

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA**

RICARDO RAFAEL VIEIRA KUSTER

**DESEQUILÍBRIO DE FORÇA MUSCULAR ENTRE ISQUIOTIBIAIS E
QUADRÍCEPS: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Porto Alegre

2021

RICARDO RAFAEL VIEIRA KUSTER

**DESEQUILÍBRIO DE FORÇA MUSCULAR ENTRE ISQUIOTIBIAIS E
QUADRÍCEPS: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação física.

Orientador: Dr. Jefferson Fagundes Loss

Porto Alegre

2021

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais Roberto Kuster e Eronita Kuster pelo incentivo aos estudos e pelo apoio incondicional em toda minha vida.

Aos meus irmãos Junior Kuster e Jacqueline Kuster pela amizade e atenção dedicadas em todos os momentos.

Agradeço à minha noiva Christine Aiedo por estar ao meu lado em todos momentos e compreender as várias horas em que estive ausente por causa do desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Jefferson Loss que apesar da intensa rotina de sua vida acadêmica aceitou me orientar neste trabalho.

Gratidão pela participação da professora, Luciana Plentz cuja dedicação e orientação foram essenciais para que este trabalho tivesse o rumo correto e fosse concluído satisfatoriamente.

Agradeço à Universidade UFRGS e a todos os seus professores que sempre proporcionaram um ensino de alta qualidade para minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço a todos os meus colegas de curso, pela oportunidade do convívio e pela ajuda durante todo processo acadêmico.

E agradeço aos amigos pessoais, companheiros de trabalho que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação pessoal, acadêmica e profissional o meu muito obrigado.

RESUMO

A mensuração da força entre isquiotibiais e quadríceps é um fator importante para determinar diferenças entre esses dois grupamentos musculares. Essa mensuração da força muscular de forma mais objetiva é feita através da utilização de dinamômetros isocinéticos e dinamômetros manuais (portáteis), do tipo handheld. Através da utilização desses equipamentos a razão H/Q é investigada para medir o valor do desequilíbrio entre isquiotibiais e quadríceps e assim minimizar o risco de possíveis lesões em membros inferiores. A razão H/Q é baseada na força entre isquiotibiais e quadríceps, onde dividimos ela em razão H/Q convencional (RC) com valor normativo de 0,6 e a razão H/Q funcional (RF) com valores próximos de 1,0 para um bom equilíbrio entre isquiotibiais e quadríceps. De acordo com a literatura, valores abaixo desses teriam um maior risco para distensões musculares em isquiotibiais e lesões de ligamento cruzado anterior (LCA). Objetivos: Identificar os valores da razão H/Q relacionados aos desequilíbrios, identificar as lesões relacionadas os métodos e estratégias de prevenção e apresentar as ferramentas utilizadas na identificação dos desequilíbrios. Metodologia: Foi realizada uma Revisão Narrativa com busca nas bases de dados Embase, PubMed e Scopus. Conclusão: O desequilíbrio de forças entre isquiotibiais e quadríceps de acordo com os estudos é um fator de risco para lesões de LCA e distensões musculares em isquiotibiais, a partir da determinação das razões H/Q é possível identificar os desequilíbrios e traçar estratégias de prevenção sugeridas na literatura utilizando exercícios uni podais de cadeia cinética fechada, pliometria, exercícios de predominância excêntrica e o programa de treinamento FIFA11+ para minimizar o risco dessas lesões.

Palavras-Chave: Razão H/Q, Desequilíbrio Muscular, Quadríceps, Isquiotibiais, Lesões.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	9
3. METODOLOGIA	9
3.1 TIPO DE ESTUDO	9
3.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	9
3.3 FONTES DE BUSCA	8
3.4 ESTRATÉGIA DE BUSCA	9
3.5 SELEÇÃO DOS ESTUDOS	10
4. REVISÃO DA LITERATURA	12
4.1 RAZÃO H/Q	12
4.2 RAZÃO CONVENCIONAL (RC)	12
4.3 RAZÃO FUNCIONAL (RF)	13
4.4 VALORES DE REFERÊNCIA DOS DESEQUILÍBRIOS	14
4.5 FORMAS DE MENSURAR A RAZÃO H/Q	14
4.6 POPULAÇÃO	15
4.7 RAZÃO H/Q DIFERENÇA ENTRE GÊNEROS	16
5. LESÕES RELACIONADAS	16
5.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA)	17
5.2 DISTENSÃO MUSCULAR	18
5.3 LESÕES POR OVERUSE	19
6. MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO	19
6.1 TRENAMENTO PLIOMÉTRICO	20
6.2 TREINAMENTO EXCÊNTRICO	21
6.3 EXERCÍCIOS DE CADEIA CINÉTICA FECHADA	22
6.4 PROGRAMA FIFA11+	23

7. CONCLUSÃO	24
8. REFERÊNCIAS	25

INTRODUÇÃO

O desequilíbrio de forças entre os músculos flexores e extensores de joelho, mais especificamente isquiotibiais e quadríceps, pode ser um fator de risco para algumas lesões em membros inferiores. Entre elas, lesões musculares de isquiotibiais e rupturas de LCA que acometem não somente atletas, como a população em geral (COOMBS et al., 2002).

A avaliação da força muscular é feita em dinamômetro isocinético, para o diagnóstico de disfunções neuromusculares, reabilitação e como indicador da função e desempenho de certos grupos musculares, sendo feita através da medição do pico de torque (DVIR, 2002). Segundo Bonetti e colaboradores (2017), Gkrilias e colaboradores (2018), a razão de força entre isquiotibiais e quadríceps (H/Q), pode ser utilizada para detectar um desequilíbrio muscular ou monitorar a estabilidade da articulação do joelho. Desta forma, a quantificação da força de isquiotibiais e quadríceps, torna-se uma ferramenta fundamental para a correção de assimetrias entre esses dois grupamentos musculares.

A razão H/Q é calculada a partir da divisão do valor do torque de força concêntrica dos isquiotibiais pelo valor da força concêntrica do quadríceps e também pela força excêntrica dos isquiotibiais pela força excêntrica do quadríceps, onde chamamos de Razão Convencional. Outra forma de ser calculada é dividindo os valores de força excêntrica dos isquiotibiais pela força concêntrica do quadríceps ou a força concêntrica dos isquiotibiais pela força excêntrica do quadríceps que chamamos de Razão Funcional ou Dinâmica do joelho (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002; ROSENE et. al., 2001; RUAS et al., 2019). Para Aagaard e colaboradores (1998), o valor de razão H/Q de 0,6 é considerado um valor normal para Razão Convencional. Os valores de Razão H/Q Funcional de 0,90 a 1,3 indicam, que os músculos isquiotibiais são capazes de estabilizar a articulação do joelho e são considerados valores de referência (AAGAARD et al., 2000; AYALA; BARANDA; CROIX, 2012). A avaliação da força excêntrica em relação a força concêntrica na razão funcional pode ser mais útil no caso de determinar os riscos de lesões em comparação com a razão convencional segundo Dvir et al. (1989) e Coombs e Garbutt (2002).

Acredita-se que um maior entendimento a respeito dos desequilíbrios musculares entre isquiotibiais e quadríceps e a relação com o risco de lesões seja de grande relevância. Tanto para a elaboração de programas de prevenção de lesões, quanto para reabilitação. Portanto, o objetivo deste estudo é realizar uma revisão narrativa da literatura, que permita identificar as principais lesões relacionadas aos desequilíbrios na razão H/Q, os valores da razão H/Q relacionados aos desequilíbrios bem como a incidência e a população com maior risco. E ainda, tentar identificar métodos de prevenção utilizados para minimizar os riscos de lesões de LCA e distensões musculares em isquiotibiais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os aspectos relacionados aos desequilíbrios musculares entre isquiotibiais e quadríceps e o risco de lesões, descritos na literatura.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os valores de referência da razão H/Q;
- Identificar as principais lesões relacionadas ao desequilíbrio H/Q;
- Verificar qual população é mais acometida com os desequilíbrios;
- Verificar a existência de métodos de prevenção utilizados para minimizar o risco de lesões relacionadas ao desequilíbrio H/Q.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

O estudo feito é caracterizado por uma Revisão Narrativa da Literatura.

3.2 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos os artigos sobre razão H/Q e desequilíbrios entre isquiotibiais e quadríceps, relacionados com lesões em membros inferiores e métodos de prevenção de lesões relacionados ao desequilíbrio. Os estudos excluídos foram os que não se enquadravam nos objetivos desta revisão.

3.3 FONTES DE BUSCA

Para realização do presente estudo, foi realizada uma busca nas bases de dados Pubmed, Scopus e Embase. Além de busca manual nas referências dos artigos encontrados.

3.4 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A realização da busca foi através de chave de busca com as palavras-chave referentes ao estudo. Foram incluídos na busca, artigos em português e inglês, sem limite de data de publicação.

Chave de busca utilizada na base Pubmed:

"Hamstring Muscles"[Mesh] OR "Hamstring Muscles" OR "Hamstring Muscle" OR "Muscle, Hamstring" OR "Muscles, Hamstring"

AND

"Quadriceps Muscle"[Mesh] OR "Quadriceps Muscle" OR "Muscle, Quadriceps" OR "Muscles, Quadriceps" OR "Quadriceps Muscles" OR "Quadriceps Femoris"

OR "ratio" OR "hamstrings:quadriceps ratio" OR "hamstrings to quadriceps ratio" OR "hamstring to quadriceps strength ratios" OR "strength ratios"

OR "Muscle Strength Dynamometer"[Mesh] OR "Muscle Strength Dynamometer" OR "Dynamometer, Muscle Strength" OR "H:Q co-activation ratios" OR "H:Q ratio"

AND

"Wounds and Injuries"[Mesh] OR "Wounds and Injuries" OR "Injuries and Wounds" OR "Wounds and Injury" OR "Injury and Wounds" OR "Wounds, Injury"

OR Trauma OR Traumas OR "Injuries, Wounds" OR "Research-Related Injuries" OR "Injuries, Research-Related" OR "Injury, Research-Related" OR

"Research Related Injuries" OR "Research-Related Injury" OR Injuries OR Injury OR "Sprains and Strains"[Mesh] OR "Sprains and Strains" OR

"Strains and Sprains" OR Sprains OR Sprain OR Strains OR Strain OR "Athletic Injuries"[Mesh] OR "Athletic Injuries" OR "Injuries, Sports" OR "Injury, Sports"

"Sports Injury" OR "Sports Injuries" OR "Injuries, Athletic" OR "Athletic Injury" OR "Injury, Athletic" OR "Risk Factors"[Mesh] OR "Risk Factors" OR

"Factor, Risk" OR "Risk Factor" OR "Risk Scores" OR "Risk Score" OR "Score, Risk" OR "Risk Factor Scores" OR "Risk Factor Score" OR "Score, Risk Factor"

OR "Population at Risk" OR "Populations at Risk"

3.5 SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Os artigos foram selecionados com base nos critérios de elegibilidade, primeiramente através de uma triagem, com a leitura do título e resumo. Dos artigos selecionados e dos que apresentaram critérios de elegibilidade inconclusivos, foi realizada leitura do texto completo.

A busca nas bases de dados PubMed, Embase e Scopus obtiveram 291 artigos através da chave de busca. Foram selecionados 33 estudos após a triagem, sendo 7 deles estudos duplicados. Foram acrescentados mais 23 artigos citados nos

estudos selecionados nas bases de dados e 16 incluídos através de buscas deixando um total de 70 artigos incluídos na revisão. O software EndNote X7 foi utilizado para a gestão dos dados.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 RAZÃO H/Q

A razão isquiotibiais/quadríceps (H/Q), é a forma de avaliar o equilíbrio muscular da articulação do joelho (Tourny; Leroy, 2002). A razão H/Q possibilita medirmos o valor quantitativo referente ao torque na articulação do joelho e a força dos músculos agonistas e antagonistas (PUA et al., 2008; SARAGIOTTO et al., 2016). Através da razão H/Q podemos identificar possíveis desequilíbrios musculares, verificar a estabilidade da articulação do joelho, força muscular e funcionalidade (AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002). Segundo Aagaard e colaboradores (1995) e Alderink e Holmes (1984), com a razão H/Q podemos avaliar a semelhança entre os padrões de velocidade de momento do quadríceps e isquiotibiais juntamente com a capacidade funcional e equilíbrio muscular do joelho. A razão H/Q depende de outras variáveis como ângulo, velocidade e ações musculares dinâmicas e isométricas (AAGAARD et al., 1998; CABRI; CLARY 1991; COOMBS; GARBUTT, 2002;).

A diminuição da força dos isquiotibiais em relação ao quadríceps pode ser um fator relevante para um aumento do número de casos de lesões nos membros inferiores. E, desta forma, são apresentadas na literatura as razões isocinéticas convencional e funcional para avaliarmos os desequilíbrios musculares (AAGAARD et al., 1995; COOMBS; GARBUTT, 2002; CROISIER et al., 2008;).

4.2 RAZÃO CONVENCIONAL

A razão convencional é descrita pela relação do torque entre flexores e extensores de joelho (COOMBS; GARBUTT, 2002). A razão convencional possui limitações, pois avalia a força isquiotibiais concêntrica (H_{con}) e quadríceps concêntrica (Q_{con}) e força excêntrica de isquiotibiais ($Hecc$) com a força excêntrica de quadríceps ($Qecc$), não considerando a desaceleração que é realizada pelo torque excêntrico durante as ações concêntricas do quadríceps, sendo assim não representando movimentos funcionais do joelho (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002; RUAS et al., 2019).

A razão convencional é calculada utilizando a força máxima de flexão do joelho e dividida pela força máxima de extensão do joelho, obtida através de uma

dada velocidade angular e tipo de contração (isométrica, concêntrica e excêntrica) segundo Aagaard et al. (1998), Coombs e Garbut (2002) e Croisier et al. (2008). Os valores citados na literatura são de 0,5 a 0,6 em ângulo de 50° de flexão de joelho, 0,6 a 0,7 em 40° e 0,6 a 0,8 em 30°. De acordo com os dados encontrados, a razão H/Q, aumenta de acordo com que a articulação do joelho se aproxima da extensão máxima. Uma exceção foi observada para a razão convencional concêntrica H/Q, com a velocidade rápida angular de (240 graus/seg), onde em 40° foi semelhante aos 30° de flexão do joelho em relação as razões convencionais citadas (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1996; AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002).

4.3 RAZÃO FUNCIONAL

A razão funcional se aproxima mais da realidade dos músculos envolvidos, onde nos movimentos funcionais em que a perna é estendida os isquiotibiais se contraem excêntrica (Hecc) e o quadríceps se contrai concentricamente (Qcon). De outra forma podemos ter os isquiotibiais se contraído concentricamente (Hcon) e o quadríceps excêntrica (Qecc) durante a flexão do joelho. Então para avaliarmos com maior efetividade os desequilíbrios utilizamos a razão (Hecc/Qcon) que representa extensão do joelho ou a razão (Hcon/Qecc) que representa a flexão do joelho (AAGAARD et al. 1995; AAGAARD et al. 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002; DE STE CROIX, M.; DEIGHAN, M.; ARMSTRONG, N 2007). A razão funcional é calculada pela força máxima excêntrica dos isquiotibiais dividida pela força máxima concêntrica do quadríceps, obtidas, através de uma dada velocidade angular segundo Aagaard et al. (1998), Coombs e Garbut (2002) e Croisier et al. (2008).

Os valores considerados normais da razão funcional H/Q, em velocidades angulares rápidas de extensão de joelho são de 1,0 para ângulo de 50°, 1,1 para ângulo de 40° e 1,4 para ângulo de 30°. Já para extensão lenta os valores de razão funcional variam de 0,6, 0,8, 1,0, na mesma angulação, respectivamente. A relação H/Q funcional aumentou de acordo com a extensão do joelho (Hecc/Qcon), exceto para flexão (Hcon/Qecc) rápida do joelho numa velocidade angular de (240graus/seg), onde as razões funcionais em (30°) e (40°) de flexão de joelho eram

semelhantes as razões funcionais citadas acima (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1996; AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002).

Os estudos de Aagaard et al. (1998) e Ayala et al. (2012), sugerem que a combinação da Razão Convencional com a Razão Funcional e os valores da força absoluta é a forma mais completa de descrição das propriedades da força muscular, quando comparados com a razão convencional isolada.

A relação de força muscular de isquiotibiais e quadríceps (razão H/Q), tem sido importante para monitorar a estabilidade do joelho, detectar desequilíbrio musculares, propriedades de força e funcionalidade, bem como uma ferramenta importante para ser utilizada como parâmetro em trabalhos de prevenção e reabilitação de lesões (AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002; RUAS et al., 2019).

4.4 VALORES DE REFERÊNCIA DOS DESEQUILÍBRIOS

A razão convencional tem como valor tido como normal, um mínimo de 0,6. Valores abaixo disso estão associados ao risco aumentado em cerca de quatro vezes mais chances de desenvolver lesões nos isquiotibiais e rupturas de LCA (GKRILIAS et al., 2018; LEE et al., 2017; RUAS et al., 2019).

Quando existe o equilíbrio entre isquiotibiais e quadríceps, o valor da Razão Funcional fica próximo de 1,0. Isso indica uma capacidade dos isquiotibiais promoverem estabilização da articulação do joelho, valores inferiores a 1,0, indicam maior probabilidade de lesões de isquiotibiais e rupturas de LCA (AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002; LEE et al., 2017). A razão funcional H/Q de 1,0, possibilita que a ação excêntrica dos isquiotibiais consiga frear totalmente a ação do quadríceps em contração concêntrica, isso indica que durante a extensão do joelho, os isquiotibiais de ação excêntrica produzem um momento flexor de frenagem maior ou igual ao momento extensor produzido pelo quadríceps (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1998; COOMBS; GARBUTT, 2002).

4.5 FORMAS DE MENSURAR A RAZÃO H/Q

Como descrito anteriormente, a razão H/Q é calculada a partir da divisão do valor do torque de força concêntrica dos isquiotibiais pelo valor da força concêntrica

do quadríceps onde é chamada de Razão Convencional. Outra forma de ser realizada é avaliando e dividindo os valores de força excêntrica dos isquiotibiais pela força concêntrica do quadríceps também chamada de Razão Funcional ou Dinâmica do joelho (ROSENE et al., 2001; RUAS et al., 2019).

A mensuração da força muscular de forma mais objetiva é feita através da utilização de dinamômetros isocinéticos e manuais (portáteis), do tipo handheld, constituindo ferramentas uteis para quantificar o grau de deficiência, força muscular e avaliar a eficácia do tratamento que foi realizado (CHAMORRO et al., 2021). Os dinamômetros isocinéticos são considerados padrão ouro e referência em testes musculares, mas seu uso fica limitado a ambientes clínicos e alto custo para realização (CHAMORRO et al., 2021; KOLLOCK et al., 2010). Já os dinamômetros manuais, são considerados dispositivos de baixo custo e fácil utilização, em academias, clínicas e consultórios (CHAMORRO et al., 2017; MENTIPLAY et al., 2015; STARK et al., 2011).

Para Smith e Melton (1981), o dinamômetro isocinético é utilizado para avaliar o torque ou exercitar o grupo muscular em velocidades angulares constantes maximizando a força muscular em toda amplitude de movimento. Richards (2008), cita algumas das principais variáveis fornecidas que são o pico de torque (Nm), trabalho total (J), pico de potência (W), relação agonista/antagonista e razão do pico de torque pelo peso corporal (%). Já nos dinamômetros manuais, são analisadas as variáveis de força e potência muscular isométrica, de acordo com Mentiplay et al. (2015).

A avaliação isocinética da razão H/Q, fornece informações importantes ao avaliador como ferramentas de detecção de desequilíbrios musculares e torque muscular, permitindo avaliar um possível fator de risco para lesões (CROISIER et al., 2008; ROSENE et al., 2001).

4.6 POPULAÇÃO

A maioria dos estudos relacionados na revisão, tem como amostra atletas de diversas modalidades profissionais e amadoras. Alguns estudos avaliam a diferença entre os gêneros, mas todos visam analisar e melhorar os prognósticos para identificar possíveis riscos de lesões e diminuí-los, não só em atletas, mas na população em geral.

4.7 RAZÃO H/Q DIFERENÇA ENTRE GÊNEROS

Para Hewett, Myer e Ford (2004), o perfil relativo de forças dos isquiotibiais e quadríceps em homens e mulheres divergem significativamente durante e após a puberdade. As medições em dinamômetro isocinético demonstraram que o pico de torque dos isquiotibiais permanece igual com o aumento do estágio maturacional de atletas do sexo feminino quando comparados com atletas do sexo masculino que demonstram picos de torque de isquiotibiais maiores com aumento da maturidade segundo Hewett, Ford e Myer (2004), Hewett, Myer e Zazulak (2008).

Parece que a diminuição da força de isquiotibiais e da razão H/Q, em atletas do sexo feminino em relação ao masculino pode estar relacionada ao desenvolvimento de desequilíbrios neuromusculares associados ao início da maturação (HEWETT; MYER; FORD, 2004; HEWETT; MYER; ZAZULAK, 2008). Em seu estudo, Knapik e colaboradores (1991), demonstraram que as atletas do sexo feminino com baixa relação H/Q, medidas com isocinética de alta velocidade apresentaram maior incidência de lesão do LCA.

Segundo Hewett, Myer e Zazulak (2008), em velocidades lentas as diferenças entre os gêneros não são significativas, já em velocidades altas próximas as atividades esportivas, as diferenças se tornam evidentes. Isso ocorre devido ao fato de as mulheres não aumentarem o torque dos isquiotibiais em relação ao torque do quadríceps em velocidades mais altas, como realizam os homens.

5. LESÕES RELACIONADAS

Segundo Brukner e Khan (2006), Costa, Kattan e Lopes (1993), as lesões podem ser causadas por fatores extrínsecos que ocorrem por fatores externos causados por pancadas, contusões e traumas, ou intrínsecos que agrupam disfunções musculares e estiramentos. O risco de lesões nos membros inferiores, podem ter origem e fatores distintos, como traumas por contato e distensões causadas nos esportes que exijam aceleração, desaceleração e mudanças de direção entre outras. Em seu estudo Altimari, Dias e Goulart (2008), citam que existe uma tendência em associar o contato físico no futebol com as lesões, mas a maioria das lesões neste esporte ocorrem em ações motoras que não envolvem contato físico, como a corrida, saltos e trocas de direções.

As distensões musculares em isquiotibiais e as lesões de LCA são as lesões mais citadas na literatura ocasionada pelos desequilíbrios musculares entre isquiotibiais e quadríceps (COOMBS; GARBUTT, 2002; CROISIER et al., 2008).

Segundo Kim e Hong (2011), em seu estudo a razão H/Q de 82 atletas de basquetebol e futebol foram de $(0,55 \pm 0,09)$ para o membro inferior direito e $(0,54 \pm 0,08)$ para o membro inferior esquerdo. Durante a temporada, houveram 67 lesões sem contato, nas extremidades inferiores. Sendo 35 no membro inferior direito e 32 no membro inferior esquerdo. Os resultados demonstraram que 63,4% dos membros inferiores direitos e 67,1% dos membros inferiores esquerdos lesionados tinham uma razão H/Q inferior a 0,6. Os mesmos autores relatam que mais de um quarto do total das lesões nos membros inferiores relacionados aos desequilíbrios entre isquiotibiais e quadríceps foram em músculos, tendões e ligamentos que envolvem as articulações do quadril e do joelho, juntamente com um potencial considerável para impor um stress indesejável no tornozelo. No entanto, os autores não especificam quais lesões são causadas nas extremidades inferiores, mas indica que outras articulações podem ser afetadas pela baixa razão H/Q.

5.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

O LCA, é um ligamento que impede a translação anterior da tíbia em relação ao fêmur e atua em segundo plano na restrição das cargas rotacionais. O LCA é dividido em duas bandas, a póstero-lateral e a ântero-medial. Essas bandas desempenham um papel importante na manutenção da estabilidade da articulação do joelho. A lesão de LCA é caracterizada pelo estiramento ou ruptura das fibras do ligamento cruzado anterior. Essa lesão pode ocorrer de forma parcial onde uma das bandas continua íntegra, ou pode ocorrer de forma completa com ruptura total das duas bandas (FU et al., 1994; NESSLER et al., 2017).

Nos exercícios isocinéticos a distensão do LCA foi demonstrada por meio de amplitudes de movimento maiores como a extensão completa do joelho e flexão de até 80°, embora o pico de força sobre o LCA, tenha ocorrido a 35° e 40° os isquiotibiais funcionam sinergicamente com LCA auxiliando na diminuição do deslocamento anterior e rotativo da tíbia ajudando a estabilizar a articulação ao longo da ADM (BARATTA et al., 1988; COOMBS; GARBUTT, 2002; MORE et al., 1993). O LCA pode se romper em atividades associadas a mudanças bruscas de

direção, rápida desaceleração, movimentos de torção e em saltos com recepção no solo em rotação interna ou externa (BEGALLE et al., 2012; BODEN et al., 2000; CERULLI et al., 2003; DEDINSKY et al., 2017). Segundo Zebis e colaboradores (2011), uma baixa força muscular dos isquiotibiais em relação ao quadríceps em caráter estático ou dinâmico pode ser um potencial causador de lesões de LCA.

5.2 DISTENSÃO MUSCULAR

Segundo Goul (1993), o conceito de distensão muscular é definido como um determinado grau de ruptura das fibras musculares, causadas por contrações forçadas contra alguma resistência, ou estiramento excessivo, onde as fibras ultrapassam seus limites de extensibilidade. Para Hall (2001), as distensões musculares são classificadas segundo a extensão da lesão ou gravidade e são caracterizadas por três graus. Grau I (Leve), Grau II (Moderada), Grau III (Grave). As distensões ocorrem na fase de alongamento da musculatura, que na fase excêntrica do chute no futebol, que os isquiotibiais fazem a desaceleração da perna nos ângulos finais da extensão do joelho, sendo o desequilíbrio muscular entre isquiotibiais (excêntrico) e quadríceps (concêntrico) um fator que pode levar a essa lesão. (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1998; CROISIER et al., 2008). De acordo com Croisier et al., (2008), as lesões por estiramento dos isquiotibiais são classificadas como intrínsecas, relacionadas ao próprio indivíduo que durante exercícios intensos, ultrapassa os limites mecânicos tolerados pelo músculo.

As lesões por distensão nos isquiotibiais constituem de 29%, de todas as lesões ocorridas em atividades esportivas sejam a nível profissional, universitário e escolar (HEIDERSCHEIT et al., 2010; OKOROHA et al., 2019). Os mecanismos de lesão para isquiotibiais influenciam na localidade e severidade da lesão para Heiderscheit et al. (2010). Durante a corrida em alta velocidade os isquiotibiais absorvem energia elástica para contrair excêntrica a musculatura promovendo a desaceleração do movimento, onde nesta fase que o bíceps femoral fica mais propenso as lesões, por estar mais ativo neste momento, que o semimembranoso e semitendinoso. Já em atividades como chute ou dança, onde ocorrem movimentos rápidos ou lentos, colocam os isquiotibiais numa posição de maior alongamento e solicitam uma maior atividade do semimembranoso e assim acarretando lesões neste músculo, segundo Heiderscheit et al. (2010).

5.3 LESÕES POR OVERUSE

Lesões por overuse ou lesões por uso excessivo são definidas como lesões crônicas cujo estresse fisiológico e mecânico sem tempo de recuperação é constante. As lesões resultam de micro traumas repetitivos ou da aplicação de forças levando a sequelas e rupturas de tecidos que, em cada uma individualmente, não é capaz de causar lesão pela sua magnitude, mas cuja acumulação ao longo do tempo conduz ao aparecimento de lesão (PATERNO et al., 2014).

No estudo de Devan e colaboradores (2004), com 53 atletas do sexo feminino, foi feita a relação entre lesões por overuse, desequilíbrios musculares e anormalidades estruturais. Os autores concluíram que a resistência (H_e) e a força (H_s) diminuídas dos isquiotibiais em relação à resistência (Q_e) e força (Q_s) do quadríceps são fatores que predispõem lesões por overuse no joelho. O estudo identificou que atletas com proporções inferiores a 80% a $300^\circ / s$ ($H_e < Q_e$) e genu recurvatum maior ou igual a 10° tiveram maior ocorrência de lesões por *overuse* no joelho. E atletas com razões H/Q inferiores a 60% a $60^\circ / s$ ($H_s < Q_s$) e genu recurvatum maior ou igual a 10° também incorreram em mais lesões no joelho por uso excessivo.

6. MÉTODOS E ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO

A presença de desequilíbrios entre a musculatura flexora e extensora do joelho pode contribuir para uma maior ocorrência de lesões, da mesma forma que um equilíbrio dessas musculaturas pode evitar ou minimizar lesões no joelho, mas também em outras articulações do corpo (AYALA et al., 2012; CAMARDA; DENADAI, 2012; LEHANCE et al., 2009; SARAGIOTTO et al., 2016). Entre os fatores de risco destacados estão a elevada incidência da fraqueza excêntrica dos isquiotibiais e a relação com o desequilíbrio muscular (CAMARDA; DENADAI, 2012; LEHANCE et al., 2009).

A redução da função da musculatura antagonista (isquiotibiais) em atividades que enfatizam o mecanismo de extensão do joelho, podem causar desequilíbrios musculares entre os isquiotibiais e o quadríceps, predispondo uma sobrecarga em estruturas ligamentares que suportam a deficiência da estrutura antagonista durante

a atividade agonista (AYALA et al., 2012; ROSENE et al., 2001; SARAGIOTTO et al., 2016).

A relação para prevenção de lesões em atletas é um equilíbrio de razão funcional de 1,0, que caracteriza um equilíbrio adequado entre isquiotibiais e quadríceps e mostra que a força excêntrica de isquiotibiais é essencial para manter a estabilidade da articulação do joelho durante a força concêntrica do quadríceps. Então a recomendação mais comum para reduzir o desequilíbrio da força do joelho e o risco de lesões é aumentar a força excêntrica dos isquiotibiais para equalizar com a força concêntrica do quadríceps (AAGAARD et al., 1995; AAGAARD et al., 1998; CROISIER et al., 2008; RUAS et al., 2019).

Tendo em vista que as lesões de LCA e distensões nos isquiotibiais são as lesões mais prevalentes sem contato físico nos esportes coletivos relacionados com o desequilíbrio de forças programas de treinamento preventivo envolvendo exercícios de força, pliometria e exercícios excêntricos seriam intervenções mais eficazes para reduzir a incidência dessas lesões (MENDIGUCHIA et al., 2014; MONAJATI et al., 2016; WILKERSON et al., 2004).

6.1 TREINAMENTO PLIOMÉTRICO

O conceito de treinamento pliométrico consiste num movimento rápido e dinâmico de alongamento dos músculos numa ação excêntrica imediatamente seguida por uma ação concêntrica de encurtamento do mesmo músculo. O treinamento de pliometria consiste em exercícios de contrações musculares explosivas de alta intensidade combinando velocidade e força, intercalando rápidas desacelerações seguidas por uma rápida aceleração. Os exercícios pliométricos envolvem saltos, pulos e saltos em profundidade, que contribuem para a melhora na potência muscular, aceleração e força (WANG; ZHANG, 2016).

Os saltos pliométricos requerem altos níveis de desenvolvimento de força concêntrica de quadríceps e isquiotibiais para propulsão e altos níveis de força excêntrica para controle do movimento do joelho e quadril durante a aterrissagem. Os testes isocinéticos indicam que o programa de treinamento de salto aumentou o desempenho dos isquiotibiais, mas não alterou o desempenho dos quadríceps (WILKERSON et al., 2004).

As relações H/Q, convencionais e funcionais aumentaram após um programa de exercícios de saltos pliométricos, aceleração e exercícios excêntricos com duração de 7 semanas realizado por Mendiguchia e colaboradores (2014).

No programa de condicionamento de jogadoras de futebol realizado por Heid e colaboradores (2000), que incluía treinos pliométricos, as atletas tiveram uma taxa de lesões em membros inferiores de 14,3% enquanto jogadoras que não passaram por esse treinamento tiveram uma taxa de lesões de 33,7%. Em seu estudo Hewett e colaboradores (1996), constataram que um treinamento de salto pliométrico de 6 semanas aumentou a razão H/Q em atletas do sexo feminino, em comparação com indivíduos não treinados do sexo masculino.

6.2 TREINAMENTO EXCÊNTRICO

O conceito de treinamento excêntrico se caracteriza pela ênfase na fase excêntrica do movimento, que se dá pelo aumento ou não da carga nessa fase e tem como objetivo melhorar o desempenho da força e potência, além de produzir adaptações neurais possibilitando maior geração de força ativa em maiores comprimentos musculares segundo Douglas et al. (2017).

A utilização de exercícios que melhoram a força muscular de acordo com alguns estudos da literatura, ocasionam mudanças no torque do joelho favorecendo uma melhora na relação H/Q. Em jogadores de futebol masculino o exercício nórdico aumentou a relação H/Q funcional dos atletas após 4 semanas de intervenção no estudo de Mjolsnes e colaboradores (2004).

Em sua revisão sistemática, Monajati e colaboradores (2016), colocam que exercícios excêntricos como rosca nórdica, sozinhos ou integrados com exercícios de pliometria, fortalecimento, agilidade, corrida e flexibilidade melhorariam a força dos isquiotibiais e a relação funcional H/Q. O treinamento excêntrico induz adaptações neuromusculares, hipertrofia muscular, melhora nos fatores neurais, aumento no ângulo do fascículo e aumento do número de sarcômeros em paralelo (AAGAARD et al., 2001; GUEx et al., 2016).

Na revisão sistemática com metanálise de Van Dyk e colaboradores (2019), os autores concluem que o exercício nórdico é eficaz para na redução e prevenção de lesões nos isquiotibiais. Porém, contrapondo essa afirmação, uma metanálise mais recente publicada por Impellizzeri e colaboradores (2021), conclui que

metodologia utilizada e seleção de estudos tornam os resultados sobre a prevenção e redução de lesões de isquiotibiais através do exercício nórdico, inconclusivos. Na melhor das hipóteses as recomendações de utilização ficariam restritas ao futebol.

6.3 EXERCÍCIOS DE CADEIA CINÉTICA FECHADA

Exercícios de força de cadeia cinética fechada (CCF) são fundamentais para os padrões reais de movimento funcional que executamos diariamente, pois promovem, coativação dos isquiotibiais e quadríceps e costumam ser usados nos treinamentos para prevenção de lesões segundo Dedinsky e colaboradores (2017). Lynn e Noffal (2012), em seu estudo mostraram que exercícios de agachamentos bilaterais, produzem proporções H/Q convencionais muito baixas inferiores a 0,6. Variações de agachamentos unilaterais demonstram uma proporção H/Q mais adequada e superiores a 0,6, segundo o estudo Youdas e colaboradores (2007) e Graham e colaboradores (1993). A projeção do tronco à frente durante o agachamento unipodal para Youdas e colaboradores (2007), aumentou a tensão nos isquiotibiais, conseqüentemente diminuindo ação do quadríceps. No exercício step up lateral realizado no estudo de Graham e colaboradores (1993) e Hopkins e colaboradores (1999), produziram uma relação H/Q, superior a 0,6 com uma flexão dos joelhos de 68,5 graus, isso fica evidente que relação de graus de flexão joelho pode interferir na ativação dos isquiotibiais.

No estudo de Revisão Sistemática Dedinsky e colaboradores (2017), reforçam que 42 a 72 graus de flexão de joelho podem ser o ideal para produzir uma relação de coativação H/Q, adequada para reduzir o risco de lesões. Num programa multifacetado de 6 semanas que incluía exercícios concêntricos para os isquiotibiais jogadoras de futebol, obtiveram aumentos significativos na razão H/Q, especialmente em velocidades elevadas segundo Holcomb et al., 2007. Segundo Hewett, Myer e Zazulak (2008), um protocolo de fortalecimento sem componentes excêntricos para os isquiotibiais foi o suficiente para melhorar inicialmente a ativação dos isquiotibiais e diminuir a desproporção em relação ao quadríceps.

A grande maioria dos estudos são feitos em populações de atletas profissionais ou amadores, utilizando de métodos para reduzir o risco de lesões com exercícios selecionados para o treino de membros inferiores, todavia esses efeitos

benéficos destes métodos utilizados podem não se transferir para populações não treinadas, podendo ser um fator limitante dos estudos realizados.

6.4 PROGRAMA FIFA11+

O FIFA 11+ é um programa de aquecimento completo focado na prevenção e saúde dos atletas onde são incluídas atividades de fortalecimento do centro e membros inferiores, corrida, alongamentos dinâmicos, exercícios de agilidade e equilíbrio. Na primeira parte é realizada corrida lenta associada a alongamento e na segunda parte, seis exercícios de força de membros inferiores que incluem equilíbrio e pliometria. E na terceira são feitos exercícios de velocidade associados com mudanças de direção moderadas (BIZZINI; JUNGE; DVORAK, 2010).

No estudo Reis et al. (2013), onde foi realizado o programa de intervenção 11+, mostrou aumento no pico de torque concêntrico e excêntrico do quadríceps e isquiotibiais a 60°/s, e a razão convencional H/Q aos 60°/s obteve melhora juntamente com razão funcional em ambos os membros. A razão funcional aumentada se explica por alterações nos isquiotibiais e no aumento da força excêntrica, enquanto para razão convencional pode ser explicada pelo aumento da força concêntrica, melhorando o equilíbrio antagonista/agonista em volta do joelho diminuindo o risco de lesões em isquiotibiais (REIS et al., 2013).

7. CONCLUSÃO

O desequilíbrio de forças existentes entre isquiotibiais e quadríceps é um fator de risco para lesões de LCA e distensões musculares em isquiotibiais, então para determinar esses desequilíbrios utilizamos a razão H/Q convencional e funcional. Nos estudos apurados é possível determinar uma razão aceitável de proporção de 0,6 para razão convencional e próximo a 1,0, para razão funcional. Esses parâmetros de proporção são importantes para minimizar o risco de lesões de LCA e distensões musculares em isquiotibiais.

Podemos também evidenciar nesta revisão narrativa que métodos de prevenção, utilizando exercícios unipodais de cadeia cinética fechada, pliometria, exercícios de predominância excêntrica e o programa FIFA+11, podem ser estratégias a serem utilizadas para minimizar o risco de lesões. É importante salientar que neste estudo não foi realizada uma avaliação metodológica dos estudos incluídos, sendo assim pode haver um comprometimento por parte dos resultados. Sugere-se que novos estudos de alta qualidade metodológica possam ser feitos para avaliar melhor os desequilíbrios e assim determinar parâmetros e metodologias de treinamento preventivo para todas as populações.

8. REFERÊNCIAS

AAGAARD, P. et al. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. **Acta Physiol Scand**, v. 154, n.4, p. 421-7, 1995.

AAGAARD P, SIMONSEN EB, TROLLE M, et al: Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. **Acta Physiol Scand** 156: 123–129, 1996.

AAGAARD, P. et al. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. **Am. J. Sports Med.**, v.26, n ° 2, p. 231-237, 1998.

AAGAARD P, SIMONSEN EB, ANDERSEN JL, MAGNUSSON SP, BOJSEN-MOLLER F, DYHRE-POULSEN P. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. **Scand J Med Sci Sports**. 2000;10:58-67

AAGAARD P., ANDERSEN J. L., DYHRE-POULSEN P., LEFFERS A. M., WAGNER A., MAGNUSSON S. P., et al. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **J. Physiol**. 534(Pt 2), 613–623.

AYALA, F.; CROIX, M. D. S.; BARANDA, P. S. et al. Absolute reliability of hamstring to quadriceps strength imbalance ratios calculated using peak torque, joint anglespecific torque and joint ROM-specific torque values. **Int J Sports Med**, 2012.

BARATTA R, SOLOMONOW M, ZHOU BH, LETSON D, CHUINARD R, D'AMBROSIA R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. **Am J Sports Med**. 1988 Mar-Apr;16(2):113-22.

BIZZINI, M; JUNGE,A; DVORAK, J. FIFA 11+ um programa de aquecimento completo para prevenir lesões no futebol. **Manual. FIFA Medical Assessment and Research Centre** (F-MARC),2010.

BEGALLE RL, DISTEFANO LJ, BLACKBURN T, PADUA DA. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. **J Athl Train**. 2012 Jul-Aug;47(4):396-405.

BONETTI, L.V., FLORIANO, L.L., DOS SANTOS, T.A. *et al*. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. **Sport Sci Health** 13, 315–321 (2017).

BODEN BP, GRIFFIN LY, JR. WEG. Etiology and prevention of noncontact ACL injury. **Phys Sportsmed**. 2000;28(4).

BRUKNER P, KHAN K. **Clinical Sports Medicine**. 3rd ed., Australia: McGraw-Hill; 2006.

CABRI JM, CLARYS JP. Isokinetic exercise in rehabilitation. **Appl Ergon.** 1991 Oct;22(5):295-8.

CAMARDA, S. R. A.; DENADAI, B. S. Does muscle imbalance affect fatigue after soccer specific intermitente protocol? **Jornal of Science and Medicine in Sport**, v. 15, p.355-360, 2012.

CHAMORRO C, ARMIJO-OLIVO S, DE LA FUENTE C, FUENTES J, JAVIER CHIROSA L. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-analysis. **Open Med (Wars)**. 2017 Oct 17;12:359-375.

CHAMORRO C, ARANCIBIA M, TRIGO B, ARIAS-POBLETE L, JEREZ-MAYORGA D. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand-Held Dynamometry in Shoulder Rotator Strength Assessment: Systematic Review and Meta-Analysis. **Int J Environ Res Public Health**. 2021 Sep 3;18(17):9293

CERULLI G, BENOIT DL, LAMONTAGNE M, CARAFFA A, LITI A. In vivo anterior cruciate ligament strain behaviour during a rapid deceleration movement: case report. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.** 2003;11(5):307-11

COOMBS, R.; GARBUTT, G. Development in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. **Jornal Sports Science and Medicine**, n. 3, p. 56-62, 2002.

CROISIER, J.; GANTEAUME, S.; BINET, J. et al. Strength imbalances and prevention on harmstring injury in Professional soccer players: a prospective study. **American Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 8, p. 1469-1472, 2008.

DE STE CROIX, M.; DEIGHAN, M.; ARMSTRONG, N. Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females. **Int J Sports Med**, v. 28, n. 9, p. 768-72, 2007

DEDINSKY R, BAKER L, IMBUS S, BOWMAN M, MURRAY L. Exercises that facilitate optimal hamstring and quadriceps co-activation to help decrease ACL injury risk in healthy females: A systematic review of the literature. **Int J Sports Phys Ther.** 2017;12(1):3-15

DEVAN MR, PESCATELLO LS, FAGHRI P, ANDERSON J. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes With Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. **J Athl Train.** 2004 Sep;39(3):263-267. PMID: 15496997; PMCID: PMC522150.

DOUGLAS J, PEARSON S, ROSS A, MCGUIGAN M. Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. **Sports Med.** 2017 May;47(5):917-941.

DVIR Z., EGER G., HALPERIN N., SHKLAR A. (1989) Thigh muscle activity and anterior cruciate ligament insufficiency. **Clinical Biomechanics** 4 , 87-91

DVIR Z. Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas 1ª Ed. **Manole**, São Paulo, 2002.

FU FH, HARNER CD, JOHNSON DL, MILLER MD, WOO SL. Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application. **Instr Course Lect.** 1994;43:137-48. PMID: 9097144.

GOULD, J. A. **Fisioterapia na Ortopedia e na Medicina do Esporte.** SP: Manole, 1993.

GOULART, L. F.; DIAS, R. M. R.; ALTIMARI, L. R. Variação do equilíbrio muscular durante uma temporada em jogadores de futebol categoria sub-20. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, n.1, p. 17-21, 2008

GKRILIAS P, ZAVVOS A, FOUSEKIS K, BILLIS E, MATZAROGLOU C, TSEPIS E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test-a pilot study. **J Phys Ther Sci.** 2018 Sep;30(9):1141-1144.

GRAHAM VL, GEHLSSEN GM, EDWARDS JA. Electromyographic evaluation of closed and open kinetic chain knee rehabilitation exercises. **J Athl Train.** 1993; 28(1):23-30 25p

GUERX K, DEGACHE F, MORISOD C, SAILLY M, MILLET GP. Hamstring Architectural and Functional Adaptations Following Long vs. Short Muscle Length Eccentric Training. **Front Physiol.** 2016 Aug 3;7:340.

HALL, C. M; BRODY, L. T. Exercício Terapêutico na Busca da Função. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2001

HEIDERSCHEIT BC, SHERRY MA, SILDER A, CHUMANOV ES, THELEN DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2010;40(2):67-81

HEIDT RS, JR, SWEETERMAN LM, CARLONAS RL, TRAUB JA, TEKULVE FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. **Am J Sports Med.** 2000;28:659-662

HEWETT TE, STROUPE AL, NANCE TA, NOYES FR. Plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. **Am J Sports Med.** 1996;24:765-773.

HEWETT TE, MYER GD, FORD KR. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. **J Bone Joint Surg Am.** 2004;86-A(8):16018.

HEWETT T.E., MYER G.D., ZAZULAK B.T. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. **J. Sci. Med. Sport.** 2008;11:452–459

HOLCOMB WR RUBLEY MD LEE HJ GUADAGNOLI MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios. **J Strength Cond Res.** 2007; 21(1):41-47 47p.

HOLMES JR, ALDERINK GJ. Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. **Phys Ther.** 1984 Jun;64(6):914-8.

HEISER TM, WEBER J, SULLIVAN G, CLARE P, JACOBS RR. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. **Am J Sports Med.** 1984 Sep-Oct;12(5):368-70

HOPKINS JT, INGERSOLL CD, SANDREY MA, BLEGGI SD. An electromyographic comparison of 4 closed chain exercises. **J Athl Train.** 1999; 34(4):353-357.

IMPELLIZZERI, F. M., MCCALL, A., & VAN SMEDEN, M. (2021). Why methods matter in a meta-analysis: a reappraisal showed inconclusive injury preventive effect of Nordic hamstring exercise. **Journal of Clinical Epidemiology.**

KIM, D., & HONG, J. (2011). Hamstring to quadriceps strength ratio and noncontact leg injuries: A prospective study during one season. **Isokinetics and Exercise Science**, 19(1), 1–6.

KOLLOCK RO JR, ONATE JA, VAN LUNEN B. The reliability of portable fixed dynamometry during hip and knee strength assessments. **J Athl Train.** 2010 Jul-Aug;45(4):349-56.

KNAPIK JJ, BAUMAN CL, JONES BH, et al. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. **Am J Sports Med.** 1991;19(1):76–81

LEE, J.W.Y., MOK, K.-M., CHAN, H.C.K., YUNG, P.S.H., CHAN, K.-M. Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players (2017) **Journal of Science and Medicine in Sport**, 21 (8), pp. 789-793.

LEHANCE, C.; BINET, J.; BURY, T.; CROISIER, J. L. Muscular strength, functional Performance and injury risk in professional and junior elite soccer players. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 19, p.243-251, 2009

LOPES AS, KATTAN R, COSTA S. Estudo clinico e classificação das lesões musculares. **Rev Bras Ortop.** 1993;28(10):707-17.

LYNN SK, NOFFAL GJ. Lower extremity biomechanics during a regular and counterbalanced squat. **J Strength Cond Res.** 2012 Sep;26(9):2417-25.

MENDIGUCHIA J, MARTINEZ-RUIZ E, MORIN JB, SAMOZINO P, EDOUARD P, ALCARAZ PE, et al. Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. **Scand J Med Sci Sports** 2014.

MENTIPLAY, BENJAMIN F et al. "Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study." **PloS one** vol. 10,10 e0140822. 28 Oct. 2015,

MJOLSNES R, ARNASON A, OSTHAGEN T, RAASTAD T, BAHR R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. **Scand J Med Sci Sports** 2004;14: 311–317.

MONAJATI A, LARUMBE-ZABALA E, GOSS-SAMPSON M, NACLERIO F. The Effectiveness of Injury Prevention Programs to Modify Risk Factors for Non-Contact Anterior Cruciate Ligament and Hamstring Injuries in Uninjured Team Sports Athletes: A Systematic Review. **PLoS One**. 2016

MORE RC, KARRAS BT, NEIMAN R, FRITSCHY D, WOO SL, DANIEL DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. **Am J Sports Med**. 1993 Mar-Apr;21(2):231-7.

NESSLER T, DENNEY L, SAMPLEY J. ACL Injury Prevention: What Does Research Tell Us? **Curr Rev Musculoskelet Med**. 2017 Sep;10(3):281-288. doi: 10.1007/s12178-017-9416-5. PMID: 28656531; PMCID: PMC5577417.

OKOROHA KR, CONTE S, MAKHNI EC, LIZZIO VA, CAMP CL, LI B, AHMAD CS. Hamstring Injury Trends in Major and Minor League Baseball: Epidemiological Findings From the Major League Baseball Health and Injury Tracking System. **Orthop J Sports Med**. 2019 Jul 30;7(7):2325967119861064

PATERNO MV, TAYLOR-HAAS JA, MYER GD, HEWETT TE. Prevention of overuse sports injuries in the young athlete. **Orthop Clin North Am**. 2013 Oct;44(4):553-64. doi: 10.1016/j.ocl.2013.06.009. Epub 2013 Aug 29. PMID: 24095071; PMCID: PMC3796354.]

PUA YH, BRYANT AL, STEELE JR, NEWTON RU, WRIGLEY TV. Isokinetic dynamometry in anterior cruciate ligament injury and reconstr-uction. **Ann Acad Med Singapore** 2008;37(4):330-40.

REIS I, REBELO A, KRUSTRUP P, BRITO J. Performance enhancement effects of Fédération Internationale de Football Association's "The 11+" injury prevention training program in youth futsal players. **Clin J Sport Med**. 2013 Jul;23(4):318-20.

RICHARDS J. Biomechanics in clinic and research. 1st ed. **Philadelphia: Elsevier;** 2008

ROSENE JM, FOGARTY TD, MAHAFFEY BL. Isokinetic Hamstrings: Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. **J Athl Training**, 2001; 36: 378-383

RUAS, C.V., PINTO, R.S., HAFF, G.G., LIMA, C.D., PINTO, M.D., BROWN, L.E. Alternative Methods of Determining Hamstrings-to-Quadriceps Ratios: a Comprehensive Review (2019) **Sports Medicine - Open**, 5 (1), art. no. 11.

SARAGIOTTO, B. T.; YAMATO, T. P.; COSIALLS, A. M. H.; LOPES, A. D. Desequilíbrio muscular dos flexores e extensores do joelho associado ao surgimento de lesão musculoesquelética relacionada à corrida: um estudo de coorte prospectivo. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 38, n. 1, p.64-68, 2016.

SMITH MJ, MELTON P. Isokinetic versus isotonic variable-resistance training. **Am J Sports Med** 1981;9(4):275-9.

STARK T, WALKER B, PHILLIPS JK, FEJER R, BECK R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. **PM R**. 2011 May;3(5):472-9.

TOURNY-CHOLLET C, LEROY D. Conventional vs. dynamic hamstring-quadriceps strength ratios: a comparison between players and sedentary subjects. **Isokinetics Exerc Sci**. 2002;10:183-92.

VAN DYK N, BEHAN FP, WHITELEY R. Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: a systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. **Br J Sports Med** 2019;53(21):1362-1370.

WANG YC, ZHANG N. Effects of plyometric training on soccer players. **Exp Ther Med**. 2016 Aug;12(2):550-554. doi: 10.3892/etm.2016.3419. Epub 2016 Jun 3. PMID: 27446242; PMCID: PMC4950532

WILKERSON GB, COLSTON MA, SHORT NI, NEAL KL, HOEWISCHER PE, PIXLEY JJ. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. **J Athl Train**. 2004;39(1):17.

YODAS JW, HOLLMAN JH, HITCHCOCK JR, HOYME GJ, JOHNSEN JJ. Comparison of hamstring and quadriceps femoris electromyographic activity between men and women during a single-limb squat on both a stable and labile surface. **J Strength Cond Res**. 2007; 21(1):105-111.

ZEBIS, M. K., ANDERSEN, L. L., ELLINGSGAARD, H., & AAGAARD, P. (2011). Rapid hamstring/quadriceps force capacity in male vs. female elite soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 25(7), 1989–1993.