros estudos.

Observou-se somente um efeito principal de momento no RMS do gastrocnêmio lateral 100ms pré apoio, indicando uma intensidade 16% menor no momento 3 em comparação com o momento 1. A justificativa para tal resultado se daria pelo potencial comportamento atípico desta musculatura durante atividades de locomoção, como já mencionado em estudos anteriores (ARAUJO, 1998). A atividade muscular de músculos sinergistas poderia para realizar a ação muscular desejada do gastrocnêmio lateral (ARAUJO, 1998) e por isso a menor intensidade de eletromiografia deste músculo seria justificada. Além disso, eventuais mudanças na técnica de movimento durante a corrida poderiam alterar a intensidade de ativação muscular do tríceps sural nos momentos antecedentes ao contato inicial do pé com o solo (YONG; SILDER; DELP,

2014). No entanto, a falta de mensuração da atividade muscular dos músculos sinergistas (gastrocnêmio medial ou sóleo), e de dados cinemáticos referentes à técnica de movimento e ao posicionamento angular das articulações, não nos permite confirmar tais hipóteses.

Por além da atividade muscular no intervalo de tempo de 100ms antecedentes ao apoio, também foi avaliada a intensidade de EMG durante a fase de apoio. Novamente, os resultados deste estudo não mostraram qualquer influência do alongamento sobre a intensidade de EMG do reto femoral, do vasto lateral, do bíceps femoral, do gastrocnêmio lateral ou do tibial anterior. Estudos anteriores mostraram um aumento na intensidade de EMG do gastrocnêmio lateral (LOWERY et al., 2014) e do bíceps femoral após a realização de um protocolo de alongamento estático (DAMASCENO et al., 2014). Por outro lado, não foi identificada qualquer influência da intensidade de ativação do gastrocnêmio lateral ou do vasto medial (DAMASCENO et al., 2014) após o alongamento. Os autores de ambos estudos sugerem que o aumento na intensidade de sinal eletromiográfico após o alongamento estático seria resultado de uma maior necessidade de atividade muscular concêntrica devido a uma diminuição na capacidade de acumular e restituir energia elástica em função do alongamento (DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014), que resultaria em um maior recrutamento de fibras musculares através dos disparos neurais. No entanto, os resultados de nosso estudo e as divergências entre os outros dois estudos relativas à intensidade de eletromiografia do gastrocnêmio lateral (DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014), não permitem confirmar tais hipóteses. Deve-se destacar, ainda, que em nenhum dos dois estudos anteriores (DAMASCENO et al., 2014; LOWERY et al., 2014) foi indicado, de forma específica, em qual fase do ciclo da corrida a intensidade da eletromiografia foi avaliada, de modo que os resultados devem ser interpretados com cautela.

Nossos resultados identificaram um efeito principal de momento para o bíceps femoral e para o gastrocnêmio lateral durante a fase de apoio, apresentando uma menor intensidade de ativação destas musculaturas nos momentos 2, 3 e 4, em comparação ao momento 1. Porém, esses resultados são de difícil interpretação diante da impossibilidade de determinar com precisão o início e o final da fase de frenagem e de propulsão durante o apoio. O bíceps femoral tem importante papel de contribuição na estabilização do joelho e na extensão de quadril (HIGASHIHARA et al., 2010) durante a primeira fase do apoio, e pode auxiliar na flexão de joelho durante o processo de retirada dos dedos (WINTER, 1990). A musculatura do tríceps sural tem importante atividade na primeira fase do apoio para controlar a rotação anterior da tíbia (WINTER, 1990), é a principal responsável pela propulsão durante a segunda fase do apoio

na corrida (HAMNER; SETH; DELP, 2010; NOVACHECK, 1998). Sem informações que permitam determinar as fases do apoio, não é possível saber em qual fase (fase de frenagem ou fase propulsiva) houve a alteração do RMS, sendo esta uma importante limitação deste estudo.

Por além da intensidade de ativação dos músculos da perna, também foi avaliada a cocontração agonista-antagonista. Sugere-se que a cocontração pode ser ineficiente para a execução dos movimentos humanos, porque nesse momento existem músculos trabalhando de forma antagônica e sem produzir um movimento efetivo (WINTER, 2009). No entanto, a cocontração também pode ocorrer em alguns movimentos humanos quando é necessário estabilizar determinada articulação, especialmente em situações de levantamento de peso ou na articulação do tornozelo durante a corrida ou caminhada (WINTER, 2009).

A cocontração modula a estabilidade articular. Acredita-se que exista um valor ótimo de cocontração, que não seja metabolicamente ineficiente, mas que promova a estabilidade articular necessária para a realização do movimento (MOORE; JONES; DIXON, 2014b). Uma eventual alteração na cocontração após a prática do alongamento, poderia representar uma estratégia compensatória para a manutenção da estabilidade articular durante a locomoção, que poderia causar certa ineficiência. Os resultados deste estudo indicaram que os protocolos de alongamento estático e dinâmico não foram capazes de influenciar de forma significativa a cocontração agonista-antagonista das articulações do joelho e do tornozelo. A ausência de alteração na intensidade eletromiográfica e na cocontração dos músculos ao redor da articulação do joelho e do tornozelo, sugerem que os protocolos de alongamento empregados não são suficientes para interferir em parâmetros neuromusculares de uma tarefa cíclica, como a corrida, realizada em intensidade submáxima

9. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

As interpretações dos resultados desta pesquisa não são livres de limitações. Em primeiro lugar, deve-se considerar que os resultados obtidos neste estudo são protocolo-dependente, de modo que protocolos de exercício com volumes, frequência ou intensidades diferentes poderiam trazer resultados diferentes.

Deve-se considerar, também, que a população investigada neste estudo, são corredores amadores de modo que a extrapolação destes resultados para com outros níveis de aptidão física, deve ser feita com cautela.

Em relação aos exercícios de alongamento utilizados, apesar de todos os voluntários terem sido instruídos a realizar os exercícios de alongamento numa intensidade próxima ao ponto de desconforto, a intensidade objetiva do alongamento é uma tarefa de difícil mensuração e controle. Desta forma, a subjetividade do limiar de desconforto dos voluntários pode ter influenciado nos resultados deste estudo.

Afim de verificar os efeitos do protocolo de alongamento de forma aguda, foi aplicado um teste de flexibilidade antes e depois da realização dos alongamentos. O teste de sentar e alcançar é largamente utilizado em estudos científicos, e trata-se de um teste que avalia de maneira global a extensibilidade dos isquiotibiais. Porém, trata-se de um teste de uma única articulação e que pode não ser suficientemente preciso para medir os efeitos agudos do alongamento sobre a flexibilidade global dos voluntários.

Além disso, considerando que os efeitos do alongamento sobre as propriedades mecânicas são transitórios, o tempo investido na realização do teste de flexibilidade após o término do protocolo de alongamento, antes do início da corrida, pode ter influenciado nos resultados desta pesquisa.

Devido a complexa interação entre parâmetros biomecânicos da corrida com o desempenho e com a sobrecarga mecânica, este estudo avaliou alguns dos parâmetros biomecânicos relacionados com essas variáveis. Em que pese os protocolos de alongamento empregados não terem interferido de forma significativa nos parâmetros cinéticos e eletromiográficos durante a corrida, deve-se considerar que foi utilizado um conjunto pequeno de variáveis e de forma discreta. Uma avaliação do comportamento cinemático das articulações poderia contribuir com informações que permitiriam uma avaliação mais detalhada com dados referentes às forças internas, como potência e a energia.

Por fim, vale destacar que a avaliação biomecânica da corrida foi realizada em esteira e em ambiente laboratorial. Sabe-se que as características biomecânicas da corrida em esteira não são exatamente iguais à corrida em piso fixo, além de uma avaliação em ambiente laboratorial ser carregada de efeito retroativo. Ambos os fatores devem ser considerados no momento de extrapolação dos resultados desta pesquisa. Além disso, o tempo total de teste foi de 15 minutos, desta forma ainda se fazem necessários novos estudos para avaliar os efeitos do alongamento em corridas com maiores durações.

10. CONCLUSÃO

A partir do objetivo geral desta dissertação de dimensionar os efeitos agudos da realização do alongamento estático e do alongamento dinâmico sobre as características biomecânicas da corrida, é possível concluir que os protocolos de alongamento estático e de alongamento dinâmico, utilizados para os membros inferiores, não são capazes de influenciar de forma significativa os parâmetros biomecânicos da corrida relacionados ao desempenho e à sobrecarga mecânica externa, tampouco a percepção subjetiva de esforço durante a corrida.

Desta forma, este estudo nega as hipóteses previamente apontadas na literatura de que, de forma aguda, o alongamento estático traria prejuízo à corrida, e que a utilização do alongamento dinâmico poderia trazer eventuais benefícios à corrida subsequente.

11.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, D. et al. Changes in EMG characteristics and metabolic energy cost during 90-min prolonged running. **Gait & posture**, v. 26, n. 4, p. 607–10, out. 2007.

ACHOUR JUNIOR, A. **Exercícios de Alongamento: anatomia e fisiologia**. 3ª edição ed. Barueri: Manole, 2010.

ALBERTUS-KAJEE, Y. et al. Alternative methods of normalising EMG during running. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 21, n. 4, p. 579–586, ago. 2011.

ALLISON, S. J.; BAILEY, D. M.; FOLLAND, J. P. Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 14, p. 1489–1495, 2008.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 8ª edição ed. Filadélfia: Lippincott, 2010.

ANDERSON, T. Biomechanics and Running Economy. **Sports Medicine**, v. 22, n. 2, p. 76–89, ago. 1996.

APOSTOLOPOULOS, N. et al. The relevance of stretch intensity and position-a systematic review. **Frontiers in psychology**, v. 6, n. August, p. 1128, 2015.

ARAMPATZIS, A. et al. Influence of the muscle-tendon unit's mechanical and morphological properties on running economy. **The Journal of Experimental Biology**, v. 209, n. Pt 17, p. 3345–57, 2006.

ARAÚJO, R. C. **Utilização da eletromiografia na análise biomecânica do movimento humano**. [s.l.] Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, 1998.

ARELLANO, C. J.; KRAM, R. Partitioning the metabolic cost of human running: A task-by-task approach. **Integrative and Comparative Biology**, v. 54, n. 6, p. 1084–1098, 2014.

AVELA, J.; KYRÖLÄINEN, H.; KOMI, P. V. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 86, n. 4, p. 1283–91, abr. 1999.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Strategies to Improve Running Economy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 1, p. 37–56, 28 jan. 2014.

BARNES, K. R.; KILDING, A. E. Running economy: measurement, norms, and determining factors. **Sports Medicine - Open**, v. 1, n. 1, p. 8, 2015.

BEAUDOIN, C. M.; WHATLEY BLUM, J. Flexibility and running economy in female collegiate track athletes. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 45, n. 3, p. 295–300, set. 2005.

BEHM, D. G. et al. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 41, n. 1, p. 1–11, 2016a.

BEHM, D. G. et al. Acute bouts of upper and lower body static and dynamic stretching increase non-local joint range of motion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116,

n. 1, p. 241–9, jan. 2016b.

BEHM, D. G.; BUTTON, D. C.; BUTT, J. C. Factors affecting force loss with prolonged stretching. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 26, n. 3, p. 261–72, jun. 2001.

BEHM, D. G.; CHAOUACHI, A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 11, p. 2633–2651, 2011.

BELLI, A.; BOSCO, C. Influence of stretch-shortening cycle on mechanical behaviour of triceps surae during hopping. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 144, n. 4, p. 401–8, abr. 1992.

BERTUZZI, R.; LIMA-SILVA, A. E. Economia de movimento. In: BERTUZZI, R. et al. (Eds.). . **Aptidão Aeróbia**. 1ª ed. São Paulo: [s.n.]. p. 98–106.

BISHOP, D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 33, n. 6, p. 439–54, 2003a.

BISHOP, D. Warm-up II: Performance changes following active warm-up and how to structure the warm-up. **Sports Medicine**, v. 33, n. 7, p. 483–498, 2003b.

BLAGROVE, R. C. et al. Strength and Conditioning Habits of Competitive Distance Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, 2017.

BLICKHAN, R. The spring-mass model for running and hopping. **Journal of biomechanics**, v. 22, n. 11–12, p. 1217–27, 1989.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, maio 1982.

BRADLEY, P. S.; OLSEN, P. D.; PORTAS, M. D. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 223–6, fev. 2007.

BRUGHELLI, M.; CRONIN, J. Influence of running velocity on vertical, leg and joint stiffness: Modelling and recommendations for future research. **Sports Medicine**, v. 38, n. 8, p. 647–657, 2008.

CARTER, J.; GREENWOOD, M. Does Flexibility Exercise Affect Running Economy? A Brief Review. **Strength and Conditioning Journal**, v. 37, n. 3, p. 12–21, jun. 2015.

CAVAGNA, G. A.; SAIBENE, F. P.; MARGARIA, R. MECHANICAL WORK IN RUNNING. **Journal of applied physiology**, v. 19, n. 2, p. 249–56, mar. 1964.

CAVANAGH, P. R.; POLLOCK, M. L.; LANDA, J. A biomechanical comparison of elite and good distance runners. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 301, n. 1 The Marathon, p. 328–45, out. 1977.

COLEMAN, D. R. et al. Leg stiffness in human running: Comparison of estimates derived from previously published models to direct kinematic-kinetic measures. **Journal of Biomechanics**, v. 45, n. 11, p. 1987–1991, 2012.

COSTILL, D. L.; THOMASON, H.; ROBERTS, E. Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Medicine and Science in Sports**, v. 5, n. 4, p. 248–52, 1973.

- CRAIB, M. W. et al. The association between flexibility and running economy in sub-elite male distance runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 6, p. 737–743, 1996.
- CRAIGHEAD, D. H.; LEHECKA, N.; KING, D. L. A Novel Running Mechanic's Class Changes Kinematics but not Running Economy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 11, p. 3137–3145, nov. 2014.
- CRAMER, J. T. et al. Acute Effects of Static Stretching on Peak Torque in Women. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 2, p. 236, maio 2004.
- DALLEAU, G. et al. The spring-mass model and the energy cost of treadmill running. **European Journal of Applied Physiology**, v. 77, n. 3, p. 257–263, 1 fev. 1998.
- DAMASCENO, M. V. et al. Static stretching alters neuromuscular function and pacing strategy, but not performance during a 3-km running time-trial. **PloS one**, v. 9, n. 6, p. e99238, 6 jun. 2014.
- DANIELS, J. T.; YARBROUGH, R. A.; FOSTER, C. Changes in VO₂ max and running performance with training. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 39, n. 4, p. 249–54, 20 out. 1978.
- DAVIS, I. S.; BOWSER, B. J.; MULLINEAUX, D. R. Greater vertical impact loading in female runners with medically diagnosed injuries: a prospective investigation. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 14, p. 887–892, 2016.
- DUNLAP, W. P. et al. Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measures designs. **Psychological Methods**, v. 1, n. 2, p. 170–177, 1996.
- FARLEY, C. T.; GONZÁLEZ, O. Leg stiffness and stride frequency in human running. **Journal of Biomechanics**, v. 29, n. 2, p. 181–186, 1996.
- FAVERO, J.; MIDGLEY, A. W.; BENTLEY, D. J. Effects of an Acute Bout of Static Stretching on 40 m Sprint Performance: Influence of Baseline Flexibility. **Research in Sports Medicine**, v. 17, n. 1, p. 50–60, 6 mar. 2009.
- FLETCHER, I. M. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 3, p. 491–498, 2010.
- FLETCHER, I. M.; JONES, B. The Effect of Different Warm-Up Stretch Protocols on 20 Meter Sprint Performance in Trained Rugby Union Players. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 885, nov. 2004.
- FLETCHER, J. R.; MACINTOSH, B. R. Running Economy from a Muscle Energetics Perspective. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. JUN, p. 433, 22 jun. 2017.
- FOSTER, C. et al. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, fev. 2001.
- FOSTER, C.; LUCIA, A. Running economy: the forgotten factor in elite performance. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 37, n. 4–5, p. 316–9, 2007.
- FOWLES, J. R.; SALE, D. G.; MACDOUGALL, J. D. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 89, n. 3, p. 1179–88, set. 2000.
- GARBER, C. E. et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining

cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.

GLEIM, G. W.; STACHENFELD, N. S.; NICHOLAS, J. A. The influence of flexibility on the economy of walking and jogging. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 8, n. 6, p. 814–823, 1990.

GODGES, J. J. et al. The Effects of Two Stretching Procedures on Hip Range of Motion and Gait Economy. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 10, n. 9, p. 350–357, 1989a.

GODGES, J. J. et al. The Effects of Two Stretching Procedures on Hip Range of Motion and Gait Economy. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 10(9), n. March, p. 350–7, 1989b.

HALL, S. **Biomecânica Básica**. 7^a edição ed. Rio de Janeiro: [s.n.].

HAMMONDS, A. L. D. et al. Acute lower extremity running kinematics after a hamstring stretch. **Journal of Athletic Training**, v. 47, n. 1, p. 5–14, 2012.

HAMNER, S. R.; SETH, A.; DELP, S. L. Muscle contributions to propulsion and support during running. **Journal of Biomechanics**, v. 43, n. 14, p. 2709–2716, 2010.

HAYES, P. R.; WALKER, A. Pre-Exercise Stretching Does Not Impact Upon Running Economy. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1227, nov. 2007.

HEIDERSCHEIT, B. C. et al. Effects of Step Rate Manipulation on Joint Mechanics during Running. **Medicine and Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 2, p. 296–302, fev. 2011.

HEISE, G. D.; MARTIN, P. E. Are variations in running economy in humans associated with ground reaction force characteristics? **European Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 5, p. 438–442, 14 maio 2001.

HEISE, G.; SHINOHARA, M.; BINKS, L. Biarticular leg muscles and links to running economy. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 8, p. 688–691, 2008.

HERDA, T. J. et al. The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 5, p. 479–487, mar. 2013.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, 2000.

HIGASHIHARA, A. et al. Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, n. 10, p. 1085–1092, 2010.

HOBARA, H. et al. Step Frequency and Lower Extremity Loading During Running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 04, p. 310–313, 1 abr. 2012.

HOOBKAMER, W. et al. Altered running economy directly translates to altered distance-running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 11, p. 2175–2180, 2016.

HOUGH, P. A.; ROSS, E. Z.; HOWATSON, G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. **Journal of strength and**

conditioning research, v. 23, n. 2, p. 507–12, mar. 2009.

HUME, P. A.; REID, D. Flexibilidade. In: ACKLAND, T.; ELLIOT, B.; BLOOMFIELD, J. (Eds.). . **Anatomia e Biomecânica Aplicadas no Esporte**. 2ª edição ed. Tamboré: Manole, 2011a. p. 201–222.

HUME, P.; REID, D. Flexibilidade. In: ACKLAND, T. R.; ELLIOTT, B. C.; BLOOMFIELD, J. (Eds.). . **Anatomia e Biomecânica Aplicadas no Esporte**. 2ª ed. [s.l: s.n.]. p. 201–221.

JACOBSON, G.; SPEECHLEY, E. Soccer - Warming up and stretching. **Sports Medicine**, v. 5, n. 3, p. 17–18, 2 jan. 1990.

JENKINS, J.; BEAZELL, J. Flexibility for runners. **Clinics in Sports Medicine**, v. 29, n. 3, p. 365–377, 2010.

JONES, A. M. Running economy is negatively related to sit-and-reach test performance in international-standard distance runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 40–43, 2002.

JONES, A. M. The Physiology of the World Record Holder for the Women's Marathon. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 1, n. 2, p. 101–116, 7 jun. 2006.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **The Journal of physiology**, v. 586, n. 1, p. 35–44, 1 jan. 2008.

JUDGE, L. W. et al. An Examination of Preactivity and Postactivity Stretching Practices of Crosscountry and Track and Field Distance Coaches. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 9, p. 2456–2464, set. 2013.

KALLERUD, H.; GLEESON, N. Effects of stretching on performances involving stretch-shortening cycles. **Sports Medicine**, v. 43, n. 8, p. 733–750, 2013.

KAY, A. D.; BLAZEVOICH, A. J. Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance. **Medicine and Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 1, p. 154–164, jan. 2012.

KISTLER, B. M. et al. The Acute Effects of Static Stretching on the Sprint Performance of Collegiate Men in the 60- and 100-m Dash After a Dynamic Warm-Up. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2280–2284, set. 2010.

KLUITENBERG, B. et al. Comparison of vertical ground reaction forces during overground and treadmill running. A validation study. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 13, n. 1, p. 235, 2012.

KNUDSON, D. The Biomechanics of Stretching. **Journal of Exercise Science & Physiotherapy**, v. 2, p. 3–12, 2006.

KOKKONEN, J.; NELSON, A. G.; CORNWELL, A. Acute Muscle Stretching Inhibits Maximal Strength Performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 69, n. 4, p. 411–415, dez. 1998.

KRAM, R.; TAYLOR, C. R. Energetics of running: a new perspective. **Nature**, v. 346, n. 6281, p. 265–267, 19 jul. 1990.

LACOUR, J. R.; BOURDIN, M. Factors affecting the energy cost of level running at submaximal speed. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 4, p. 651–673,

2015.

LEPPÄNEN, M. et al. Interventions to prevent sports related injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 44, n. 4, p. 473–86, abr. 2014.

LITTLE, T.; WILLIAMS, A. G. Effects of Differential Stretching Protocols During Warm-Ups on High-Speed Motor Capacities in Professional Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 1, p. 203–207, 2006.

LOWERY, R. P. et al. Effects of Static Stretching on 1-Mile Uphill Run Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 1, p. 161–167, jan. 2014.

MAGNUSSON, P.; RENSTRÖM, P. The European College of Sports Sciences Position statement: The role of stretching exercises in sports. **European Journal of Sport Science**, v. 6, n. 2, p. 87–91, jun. 2006.

MAGNUSSON, S. et al. A Biomechanical Evaluation of Cyclic and Static Stretch in Human Skeletal Muscle. **International Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 05, p. 310–316, 9 jul. 1998.

MAGNUSSON, S. P. et al. Viscoelastic response to repeated static stretching in the human hamstring muscle. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 5, n. 6, p. 342–347, 1995.

MAGNUSSON, S. P. et al. Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. **The American journal of sports medicine**, v. 24, n. 5, p. 622–8, set. 1996.

MAGNUSSON, S. P. Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 8, n. 2, p. 65–77, 30 abr. 1998.

MAYORGA-VEGA, D.; MERINO-MARBAN, R.; VICIANA, J. Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach Tests for Estimating Hamstring and Lumbar Extensibility: a Meta-Analysis. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 13, n. 1, p. 1–14, jan. 2014.

MCHUGH, M. P.; COSGRAVE, C. H. To stretch or not to stretch: The role of stretching in injury prevention and performance. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 20, n. 2, p. 169–181, 2010.

MCMAHON, T. A.; CHENG, G. C. The mechanics of running: How does stiffness couple with speed? **Journal of Biomechanics**, v. 23, n. SUPPL. 1, p. 65–78, 1990.

MCNAIR, P. J. et al. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 3, p. 354–8, mar. 2001.

MCNAIR, P. J.; STANLEY, S. N. Effect of passive stretching and jogging on the series elastic muscle stiffness and range of motion of the ankle joint. **British Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 4, p. 313–317, 1996.

MILNER, C. E. et al. Biomechanical factors associated with tibial stress fracture in female runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 2, p. 323–328, 2006.

MIZUNO, T. Changes in joint range of motion and muscle–tendon unit stiffness after varying amounts of dynamic stretching. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 21, p. 2157–2163,

2017.

MIZUNO, T.; UMEMURA, Y. Dynamic Stretching does not Change the Stiffness of the Muscle-Tendon Unit. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 13, p. 1044–1050, 27 set. 2016.

MOJOCK, C. D. et al. The effects of static stretching on running economy and endurance performance in female distance runners during treadmill running. **Journal of strength and conditioning research**, v. 25, n. 8, p. 2170–6, ago. 2011.

MOORE, I. S. Is There an Economical Running Technique? A Review of Modifiable Biomechanical Factors Affecting Running Economy. **Sports Medicine**, v. 46, n. 6, p. 793–807, 27 jun. 2016.

MOORE, I. S.; JONES, A.; DIXON, S. The pursuit of improved running performance: Can changes in cushioning and somatosensory feedback influence running economy and injury risk? **Footwear Science**, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2 jan. 2014a.

MOORE, I. S.; JONES, A. M.; DIXON, S. J. Relationship between metabolic cost and muscular coactivation across running speeds. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 17, n. 6, p. 671–676, 2014b.

MORIN, J.-B. et al. A Simple Method for Measuring Stiffness during Running. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 21, n. 2, p. 167–180, maio 2005.

NAPIER, C. et al. Kinetic risk factors of running-related injuries in female recreational runners. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 28, n. 10, p. 2164–2172, 2018.

NELSON, A. G. et al. Chronic stretching and running economy. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 11, n. 5, p. 260–265, out. 2001.

NELSON, A. G. et al. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 5, p. 449–454, 2005.

NOVACHEK, T. F. Review paper: The biomechanics of running. **Gait and Posture**, v. 7, n. 1, p. 77–95, 1 jan. 1998.

NUMMELA, A.; KERÄNEN, T.; MIKKELSSON, L. Factors Related to Top Running Speed and Economy. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 8, p. 655–661, ago. 2007.

OPPLERT, J.; BABAUULT, N. Acute Effects of Dynamic Stretching on Muscle Flexibility and Performance: An Analysis of the Current Literature. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 299–325, 2018.

PAAVOLAINEN, L. et al. Neuromuscular characteristics and fatigue during 10 km running. **International Journal of Sports Medicine**, v. 20, n. 8, p. 516–521, 1999.

PADUA, D. A. et al. Fatigue, vertical leg stiffness, and stiffness control strategies in males and females. **Journal of Athletic Training**, v. 41, n. 3, p. 294–304, 2006.

PAPPAS, P. T. et al. Acute Effects of Stretching on Leg and Vertical Stiffness During Treadmill Running. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 12, p. 3417–3424, 11 dez. 2017.

PARADISIS, G. P. et al. Effects of Static and Dynamic Stretching on Sprint and Jump Performance in Boys and Girls. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n.

1, p. 154–160, jan. 2014.

ROBERTSON, G. et al. **Research Methods in Biomechanics**. Second Edition. [s.l.] Human Kinetics Publishers, 2014.

RYAN, E. D. et al. The Time Course of Musculotendinous Stiffness Responses Following Different Durations of Passive Stretching. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 38, n. 10, p. 632–639, out. 2008.

RYAN, E. D. et al. Determining the minimum number of passive stretches necessary to alter musculotendinous stiffness. **Journal of Sports Sciences**, v. 27, n. 9, p. 957–961, jul. 2009.

SARAGIOTTO, B. T.; YAMATO, T. P.; LOPES, A. D. What Do Recreational Runners Think About Risk Factors for Running Injuries? A Descriptive Study of Their Beliefs and Opinions. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 44, n. 10, p. 733–738, out. 2014.

SAUNDERS, P. U. et al. Factors Affecting Running Economy in Trained Distance Runners. **Sports Medicine**, v. 34, n. 7, p. 465–485, 2004.

SHELLOCK, F. G.; PRENTICE, W. E. Warming-Up and Stretching for Improved Physical Performance and Prevention of Sports-Related Injuries. **Sports Medicine**, v. 2, n. 4, p. 267–278, 1985.

SHRIER, I. Stretching Before Exercise Does Not Reduce the Risk of Local Muscle Injury. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 9, n. 4, p. 221–227, out. 1999.

SHRIER, I. Does Stretching Improve Performance? **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 14, n. 5, p. 267–273, set. 2004.

SIM, A. Y. et al. Effects of Static Stretching in Warm-Up on Repeated Sprint Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p. 2155–2162, out. 2009.

SIMIC, L.; SARABON, N.; MARKOVIC, G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, n. 2, p. 131–148, 2013.

SINCLAIR, J. et al. The influence of footwear kinetic, kinematic and electromyographical parameters on the energy requirements of steady state running. **European Journal of Sport Science**, v. 209, n. 80, p. 39–49, 25 out. 2013.

SMALL, K.; MC NAUGHTON, L.; MATTHEWS, M. A Systematic Review into the Efficacy of Static Stretching as Part of a Warm-Up for the Prevention of Exercise-Related Injury. **Research in Sports Medicine**, v. 16, n. 3, p. 213–231, 16 set. 2008.

STEWART, M. et al. Warm-up or stretch as preparation for sprint performance? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 10, n. 6, p. 403–410, 2007.

TAM, N. et al. Muscle co-activation and its influence on running performance and risk of injury in elite Kenyan runners. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 2, p. 175–181, 17 jan. 2017.

TAM, N. et al. Running Economy: Neuromuscular and Joint Stiffness Contributions in Trained Runners. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 7, p. 1–22, 29 maio 2018.

TAYLOR, D. C. et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. **The American**

Journal of Sports Medicine, v. 18, n. 3, p. 300–309, 23 maio 1990.

TEUNISSEN, L. P. J.; GRABOWSKI, A.; KRAM, R. Effects of independently altering body weight and body mass on the metabolic cost of running. **Journal of Experimental Biology**, v. 210, n. 24, p. 4418–4427, 2007.

THACKER, S. B. et al. The Impact of Stretching on Sports Injury Risk: A Systematic Review of the Literature. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 36, n. 3, p. 371–378, 2004.

TRAJANO, G. S. et al. Contribution of central vs. peripheral factors to the force loss induced by passive stretch of the human plantar flexors. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 2, p. 212–218, 2013.

TRAJANO, G. S.; NOSAKA, K.; BLAZEIVICH, A. J. Neurophysiological Mechanisms Underpinning Stretch-Induced Force Loss. **Sports Medicine**, v. 47, n. 8, p. 1531–1541, 24 ago. 2017.

TREHEARN, T. L.; BURESH, R. J. Sit-and-Reach Flexibility and Running Economy of Men and Women Collegiate Distance Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 158–162, jan. 2009.

TURKI, O. et al. The Effect of Warm-Ups Incorporating Different Volumes of Dynamic Stretching on 10- and 20-m Sprint Performance in Highly Trained Male Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 63–72, jan. 2012.

VAN DER WORP, H.; VRIELINK, J. W.; BREDEWEG, S. W. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 8, p. 450–457, abr. 2016.

VERNILLO, G. et al. Biomechanics and Physiology of Uphill and Downhill Running. **Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 615–629, 2017.

WALLMANN, H. W. et al. The acute effects of various types of stretching static, dynamic, ballistic, and no stretch of the iliopsoas on 40-yard sprint times in recreational runners. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 7, n. 5, p. 540–7, out. 2012.

WEERAPONG, P.; HUME, P. A.; KOLT, G. S. Stretching: Mechanisms and Benefits for Sport Performance and Injury Prevention. **Physical Therapy Reviews**, v. 9, n. 4, p. 189–206, 2004.

WILLIAMS, K. R. Dinâmica da Corrida. In: ZATSIORSKY, V. M. (Ed.). . **Biomecânica do Esporte**. Rio de Janeiro: Guanaba Koogan, 2004. p. 519.

WILLIAMS, K. R.; CAVANAGH, P. R. Relationship between distance running mechanics, running economy, and performance. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 63, n. 3, p. 1236–45, set. 1987.

WILSON, J. M. et al. Effects of Static Stretching on Energy Cost and Running Endurance Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2274–2279, set. 2010.

WINCHESTER, J. B. et al. Static Stretching Impairs Sprint Performance in Collegiate Track and Field Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 1, p. 13–19, jan. 2008.

WINTER, D. A. **The Biomechanics and Motor Control of Human Gait.** [s.l: s.n.], v. 2

WINTER, D. A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement.** Fourth edi ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2009.

YAMAGUCHI, T.; TAKIZAWA, K.; SHIBATA, K. Acute Effect of Dynamic Stretching on Endurance Running Performance in Well-Trained Male Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 11, p. 3045–3052, nov. 2015.

YAMATO, T. P.; SARAGIOTTO, B. T.; LOPES, A. D. A Consensus Definition of Running-Related Injury in Recreational Runners: A Modified Delphi Approach. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 45, n. 5, p. 375–380, maio 2015.

YEH, C.-Y.; TSAI, K.-H.; CHEN, J.-J. Effects of prolonged muscle stretching with constant torque or constant angle on hypertonic calf muscles. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 2, p. 235–241, fev. 2005.

YONG, J. R.; SILDER, A.; DELP, S. L. Differences in muscle activity between natural forefoot and rearfoot strikers during running. **Journal of Biomechanics**, v. 47, n. 15, p. 3593–3597, 2014.

YOUNG, W. B.; BEHM, D. G. Should Static Stretching be bsd during a Warm-Up for Strength and Power Activities? **Strength and Conditioning Journal**, v. 24, n. 6, p. 33–37, 2002.

ZOURDOS, M. C. et al. Effects of Dynamic Stretching on Energy Cost and Running Endurance Performance in Trained Male Runners. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 335–341, fev. 2012.