

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Especialização em fisioterapia

Iago Pinto Romanholi

**EFEITOS DOS PROTOCOLOS DE PREVENÇÃO DE LESÃO NA BIOMECÂNICA
DO MOVIMENTO DE ATERRISSAGEM EM CORREDORES: REVISÃO
SISTEMÁTICA**

Belo Horizonte

2024

Iago Pinto Romanholi

**EFEITOS DOS PROTOCOLOS DE PREVENÇÃO DE LESÃO NA BIOMECÂNICA
DO MOVIMENTO DE ATERRISSAGEM EM CORREDORES: REVISÃO
SISTEMÁTICA**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Esportiva.

Orientador(a): Daniel Ferreira Moreira Lobato

Belo Horizonte

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESPECIALIZAÇÃO EM AVANÇOS CLÍNICOS EM FISIOTERAPIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

EFEITOS DOS PROTOCOLOS DE PREVENÇÃO DE LESÃO NA BIOMECÂNICA DO MOVIMENTO DE ATERRISSAGEM EM CORREDORES: REVISÃO SISTEMÁTICA

IAGO ROMANHOLI

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pela Coordenação do curso de ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA, do Departamento de Fisioterapia, área de concentração FISIOTERAPIA ESPORTIVA.

Aprovada em 21/06/2024, pela banca constituída pelos membros: Mariana Rodrigues Carvalho de Aquino e Natália Torres Ituassú

Renan Alves Resende

Prof(a). Renan Alves Resende
Coordenador do curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia

Belo Horizonte, 03 de julho de 2024.

RESUMO

Introdução: A corrida é uma das atividades desportivas mais populares e acessíveis praticadas pela população e apesar da série de benefícios relacionados à saúde que oferece as lesões musculoesqueléticas são uma grande barreira para a participação contínua nesse esporte.

Objetivo: revisar sistematicamente a literatura sobre os programas de prevenção e seus efeitos na redução do risco de lesão na corrida priorizando a biomecânica do movimento de aterrissagem.

Metodologia: Foram pesquisadas cinco bases de dados eletrônicas em busca de estudos e foram incluídos os que investigassem algum tipo de intervenção para prevenção de lesão que tivessem alguma influência direta ou indireta sob a mecânica da aterrissagem de corredores; considerando a cinemática, cinética e desempenho funcional dos membros inferiores.

Resultados: Os critérios foram atendidos por 32 estudos com um total de 1340 participantes e 72% deles estavam nos grupos de intervenção. Os participantes eram predominantemente do sexo masculino e de nível recreativo. A média geral de idade foi de 30,33 anos. As variáveis cinéticas predominantes foram as forças de reação do solo e forças musculares; as cinemáticas foram as avaliações dos segmentos do pé/tornozelo, seguidos pelo joelho, quadril e pelve. Dentre as estratégias e recursos utilizados nos treinamentos, prevaleceram os exercícios e as mudanças de golpe do pé; que também foram as intervenções que mais proporcionaram resultados estatisticamente significativos. Sobre a duração sobressaíram as de curta duração (1 a 3 dias) seguidas pelas de 8 semanas e 6 semanas.

Conclusão: O exercício e a mudança de golpe do pé na corrida foram as modalidades mais eficazes dentre as intervenções dos programas de prevenção utilizados para modificar variáveis diretamente relacionadas com os riscos de lesões em corredores.

Palavras-chave: Atletas; Corrida; Terapia por exercício; Fenômenos biomecânicos.

ABSTRACT

Introduction: Running is one of the most popular and accessible sporting activities practiced by the population and despite the series of health-related benefits it offers, musculoskeletal injuries are a major barrier to continued participation in this sport.

Objective: to systematically review the literature on prevention programs and their effects on reducing the risk of injury in running, prioritizing the biomechanics of the landing movement.

Methodology: Five electronic databases were searched for studies and included those that investigated some type of intervention to prevent injuries that had any direct or indirect influence on the mechanics of runners' landing; considering the kinematics, kinetics and functional performance of the lower limbs.

Results: The criteria were met by 32 studies with a total of 1340 participants and 72% of them were in the intervention groups. Participants were predominantly male and from recreational backgrounds. The overall average age was 30.33 years. The predominant kinetic variables were ground reaction forces and muscular forces; the kinematics were the evaluations of the foot/ankle segments, followed by the knee, hip and pelvis. Among the strategies and resources used in training, exercises and foot strike changes prevailed; which were also the interventions that provided the most statistically significant results. Regarding duration, short durations (1 to 3 days) stood out, followed by 8 weeks and 6 weeks.

Conclusion: Exercise and changing foot strikes when running were the most effective modalities among prevention program interventions used to modify variables directly related to the risk of injuries in runners.

Keywords: Athletes; Running; Exercise therapy; Biomechanical phenomena.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de inclusão e exclusão dos estudos

11

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	METODOLOGIA.....	8
2.1	Estratégia de busca.....	8
2.2	Seleção estudos.....	9
2.3	Extração de dados.....	9
3	RESULTADOS.....	10
3.1	Seleção dos estudos.....	10
3.2	Classificação temporal dos estudos.....	10
3.3	Design dos estudos.....	12
3.4	Características dos participantes.....	12
3.5	Métodos de medição utilizados.....	13
3.6	Métodos de treinamento.....	14
3.7	Principais resultados.....	15
4	DISCUSSÃO.....	15
5	CONCLUSÃO.....	17
	REFERÊNCIAS.....	18
	MATERIAL SUPLEMENTAR.....	22

1 INTRODUÇÃO

A corrida é uma das atividades desportivas mais populares e acessíveis praticadas pela população em todo o mundo e tornou-se cada vez mais popular nos últimos 50 anos, oferecendo claros benefícios para a saúde física e mental (MAYNE; BLEAKLEY; MATTHEWS, 2021; KAKOURIS; YENER; FONG, 2021; BERTELSEN et al., 2017; MATIAS et al., 2016; TADDEI et al., 2020). Apesar da série de benefícios relacionados à saúde que a corrida oferece aos seus adeptos, as lesões musculoesqueléticas são uma grande barreira para a participação contínua nesse esporte (BERTELSEN et al., 2017; TADDEI et al., 2020).

O número de corredores e eventos de corrida cresceu substancialmente nas últimas décadas, evidenciada pela popularidade atual de eventos recreativos de curtas e longas distância (MAYNE; BLEAKLEY; MATTHEWS, 2021; KAKOURIS; YENER; FONG, 2021; MATIAS et al., 2016). Vários estudos examinaram a proporção de lesões entre corredores, com taxas de incidência variando entre 3,2% e 84,9% (MAYNE; BLEAKLEY; MATTHEWS, 2021; KAKOURIS; YENER; FONG, 2021; MATIAS et al., 2016; TADDEI et al., 2020; FIELDS et al., 2010), especialmente por uso excessivo nas extremidades inferiores, que correspondem a cerca de 70% a 80% das lesões (KAKOURIS; YENER; FONG, 2021).

Sabe-se que a natureza das lesões relacionadas com a corrida tem uma origem multifatorial complexa (BERTELSEN et al., 2017). As características cinemáticas (como mecânica esportiva inadequada) e cinéticas (como a força de reação do solo na taxa de pico de carga vertical) foram associadas com lesões (MOFFIT et al., 2020). Diante disso, estratégias de intervenção de prevenção de lesões potencialmente eficazes terão mais chances de funcionar se os fatores etiológicos identificados são prontamente modificáveis e consistentes com um mecanismo biologicamente plausível (BERTELSEN et al., 2017). Além disso, o conhecimento sobre como reduzir o risco de lesões relacionadas com a corrida tem de ser utilizado de forma prática pelos corredores e/ou pelo seu pessoal de apoio imediato (por exemplo, treinadores e profissionais de saúde) (BERTELSEN et al., 2017).

Em cada salto, parte da energia mecânica do centro de massa corporal é absorvida pelas unidades músculo-tendinosas durante a aterrissagem e é restaurado sucessivamente através da propulsão (ROSA et al., 2019). Segundo Peebles *et al* (2020), a mecânica dos membros inferiores durante as tarefas de aterrissagens é valiosa para a compreensão da etiologia das lesões durante o esporte. De acordo com Lieberman *et al* (2010), correr pode ser mais

prejudicial quando o pé colide com o chão, ou seja, na aterrissagem. Durante esse movimento, uma atenção é destacada ao padrão de batida do pé, que pode ser de três formas (antepé, médiopé ou retropé); a mais comum delas é o golpe com retropé, com taxas de 75% a 80% dos praticantes (ALMEIDA; DAVIS; LOPES, 2015; LIEBERMAN et al., 2010). Porém, este padrão de golpe proporciona maiores magnitudes e taxas de mudanças nas forças de impacto vertical e colisão abrupta transmitidas aos membros inferiores durante a corrida, podendo contribuir para lesões relacionadas à corrida (ALMEIDA; DAVIS; LOPES, 2015; LIEBERMAN et al., 2010).

A corrida é um assunto amplamente discutido na mídia esportiva atualmente e sobre seus reflexos negativos nos âmbitos esportivos, sociais e laborais em caso de lesões (BERTELSEN et al., 2017; MATIAS et al., 2016;). Revisões sistemáticas foram realizadas para identificar os mais comuns protocolos de prevenção e incidência/prevalência de lesões em corredores (LOPES et al., 2017; KAKOURIS; YENER; FONG, 2021), entretanto, os autores utilizaram critérios rigorosos de inclusão e exclusão na tentativa de minimizar a grande heterogeneidade dos estudos revisados (LOPES et al., 2017). Uma revisão sistemática recente de Kakouris *et al* (2021) utilizou critérios de inclusão mais amplos, abordando populações maiores, descrevendo localização anatômica da lesão, estudos com intervenção e correlacionou secundariamente com ultramaratonistas; porém, com foco do estudo em incidências e prevalências das lesões. Nossa revisão utilizou a mesma abordagem em relação a critérios mais amplos, abordando populações maiores e levantando os efeitos de protocolos de prevenção de lesão utilizados em diferentes níveis atléticos e direcionado para a biomecânica dos tecidos. Conduzimos este estudo no pressuposto de que a síntese de evidências coletadas poderá conduzir a decisões clínicas mais seguras que, por sua vez, propiciam resultados mais efetivos das intervenções, tanto para a comunidade científica, quanto para a acadêmica.

Portanto, o objetivo principal do estudo foi revisar sistematicamente a literatura sobre os programas de prevenção e seus efeitos na redução do risco de lesão na corrida priorizando a biomecânica do movimento de aterrissagem.

2 METODOLOGIA

2.1 Estratégia de Busca

Esta revisão sistemática da literatura foi registrada na base de dados PROSPERO sob o código CRD42024536391 (Anexo 1). A busca eletrônica foi realizada por dois pesquisadores independentes (IPR e JELC) no período compreendido entre abril e maio de 2023 nas seguintes bases de dados: MEDLINE, EMBASE, Web of Science, LILACS e SCOPUS. Foi utilizada a seguinte estratégia de busca na base de dados PubMed: Athletes, Running, Exercise Therapy, Biomechanical Phenomena; a mesma serviu como padrão com as respectivas modificações nas demais bases de dados utilizadas. Os critérios de inclusão envolveram a disponibilidade dos estudos nos idiomas português, inglês ou espanhol, sem restrição de data de publicação.

2.2 Seleção de estudos

A seleção dos estudos foi realizada em uma análise em três etapas por dois investigadores independentes (IPR e JELC): a primeira foi feita a seleção de títulos por ambos de forma independente e um terceiro investigador (DFML) foi consultado para desempate, quando necessário; a segunda foi feita a seleção de resumos diante dos resultados da primeira etapa da mesma forma; por fim, a terceira foi feita a seleção dos textos completos através de critérios de inclusão e exclusão, sendo, da mesma forma que as anteriores.

Os estudos foram incluídos se investigassem algum tipo de intervenção para prevenção de lesão que tivessem alguma influência direta ou indireta sob a mecânica da aterrissagem de corredores; considerando: cinemática de membros inferiores (medida pelo sistema de análise de movimento (3D ou 2D), cinética dos membros inferiores (medida por plataformas de força, dinamometria, eletromiografia e/ou baropodometria) e desempenho funcional (medido por testes funcionais); sem data limite estipulada. Como critérios de exclusão foram estipulados: estudos de revisão de literatura e relatos de caso, estudos que não apresentem contribuições relevantes ou que não abordem o tema, estudos não disponíveis na íntegra, teses, dissertações, trabalhos acadêmicos e trabalhos publicados em congressos.

2.3 Extração de dados

Além das variáveis de análise biomecânica, foram extraídos dados referentes ao objetivo geral do estudo, tamanho da amostra e sexo dos participantes, nível atlético deles, intervenção utilizada com duração e características dos grupos (quando havia mais de um) e

resultados estatisticamente significativos das variáveis avaliadas. Um investigador extraiu independentemente os dados dos artigos de texto completo selecionados, enquanto um segundo investigador verificou novamente se todos os dados estavam corretos.

3 RESULTADOS

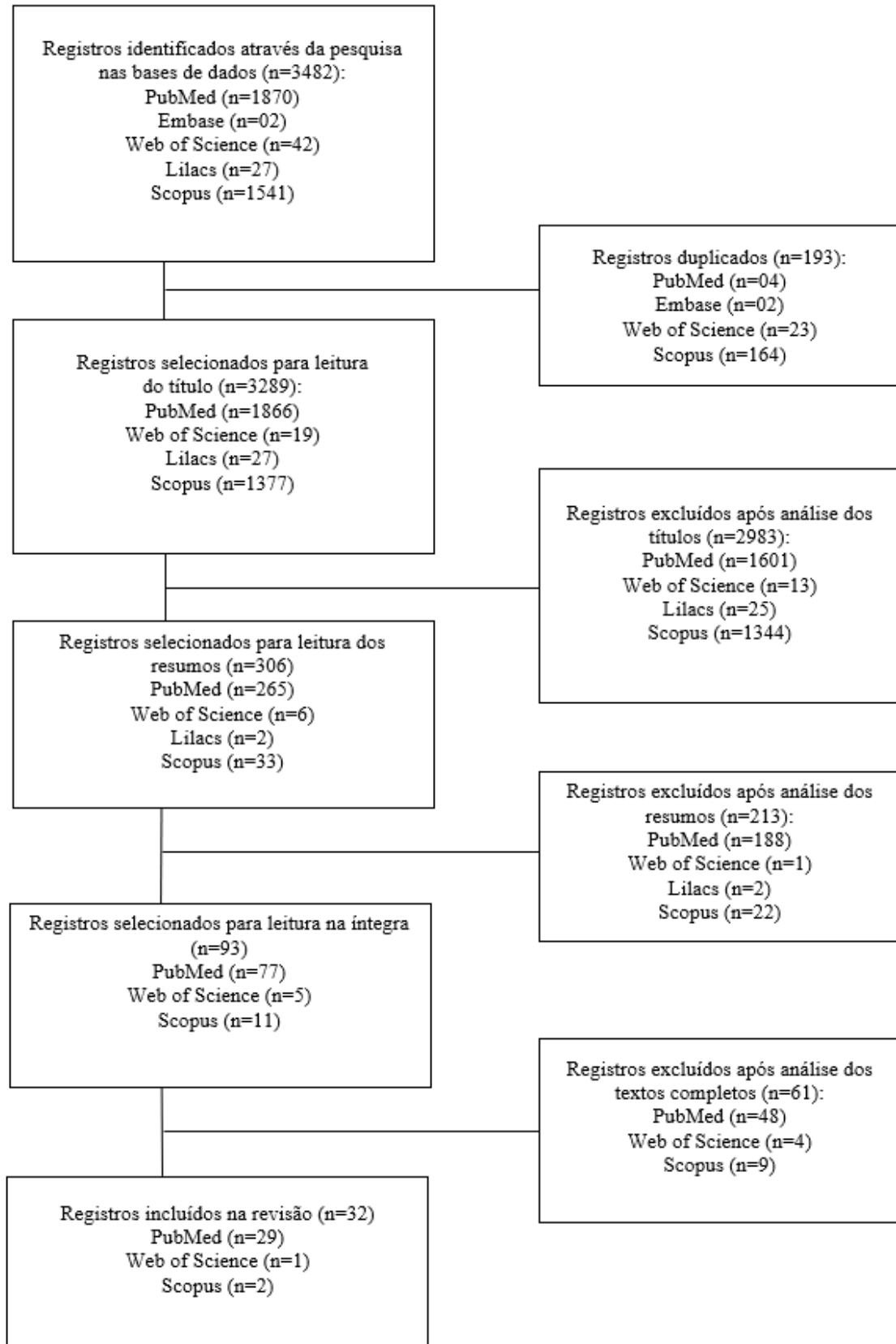
3.1 Seleção dos estudos

A busca nas bases de dados disponibilizou um total de 3.482 estudos; após a exclusão dos registros duplicados dispomos de um total de 3.289 estudos que foram selecionados para leitura dos títulos; após isso, contamos com um total de 306 estudos que foram selecionados para leitura dos resumos; em seguida, obtivemos um total de 93 estudos que foram direcionados para leitura na íntegra; por fim, um total de 32 estudos atenderam aos critérios de inclusão e foram selecionados. O índice de concordância geral entre os avaliadores variou entre as bases de dados, sendo: MEDLINE 95%; Web of Science 74%; LILACS 93%; SCOPUS 97%; a base de dados EMBASE apresentou poucos estudos na busca e eles foram excluídos durante a análise de registros duplicados. Dentre os estudos selecionados foram englobados um total de 1340 participantes, todos foram avaliados, compondo no total 37 grupos de intervenção (n=966, 72%) e 11 grupos controle (n=374, 28%). Informações sobre a inclusão e exclusão dos estudos em cada etapa estão descritos no fluxograma na figura 1.

3.2 Classificação temporal dos estudos

Os estudos inclusos variaram de 2009 a 2022, se dividirmos essa faixa de tempo em 3 partes (2009 a 2013; 2014 a 2018 e 2019 a 2022) podemos observar que a faixa intermédia contém a maior quantidade de artigos, porém a mais recente contém mais artigos das duas intervenções que observamos mais resultados na síntese de dados; observamos também que a faixa mais antiga de data contém poucos artigos disponíveis, o que corrobora com a crescente prática da modalidade na última década e conseqüentemente aumento dos estudos sobre.

Figura 1 - Fluxograma de inclusão e exclusão dos estudos



3.3 Design dos estudos

Em relação ao período de segmento, foram inclusos 12 estudos (37,5%) no modelo transversal e 20 estudos (62,5%) no modelo longitudinal; já na direcionalidade temporal todos 32 estudos (100%) eram de modelo prospectivo.

3.4 Características dos participantes

Quanto ao sexo, os estudos incluíram, no total, 624 homens (47%), 593 mulheres (44%) e 123 participantes (9%) não tiveram o sexo descrito. Dezesesseis estudos (50%) (MATIAS et al., 2022; FUTRELL et al., 2021; MOFFIT et al., 2020; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; SULOWSKA et al., 2019; BOWSER et al., 2018; METTLER; SHAPIRO; POHL, 2018; TADDEI et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017; CHEN et al., 2016; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014; SATO; MOKHA, 2009) incluíram participantes de ambos os sexos, 7 apenas o público feminino (22%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; CZASCHE et al., 2018; RUAN et al., 2018; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; KHOWAILED et al., 2015; WILLY; DAVIS, 2011), 7 apenas o masculino (22%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; WANG et al., 2020; HUANG et al., 2019; SHI et al., 2019; PAPPAS et al., 2017; NEAL et al., 2016; PHAN et al., 2016) e 2 não descreveram o sexo dos participantes (6%) (FUKUCHI et al., 2016; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011).

Quanto ao nível esportivo, 26 estudos contaram com nível atlético recreativo (n=876, 65%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; MATIAS et al., 2022; FUTRELL et al., 2021; MOFFIT et al., 2020; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; WANG et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; SHI et al., 2019; SULOWSKA et al., 2019; BOWSER et al., 2018; CZASCHE et al., 2018; METTLER; SHAPIRO; POHL, 2018; RUAN et al., 2018; TADDEI et al., 2018; CHEUNG et al., 2017; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; FUKUCHI et al., 2016; NEAL et al., 2016; KHOWAILED et al., 2015; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011; WILLY; DAVIS, 2011; SATO; MOKHA, 2009), 5 com novatos (n=450, 34%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; CHAN et al., 2017; PAPPAS et al., 2017; PHAN et al., 2016; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015) e 1 com experientes (n=14, 1%) (CHEN et al., 2016). Os parâmetros utilizados nos estudos que não relataram claramente o nível atlético foram: recreativos – corrida de no mínimo 30 minutos por

dia e 3 vezes por semana ou 10 quilômetros semanais; novatos – com experiência somente em ambiente *indoor*, caracterizados apenas como saudáveis ou não informado no decorrer do estudo; experientes – volume de corrida superior a 13 quilômetros semanais ou prática esportiva superior a 3 anos.

Quanto à faixa etária, a média de idade geral foi 30,33 anos, com um intervalo de 20,02 a 59,83 anos, apesar de um estudo não informar a média de idade dos seus participantes, mas contou com um público de 32 pessoas com intervalo de idade de 19 a 31 anos.

3.5 Métodos de medição utilizados

Os estudos variaram de múltiplas formas na avaliação. Considerando a parte cinética, prevaleceu as variáveis inclusas e relacionadas nas forças de reação do solo (n= 20, 62,5%) (MATIAS et al., 2022; FUTRELL et al., 2021; LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; TADDEI et al., 2020; WANG et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; BOWSER et al., 2018; CZASCHE et al., 2018; METTLER; SHAPIRO; POHL, 2018; RUAN et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017; PAPPAS et al., 2017; CHEN et al., 2016; FUKUCHI et al., 2016; PHAN et al., 2016; KHOWAILED et al., 2015; LENHART et al., 2014; SATO; MOKHA, 2009), seguido pelas forças musculares (n= 18 estudos) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; MOFFIT et al., 2020; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; SHI et al., 2019; SULOWSKA et al., 2019; RUAN et al., 2018; TADDEI et al., 2018; PAPPAS et al., 2017; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; CHEN et al., 2016; FUKUCHI et al., 2016; NEAL et al., 2016; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; KHOWAILED et al., 2015; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014; WILLY; DAVIS, 2011).

Em relação aos aspectos cinemáticos prevaleceram as variáveis que analisaram o segmento do pé/tornozelo (n= 12 estudos) (MATIAS et al., 2022; FUTRELL et al., 2021; MOFFIT et al., 2020; TADDEI et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; SULOWSKA et al., 2019; CZASCHE et al., 2018; TADDEI et al., 2018; FUKUCHI et al., 2016; NEAL et al., 2016; PHAN et al., 2016; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011), seguidos pelo joelho (n= 10, 31%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; MOFFIT et al., 2020; WANG et al., 2020; CZASCHE et al., 2018; NEAL et al., 2016; PHAN et al., 2016; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; LENHART et al., 2014; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011; WILLY; DAVIS, 2011), quadril (n= 6, 19%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; MOFFIT et al., 2020;

CZASCHE et al., 2018; FUKUCHI et al., 2016; PHAN et al., 2016; WILLY; DAVIS, 2011) e pelve (n= 4, 12,5%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; METTLER; SHAPIRO; POHL, 2018; FUKUCHI et al., 2016; WILLY; DAVIS, 2011).

3.6 Métodos de treinamento

Na duração, grande parte dos estudos eram comparativos e realizados em curto tempo de avaliação (de 1 a 3 dias; n= 13, 41%) (MOFFIT et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; SHI et al., 2019; RUAN et al., 2018; PAPPAS et al., 2017; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; CHEN et al., 2016; NEAL et al., 2016; PHAN et al., 2016; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014; ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011) e seguidos pelos de 8 semanas (n= 6, 19%) (MATIAS et al., 2022; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; CZASCHE et al., 2018; TADDEI et al., 2018; FUKUCHI et al., 2016), 6 semanas (n= 6, 19%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020; SULOWSKA et al., 2019; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; KHOWAILED et al., 2015; WILLY; DAVIS, 2011; SATO; MOKHA, 2009), 2 semanas (n= 3, 9%) (BOWSER et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017), 4 semanas (n= 2, 6%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; FUTRELL et al., 2021), 3 semanas (n= 1, 3%) (METTLER; SHAPIRO; POHL, 2018) e 12 semanas (n= 1, 3%) (WANG et al., 2020) de intervenção.

Dentre as estratégias e recursos utilizados nos treinamentos, prevaleceram os exercícios (n= 11, 34%) (MATIAS et al., 2022; MOFFIT et al., 2020; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; SULOWSKA et al., 2019; CZASCHE et al., 2018; TADDEI et al., 2018; FUKUCHI et al., 2016; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; WILLY; DAVIS, 2011; SATO; MOKHA, 2009), seguidos por mudança de golpe do pé (n= 7, 22%) (FUTRELL et al., 2021; WANG et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; HUANG et al., 2019; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; CHEN et al., 2016; KHOWAILED et al., 2015), alteração de cadência (n= 5, 16%) (FUTRELL et al., 2021; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014) e feedbacks instantâneos (n= 4, 12,5%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; BOWSER et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017); o restante dos estudos contam com intervenções de menores frequência, como: alongamentos, reciclagem de corrida, corrida em esteira almofadada, esteira com suporte de peso corporal, corrida silenciosa, treinamento neuromuscular e tipos de calçados (n= 11, 34%; sendo que somente as intervenções de

alongamentos e reciclagem de corrida foram contempladas em 3 estudos, os demais em apenas 1 de cada).

3.7 Principais resultados

Uma síntese dos resultados de cada estudo, incluindo objetivo geral, variáveis de análise biomecânica, amostra, sexo, nível atlético, intervenção e resultados principais, é apontada no Quadro 1 (Material suplementar).

Como os estudos variaram de muitas formas de avaliação e intervenções, o cruzamento e levantamento de dados específicos fica amplo, como protocolos específicos para determinada variável. Dentre as intervenções que apresentaram resultados estatisticamente significativos ficaram os exercícios (n= 7, 22%) (medidas cinemáticas de pé-tornozelo, joelho, quadril e forças musculares) (MATIAS et al., 2022; MOFFIT et al., 2020; SULOWSKA et al., 2019; CZASCHE et al., 2018; FUKUCHI et al., 2016; HERRINGTON; MUNRO; COMFORT, 2015; WILLY; DAVIS, 2011) e mudança de golpe do pé (n= 6, 19%) (medidas cinéticas de forças de reação do solo principalmente e força muscular e cinemáticas de pé-tornozelo, joelho e quadril) (WANG et al., 2020; FUTRELL et al., 2019; HUANG et al., 2019; VANNATTA; KERNOZEK; GHEIDI, 2017; CHEN et al., 2016; KHOWAILED et al., 2015); além de feedbacks instantâneos (n= 4, 12%) (DOKCHAN; OKAZAKI; LAWSIRIRAT, 2022; BOWSER et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017), alteração de cadência (n= 3, 9%) (HUANG et al., 2019; LENHART; THELEN; HEIDERSCHEIT, 2014; LENHART et al., 2014), reciclagem de corrida (n= 3, 9%) (BOWSER et al., 2018; CHAN et al., 2017; CHEUNG et al., 2017), alongamentos (n= 2, 6%) (RUAN et al., 2018; PAPPAS et al., 2017), corrida em esteira almofadada (n= 1, 3%) (SHI et al., 2019), tipo de calçado (n= 1, 3%) (ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011), corrida silenciosa (n= 1, 3%) (PHAN et al., 2016) e treinamento neuromuscular (n= 1, 3%) (LETAFATKAR; RABIEI; AFSHARI, 2020).

Entretanto, também se verificou estudos com intervenções por meio de exercícios que não obtiveram resultados estatisticamente significativos (n= 4, 12%) (TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2020; TADDEI et al., 2018; SATO; MOKHA, 2009), em variáveis como: forças de reação do solo e musculares, pontuações do pé e amplitude de movimento.

3 DISCUSSÃO

O objetivo desta revisão sistemática foi sintetizar os programas de prevenção e seus efeitos na redução do risco de lesão na corrida priorizando a biomecânica do movimento de aterrissagem. Foi observado na síntese dos resultados dos estudos selecionados que as intervenções por exercícios, mudança de golpe do pé, feedbacks instantâneos, alteração de cadência, reciclagem de corrida, alongamentos, tipo de calçado, corrida silenciosa e em esteira almofadada e treinamento neuromuscular proporcionaram efeitos estatisticamente significativos em variáveis (forças de reação do solo, forças musculares e cinemática dos membros inferiores) que possuem correlação com as lesões na corrida, sendo as duas primeiras intervenções citadas com maiores quantidades de estudos e resultados estatisticamente significativos.

Apesar de Kakouris (2021) apontar que o joelho é o local mais lesado em estudos de prevalência, seguido pelos pés/dedos e tornozelos em corredores não ultramaratonistas; nosso estudo verificou que as avaliações foram em maior quantidade no tornozelo/pé, seguidos pelo joelho e quadril; podemos então verificar a conexão do sistema musculoesquelético, onde as avaliações em articulações distais faz se importante (ROSE; BIRCH; KUISMA, 2011), pelo índice de lesão em articulações mais proximais (KAKOURIS; YENER; FONG, 2021).

Sobre a intervenção com exercícios (dentre eles, o mais comum foi para região de pé/tornozelo, seguido por membros inferiores em geral, somente quadril e central), que foi uma das que mais apresentou efeitos significativos em nosso estudo, foi observado em todas as faixas de tempo que o mesmo trouxe resultados para aumento de força muscular e melhora na cinemática dos membros inferiores; esses dados também foram observados por Lopes et al (2017) que aborda uma população e intervenções (exercícios, treinamento neuromuscular) semelhantes.

As avaliações e intervenções citadas anteriormente estão conectadas diretamente ao movimento de aterrissagem da corrida, uma vez que, parte da energia mecânica do centro de massa corporal é absorvida durante este movimento pelas unidades músculo-tendinosas (ROSA et al., 2019).

Além disso, neste estudo as avaliações cinéticas como as derivadas das forças de reação do solo foram em grandes quantidades, o que reforça a conexão do sistema musculoesquelético devido a dissipação de forças dentro do mesmo, como exemplifica Letafatkar; Rabiei; Afshari, 2020.

Lopes et al (2017) não observou redução nas variáveis relacionadas as forças de reação de solo abordando população semelhante; em contrapartida, observamos em quase todos os estudos que incluíram a intervenção da mudança de golpe na corrida (mais frequente foi o golpe com antepé); contudo o estudo citado não avaliou esta intervenção.

A relação entre essas variáveis cinéticas e intervenções citadas com a mecânica da aterrissagem da corrida ocorre pois o golpe na corrida com retropé é o mais comum nos praticantes (ALMEIDA; DAVIS; LOPES, 2015; LIEBERMAN et al., 2010); e ele acarreta maiores taxas e mudanças nas forças de reação do solo que são transmitidas aos membros inferiores (ALMEIDA; DAVIS; LOPES, 2015; LIEBERMAN et al., 2010).

Sobre a qualidade metodológica dos estudos que fizeram parte da amostra final, foi encontrada uma média de 1,97 pontos na Escala Jadad (JADAD et al., 1996); se classificando na faixa de 0 a 2 pontos descrita como baixa qualidade metodológica, apesar de estar bem próximo do valor máximo da classe. Tal média ocorreu, pois, 14 estudos (44%) se classificaram com 1 ponto na escala; em contrapartida, 15 estudos (47%) foram classificados com pontuações acima do mencionado, porém sendo divididos de acordo com suas pontuações (2 a 5 pontos).

Por fim, existe algumas limitações em nosso estudo, como: faixa de tempo (não estabelecemos um período para as buscas, gerando assim estudos em três décadas diferentes com medidas de avaliações e intervenções variadas), etária (apesar da média de idade obtida e a faixa de idade máxima e mínima se encaixar na população adulta, não estipulamos uma faixa exclusiva; detalhe esse que pode estratificar os resultados das buscas), nível atlético (apesar da maioria dos participantes inclusos estarem classificados como recreativos, a escolha de um nível seria interessante devido a capacitação de cada nível atlético); Detalhes estes que deixam os resultados mais amplos.

4 CONCLUSÃO

O exercício e a mudança de golpe do pé na corrida foram as modalidades mais eficazes dentre as intervenções dos programas de prevenção utilizados para modificar variáveis diretamente relacionadas com os riscos de lesões em corredores.

REFERÊNCIAS

- 1- MAYNE, R.S.; BLEAKLEY, C.M.; MATTHEWS, M. Use of monitoring technology and injury incidence among recreational runners: a cross-sectional study. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, v. 28, n.13, p. 116, 2021.
- 2- KAKOURIS, N.; YENER, N.; FONG, D.T.P. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. **J Sport Health Sci**, v.10, n. 5, p. 513-522, 2021.
- 3- BERTELSEN, M.L.; HULME, A.; PETERSEN, J.; BRUND, R.K.; SØRENSEN, H.; FINCH, C.F.; PARNER, E.T.; NIELSEN, R.O. A framework for the etiology of running-related injuries. **Scand J Med Sci Sports**, v. 27, n. 11, p. 1170-1180, 2017.
- 4- MATIAS, A.B.; TADDEI, U.T.; DUARTE, M.; SACCO, I.C. Protocol for evaluating the effects of a therapeutic foot exercise program on injury incidence, foot functionality and biomechanics in long-distance runners: a randomized controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disord**, v. 14, n. 17, p. 160, 2016.
- 5- TADDEI, U.T.; MATIAS, A.B.; DUARTE, M.; SACCO, I.C.N. Foot Core Training to Prevent Running-Related Injuries: A Survival Analysis of a Single-Blind, Randomized Controlled Trial. **Am J Sports Med**, v. 48, n. 14, p. 3610-3619, 2020.
- 6- MOFFIT, T.J.; MONTGOMERY, M.M.; LOCKIE, R.G.; PAMUKOFF, D.N. Association Between Knee- and Hip-Extensor Strength and Running-Related Injury Biomechanics in Collegiate Distance Runners. **J Athl Train**, v. 55, n. 12, p. 1262-1269, 2020.
- 7- ROSA, R.G.; OLIVEIRA, H.B.; GOMEÑUKA, N.A.; MASIERO, M.P.B.; SILVA, E.S.; ZANARDI, A.P.J.; CARVALHO, A.R.; SCHONS, P.; PEYRÉ-TARTARUGA, L.A. Landing-Takeoff Asymmetries Applied to Running Mechanics: A New Perspective for Performance. **Front Physiol**, v. 10, p. 415, 2019.
- 8- PEEBLES, A.T.; DICKERSON, L.C.; RENNER, K.E.; QUEEN, R.M. Sex-based differences in landing mechanics vary between the drop vertical jump and stop jump. **J Biomech**, v. 22, n. 105, p. 109818, 2020.
- 9- LIEBERMAN, D.E.; VENKADESAN, M.; WERBEL, W.A.; DAOUD, A.I.; D'ANDREA, S.; DAVIS, I.S.; MANG'ENI, R.O.; PITSILADIS, Y. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. **Nature**, v. 463, n. 7280, p. 531-535, 2010.
- 10- ALMEIDA, M.O.; DAVIS, I.S.; LOPES, A.D. Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 45, n. 10, p. 738-755, 2015.
- 11- LOPES, T.J.A.; SIMIC, M.; MYER, G.D.; FORD, K.R.; HEWETT, T.E.; PAPPAS, E. The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A Systematic Review With Meta-analysis. **Am J Sports Med**, v. 46, n. 6, p. 1492-1499, 2018.
- 12- DOKCHAN, V.; OKAZAKI, K.; LAWSIRIRAT, C. Effects of a 4-week neuromuscular training on contralateral pelvic drop in female runners. **JPES**, v. 22, n. 7, p. 1633-1638, 2022.

- 13- MATIAS, A.B.; WATARI, R.; TADDEI, U.T.; CARAVAGGI, P.; INOUE, R.S.; THIBES, R.B.; SUDA, E.Y.; VIEIRA, M.F.; SACCO, I.C.N. Effects of Foot-Core Training on Foot-Ankle Kinematics and Running Kinetics in Runners: Secondary Outcomes From a Randomized Controlled Trial. **Front Bioeng Biotechnol**, v. 14, n. 10, p. 890428, 2022.
- 14- FUTRELL, E.E.; GROSS, K.D.; MULLINEAUX, D.R.; DAVIS, I.S. Exerted running results in altered impact mechanics and footstrike patterns following gait retraining. **J Sports Sci**, v. 39, n. 11, p. 1302-1311, 2021.
- 15- LETAFATKAR, A.; RABIEI, P.; AFSHARI, M. Effect of neuromuscular training augmented with knee valgus control instructions on lower limb biomechanics of male runners. **Phys Ther Sport**, v. 43, p. 89-99, 2020.
- 16- TADDEI, U.T.; MATIAS, A.B.; RIBEIRO, F.I.A.; BUS, S.A.; SACCO, I.C.N. Effects of a foot strengthening program on foot muscle morphology and running mechanics: A proof-of-concept, single-blind randomized controlled trial. **Phys Ther Sport**, v. 42, p. 107-115, 2020.
- 17- WANG, B.; YANG, Y.; ZHANG, X.; WANG, J.; DENG, L.; FU, W. Twelve-Week Gait Retraining Reduced Patellofemoral Joint Stress during Running in Male Recreational Runners. **Biomed Res Int**, v. 20, p. 9723563, 2020.
- 18- FUTRELL, E.E.; GROSS, K.D.; REISMAN, D.; MULLINEAUX, D.R.; DAVIS, I.S. Transition to forefoot strike reduces load rates more effectively than altered cadence. **J Sport Health Sci**, v. 9, n. 3, p. 248-257, 2020.
- 19- HUANG, Y.; XIA, H.; CHEN, G.; CHENG, S.; CHEUNG, R.T.H.; SHULL, P.B. Foot strike pattern, step rate, and trunk posture combined gait modifications to reduce impact loading during running. **J Biomech**, v. 27, n. 86, p. 102-109, 2019.
- 20- SHI, H.; LI, H.; LIU, H.; YU, B. Effects of treadmill cushion and running speed on plantar force and metabolic energy consumption in running. **Gait Posture**, v. 69, p. 79-84, 2019.
- 21- SULOWSKA, I.; MIKA, A.; OLEKSY, Ł.; STOLARCZYK, A. The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on the Lower Extremity Muscle Strength and Power in Proximal Segments of the Kinematic Chain in Long-Distance Runners. **Biomed Res Int**, v. 2, n. 2019, p. 6947273, 2019.
- 22- BOWSER, B.J.; FELLIN, R.; MILNER, C.E.; POHL, M.B.; DAVIS, I.S. Reducing Impact Loading in Runners: A One-Year Follow-up. **Med Sci Sports Exerc**, v. 50, n. 12, p. 2500-2506, 2018.
- 23- CZASCHE, M.B.; GOODWIN, J.E.; BULL, A.M.J.; CLEATHER, D.J. Effects of an 8-week strength training intervention on tibiofemoral joint loading during landing: a cohort study. **BMJ Open Sport Exerc Med**, v. 4, n. 1, p. 273, 2018.
- 24- METTLER, J.H.; SHAPIRO, R.; POHL, M.B. Effects of a Hip Flexor Stretching Program on Running Kinematics in Individuals With Limited Passive Hip Extension. **J Strength Cond Res**, v. 33, n. 12, p. 3338-3344, 2019.
- 25- RUAN, M.; LI, L.; CHEN, C.; WU, X. Stretch Could Reduce Hamstring Injury Risk During Sprinting by Right Shifting the Length-Torque Curve. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 8, p. 2190-2198, 2018.

- 26- TADDEI, U.T.; MATIAS, A.B.; RIBEIRO, F.I.A.; INOUE, R.S.; BUS, S.A.; SACCO, I.C.N. Effects of a therapeutic foot exercise program on injury incidence, foot functionality and biomechanics in long-distance runners: Feasibility study for a randomized controlled trial. **Phys Ther Sport**, v. 34, p. 216-226, 2018.
- 27- CHAN, Z.Y.S.; ZHANG, J.H.; AU, I.P.H.; AN, W.W.; SHUM, G.L.K.; NG, G.Y.F.; CHEUNG, R.T.H. Gait Retraining for the Reduction of Injury Occurrence in Novice Distance Runners: 1-Year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. **Am J Sports Med**, v. 46, n. 2, p. 388-395, 2018.
- 28- CHEUNG, R.T.H.; AN, W.W.; AU, I.P.H.; ZHANG, J.H.; CHAN, Z.Y.S.; MACPHAIL, A.J. Control of impact loading during distracted running before and after gait retraining in runners. **J Sports Sci**, v. 36, n. 13, p. 1497-1501, 2018.
- 29- PAPPAS, P.T.; PARADISIS, G.P.; EXELL, T.A.; SMIRNIOTOU, A.S.; TSOLAKIS, C.K.; ARAMPATZIS, A. Acute Effects of Stretching on Leg and Vertical Stiffness During Treadmill Running. **J Strength Cond Res**, v. 31, n. 12, p. 3417-3424, 2017.
- 30- VANNATTA, C.N.; KERNOZEK, T.W.; GHEIDI, N. Changes in gluteal muscle forces with alteration of footstrike pattern during running. **Gait Posture**, v. 58, p. 240-245, 2017.
- 31- CHEN, T.L.; AN, W.W.; CHAN, Z.Y.S.; AU, I.P.H.; ZHANG, Z.H.; CHEUNG, R.T.H. Immediate effects of modified landing pattern on a probabilistic tibial stress fracture model in runners. **Clin Biomech**, v. 33, p. 49-54, 2016.
- 32- FUKUCHI, R.K.; STEFANYSHYN, D.J.; STIRLING, L.; FERBER, R. Effects of strengthening and stretching exercise programmes on kinematics and kinetics of running in older adults: a randomised controlled trial. **J Sports Sci**, v. 34, n. 18, p. 1774-1781, 2016.
- 33- NEAL, M.; FLEMING, N.; EBERMAN, L.; GAMES, K.; VAUGHAN, J. Effect of Body-Weight-Support Running on Lower-Limb Biomechanics. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 46, n. 9, p. 784-793, 2016.
- 34- PHAN, X.; GRISBROOK, T.L.; WERNLI, K.; STEARNE, S.M.; DAVEY, P.; NG, L. Running quietly reduces ground reaction force and vertical loading rate and alters foot strike technique. **J Sports Sci**, v. 35, n. 16, p. 1636-1642, 2017.
- 35- HERRINGTON, L.; MUNRO, A.; COMFORT, P. A preliminary study into the effect of jumping-landing training and strength training on frontal plane projection angle. **Man Ther**, v. 20, n. 5, p. 680-685, 2015.
- 36- KHOWAILED, I.A.; PETROFSKY, J.; LOHMAN, E.; DAHER, N. Six Weeks Habituation of Simulated Barefoot Running Induces Neuromuscular Adaptations and Changes in Foot Strike Patterns in Female Runners. **Med Sci Monit**, v. 21, p. 2021-2030, 2015.
- 37- LENHART, R.; THELEN, D.; HEIDERSCHEIT, B. Hip muscle loads during running at various step rates. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 44, n. 10, p. 766-774, 2014.
- 38- LENHART, R.L.; THELEN, D.G.; WILLE, C.M.; CHUMANOV, E.S.; HEIDERSCHEIT, B.C. Increasing running step rate reduces patellofemoral joint forces. **Med Sci Sports Exerc**, v. 46, n. 3, p. 557-564, 2014.

- 39- ROSE, A.; BIRCH, I.; KUISMA, R. Effect of motion control running shoes compared with neutral shoes on tibial rotation during running. **Physiotherapy**, v. 97, n. 3, p. 250-255, 2011.
- 40- WILLY, R.W.; DAVIS, I.S. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 41, n. 9, p. 625-632, 2011.
- 41- SATO, K.; MOKHA, M. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? **J Strength Cond Res**, v. 23, n. 1, p. 133-140, 2009.
- 42- JADAD, A.R.; MOORE, R.A.; CARROLL, D.; JENKINSON, C.; REYNOLDS, D.J.; GAVAGHAN, D.J.; MCQUAY, H.J. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? **Control Clin Trials**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 1996.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Quadro 1. Síntese dos estudos incluídos;						
eles estão listados em ordem cronológica inversa por ano, seguidos em ordem alfabética para os do mesmo ano.						
Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Dokchan V.; okazaki K.; lawsirirat C. (2022)	Comparar efeitos de quatro programas de treinamento neuromuscular durante 4 semanas na queda pélvica contralateral.	Avaliação 3D AQPC e força isocinética de GMed.	32 (F)	Recreativo	Feedback visual e verbal intra-tratamento; Grupo agachamento unipodal (AU), correção total (corrida), correção parcial (AU + corrida) e correção de parte inteira (corrida + AU).	Sem alterações estatísticas para força muscular no quadril em grupo ou tempo; AQPC mostrou melhores reduções no grupo treinamento de correção de parte inteira.
Matias A.B. et al. (2022)	Efeitos do programa de treinamento de <i>footcore</i> de 8 semanas.	Avaliação 3D do pé e tornozelo e cinética da taxa de carga média vertical, forças horizontais e pico de impacto vertical.	42 (M) 45 (F)	Recreativo	Exercícios para os músculos do pé e tornozelo (GI); Exercícios de aquecimento e alongamento (GC)	Sem alterações estatísticas para taxa de carga média vertical, força de ruptura horizontal e pico de impacto vertical; mas melhoras significativas nos padrões cinemáticos da articulação do tornozelo e pé.
Futrell E.E. et al. (2021)	Efeitos da mudança na mecânica recentemente retrainada em corredores atacantes de retropé.	Avaliação da cinemática (cadência e ângulo do pé) e cinética através de esteira instrumentada (TCMV e TCIV)	9 (M) 24 (F)	Recreativo	Grupo de ataque com antepé e grupo com cadência aumentada; ambos receberam inicialmente fortalecimento para adaptação muscular e feedback corretivo auditivo durante a primeira metade do tratamento durante 4 semanas.	Ambos os grupos observaram um aumento das taxas de carga vertical; sugerindo ser devido esforço de adaptação das técnicas implantadas.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Letafatkar A.; Rabiei P.; Afshari M. (2020)	Avaliar a combinação do TNM com ICV na alteração dos fatores biomecânicos dos MMII associados as LRC com <i>fallow up</i> de um ano.	Cinemática: APRIJ e APAQ; Cinética: PFF, TIV, TCMV, TCIV e MPIR.	60 (M)	Novatos	Grupo TNM com exercícios específicos e grupo TNM mais ICV mantendo o protocolo e correção verbal durante 6 semanas.	Observou melhora estatística em ambos os grupos nas variáveis cinéticas, com prevalência maior no grupo TNM mais ICV; nas variáveis cinemáticas não se observou mudança significativa.
Moffit T.J. <i>et al.</i> (2020)	Determinar a relação entre a força de MMII e biomecânica da corrida	Cinética: dinamometria de extensores de quadril e joelho; Cinemática: movimentos nos três planos dos MMII	26 (M) 10 (F)	Recreativo	Análise de 1RM e aquecimento seguindo repetições sem carga, 50%, 70%, 90% e 100% do RM encontrado.	Maior força de 1RM foi associado a ângulo máximo de flexão de joelho maior, menor pico e ângulo de rotação interna do joelho; não foi encontrada alterações significativas nas demais avaliações cinemáticas e cinéticas.
Taddei U.T. <i>et al.</i> (2020)	Investigar a eficácia de um protocolo de FM do pé na redução da incidência de LRC com <i>fallow up</i> de um ano.	Cinemática: IPP; Cinética: Força de pressão do Hálux e dedos dos pés.	61 (M) 57 (F)	Recreativo	GI – 8 semanas de exercícios para musculatura pé-tornozelo; GC – teste estático placebo e alongamentos na mesma duração.	O GC demonstrou significamente mais LRC do que o GI, apoiando o objetivo. IPP e força muscular maior teve relação com tempo até a lesão.
Taddei U.T. <i>et al.</i> (2020)	Investigar os efeitos de um programa de treinamento e FM do pé na biomecânica da corrida.	Força isométrica do Hálux e dos dedos do pé, ASTAMP e volume, ADM, rigidez do ALM, pontuações do pé e forças de impulso durante a corrida.	14 (M) 14 (F)	Recreativo	GI – 8 semanas de FM do pé; GC – aquecimento e alongamento na mesma duração.	Sem alterações significativas para medições de força, ASTAMP, ADM e rigidez do ALM e pontuações do pé em ambos os grupos; Aumento significativo para volume muscular e impulso vertical no GI.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Wang B. <i>et al.</i> (2020)	Mudanças no ângulo e momento sagital do joelho, força de contato e estresse da APF antes e após retreinamento de marcha de 12 semanas.	Forças de reação do solo (vertical, padrão de batida do pé, ângulo de impacto) e análise visual da marcha 3D (força de contato e estresse APF).	30 (M)	Recreativo	GI – Mudança do padrão de ataque para o antepé; GC – manter padrão de ataque habitual; ambos utilizando sapatos minimalistas e foram instruídos ao treinamento de força de MMII devido possíveis mudanças.	Melhora significativa no ângulo de impacto do pé, momento sagital do joelho e estresse da APF no GI; sem alterações significativas para ângulo máximo de flexão de joelho, força de contato da APF; GC também não consta alterações significativas em nenhuma variável.
Futrell E.E. <i>et al.</i> (2019)	Comparar os efeitos a curto e longo prazo do retreinamento da marcha.	PIV, TCMV, TCIV, ângulo do pé no plano sagital.	9 (M) 24 (F)	Recreativo	Grupo mudança de padrão para GAP e grupo ADC; ambos receberam instruções de FM para MMII a fim de preparação anteriormente e feedback auditivo durante o retreinamento.	Interação significativa no ângulo do pé no grupo GAP (curto e longo prazo); Reduções nas TCMV e TCIV no grupo GAP no curto prazo e manteve-se após; sem alterações estatísticas para grupo ADC
Huang Y. <i>et al.</i> (2019)	Examinar o efeito do padrão de pisada, taxa de passos e da inclinação anterior do tronco na carga de impacto em corredores.	PAT, PIV, TCMV, TCIV e nível de esforço.	19 (M)	Recreativo	Testes de modificações de marcha, sendo: GRP, GMP e GAP; taxa de passada normal, aumentada em 10% e duas anteriores; postura de tronco anterior natural e aumentada em 10°. Todas com feedback visual e auditivo	O GAP com taxa de passada aumentada foi a que demonstrou taxa de cargas mais baixas; já o GRP com inclinação anterior de tronco proporcionou taxa de cargas mais altas. Todas as variáveis constaram diferenças entre as combinações, somente o PIV que não.
Shi H. <i>et al.</i> (2019)	Determinar os efeitos da almofada em esteira no pico de força plantar e no consumo de energia metabólica na corrida.	Força plantar e pico (retro, médio e antepé) e dados metabólicos.	20 (M)	Recreativo	Corrida em esteira convencional e corrida em esteira almofadada; com velocidade lenta e média em ambas.	Melhoras significativas nos picos de força plantares no médio e antepé em esteira almofadada; aumento de consumo de energia metabólica em esteira almofadada.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Sulowska I. <i>et al.</i> (2019)	Avaliar a influência de exercícios dos músculos plantares curtos do pé no desempenho dos MMII.	IPP, dinamometria de flexores e extensores de joelho e TSABC.	31 (M) 16 (F)	Recreativo	Grupo pé neutro e grupo pé pronado; exercícios específicos durante 6 semanas para ambos;	Melhora significativa de pico de torque de flexor de joelho e TSABC no grupo de pé pronado; Mudança significativa na relação flexor/extensor após intervenção no grupo pé neutro.
Bowser B.J. <i>et al.</i> (2018)	Efeito a curto e longo prazo de um programa de retraining de marcha usando feedback em tempo real para reduzir a carga de impacto.	PATP, PIV, TCMV, TCIV, PFV	9 (M) 10 (F)	Recreativo	Reciclagem de corrida com feedback visual, atuando principalmente no pico de aceleração tibial. Acompanhamento posterior de follow up.	Melhora significativa do PATP pós controle, porém em nenhuma outra variável; No entanto, nos pós reciclagem observou-se melhora significativa no PATP, PIV, TCMV e TCIV e mantendo-se no follow up até 12 meses.
Czasche M.B. <i>et al.</i> (2018)	Avaliar os efeitos de uma intervenção de treinamento de força de MMII nas forças internas do joelho durante aterrissagem.	Avaliação cinemática visual de MMII (pouso uni e bilateral) e cinéticas (PIV, força de posterior de coxa e PFCATF)	16 (F)	Recreativo	GI – Treinamento de força de 8 semanas; GC – manteve atividades habituais.	Aumento significativo de força no GI; PFCATF lateral reduziu em relação ao medial para ambos os grupos, porém, maior no GI e superior no pouso unilateral em relação ao bilateral.
Mettler J.H.; Shapiro R.; Pohl M.B. (2018)	Efeito de um programa de alongamento de 3 semanas na extensão passiva do quadril e cinemática do plano sagital do complexo LPQ na corrida.	PIV, extensão passiva e ativa do quadril, inclinação pélvica anterior e extensão da coluna lombar.	9 (M) 11 (F)	Recreativo	Protocolo de alongamento muscular de forma domiciliar de 3 semanas.	Melhora significativa na extensão passiva do quadril; sem alterações significativas para extensão ativa do quadril, inclinação pélvica anterior e extensão da coluna lombar.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Ruan M. <i>et al.</i> (2018)	Efeitos agudos do alongamento estático dos Isquiotibiais no risco de LDI durante o sprint.	EMG (Bíceps femoral, Reto femoral, Vasto medial), PIV, Velocidade horizontal, torque articular.	12 (F)	Recreativo	Corrida com e sem alongamento passivo dos Isquiotibiais.	Sem alterações significativas para velocidade, torque de flexão de joelho; PIV e horizontal durante apoio e BF durante a fase de pré ativação e RF e VM durante pré ativação e apoio observou-se redução significativa;
Taddei U.T. <i>et al.</i> (2018)	Eficácia de um programa de exercícios para o tornozelo-pé na prevenção de lesões nos MMII em corredores de longa distância.	Força isométrica do pé, ASTAMP e biomecânica do pé durante a corrida.	15 (M) 13 (F)	Recreativo	GI – FM tornozelo-pé de 8 semanas; GC – Aquecimento e alongamento muscular com duração semelhante ao GI.	Sem alteração significativa para força muscular em ambos os grupos; Aumento significativo da ASTAMP no GI; Alteração em algumas variáveis cinemáticas no GI, porém com variabilidade alta devido tamanho de amostra.
Chan Z.Y.S. <i>et al.</i> (2017)	Eficácia de um programa de retreinamento da marcha na modulação da carga de impacto e interação com LRC em corredores novatos.	PIV, TCMV, TCIV	158 (M) 162 (F)	Novatos	GI – Retreinamento da marcha de duas semanas com feedback visual; GC – Mesma frequência do GI, porém sem orientações e feedback.	Melhora significativa de TCMV e TCIV no GI em ambas as velocidades; GC além de não apresentar alterações significativas em nenhuma variável, aumentou a TCIV e TCMV (velocidade alta).
Cheung R.T.H. <i>et al.</i> (2017)	Avaliar o desempenho do controle cinético de aterrissagem após o retreinamento da marcha em condição distraída e efeito do biofeedback visual em tempo real antes e depois da retenção da marcha.	APPP, TMCV e TCIV	11 (M) 5 (F)	Recreativo	Biofeedback sobre o limite do APPP delimitado associado a tarefa de contagem cognitiva e verbal durante 2 semanas.	Melhora significativa em todas as variáveis após intervenção, com os participantes distraídos e concentrados.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Pappas P. <i>et al.</i> (2017)	Investigar a influência do AE e AD na rigidez vertical e da perna, variáveis cinéticas e cinemáticas na corrida submáxima em esteira.	Rigidez vertical e da perna, medidas cinéticas (força) e cinemáticas.	14 (M)	Novatos	Grupo AE – Músculos: Quadríceps, Isquiotibiais, extensores de quadril e flexores plantares; Grupo AD – Contração do antagonista ao músculo alvo que foram os mesmos do grupo AE; Grupo controle – sem intervenção.	Melhora significativa em FRMDC, DVCM, tempo de voo, taxa de passos, comprimento do passo para grupo AD; sem alterações significativas para as demais variáveis e grupos.
Vannatta C.N.; Kernozek T.W.; Gheidi N. (2017)	Caracterizar as mudanças no desenvolvimento de força da musculatura glútea quando corredoras habituais de GRP foram instruídas a correr com GAP.	Forças musculares e medidas cinemáticas.	25 (F)	Recreativo	Alteração de pouso para GAP.	Pico de força do Gmed e Isquiotibiais reduziram no GAP; Força Gmax aumentou no GAP; Pico de AQ foi reduzido e quase todos permaneceram em rotação externa no GAP; Distância calcanhar-CM e tempo de apoio foi reduzida também no GAP.
Chen T.L. <i>et al.</i> (2016)	Efeitos imediatos da modificação do padrão de pouso nas taxas de carga vertical, FCAT, deformação do pico tibial e risco de FET.	TCMV, TCIV, FCAT, Força muscular perna e pé, pico de deformação tibial.	7 (M) 7 (F)	Experiente	Alteração de pouso para GAP ou GMP com feedback visual.	Reduções significativas para TCMV e TCIV; FCAT longitudinal maior significativo no GAP quando comparado ao GRP.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Fukuchi R.K. <i>et al.</i> (2016)	Efeitos de exercícios de fortalecimento e alongamento nas variáveis cinemáticas e cinéticas da corrida em idosos.	Ângulos de excursão de tronco/pelve, quadril e tornozelo; PIV, carga máxima e propulsão do solo; Força isométrica de abdutores e extensores do quadril e flexores plantares e ADM dessas articulações.	91 (não consta)	Recreativo	Grupo FM: exercícios para MMII durante 8 semanas; grupo alongamento: realizados de forma estática para MMII durante 8 semanas; GC: sem intervenção durante 8 semanas.	Efeito significativo para AQ e RIQ e flexão plantar do tornozelo; também para força plantar do tornozelo e extensão de quadril; Aumento excursão do tornozelo no plano sagital, tórax/pelve e joelho no transversal.
Neal M. <i>et al.</i> (2016)	Avaliar os efeitos da corrida em esteira com PPMII na cinemática, cinética e variáveis espaço-temporais dos MMII da passada.	Pressão plantar e angulação articular do joelho e tornozelo.	14 (M)	Recreativo	Correr em esteira com SPC em 3 velocidades (60%, 70% e 80% do VO2 pico) e 5 níveis de SPC (0%, 20%, 40%, 60% e 80%).	O aumento do SPC aumentou significativamente a duração da passada e diminuiu a frequência, reduziu o tempo de contato com solo; O aumento da velocidade diminuiu a duração da passada, aumentou a frequência; sem interações significativas para cinemática do tornozelo e joelho e velocidade com SPC.
Phan X. <i>et al.</i> (2016)	Investigar se existe uma relação quantitativa entre pico de amplitude sonora, FRS e taxa de carga vertical durante corrida descalça.	Pico da amplitude do som de impacto, pico de FRS, PFV, tempo de contato e dados cinemáticos no plano sagital do quadril, joelho e tornozelo.	26 (M)	Novatos	Tarefa de corrida realizada em duas condições sonoras: normal e silenciosa.	Redução significativa para pico da amplitude do som, FRS e de carga vertical na condição silenciosa; Diferenças significativas na ADM de tornozelo, joelho e quadril na condição silenciosa; sem alterações para tempo de contato.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Herrington L.; Munro A.; Comfort P. (2015)	Avaliar os efeitos de dois programas de treinamento diferentes no controle do alinhamento dos MMII.	Força isométrica de extensores de quadril e joelho e abdutores de quadril; agachamento unipodal e aterrissagem uni e bipodal analisando o APPF.	30 (F)	Novatos	Grupo FM: exercícios específicos com periodização durante 6 semanas; grupo salto: treinamento de salto e pouso com periodização durante o mesmo tempo do grupo FM; GC: atividades normais durante o tempo.	Melhoras significativas nas forças musculares e APPF no grupo FM; Melhora semelhante do APPF para o grupo de salto, porém, menor que o grupo FM (ressalvando a aterrissagem do drop jump); GC não apresentou alterações significativas em nenhuma variável.
Khowailed I.A. <i>et al.</i> (2015)	Efeitos de um programa de transição de 6 semanas de SCD na cinética da fase de apoio em corredoras.	Eletromiografia TA e GL, PIV, PA, TCIV e TCMV.	12 (F)	Recreativo	6 semanas de treinamento de GAP e calçado minimalista com feedback visual; exercícios relevantes para adaptação muscular.	Foi observado uma ativação significativa maior do GL na SCD; observou-se redução significativa nas TCMV e TCIV na SCD; observou-se também menor comprimento da passada e aumento da frequência e menor tempo da passada na SCD.
Lenhart R.; Thelen D.; Heiderscheit B. (2014)	Caracterizar a cinética muscular do quadril durante a corrida em uma população adulta saudável, contendo contribuições musculares individuais durante todo o ciclo da passada.	Pico de força muscular e trabalho positivo e negativo de MMII.	15 (M) 15 (F)	Recreativo	Correr em uma taxa de passos prescrita a 90%, 100% ou 110% de sua taxa de passos preferida.	Pico de força no quadril durante o apoio na taxa de passos preferida foi do Gmed, no início do balanço foi do Ilíaco e final do balanço pelo Semimembranoso; as demais taxas de passos teve efeito mínimo no padrão temporal de forças musculares, mas alterou as forças de picos produzidas.

Referência (ano)	Objetivo	Análise Biomecânica	Amostra (sexo)	Nível	Intervenção	Resultados
Lenhart R.L. <i>et al.</i> (2014)	Avaliar alterações na carga muscular e APF com variações sistemáticas na taxa de passada em corredores saudáveis.	Padrões médios de força muscular, taxa de carga, pico de força e impulso da APF durante apoio.	15 (M) 15(F)	Recreativo	Correr em uma taxa de passos prescrita a 90%, 100% ou 110% de sua taxa de passos preferida.	A taxa de passos não alterou significativamente os padrões de força muscular, mas modulou as magnitudes; A magnitude do pico de força, taxa de carga e impulso da APF foi inversamente proporcional de forma significativa à taxa de passos.
Rose A.; Birch I.; Kuisma R. (2011)	Determinar se os tênis de corrida com controle de movimento reduzem a rotação tibial no plano transversal durante corrida em esteira.	Rotação tibial no plano transverso.	32 (não consta)	Recreativo	Avaliação com calçados neutros e posterior com calçados com controle de movimento.	Reduções significativa na rotação tibial no plano transversal com calçados de controle de movimento na corrida em esteira.
Willy R.W.; Davis I.S. (2011)	Efeito de FM do quadril (com treino de movimento para agachamento unipodal) na mecânica do quadril e joelho durante a corrida e agachamento em mulheres com mecânica anormal.	Pico de AQ, RIQ, QPCL, REJ; força isométrica de abdução e rotação externa de quadril.	20 (F)	Recreativo	GI: protocolo de FM do quadril e educação de movimento de 6 semanas com feedback visual e verbal; GC: sem nenhuma intervenção durante este tempo.	Melhora significativa em ambas as variáveis de força isométrica no GI; sem alterações significativas nas variáveis de picos em ambos os grupos na corrida; porém, no agachamento unipodal observou-se melhora significativa no pico de AQ, RIQ e QPCL no GI; sem alterações para o GC;
Sato K.; Mokha M. (2009)	Efeitos de 6 semanas de TFC na FRS, estabilidade dos MMII e desempenho geral de corrida em corredores recreativos e competitivos.	Teste de estabilidade central, PIV, FRS vertical, horizontal e horizontal propulsiva, SEBT, corrida de 5000m.	10 (M) 18 (F)	Recreativo	GI: treinamento de 6 semanas de exercícios; GC: sem intervenção.	Sem efeitos significativos para SEBT, PIV e todas as variáveis de FRS; melhora significativa identificada no tempo de corrida de 5000m no GI.

Fonte: Elaboração própria

AQPC – ângulo de queda pélvica contralateral / GMed – Glúteo Médio / F – Feminino / AU – agachamento unipodal / M – Masculino / GI – Grupo Intervenção / GC – Grupo controle / TNM – Treinamento neuromuscular / ICV – Instruções do controle de valgo / MMII – membros inferiores / LRC – Lesões relacionadas a corrida / APRIJ – Ângulo de pico de rotação interna de joelho / APAQ – Ângulo de pico de adução de quadril / PFF – Pico da força de frenagem / TIV – Transiente de impacto vertical / TCMV – Taxa de carga média vertical / TCIV – Taxa de carga instantânea vertical / MPIR – momento de pico de inversão do retopé / RM – Repetição máxima / FM – Fortalecimento muscular / IPP – Índice de postura dos pés / ASTAMP – área de secção transversa anatômica do músculo do pé / ADM – Amplitude de movimento / ALM – Arco longitudinal medial / APF – Articulação patelo-femoral / PIV – Pico de impacto vertical / GAP – Golpe com antepé / ADC – Aumento da cadência / PAT – Pico de aceleração da Tíbia / TSABC – Teste do sprint anaeróbico baseado em corrida / PATP – Pico de aceleração tibial positiva / PFV – Pico de força vertical / PFCATF – Pico de força de contato da articulação Tibiofemoral / LPQ – Lombo-pélvico-quadril / LDI – Lesões por distensão dos Isquiotibiais / BF – Bíceps femoral / RF – Reto Femoral / VM – Vasto Medial / APPP – Aceleração positiva do pico de pouso / AE – Alongamento estático / AD – Alongamento dinâmico / TCP – Taxa de comprimento de passos / FRMDC – Força de reação máxima durante contato / DVCM – Deslocamento vertical do centro de massa / GRP – Golpe de retopé / Gmax – Glúteo máximo / CM – Centro de massa / FCAT – Força de contato da articulação do tornozelo / FET – Fratura por estresse da Tíbia / GMP – Golpe de médiopé / PPMII – Pressão positiva para membros inferiores / SPC – Suporte de peso corporal / FRS – Força de reação do solo / APPF – Ângulo de projeção do plano frontal / SCD – Simulação de corrida descalça / TA – Tibial anterior / GL – Gastrocnêmio lateral / PA – Pico ativo / AQ – Adução de quadril / RIQ – Rotação interna de quadril / QPCL – Queda pélvica contralateral / REJ – Rotação externa de joelho / TFC – Treinamento de força central.