

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM FISIOTERPIA**

**DANIELLE DOS SANTOS GUIMARÃES FREITAS  
KEILA CRISTINA FELICIANO DOS SANTOS**

**PREVENÇÃO E REABILITAÇÃO DE LESÃO AGUDA  
DOS ISQUIOTIBIAIS EM ATLETAS: UMA REVISÃO  
NARRATIVA DA LITERATURA**

Uberlândia

2020

DANIELLE DOS SANTOS GUIMARÃES FREITAS  
KEILA CRISTINA FELICIANO DOS SANTOS

**PREVENÇÃO E REABILITAÇÃO DE LESÃO AGUDA DOS  
ISQUIOTIBIAIS EM ATLETAS: UMA REVISÃO NARRATIVA DA  
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, como requisito parcial para a obtenção do grau Bacharel em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionisio

Uberlândia

2020

**DANIELLE DOS SANTOS GUIMARÃES FREITAS  
KEILA CRISTINA FELICIANO DOS SANTOS**

**PREVENÇÃO E REABILITAÇÃO DE LESÃO AGUDA DOS ISQUIOTIBIAIS  
EM ATLETAS: UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Federal de Uberlândia UFU como requisito parcial para a obtenção do grau Bacharel em Fisioterapia

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

Coordenação do curso de Fisioterapia

Considerações:

---

---

---

---

---

---

---

## RESUMO

Os estudos contidos na literatura a respeito das lesões agudas dos músculos isquiotibiais em atletas realizados nos últimos 10 anos tem demonstrado que apesar das variações de exercícios e formas de tratamento/reabilitação utilizados, as lesões apresentaram um crescimento, e portanto, torna-se ainda mais importante compreender todo o contexto a respeito deste tipo de lesão e verificar qual tratamento é eficaz na prevenção desses danos musculares. Este trabalho apresenta uma análise dos diferentes métodos de intervenção utilizados na prevenção e reabilitação das lesões agudas dos isquiotibiais na população atleta de diferentes modalidades. A revisão narrativa em questão, é baseada em pesquisas de artigos contidos na literatura que foram publicados nos últimos 10 anos e apresentaram estratégias de prevenção e reabilitação das lesões mencionadas. O exercício nórdico é o método de tratamento mais abordado na literatura e demonstrou resultados positivos em relação as taxas de lesões, porém apresenta algumas limitações. Além disso, quando comparado de forma isolada com os exercícios isométricos demonstrou-se inferior em gerar melhores adaptações nos isquiotibiais. Dessa forma, o pobre corpo de estudos na literatura comparando as duas intervenções aponta a necessidade de maiores estudos. Também apontamos quais fatores influenciam na adesão de protocolos de tratamento, estudos que oferecem uma nova visão sobre os efeitos dos exercícios nórdicos e que abordam estratégias antagônicas às utilizadas nos últimos anos.

Palavras-chave: isquiotibiais; reabilitação; prevenção; lesão esportiva; tratamento;

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
3. DESENVOLVIMENTO .....	8
3.1 ANATOMIA .....	8
3.2 EPIDEMIOLOGIA E MECANISMO DE LESÃO .....	9
3.3 DIAGNÓSTICO.....	12
3.4 FATORES DE RISCO .....	14
3.5 CAUSA DE LESÃO E REINCIDÊNCIA .....	15
3.6 REABILITAÇÃO, RETORNO AO ESPORTE E PREVENÇÃO .....	18
3.6.1 Fases da reabilitação .....	18
3.6.2 Exercício excêntrico.....	27
3.6.3 Prevenção.....	29
3.6.4 Exercício isométrico.....	36
4. DISCUSSÃO .....	40
5. Considerações Finais.....	43
Referências .....	44

## 1. INTRODUÇÃO

As lesões musculoesqueléticas são as mais comumente relatadas na prática esportiva nas mais diversas modalidades de esporte existentes ao redor do mundo, dentre elas, a lesão dos isquiotibiais é descrita como uma das principais lesões no esporte (VALLE *et al.*, 2018) gerando uma redução na performance dos atletas, alta taxa de reincidência e sendo frequentemente associadas a períodos prolongados longe do esporte.(ALI; LELAND, 2012; ERNLUND; VIEIRA, 2017)

Dentre os esportes que apresentam o maior índice de taxa de lesão dos isquiotibiais, o futebol é o mais abordado na literatura, contudo, a incidência de lesão também se mostra alta em esportes como o atletismo, o basquetebol e o handebol (VALLE *et al.*, 2018). À vista disto, as lesões agudas dos isquiotibiais tem sido foco de múltiplos estudos publicados nos últimos anos, objetivando a prevenção e reabilitação de novas lesões e a ocorrência de lesões recidivas. Contudo, isto não tem sido alcançado na prática esportiva visto que, as lesões continuam predominante em diversos esportes (OPAR; WILLIAMS; SHIELD, 2012) e que a incidência de lesão, não tem declinado, mas ao contrário disto tem experimentado um crescimento, tanto nas taxas de incidência e recorrência (JIMÉNEZ-RUBIO *et al.*, 2019; OPAR; WILLIAMS; SHIELD, 2012) ao decorrer dos anos. Esses dados nos mostram que mesmo com o difuso conhecimento científico acerca desse tema, a prevenção e reabilitação das lesões dos isquiotibiais ainda é um desafio no esporte impactando negativamente o desempenho individual e em equipe, podendo afastar o atleta por vários meses do esporte e repercutir negativamente na viabilidade financeira de clubes esportivos de elite, devido a gastos com reabilitação e tratamento.

Um dos exercícios mais utilizados neste contexto é o excêntrico, porém, alguns autores vêm contestando os efeitos e resultados desse exercício, para lesão dos isquiotibiais. Além disso, existem estudos que trazem uma perspectiva ampla e inovadora, através do uso dos exercícios isométricos, que demonstraram efeitos superiores nos isquiotibiais quando comparados aos efeitos adquiridos com os exercícios excêntricos.

Por conseguinte, a presente revisão narrativa tem como objetivo investigar os estudos contidos na literatura, que foram publicados nos últimos 10 anos, e expor de forma crítica o seu desenvolvimento e estratégias de prevenção e tratamento das lesões nos isquiotibiais, propostas utilizando diferentes exercícios com foco na população desportista, buscando alternativas de intervenções que se mostrem eficaz perante a esta problemática.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo é uma revisão narrativa de artigos publicados nos últimos 10 anos (2009 a 2019) e indexados na base de dados Pubmed, Cochrane Library, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e periódicos (CAPES), no período de 17 de maio a 11 de junho de 2019. Além disso, foram utilizadas referências bibliográficas dos artigos selecionados para suprir informações relacionadas ao tema. Os artigos referem-se à prevenção e aos tratamentos utilizados nas lesões agudas que acometem os músculos isquiotibiais em atletas.

Para as estratégias de busca foram utilizadas as palavras-chave em inglês: “Hamstring injury in athletes”, “Hamstring injury treatment”, “Hamstring anatomy”, “Hamstring injury rehabilitation in athletes”, “Hamstring injury prevention in athletes”, dessa forma, foram selecionados 84 artigos, contendo revisões sistemáticas e ensaios clínicos randomizados.

Todos os artigos selecionados foram submetidos a uma análise e destes 45 foram excluídos por não atender aos critérios de elegibilidade restando 39 artigos para compor esta revisão da literatura sendo 11 artigos de revisão e 10 artigos de estudo controlado aleatório (RCT). Como critério de elegibilidade foi definido que os estudos deveriam: ser publicados na língua inglesa, conter estratégias para prevenção e para reabilitação e/ou tratamento de lesão aguda dos isquiotibiais em atletas, conter informações sobre a morfologia e anatomia dos músculos isquiotibiais, conter os fatores de risco para as lesões dos isquiotibiais, conter a forma de diagnóstico da lesão, conter a epidemiologia da lesão no esporte, abordar estratégias de reabilitação e/ou prevenção e/ou tratamento de lesões de isquiotibiais através do exercício, ter foco no público

atletas, ter efeito benéfico comprovado no estudo e ser publicado entre 2009 e 2019.

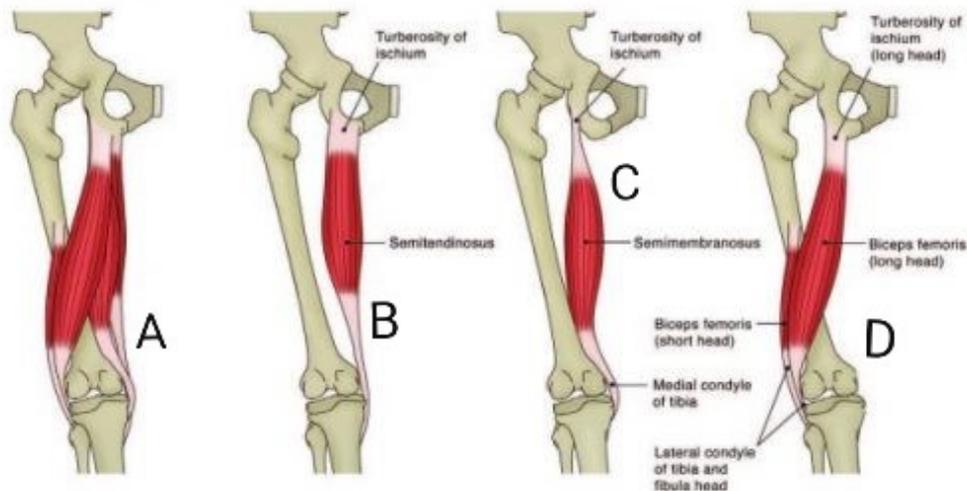
### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 ANATOMIA

O complexo isquiotibiais é formado pelos músculos semimembranoso, semitendinoso e o bíceps femoral que se divide em duas porções (porção longa e porção curta). Esses músculos possuem um ponto de origem em comum, a tuberosidade isquiática, exceto pela porção curta do bíceps femoral. O bíceps femoral porção longa e o semitendinoso surgem da faceta inferomedial da tuberosidade isquiática, enquanto o semimembranoso surge por um tendão espesso da região súpero lateral da tuberosidade, superior e lateral ao bíceps femoral e semitendinoso, e por sua vez a cabeça curta do bíceps femoral, tem sua origem no lábio lateral da linha áspera do fêmur como mostrado na figura 1. As duas porções do bíceps femoral têm sua inserção distal localizada na cabeça da fíbula onde se unem e são responsáveis por pequenas contribuições para o ligamento colateral lateral e o platô lateral da tíbia, a porção longa é innervada pelo nervo tibial (porção do nervo ciático) assim como o semitendinoso e semimembranoso, enquanto a porção curta é innervada pelo ramo peroneal. O semitendinoso e semimembranoso descem ao longo da porção medial da coxa e se inserem na pata de ganso e face pósteromedial da tíbia, respectivamente. (ALI; LELAND, 2012; ERNLUND; VIEIRA, 2017; RUBIN, 2012).

Figura 1. A - Disposição anatômica dos três componentes dos isquiotibiais. B - Origem e inserção do músculo semitendinoso que está inserido na sua porção proximal na faceta inferomedial da tuberosidade isquiática e na sua porção distal na pata de ganso. C - Origem e inserção do músculo semimembranoso que tem origem na região superolateral da tuberosidade isquiática e se insere na face posteromedial da tíbia. D - Origem e inserção do músculo bíceps femoral com suas duas porções, sendo a porção longa com origem na faceta inferomedial da tuberosidade

isquiática e a porção curta com origem na linha áspera do fêmur, distalmente ambas as porções se unem se inserindo na cabeça da fíbula.



Fonte: Ali; Leland; Ernlund; Vieira; Rubin

Os isquiotibiais são considerados músculos bi articulares pois eles exercem função nas articulações do quadril e joelho, onde realizam respectivamente a extensão e flexão durante um ciclo da marcha, com exceção da cabeça curta do bíceps femoral que passa somente pela articulação do joelho (ALI; LELAND, 2012; ERNLUND; VIEIRA, 2017; RUBIN, 2012). Na fase de balanço, os músculos isquiotibiais se tornam ativos nos últimos 25% assim que a extensão do quadril começa e continuam por 50% da fase de balanço, quando produzem ativamente a extensão no quadril e resistem ativamente à extensão do joelho. Quando o joelho está parcialmente flexionado, o bíceps femoral faz a rotação externa da perna devido a sua direção oblíqua, enquanto o semitendinoso e, em menor grau, o semimembranoso, realizam a rotação interna da perna, auxiliando o músculo poplíteo. Durante o toque do calcanhar os isquiotibiais também contribuem para a desaceleração da translação anterior da tibia juntamente com o ligamento cruzado anterior (LCA), atuando como estabilizador dinâmico do joelho. (BELTRAN *et al.*, 2012).

### 3.2 EPIDEMIOLOGIA E MECANISMO DE LESÃO

As ceras de isquiotibiais apresentam uma alta incidência principalmente em esportes coletivos intermitentes, que são caracterizados por acelerações e rápidas mudanças de direções aumentando o risco de lesão devido às forças

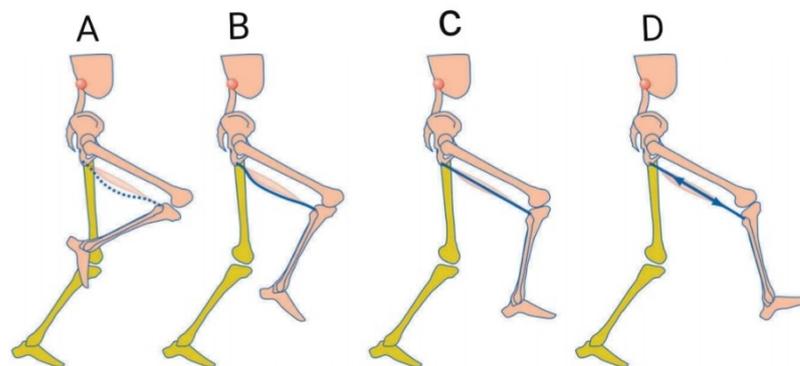
excêntricas atuantes sobre a musculatura. Essa alta incidência tem acarretado consideráveis perdas de tempo em treinos e partidas, altos gastos com recuperação e conseqüentemente redução do desempenho esportivo. (SIDDLÉ *et al.*, 2019)

No futebol amador, essas lesões representam cerca de 13-17% entre as lesões, com uma taxa de recorrência de 33% (VAN DER HORST *et al.*, 2015), porém sendo mais elevada no futebol profissional representando 37% de todas as lesões sem contato, com taxa de recorrência de 13-17% (JIMÉNEZ-RUBIO *et al.*, 2019). De acordo com alguns autores nos últimos 10 anos essa incidência tem aumentado cerca de 4% no futebol profissional a nível da Champions League (VAN DE HOEF, S. *et al.*, 2017) e as taxas de recorrência permanecem altas, aumentando cerca de 2,3% ao ano entre 2001 e 2014 (SIDDLÉ *et al.*, 2019). No futebol australiano, rugby e baseball essa incidência é de 6-16% com uma taxa de recorrência de cerca de 12-41% (LEE *et al.*, 2017), no futebol gaélico a incidência corresponde à 24% de todas as lesões acompanhada de uma alta taxa de recorrência, (MACDONALD *et al.*, 2018) e já no atletismo essa incidência equivale a 26% de todas as lesões, ocorrendo em sua maioria em provas de corrida (OPAR; WILLIAMS; SHIELD, 2012). Esportes como basquete, vôlei e dança também mostraram ter uma alta incidência e recorrência de lesões dos isquiotibiais, porém, dados epidemiológicos não foram relatados na literatura (VAN DE HOEF, S. *et al.*, 2017). Em um estudo realizado com intercolegiais praticantes de futebol, foi relatado que as lesões de isquiotibiais são 64% mais prevalentes em homens do que em mulheres tanto no treinamento quanto em jogos, durante a temporada. Acredita-se que esse fato ocorra devido a diferença na intensidade da atividade entre ambos, principalmente durante o período de jogo, onde a literatura sugere que atletas profissionais do sexo masculino participem de um volume maior e de alta intensidade de atividades de corrida em comparação às mulheres, e que também devido a sua capacidade de recuperação lenta após sprints repetidos, os homens podem vir a se fatigar mais rapidamente resultando, em menor força excêntrica de isquiotibiais e ajustes nos mecanismos de corrida. (CROSS *et al.*, 2013).

Lesões agudas dos isquiotibiais, em sua grande maioria são causadas por mecanismos traumáticos indiretos classificados em lesão do tipo sprint ou do tipo

alongamento, sendo a lesão do tipo sprint a mais comum e com alta taxa de recorrência. Segundo Van de Hoef as lesões do tipo sprint ocorrem durante a corrida em alta velocidade nas fases de apoio final e balanço tardio como representado na figura 2 (MALLIAROPOULOS *et al.*, 2012) porém é mais provável que ocorra nesta última, como resultado de altas forças produzidas durante essa fase (VAN HOOREN; BOSCH, 2017a), onde os isquiotibiais exercem a função de desaceleração da extensão do joelho e flexão do quadril, assim sendo carregado excentricamente ao decorrer das duas articulações, estando passíveis de lesão (VAN DE HOEF, Peter Alexander *et al.*, 2019; VAN DE HOEF, S. *et al.*, 2017). Esse mecanismo de lesão acomete, principalmente, a cabeça longa do bíceps femoral na junção miotendínea e ocorre em atividades esportivas que exigem aceleração em alta velocidade, pois gera um maior aumento no comprimento da unidade músculotendínea durante o sprint do que os outros músculos. Alguns estudos demonstraram que durante a fase de balanço terminal, os isquiotibiais são ativados e apresentam variação do pico de força (bíceps femoral – 67%; semimembranoso e semitendinoso – 37%) de acordo com o aumento da velocidade (80-100%)(ERICKSON; SHERRY, 2017).

Figura 2. Na figura A podemos observar a fase de balanço inicial onde os isquiotibiais se encontram em posição encurtada devido a flexão de joelho enquanto o quadríceps acelera a extensão do joelho. Na figura B e C observamos a fase de balanço médio onde quadríceps continua acelerando a extensão joelho reduzindo o ângulo de flexão e aumento o comprimento dos isquiotibiais. Na figura D, observamos a fase de balanço tardio onde é representado o mecanismo de lesão do tipo sprint no qual os isquiotibiais atuam realizando a desaceleração da extensão do joelho.



Fonte: Van Hooren; Bosch, 2017

O mecanismo de lesão do tipo alongamento ocorre devido ao alongamento excessivo do músculo, principalmente em esportes que requerem

movimentos balísticos ou de chute alto que combinam a flexão do quadril com a extensão excessiva do joelho, como a dança, acometendo em sua grande maioria o tendão proximal livre do semimembranoso (BRUKNER, 2015; BUNNEY, P. E., ZINK, A. N., HOLM, A. A., BILLINGTON, C. J., & KOTZ, 2017). Um estudo realizado com 75 jogadores de futebol da elite sueca com lesão aguda de isquiotibiais constatou que 94% das lesões primárias do tipo sprint foi localizado na cabeça longa do bíceps femoral e secundariamente no semitendinoso, enquanto o semimembranoso foi o local mais afetado em 76% para as lesões do tipo alongamento, achados estes condizentes com a literatura. (ASKLING; TENGVAR; THORSTENSSON, 2013; PETERSEN *et al.*, 2011)

### 3.3 DIAGNÓSTICO

O diagnóstico da lesão pode ser feito inicialmente através da história prévia e exames físicos onde, na maioria dos casos, o atleta descreve uma dor de início súbito incapacitante na região posterior da coxa fazendo com que o atleta cesse a atividade esportiva imediatamente, podendo ser acompanhada de um clique audível e posteriormente da manifestação intensa de equimose como visto na figura 3, que nem sempre aparece imediatamente após a lesão, além de edema, fraqueza muscular e dor a palpação, fazendo com que o atleta adote uma marcha antálgica evitando a flexão de quadril e extensão do joelho que pode apresentar-se dolorosa mesmo em ruptura parciais. Em casos de ruptura completa das fibras musculares, um gap pode ser sentido na palpação próximo a tuberosidade isquiática ou no ventre muscular. Além disso, em casos mais graves onde há lesão completa dos músculos que compõe o complexo isquiotibial, as porções musculares podem se retrair e apresentar o sinal da corda que é caracterizado pela ausência de uma tensão palpável na porção distal dos isquiotibiais. (ALI; LELAND, 2012; BUNNEY, P. E., ZINK, A. N., HOLM, A. A., BILLINGTON, C. J., & KOTZ, 2017)

Figura 3. Paciente com equimose extensa ao longo da coxa posterior, joelho e panturrilha após ruptura completa dos isquiotibiais proximais.



Fonte:Ali; Leland, 2012

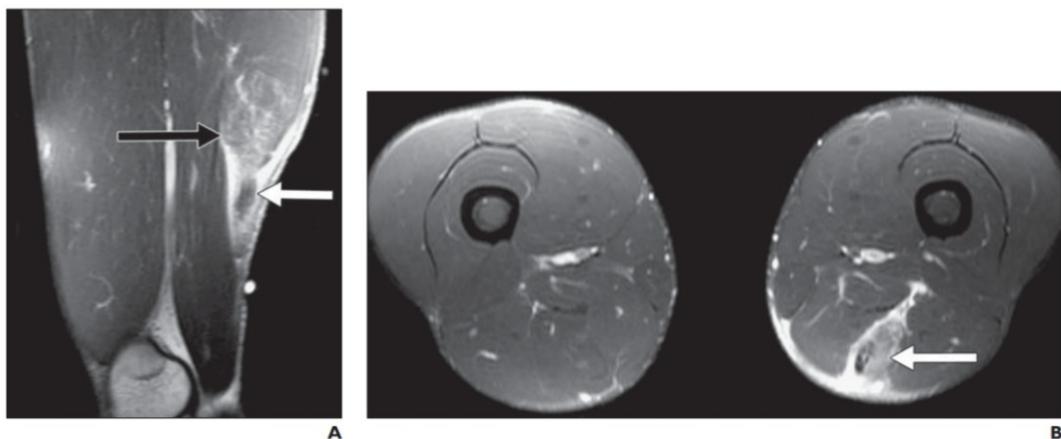
A avaliação da dor, da flexibilidade e da força é de extrema importância e pode prever a gravidade da lesão e estabelecer um prognóstico com maior confiabilidade. A flexibilidade e a dor são avaliadas através da elevação passiva da perna em decúbito dorsal com flexão de quadril e extensão de joelho, afastando a origem e inserção dos isquiotibiais, a força de flexão do joelho deve ser examinada com o paciente em decúbito ventral com resistência aplicada em 15 e 90 graus de flexão do joelho, já a força de extensão do quadril deve ser testada com o joelho em 90 e 0 graus de flexão.

Outro teste importante a ser realizado é o teste de estiramento do joelho flexionado que é realizado em decúbito dorsal onde o joelho e quadril são flexionados até o limite de sua amplitude de movimento e então o joelho é estendido de forma passiva. Os testes devem ser realizados de forma bilateral, sendo considerado positivo, se houver exacerbação dos sintomas. A Ressonância magnética e a ultrassonografia são exames complementares que auxiliam na confirmação do diagnóstico, identificando e avaliando a extensão e o grau da lesão que pode se classificar em diferentes níveis sendo de 0 a 4, de acordo com a sua gravidade.

As lesões de grau 0 representam uma dor neuromuscular focal e generalizada no músculo causada pelo exercício sem alteração no exame de imagem, as de grau 1 são lesões musculares menores nas quais os atletas

experimentam dor durante ou após a atividade sendo amplitude de movimento e força preservados; no grau 2 um dano moderado ao músculo é observado ocorrendo dor durante a atividade causando sua interrupção, redução de amplitude de movimento e fraqueza muscular sendo detectado no exame de imagem; no grau 3 as lesões musculares são extensas onde o atleta sofre uma dor abrupta e apresentando amplitude de movimento reduzida, dor e fraqueza à contração muscular mesmo após 24 horas; no grau 4 ocorre a ruptura completa do músculo ou do tendão causando uma dor súbita limitando a atividade, podendo ser percebida uma lacuna palpável quando contraído e uma menor sensação dolorosa que a de grau 3. (BUNNEY, P. E., ZINK, A. N., HOLM, A. A., BILLINGTON, C. J., & KOTZ, 2017)

Figura 4. A -Imagem rápida de eco-rotação sagital suprimida por gordura mostra edema centrado entre o ventre do músculo distal (seta preta) e o tendão (seta branca) do semitendinoso. B - Imagem transversal ponderada em T2, suprimida por gordura, mostra envolvimento de toda a seção transversal do músculo distal (seta).



Fonte: Rubin, 2012

### 3.4 FATORES DE RISCO

A identificação dos fatores de risco é uma variável importante tanto na prevenção quanto no tratamento das lesões isquiotibiais (LEE *et al.*, 2018). Dessa forma, múltiplos fatores de risco são reportados na literatura, dentre eles destacam-se: fatores de risco modificáveis e não modificáveis. Entre os fatores de risco não modificáveis estão aumento da idade e etnia indígena (CHARLTON *et al.*, 2018b). Fatores de risco modificáveis incluem fraqueza excêntrica de isquiotibiais, redução da flexibilidade, fadiga, menor taxa de relação isquiotibiais

e quadríceps (I:Q), alta força muscular do quadríceps, arquitetura muscular (LIMA *et al.*, 2018; LOVELL *et al.*, 2018; SCHMITT; TYLER, 2012; VALLE *et al.*, 2015), déficits de força e coordenação da musculatura pélvica e do tronco e (VAN DYK *et al.*, 2017) diferença de força intramuscular dos isquiotibiais. E existem ainda os fatores de risco que contribuem para a recorrência da lesão que são história de lesão prévia e inibição neuromuscular (ERICKSON; SHERRY, 2017; LEE *et al.*, 2018; VAN DER HORST *et al.*, 2015) geralmente um precedendo o outro.

### 3.5 CAUSA DE LESÃO E REINCIDÊNCIA

O aumento da idade tem sido constantemente identificado como fator de risco para lesões dos isquiotibiais. Van Dyk, observou um aumento de 7% no risco de lesão por cada ano adicionado, sendo que o risco de lesão em um grupo de jogadores de futebol com idade inferior a 22 anos foi 85% menor que no grupo intermediário.

O déficit de força excêntrica de isquiotibiais tem sido frequentemente relacionado como um fator de risco importante para lesão. Acredita-se que durante a fase de balanço tardio na corrida em alta velocidade, os isquiotibiais estariam atuando de forma excêntrica para desacelerar a extensão do joelho e a flexão do quadril e com isso uma deficiência de força muscular poderia tornar o músculo passível a altas tensões, excedendo o limite muscular e resultando em uma lesão. Lee *et al.*, observou em um estudo realizado com 146 jogadores de futebol que os jogadores com torque excêntrico de isquiotibiais durante a pré-temporada mais fraco que 2,44 vezes seu peso corporal tiveram um risco aumentado em 5,6 vezes de sustentar uma lesão (LEE *et al.*, 2018; SIDDLE *et al.*, 2019; VAN DE HOEF, Peter Alexander *et al.*, 2019; VAN DE HOEF, S. *et al.*, 2017).

A fadiga muscular tem sido constantemente relacionada à alteração do pico de torque muscular e a sua capacidade de geração de força assim, podendo alterar a relação funcional I:Q (VALLE *et al.*, 2015) e sabe-se também que o músculo fatigado reduz a sua capacidade de absorver energia antes de atingir a quantidade de alongamento que resultaria em uma lesão (VAN DYK; BEHAN; WHITELEY, 2019) . Um estudo constatou que após uma partida de futebol

australiano, a força de flexão isométrica máxima do joelho foi restaurada para os níveis pré-jogo somente 50 horas após a partida (CHARLTON *et al.*, 2018), o que nos leva a concluir que o tempo de recuperação e ou o endurance pode estar relacionado diretamente a ocorrência de lesões.

Estudos prévios relataram que uma menor taxa de relação isquiotibiais/quadríceps (I:Q) pode diminuir o desempenho muscular e aumentar o risco de lesão nos membros inferiores (LIMA *et al.*, 2018). Um estudo de coorte feito com 146 jogadores de futebol profissional observou que os jogadores que obtiveram uma relação convencional I:Q menor que 50,5% aumentaram em 3 vezes o risco de lesão de isquiotibiais (LEE *et al.*, 2018) e um outro estudo (OPAR; WILLIAMS; SHIELD, 2012) relatou que atletas com relação funcional I:Q abaixo de 0,80 obtiveram um aumento da frequência de lesão, porém há várias divergências na literatura sobre qual seria um valor normativo para essa variável, no entanto é fato que uma menor razão I:Q pode predispor a lesão.

A lesão aguda dos isquiotibiais possui uma alta taxa de recorrência e a lesão muscular prévia é constantemente abordada na literatura como um dos principais fatores de risco para que a lesão volte a ocorrer. Acredita-se que isto aconteça, pois, o tecido cicatricial formado após a lesão pode persistir por até 23 meses, sendo frequentemente observado na junção miotendínea, adjacente ao lugar da lesão prévia, podendo aumentar a rigidez mecânica geral do tecido que está sendo substituído e exigir mais das fibras musculares em comprimentos maiores (ERICKSON; SHERRY, 2017). Além disso, uma inibição neuromuscular durante a ativação voluntária prolongada pode vir a se instalar e gerar uma limitação a exposição do músculo aos estímulos excêntricos em comprimentos musculares longos, prejudicando a reabilitação. (BRUKNER, 2015).

O posicionamento da pelve também pode ser visto como um fator predisponente a lesão, uma vez que o comprimento do fascículo dos isquiotibiais, principalmente do bíceps femoral, músculo mais comumente lesionado em 53 a 68% dos ferimentos (OAKLEY; JENNINGS; BISHOP, 2018), são mais sensíveis à posição do quadril durante a aceleração (MALLIAROPOULOS *et al.*, 2012), e a anteriorização da pelve pode alterar o torque muscular colocando os músculos em desvantagem mecânica por aumentar a tensão muscular no final da fase de balanço (ERNLUND; VIEIRA, 2017).

Acredita-se que a morfologia da arquitetura muscular pode estar relacionada a alta incidência de lesão localizada principalmente na cabeça longa do bíceps femoral. Uma simulação baseada em ressonância magnética mostrou que a cabeça longa do bíceps femoral possui uma aponeurose proximal relativamente pequena e estreita em relação a aponeurose distal, o oposto do que é visto no semitendinoso e semimembranoso que possuem amplas aponeuroses, essa variação anatômica pode ser observada como um fator preditivo de lesão, no entanto também deve-se atentar que existem variações anatômicas na aponeurose da cabeça longa do bíceps femoral proximal de indivíduo para indivíduo. (BRUKNER, 2015; KELLIS, 2018)

O tipo de fibra muscular pode estar associado com a predisposição à lesão. Sabe-se que o complexo isquiotibial possui predominantemente fibras musculares de contração rápida (fibras do tipo II) (BELTRAN *et al.*, 2012) e essas fibras estão associadas a neurônios motores maiores e possuem um perfil de metabolismo glicolítico que lhes conferem uma contração de duração relativamente breve e mais vigorosa, porém são mais facilmente fatigáveis, o que pode tornar o músculo susceptível a lesão como foi dito anteriormente. (NEUMANN, 2011)

Outro fator de risco para lesões dos isquiotibiais que não é amplamente abordado na literatura, é a relação comprimento-tensão. Diferentes autores sugerem que atletas que produzem um pico de torque em menores comprimentos são mais susceptíveis a lesões devido à parte do complexo isquiotibial estar operando em uma faixa de comprimento de risco de tensão, principalmente durante a fase de balanço tardio do sprint. Um estudo identificou o comprimento ideal como fator de risco para lesão, onde observaram os comprimentos ótimos dos isquiotibiais em alguns atletas de atletismo com o músculo previamente lesionado, sendo a perna lesada atuando como experimental e a não lesada como controle. O estudo identificou que o isquiotibial previamente lesionado produzia tensão de pico à 12,7° menor que o tendão não lesionado, ou seja, houve uma redução do comprimento ideal do músculo após a lesão (MALLIAROPOULOS *et al.*, 2012).

## 3.6 REABILITAÇÃO, RETORNO AO ESPORTE E PREVENÇÃO

### 3.6.1 Fases da reabilitação

A reabilitação de lesões agudas dos isquiotibiais tem sido descrita na literatura como sendo dividida em três fases que abordam de maneira progressiva o tratamento de lesões grau I e II, da fase aguda logo após a lesão até a fase de preparação para retorno ao esporte. A divisão de fases é descrita de forma didática, e pode ser observada uma sobreposição dessas em relação ao tempo, uma vez que os acontecimentos no processo de reparo são dependentes da gravidade da lesão, determinando as fases e as ações terapêuticas adotadas em cada uma. (CHU; RHO, 2016; SCHMITT; TYLER, 2012; SHERRY; JOHNSTON; HEIDERSCHEIT, 2015)

Na fase aguda da reabilitação (fase I – duração de 0-4 semanas), a conduta inicial deverá incluir o protocolo *PRICE*, sigla utilizada para descrever condutas adquiridas com o objetivo de reduzir o tempo de recuperação da lesão consistindo em proteção, repouso, gelo, compressão e elevação da lesão, além disso, nesta fase a minimização da amplitude de movimento e perda de força também é pretendida. Modalidades terapêuticas passivas como ultrassom pulsado e laser podem ser utilizados nesse momento para auxiliar na cicatrização e analgesia.

Ainda na fase inicial do tratamento, o atleta pode começar a realizar o fortalecimento isométrico submáximo, livre de dor, em múltiplos ângulos de proteção (30, 60, e 90 graus) evitando o alongamento excessivo a partir de 48 horas após a lesão, até que as fibras lesadas se encontrem regeneradas o suficiente para evitar a separação dos cotos com o aumento do comprimento muscular. Os exercícios podem ser realizados colocando o membro lesado em cima do membro contralateral e contraindo o músculo lesado sem que haja aumento do comprimento do músculo. Nesta fase é importante que a amplitude de movimento do quadril e joelho disponível seja mantida, porém o tendão não deve ser estendido à uma amplitude que cause dor, podendo ser realizada uma agilidade progressiva e exercícios de estabilização do tronco em intensidade baixa a moderada. O movimento na fase aguda é fundamental para alinhar as

fibras durante a cicatrização e aumentar a força da adesão lateral de fibras que protegem as danificadas do coto de separação. Os objetivos deste estágio são adquirir uma marcha normal e livre de dor, e obter força de flexão do joelho submáxima em relação ao membro não lesado após teste manual de flexão do joelho em 90 graus.

Após atingir esses marcos, o atleta poderá iniciar a fase 2 (duração de 2-6 semanas) que tem o objetivo de recuperar de forma progressiva a força muscular em toda a amplitude de movimento e melhorar o controle neuromuscular do quadril e pelve em preparação para movimentos específicos do esporte; com isso a intensidade e velocidade de controle neuromuscular, agilidade e exercícios de estabilização do tronco são progressivamente aumentados. O alongamento nos últimos graus de amplitude de movimento do joelho deve ser evitado se ainda houver fraqueza muscular e for doloroso. Nesta fase, o atleta pode começar o trabalho de fortalecimento concêntrico e excêntrico, e ao final da etapa o atleta deverá ter força total no teste de força manual (5/5) ou estar dentro de uma diferença de força de 20% da perna não lesionada em zero a 90 graus quando medida com um dinamômetro manual ou isocinética. Neste momento, o atleta também deve ser capaz de correr tanto para frente quanto para trás sem dor a uma velocidade moderada

Na última fase de reabilitação (fase 3 – duração de 4-8 semanas), o foco será no treinamento sensório-motor constituído em um treino de controle neuromuscular mais avançado e exercícios de fortalecimento excêntrico no estado alongado, bem como exercícios pliométricos e específicos do esporte, com o objetivo de retornar o atleta ao esporte. É importante salientar que nesta fase o atleta não deverá apresentar restrições de amplitude de movimento e ao final desta, poderá retornar ao esporte se atender aos critérios estabelecidos, como ausência de dor, restabelecimento da funcionalidade exigida para os movimentos esportivos sem hesitação, recuperação da força muscular, amplitude completa de movimento e confiança para retornar à atividade.

O exercício nórdico (ver item 3.6.2) mostrou ter um efeito positivo para a reabilitação de lesões agudas dos isquiotibiais. No estudo publicado (TYLER *et al.*, 2017) com 50 atletas, sendo 30 homens e 20 mulheres diagnosticados recentemente com lesão unilateral dos isquiotibiais ocorrida durante o desempenho esportivo, o exercício nórdico foi incorporado em um protocolo de

reabilitação baseado no protocolo apresentado anteriormente, constituído também de 3 fases. A primeira fase tem o objetivo de proteger o tecido cicatricial, evitar perda do movimento e força através de contrações isométricas submáximas livres de dor em vários ângulos, progredindo de um comprimento muscular curto para a posição sentada; a segunda tem o objetivo de restaurar a contração máxima dos isquiotibiais sem dor em toda a amplitude de movimento e melhorar o controle neuromuscular do tronco e pelve através de contrações excêntricas isocinética na posição sentada, evoluindo para contração máxima de acordo com a tolerância do atleta e realização do exercício nórdico; já a terceira fase tem o objetivo de aumentar a força dos isquiotibiais em comprimentos musculares longos e retornar o atleta ao esporte sem risco de reincidência através de contrações isocinética excêntricas realizadas em estado alongado, exercícios pliométricos e específicos do esporte. Um programa de exercícios em casa também foi passado e modificado através do curso da reabilitação. O critério para o retorno ao jogo foi estar livre de dor com o máximo de contrações excêntricas no estado alongado e livre de dor nas tarefas funcionais específicas do esporte e *sprint*.

Oito atletas não completaram as três fases do protocolo e retornaram à atividade antes do previsto. Foi realizada a avaliação de força do isquiotibiais em diferentes ângulos após a alta, e então os atletas foram contatados 3 e 6 meses após o retorno ao esporte e a partir disso de 6 em 6 meses.

Para todos os atletas, a força dos isquiotibiais não foi diferente entre os lados envolvidos e não envolvidos em cada ângulo no momento do retorno ao esporte. O pico de torque ocorreu em comprimentos intermediários nos lados envolvidos e não envolvidos, no entanto, quando os resultados de força foram comparados entre complacentes e não complacentes. Os atletas não complacentes tinham uma fraqueza marcada no lado envolvido que era mais aparente em comprimentos musculares mais longos, enquanto atletas em conformidade não tinham fraqueza nos isquiotibiais. No período de 12 meses houve 4 recorrências de lesão em atletas não aderentes, os outros 42 atletas não haviam sofrido uma lesão recorrente a uma média de  $24 \pm 12$  meses após o retorno ao esporte.

O protocolo foi capaz de reduzir a taxa de lesão, aumentar o ângulo do pico de torque e a força muscular em atletas que completaram todo o protocolo,

o que salienta a importância da adesão do tratamento completo, porém o exercício nórdico não pode ser exclusivamente responsável por todos os ganhos, visto que outros exercícios foram realizados em concomitância, conferindo um destaque aos exercícios que visam a estabilidade da pelve e tronco que foi observado anteriormente como fator de risco para reincidência.

Askling, Tengvar e Thorstensson realizaram dois estudos comparando o efeito de dois protocolos de reabilitação para lesão aguda dos isquiotibiais, o protocolo L e o protocolo C, e avaliando o tempo de retorno ao esporte em cada protocolo. O primeiro estudo foi realizado com 75 jogadores de futebol de ambos os gêneros e o segundo foi realizado com 56 atletas praticantes de atletismo sendo 46 velocista e 10 saltadores. (ASKLING *et al.*, 2014; ASKLING; TENGVAR; THORSTENSSON, 2013)

Os exercícios do protocolo L foram especificamente destinados a carregar os isquiotibiais durante alongamento extensivo, principalmente durante ações musculares excêntricas. Em contraste, o protocolo C consistia em exercícios convencionais para os isquiotibiais com menos ênfase no alongamento. Cada protocolo de reabilitação consistiu em três exercícios diferentes, a intensidade e volume foram feitas o mais semelhante dentro do possível e a carga foi progredida ao longo do tempo com a ausência de dor. O exercício 1 visava principalmente aumentar a flexibilidade, o exercício 2 foi um exercício combinado de força e estabilização de tronco e pelve e o exercício 3 foi um treinamento de força.

### *Protocolo L*

Figura 6. L-1 'O extensor'. O jogador deve segurar e estabilizar a coxa da perna lesionada com o quadril expirado aproximadamente 90 ° e depois executar extensões lentas do joelho até um ponto antes de sentir dor. Duas vezes por dia, três séries com 12 repetições.



Fonte: Askling et al., 2014

Figura 7. L-2 'O Mergulhador'. O exercício deve ser realizado como um mergulho simulado, ou seja, como uma flexão do quadril (posição direita do tronco) da perna lesionada em pé e alongamento simultâneo dos braços para a frente e tentando a máxima extensão da perna levantada, mantendo a pelve na horizontal; os ângulos no joelho devem permanecer entre 10 e 20 ° na perna em pé e a 90 ° na perna levantada. Devido à sua complexidade, esse exercício deve ter um desempenho muito baixo no início. Uma vez a cada dois dias, três grupos com seis repetições.



Fonte: Askling et al., 2014

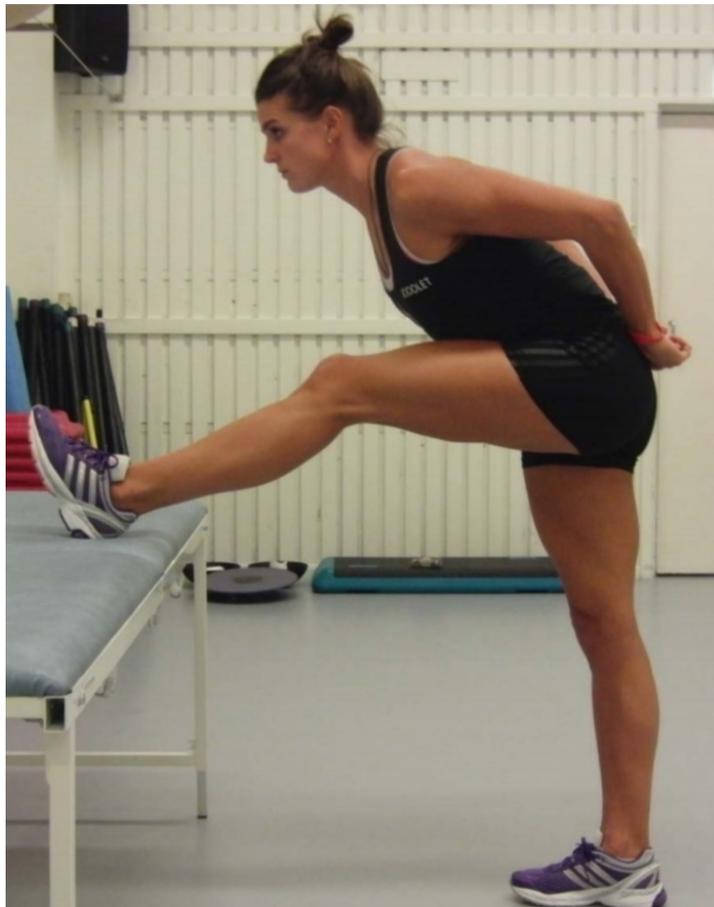
Figura 8. L-3 'O Planador'. O exercício é iniciado a partir de uma posição com o tronco ereto, uma mão segurando um apoio e as pernas ligeiramente divididas. Todo o peso corporal deve estar no calcanhar da perna lesionada com aproximadamente 10 ° a 20 ° de flexão no joelho. O movimento é iniciado deslizando para trás na outra perna e para antes que a dor seja atingida. O movimento de volta à posição inicial deve ser realizado com a ajuda de ambos os braços, não usando a perna lesionada. A progressão é alcançada aumentando a distância de deslizamento e executando o exercício mais rapidamente. Uma vez a cada três dias, três séries com quatro repetições



Fonte :Askling et al., 2014

### *Protocolo C*

Figura 9. C-1 Alongamento - contrair / relaxar. O calcanhar da perna lesionada é colocado em uma superfície de suporte estável em uma posição alta (próximo ao máximo) com o joelho em aproximadamente 10 ° de flexão. O calcanhar é pressionado por 10 s e, depois de relaxar por 10 s, assume-se uma nova posição ao empurrar parte superior do corpo lentamente para a frente por 20 s. Duas vezes por dia, três séries com quatro repetições



Fonte: Askling et al., 2014

Figura 10. C-2 Pêndulo de cabo. Uma máquina estacionária de cabo ou expensor é usada. Com a perna não lesionada em pé, os movimentos do quadril para frente e para trás são executados com a perna lesionada com o joelho em aproximadamente 20 a 30 ° de flexão. Este exercício envolve alguém e deve ser realizado lentamente no início do período de reabilitação. Todos os dias, três com seis repetições



Fonte: Askling et al., 2014

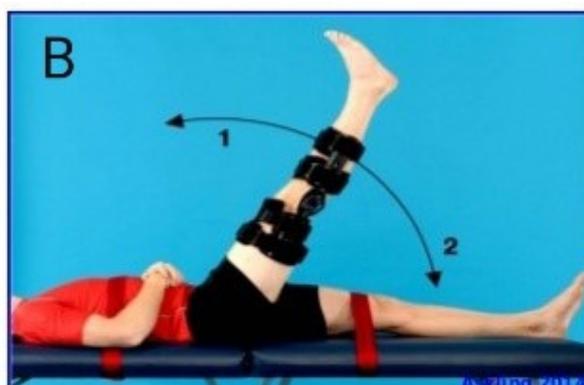
Figura 11. C-3 Elevador pélvico. Este exercício é iniciado em decúbito dorsal com o peso corporal nos dois calcanhares e, em seguida, a pelve é levantada e abaixada lentamente. Comece com o joelho em 90 ° de flexão. A carga é aumentada colocando mais peso corporal na perna lesionada e tendo uma maior extensão no joelho. Por fim, apenas a perna lesionada levemente dobrada está carregando a carga. A cada três dias, três séries com oito repetições



Fonte: Askling et al., 2014

O critério de retorno ao jogo foi estabelecido através do exame físico e uma versão simplificada do *Askling* H-teste (figura 12) onde foi utilizado uma cinta de joelho para manter a perna em extensão e correias estabilizando a parte superior do corpo e a perna contralateral. O atleta foi instruído a realizar uma elevação com a perna estendida o mais rápido possível até o ponto mais alto, sendo três tentativas por perna sem aquecimento. O participante estaria liberado para retornar ao esporte efetivamente quando o exame físico não apresentar sinais remanescentes da lesão e segurança ao realizar o *Askling* H-teste demonstrado na figura 12.

Figura 12. O atleta foi instruído a realizar uma elevação com a perna estendida o mais rápido possível até o ponto mais alto sendo três tentativas por perna sem aquecimento. A - Posição inicial do teste; B - posição final do teste.



Fonte: Askling et al., 2014

No primeiro estudo (ASKLING; TENGVAR; THORSTENSSON, 2013) treze jogadores (35%) no protocolo L e 27 no o protocolo-C (71%) experimentaram insegurança ao realizar o teste, portanto, foi necessário prolongar o período de reabilitação em média 7 dias. Ao fim do período de reabilitação o tempo de retorno foi significativamente menor no protocolo L (média de 28 dias) comparado com o protocolo C (média de 51 dias) para lesões de tipo de corrida e alongamento. A lesão do tipo *sprint* mostrou um tempo significativamente menor no retorno em comparação com lesões do tipo alongamento, e as análises mostraram que quanto menor a distância do tubérculo isquiático do polo mais proximal da lesão medido por ressonância magnética ou dor, maior o tempo de retorno. Houve uma reincidência registrada durante os 12 meses de acompanhamento do protocolo C, 6 meses após a lesão inicial. Já no segundo estudo (ASKLING *et al.*, 2014), com oito atletas (29%) no protocolo L e 19 (68%) no protocolo-C apresentaram insegurança ao realizar o teste-H, portanto, foi necessário prolongar o seu período de reabilitação em média 8 dias no protocolo L e 10 dias no protocolo C. O tempo de retorno foi significativamente menor no protocolo-L comparado com o protocolo-C, uma média de 49 dias versus 86 dias. Houve duas reincidências registradas durante os 12 meses de acompanhamento, sendo ambas no protocolo C, em 88 e 120 dias após a lesão inicial, respectivamente.

Esses dois estudos evidenciam a maior eficácia de um protocolo focado na sobrecarga dos isquiotibiais em comprimentos musculares longos, sendo principalmente durante a contração excêntrica, em relação a redução do número de reincidências de lesões após o retorno ao esporte e em redução do tempo de recuperação até estar apto para retorno à prática. O estudo ainda mostra que as lesões do tipo *sprint* apresentam um tempo menor de recuperação comparada com as lesões do tipo alongamento, implicando para a definição de um prognóstico mais preciso. Porém, também é possível observar que no estudo realizado com atletas que praticam atletismo, o número de dias foram substancialmente maior do que no primeiro estudo com jogadores de futebol, isto se deve ao fato de que os praticantes de atletismo sofrem uma sobrecarga maior

nos isquiotibiais durante a prática esportiva, onde necessitam que a musculatura esteja na sua melhor performance para suportar as altas tensões geradas durante a corrida em velocidade máxima, o que não é observado no futebol onde se é possível desenvolver a prática esportiva com exigência submáxima da musculatura. Isso nos leva a concluir que o tempo de retorno ao esporte é variável de acordo com o esporte e função desempenhados. Em um outro estudo (JIMÉNEZ-RUBIO *et al.*, 2019) onde foi desenvolvido e validado um programa contendo 13 exercícios para a reabilitação dos isquiotibiais em jogadores de futebol, foi observado a redução do tempo de retorno ao esporte e a redução da reincidência de lesão após o retorno a prática, é importante salientar que os exercícios melhores avaliados pelos especialistas ao validar o protocolo foram os exercícios que incorporaram repetidas habilidades de *sprint*, que ressalta que submeter o atleta durante a reabilitação à realização de exercícios que envolvam aceleração pode reduzir o tempo de retorno ao esporte e treinar o músculo de forma específica pensando no mecanismo de lesão (JIMÉNEZ-RUBIO *et al.*, 2019).

Além disso, é importante destacar os critérios para retorno à prática esportiva. Estes descritos por Ernlund e Vieira (2017), incluem: ausência de dor, habilidade ao realizar os respectivos movimentos esportivos sem hesitar, recuperação de força e do alongamento do grupo muscular envolvido, e o atleta demonstrar confiança ao retomar a atividade física. Também é importante considerar a restauração da força do membro em comparação com o contralateral (90% e 95%) e a relação isquiotibial/quadríceps deve estar entre 50% e 60%.

### **3.6.2 Exercício excêntrico**

A literatura tem sustentado a realização do exercício excêntrico como uma estratégia eficaz de prevenção e reabilitação para lesões dos isquiotibiais. Essa estratégia teve base na interpretação de que o alongamento da unidade miotendínea, principalmente no mecanismo de lesão do tipo *sprint*, se trata de um processo muscular ativo, e portanto, uma contração excêntrica gerando uma tensão que excede os limites suportados pelo músculo e torna-o vulnerável a ferimentos (VAN HOOREN; BOSCH, 2017), dessa forma, exercícios que

envolvem ações musculares excêntricas dessa musculatura foram propostos como sendo uma estratégia para realizar o fortalecimento específico para os isquiotibiais com o objetivo de reduzir a alta taxa de incidência e recorrência de lesões.

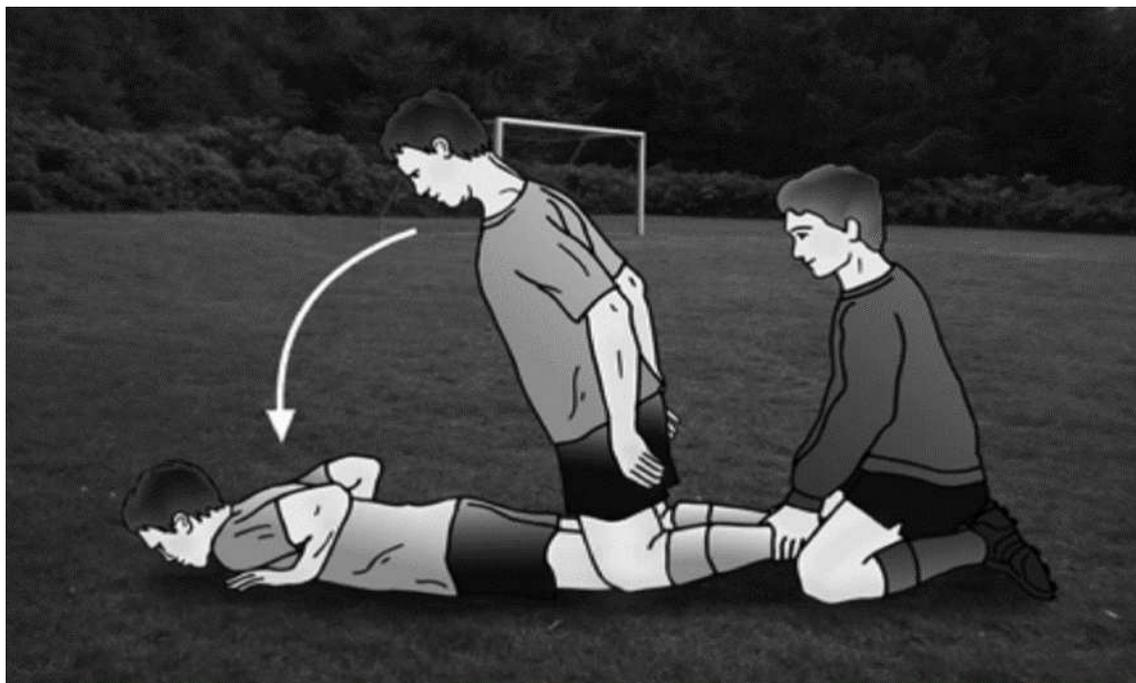
É importante salientar que o treinamento excêntrico é capaz de carregar o músculo em maior extensão e aumentar a massa muscular, força e potência de maneira mais eficaz quando comparado ao treinamento concêntrico. As contrações excêntricas além de produzirem forças mais altas quando equiparada com as contrações isométricas e concêntricas, também geram um gasto energético reduzido, além disso, o treinamento excêntrico também demonstrou aumentar consistentemente o comprimento ideal de desenvolvimento da tensão, uma vez que o pico de tensão em menor comprimento muscular pode ser um fator de risco de lesão, esse pode ser um fator pelo qual o exercício induz a prevenção. Acredita-se que a adição de sarcômeros em série seja responsável por esse mecanismo aumentando o comprimento do fascículo e a tensão passiva em maiores comprimentos (MALLIAROPOULOS *et al.*, 2012).

O exercício excêntrico também pode evitar lesões na unidade muscular, melhorando a capacidade do músculo de absorver mais energia e maior força antes de falhar. O mecanismo exato pelo qual ocorre tais adaptações ainda não é conhecido. É aparente, no entanto, que se o limiar da força de falha do tecido aumentar juntamente com a atenuação das cargas, um efeito protetor poderá ocorrer (MALLIAROPOULOS *et al.*, 2012).

O exercício excêntrico proposto mais conhecido é o exercício nórdico exemplificado na figura 13, que é de execução simples e pode ser realizado sem grandes custos com equipamento. O exercício é realizado em dupla iniciando com o indivíduo em posição ajoelhada em uma superfície plana, com o torso dos joelhos para cima mantido rígido e reto (VAN DER HORST *et al.*, 2015). O parceiro irá apoiá-lo pelos tornozelos garantindo que seus pés estejam em contato com o solo durante todo o exercício, a partir disso o indivíduo deverá iniciar o exercício inclinando o tronco lentamente em direção ao solo resistindo aos efeitos da gravidade usando os isquiotibiais, pelo maior tempo possível, para maximizar as cargas excêntricas (SIDDLÉ *et al.*, 2019; VAN DER HORST *et al.*, 2015). Antes de tocar o solo, as mãos e os braços são usados para interromper

sua queda para a frente e empurrá-lo de volta para a posição inicial, minimizando a carga na fase concêntrica (VAN DER HORST *et al.*, 2015).

Figura 13. Exemplificação da execução do exercício nórdico, partindo da posição inicial até a posição final.



Fonte: Petersen *et al.*, 2011

### 3.6.3 Prevenção

Nos últimos anos, diversos estudos foram produzidos com o objetivo de avaliar os efeitos dos exercícios nórdicos na redução das taxas de incidência e recorrência de lesões dos isquiotibiais em atletas. Lovell, Petersen, Seagrave, Siddle e Van Der Horst (LOVELL *et al.*, 2018; PETERSEN *et al.*, 2011; SEAGRAVE *et al.*, 2014; SIDDLE *et al.*, 2019; VAN DER HORST *et al.*, 2015), avaliaram os efeitos dos exercícios em diferentes variáveis que podem prever a suscetibilidade de lesão. Ainda, observaram as taxas de incidência e recorrência durante e após a intervenção.

Siddle (2019), realizou um estudo com 16 atletas; sendo 8 jogadores de futebol e 8 jogadores de *rugby*, respectivamente. O estudo teve o intuito de observar o efeito de 6 semanas de exercício nórdico nas variáveis de força isocinética excêntrica dos isquiotibiais, velocidade linear (10 metros) e *sprint* com

mudança de direção, e se esses efeitos permaneceriam após 3 semanas de destreinamento. Os participantes foram igualmente randomizados em grupo, por um membro da equipe não envolvido no estudo. O grupo intervenção realizou o exercício nórdico além do seu treinamento normal, enquanto o grupo controle realizou somente o treinamento normal. O exercício nórdico foi realizado duas vezes por semana antes do treinamento normal, progredindo gradualmente o número de repetições por semana. A avaliação das variáveis foi realizada imediatamente antes e após a intervenção em ambiente controlado. Dos 16 participantes, somente 14 completaram o estudo, resultando em uma conformidade de 94,05%. As principais descobertas demonstram que logo após a intervenção de 6 semanas de exercício nórdico, ocorreu uma melhora no desempenho da velocidade linear, *sprint* com mudança de direção e na força excêntrica dos isquiotibiais, sendo que o ganho de desempenho na velocidade linear e no *sprint* com mudança de direção foram mantidos após 3 semanas de destreinamento. Porém, a força excêntrica mostrou uma redução de 10% neste mesmo período quando comparado aos resultados pós-intervenção. Isso pode sugerir que a manutenção dos ganhos nas demais variáveis foi decorrente de outras adaptações obtidas com o exercício nórdico e, que a redução da força excêntrica poderia implicar no risco de lesão durante o período de destreinamento.

Lovell (2018) realizou, quinzenalmente, um estudo com 12 semanas de exercício nórdico em jogadores de futebol amador, antes ou depois do treinamento; tendo por objetivo avaliar a força excêntrica, ativação neural e adaptações da arquitetura muscular no bíceps femoral. O estudo teve a participação de 72 jogadores de futebol amador que estavam livres de qualquer lesão pelo período mínimo de 6 meses. Os jogadores foram alocados de maneira aleatória em 3 grupos, nos quais dois eram de caráter experimental e um grupo controle. Os dois grupos experimentais realizaram as 12 semanas de exercício nórdico; sendo um antes do treinamento (AT), logo após o aquecimento, e o outro depois do treinamento (DT). O grupo controle realizou somente exercícios estabilizadores de núcleo. O estudo mostrou que quando comparado ao grupo controle, houve um aprimoramento do pico de torque excêntrico dos isquiotibiais, e aumento da ativação do bíceps femoral durante contrações excêntricas máximas em toda a amplitude de movimento. Em ambos os grupos

experimentais, a espessura do bíceps femoral e o ângulo de penação, foram somente aumentados no grupo experimental (AT). O aumento de torque em comprimentos musculares longos, ocorreu exclusivamente no grupo experimental (DT). Isso pode indicar um aumento do comprimento do fascículo muscular podendo ser de grande relevância para a prevenção de lesões. Porém, vale ressaltar que os grupos experimentais e o grupo controle obtiveram uma baixa taxa de conformidade durante o estudo.

Petersen (2011) realizou um ensaio clínico randomizado com 50 equipes de futebol dinamarquês, profissionais e amadoras, a fim de testar a diminuição de incidência de lesões agudas e recorrentes nos isquiotibiais em uma temporada de futebol, a partir de um programa de treinamento de 10 semanas de exercícios nórdicos. Buscou analisar também, a amenização de tais lesões comparadas com nenhuma prática adicional de exercício de isquiotibiais. O programa de intervenção foi administrado durante um período de 12 meses com um total de 23 equipes no grupo intervenção, e 27 no grupo controle. O grupo intervenção realizou, em média, 27 sessões nas 10 semanas de treinamento. Após a intervenção, foi observada a incidência de 15 lesões no grupo de intervenção e 52 no grupo controle. Trata-se de uma redução da taxa de incidência de lesão de cerca de 60%, e uma redução de 85% na taxa de recorrência no grupo que realizou o exercício nórdico. Ademais, não obteve efeitos em relação à gravidade da lesão. A quantidade de lesões no período de 10 semanas de intervenção, foi semelhante entre os grupos. Entretanto, o grupo intervenção não aumentou o risco de lesão durante esse período, sugerindo a necessidade de completar um número de sessões de treinamento para obter os efeitos preventivos.

Seagrave (2014) avaliou os efeitos preventivos dos exercícios nórdicos sobre a incidência de lesões agudas dos isquiotibiais em jogadores de beisebol de nível profissional. O grupo de intervenção consistiu em 243 jogadores, e o grupo controle consistiu em 34. Os atletas do grupo intervenção foram orientados a realizarem os exercícios nos treinamentos diários durante toda a temporada. Dos 243 atletas participantes do grupo intervenção, somente 65 atingiram a conformidade de em média 3,5 repetições por semana durante a temporada (31,1% de conformidade). Ao final do estudo, a comparação entre o grupo de intervenção aderente e o grupo controle, demonstrou que o grupo de intervenção

apresentou menor número de lesões; e, ao comparar o grupo controle com o grupo intervenção não aderente, houve uma redução pouco significativa no número de lesões no grupo intervenção.

Van Der Horst (2015) investigou também, os efeitos do exercício nórdico na prevenção de lesão dos isquiotibiais em jogadores de futebol amador; no qual, foi instruído ao grupo intervenção a realização de 25 sessões de exercício nórdico durante as 13 semanas. No total, 32 equipes participaram do estudo sendo 16 do grupo de intervenção (n =292) e 16 equipes no grupo controle (n =287). Durante o período de coleta de dados, foram registradas 36 lesões de isquiotibiais, sendo 11 lesões no grupo intervenção e 25 no grupo controle; onde obteve-se 5 lesões no grupo intervenção e 7 no grupo controle que aconteceram durante o período de intervenção de 13 semanas. As lesões foram mais ocorrentes durante a aceleração, representando uma taxa de 53%. No final do período de intervenção não houve diferença significativa entre os grupos; porém, a taxa de lesão foi menor no grupo intervenção e após o período de intervenção, o grupo apresentou uma taxa de lesão significativamente menor que o grupo controle. No entanto, não obteve efeitos na redução da gravidade da lesão. A conformidade do grupo intervenção foi de 91% e a principal razão para a não realização do exercício foi a dor muscular de início tardio.

Perante o demonstrado pelos estudos então citados, é possível inferir que a implementação do exercício nórdico pode reduzir as taxas de incidência de lesões dos isquiotibiais, e que esse representa uma ação preventiva importante nas lesões recorrentes. Ademais, os estudos também sustentam que os efeitos preventivos são obtidos em sua totalidade a partir de um determinado número de sessões de exercício nórdico. Implicando que a aderência ao protocolo de intervenção é imprescindível, além de que a sua realização depois ou antes do treinamento tem efeitos positivos diferentes. Contudo, a utilização depois do treino poderia acarretar em um maior efeito preventivo considerando o mecanismo de lesão. A manutenção do exercício como profilaxia para novas lesões, também se mostrou de grande relevância; uma vez que, um dos estudos relatou que houve uma perda de 10% da força excêntrica dos isquiotibiais após um período de cessação do exercício. Dessa forma, a força excêntrica representa um fator de risco importante para as lesões dos isquiotibiais tornando-se necessária a manutenção de um protocolo de prevenção a longo prazo. É

importante salientar também que o exercício nórdico não apresentou efeitos na redução na gravidade da lesão. Os estudos que abordaram os efeitos nessa variável mostraram que não houve diferença entre os grupos de intervenção e grupo controle. (PETERSEN *et al.*, 2011; VAN DER HORST *et al.*, 2015)

Todavia, é necessário interpretar os resultados dos estudos explorados com uma certa cautela, visto que, em sua totalidade, o grupo controle não realizou nenhum tipo de intervenção específica para os isquiotibiais e dois desses estudos apresentaram uma baixa taxa de conformidade. (LOVELL *et al.*, 2018; SEAGRAVE *et al.*, 2014)

Esses estudos também observaram que um dos maiores empecilhos nos programas de prevenção com jogadores de futebol é a aderência ao exercício, pois há uma dificuldade em introduzir o exercício excêntrico no treinamento normal. Bahr, (2013) investigou o efeito de 8 semanas dos programas de exercício 11+ e *HarmoKnee* que tinham por finalidade prevenir lesões e poderiam ser aplicados como forma de aquecimento antes do treinamento; podendo assim, melhorar a adesão ao treinamento preventivo e reduzir a taxa de lesões. (DANESHJOO *et al.*, 2013)

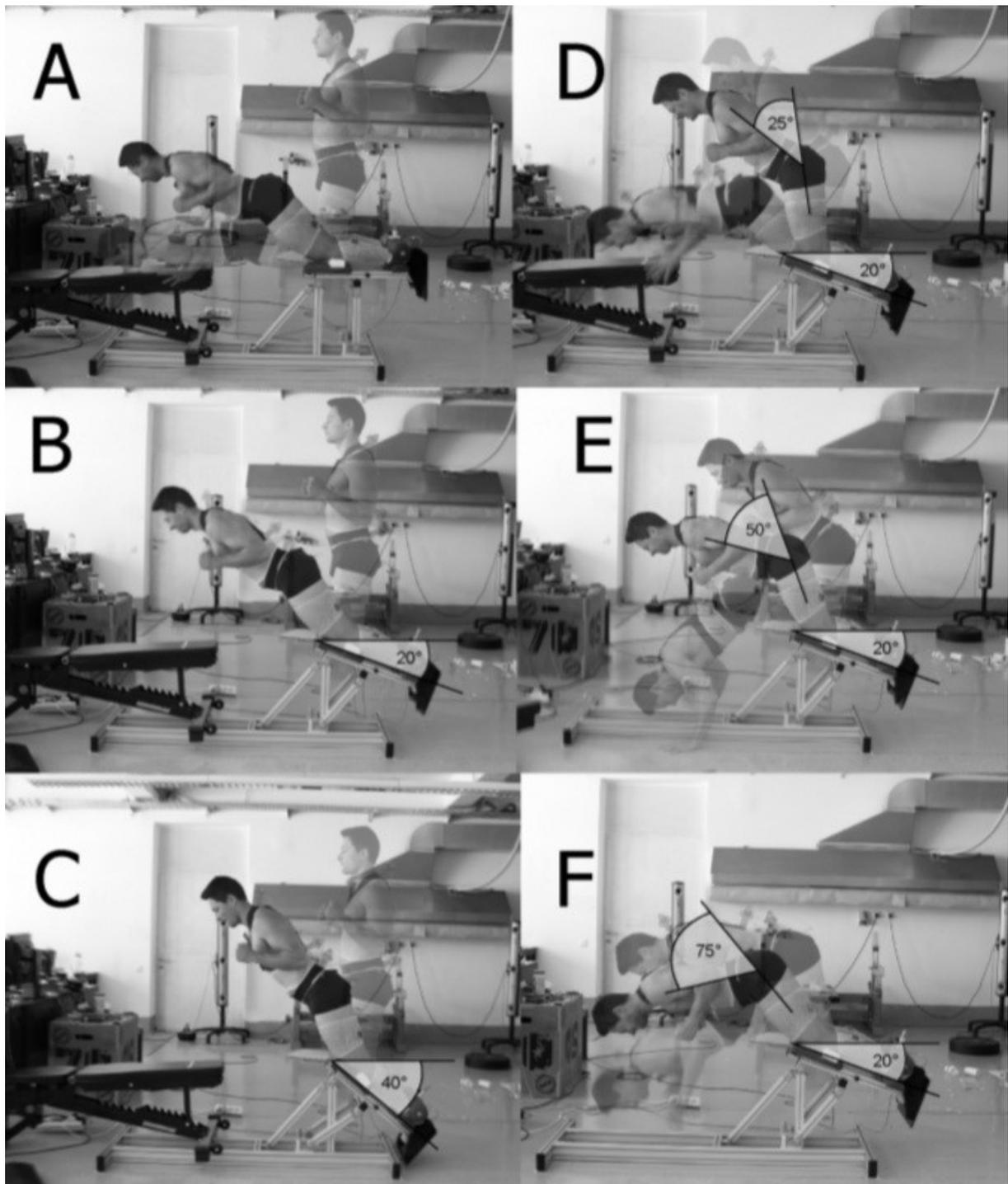
O programa 11+ consiste em três partes (27 exercícios). Onde a primeira parte inclui exercícios de corrida combinados com alongamentos ativos, seguido pela segunda parte com seis conjuntos diferentes de exercícios para desenvolver força, equilíbrio, controle muscular e estabilidade do núcleo. E por fim, a parte três que é composta por exercícios de corrida combinados com exercícios específicos do futebol. O programa *HarmoKnee* de prevenção de lesões inclui cinco partes iniciando com exercícios de aquecimento em baixas velocidades, seguidos de ativação muscular, equilíbrio, força e termina com os principais componentes da estabilidade. Os programas levam aproximadamente 20 a 25 minutos para serem concluídos e são realizados três vezes por semana como aquecimento antes de iniciar a prática regular. Os programas foram realizados em 24 sessões. O grupo de controle foi solicitado a continuar seu aquecimento regular e treinamento em todo o período de estudos.

Os achados do estudo mostraram que ambos os programas podem melhorar a força isométrica do quadríceps sendo a melhora mais pronunciada no programa *HarmoKnee*. Porém, em relação ao pico de torque dos isquiotibiais, o 11+ é relativamente mais eficaz em melhorar a força dos isquiotibiais em

comparação ao programa *HarmoKnee*; sendo perna dominante mais forte do que a perna não dominante. De acordo com esse estudo, o programa 11+ seria o mais indicado para a prevenção de lesões dos isquiotibiais, visto que esse mostrou uma melhora na força muscular em comparação ao programa *HarmoKnee*, tornando esta variável um fator de risco importante para lesão dos isquiotibiais.

Foi possível observar que a eficiência do exercício nórdico na lesão dos isquiotibiais tem uma robusta evidência na literatura, porém possui potenciais desvantagens. Uma das desvantagens seria a dificuldade de execução, devido à alta força exigida; essa faz com que somente atletas que possuem tal demanda consigam realizar o exercício com máxima eficiência, e com uma descida ativa e controlada até próximo a extensão do joelho. Com isso, o exercício realizado na forma em que foi padronizada, pode não ser a melhor opção de exercício para a prevenção (ŠARABON *et al.*, 2019). Tais autores estudaram a biomecânica das variações do exercício nórdico que foram atingidas com ajustes da inclinação do suporte da perna, e do ângulo da articulação do quadril. Segundo o estudo, existem alterações que poderiam atenuar as desvantagens do exercício nórdico padronizado, uma vez que as diferentes variações do exercício podem contribuir para otimizar as adaptações dos músculos isquiotibiais aumentando sua eficiência. A partir disso, o foco principal consistiu-se em avaliar as alterações nos picos de torque e ângulos do joelho e quadril, bem como o pico da atividade muscular em seis variações do exercício nórdico representado na figura 6. Com alterações do suporte da perna em: 0°, 20°, 40° e da flexão do quadril em: 0°, 25°, 50° e 75°, sendo mantida a inclinação de 20° do apoio da perna para todos os ângulos de flexão do quadril. É importante destacar que a quantidade de flexão do quadril referente às instruções do pesquisador não foi sustentada até o final da amplitude de movimento, principalmente nos ângulos de 50° e 75°.

Figura 14. Variações do exercício nórdico: A- 0° de inclinação do apoio de perna e instrução de flexão do quadril; B- 20° de inclinação do apoio de perna e instrução de flexão do quadril em 0°; C- 40° de inclinação de apoio de perna e instrução de flexão do quadril em 0°; D- 20° inclinação de apoio de perna e instrução de flexão de quadril em 25°; E- 20° de inclinação de apoio de perna e instrução de flexão de quadril em 50°; F- 20° de inclinação de apoio de perna e instrução de flexão de quadril em 75°.



Fonte: Šarabon et al., 2019

O resultado do estudo mostrou que modificar a inclinação do suporte da perna possibilitou a realização do movimento em uma maior amplitude. Logo, o pico de torque articular ocorreu nos últimos graus de extensão ativa do joelho, e todas as variações analisadas viabilizaram que o pico de torque no quadril e joelho

fossem atingidos em um maior comprimento dos isquiotibiais. As atividades musculares de todos os músculos medidos foram reduzidas consideravelmente em todas as variações, em comparação ao exercício nórdico padronizado. Em contrapartida, essa redução ocorreu concomitantemente com os maiores picos de torque do joelho e quadril. Esta ocorrência pode ser explicada devido à contribuição na geração de força dos elementos não contráteis em consequência do maior comprimento dos isquiotibiais.

Portanto, essas variações do exercício nórdico podem ser utilizadas com a finalidade de individualizar e otimizar as intervenções de força, condicionamento, prevenção e reabilitação de lesões, possibilitando realizar o exercício com maior eficiência, estabelecendo assim, uma progressão apropriada e inserindo indivíduos com dificuldade de executar o nórdico padrão por toda a amplitude de movimento. (ŠARABON *et al.*, 2019)

#### **3.6.4 Exercício isométrico**

Nos vários estudos abordados ao decorrer desta revisão, foi possível observar que o exercício excêntrico foi a principal medida de intervenção utilizada para a prevenção e reabilitação de lesões dos isquiotibiais, apresentando efeitos positivos em variáveis identificadas como fator de risco, força excêntrica dos isquiotibiais e comprimento do fascículo muscular.

No entanto, em 2016, Bas Van Hooren e Frans Bosch, realizaram uma revisão da literatura, dividida em duas partes, argumentando sobre o funcionamento dos isquiotibiais e questionando se realmente haveria uma ação excêntrica durante o mecanismo de lesão, respectivamente, e como isso implicaria nas estratégias de intervenção.

Na primeira parte da revisão, Van Hooren e Bosch (VAN HOOREN; BOSCH, 2017), discorreram que apesar de ocorrer um aumento na distância dos pontos de fixação da unidade miotendínea durante a fase de balanço tardio, não significava, necessariamente, que houvesse o alongamento da mesma e, portanto, não poderia ser interpretada como uma contração excêntrica. Através do estudo de modelagem musculoesquelética, confirmaram que o elemento contrátil (EC) correspondente ao fascículo muscular e o elemento elástico (EE), constituído por: tendões, aponeurose e outros tecidos conectivos, se

comportavam de forma diferente. Com isso, chegaram à conclusão de que com o aumento na distância entre os pontos de fixação da unidade miotendínea dos isquiotibiais ocorria inicialmente devido à ação do EC de forma passiva e quando as forças se tornavam mais altas, pouco antes contato com o solo, o EC atuaria isometricamente, podendo sofrer um encurtamento, enquanto o EE se estendia e se retraía posteriormente.

Outro fator que descaracterizaria a contração excêntrica, está relacionado à folga muscular. Essa pode ser definida pelo fato do alongamento da unidade miotendínea e do fascículo muscular ocorrerem em diferentes momentos. Ou seja, durante a fase de balanço, em um primeiro momento, ocorreria somente o alongamento do fascículo muscular de forma passiva para compensar tal folga apresentada pelo músculo e em cerca de 65% do ciclo da marcha o fascículo seria ativado, no entanto ainda não estaria produzindo força pois o a folga total ainda não teria sido compensada. Após compensar a folga muscular o fascículo estaria agindo de forma isométrica e assim, a partir desse momento, começaria um alongamento da unidade miotendínea com seu posterior recuo.

Na segunda parte da revisão, Van Hooren e Bosch (VAN HOOREN; BOSCH, 2017) argumentaram sobre o funcionamento dos isquiotibiais. Baseando-se na teoria dos sistemas dinâmicos com a suposição de que a função dos isquiotibiais seria semelhante à de um atrator durante a corrida de alta velocidade; ou seja, apresentava baixa variabilidade e alta estabilidade mantendo uma constante perante a variação do padrão motor, diferente dos flutuadores que possuem uma baixa estabilidade, e se adaptavam a diferentes tarefas e ambientes. Isso pode ser decorrente do fato dos isquiotibiais dificilmente alterarem o tempo de atividade durante a corrida, e as elevadas forças externas atuando sobre eles levando com que trabalhem em sua capacidade ótima; e, desse modo, provavelmente funcionando isometricamente, o que facilitaria o armazenamento e reutilização de energia elástica devido à propriedade de mola atribuída ao músculo.

Acredita-se que o exercício nórdico produza uma contração excêntrica condicionando o músculo à situação de tensão. No entanto, os autores confrontam essa afirmação devido à ausência de estudos que comprovem o real aumento do fascículo durante a realização do exercício. Uma vez que devido à folga muscular e ao funcionamento do elemento elástico, o músculo poderia

estar atuando predominantemente de forma isométrica; além disso, durante o exercício nórdico de isquiotibiais, alguns atletas realizam o exercício de modo que inclinam o tronco para frente, permanecendo na posição por tempo breve, tornando a ação muscular isométrica. Outro efeito atribuído ao treinamento excêntrico foi o aumento do comprimento do fascículo do bíceps femoral após o exercício. Porém, o aumento também foi encontrado após exercícios concêntricos e isométricos, podendo significar que o tipo de contração não é a causa direta do aumento do fascículo, mas sim de outras variáveis como a velocidade ou o comprimento no qual o músculo foi treinado.

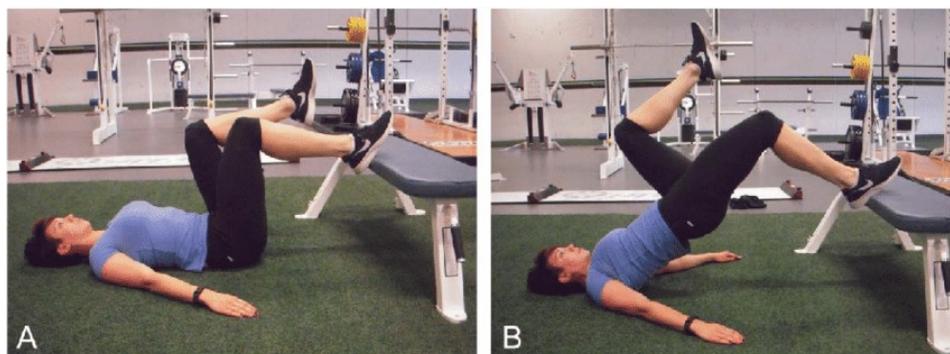
Nessa segunda parte da revisão, a execução do exercício nórdico é colocada em questão, posto que a forma de realização do exercício (extensão de quadril e flexão de joelho), não considera a natureza bi articular dos isquiotibiais. Sendo assim, este movimento pode ser considerado ineficiente em reproduzir as altas forças atuantes no músculo durante a corrida, causando sobrecarga muscular ao decorrer das articulações; além de que sua execução bilateral e uni articular abrangente somente na articulação do joelho pode gerar uma compensação do membro mais fraco impossibilitando-o de ser fortalecido de forma efetiva. Ademais, um estudo da atividade eletromiográfica (EMG) do exercício nórdico (ŠARABON *et al.*, 2019) mostrou que o músculo semitendinoso atingiu um maior pico de atividade EMG quando comparado ao bíceps femoral que é o músculo mais comumente lesado. Foi observado também que outros músculos sinergista dos isquiotibiais como glúteo máximo e gastrocnêmico, também estão ativados em conjunto em determinado momento da fase de balanço. No quesito treinamento, isso implicaria em um treinamento de ativação intermuscular dos músculos envolvidos e, otimizaria a condução de energia do quadril até o tornozelo durante a corrida sem sobrecarregar os isquiotibiais.

Outro fator citado na revisão como complicador para a realização do exercício excêntrico é a dor muscular de início tardio principalmente nas primeiras semanas de treinamento. Essa por sua vez, dificulta a adesão dos atletas ao exercício; contudo, tal efeito pode ser gerado em menor escala através do treinamento com o exercício isométrico, denotando uma melhora na adesão desses indivíduos.

Embasado nesta linha de argumentação na qual durante a fase de balanço da corrida em alta velocidade as fibras musculares dos isquiotibiais

permanecem predominantemente isométricas, Macdonald (MACDONALD *et al.*, 2018) realizou um estudo comparando os efeitos de 6 semanas de exercício nórdico e um exercício isométrico. A cadeira romana de perna única (figura 12) sustentada por 10 segundos na resistência dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol gaélico, sendo a avaliação pré e pós intervenção feita através da ponte de perna única (figura 11) do isquiotibial. Os resultados desse estudo em análise qualitativa sugeriram que a cadeira romana de perna única é capaz de gerar melhores adaptações quando comparado ao exercício nórdico, de forma efetiva.

Figura 15. Ponte de perna única. A – Posição inicial, onde o membro a ser testado se encontra apoiado no banco com uma flexão de 90° graus de joelho e quadril e a perna contralateral também é mantida com flexão de 90° graus de joelho e quadril, porém sem apoio; B – posição final, onde o membro testado realiza uma extensão de quadril mantendo a flexão de joelho à 90° graus e a perna contralateral mantém-se suspensa com flexão de 90° de quadril e joelho.



Fonte: Macdonald et al., 2019

Figura 16. Cadeira romana de perna única; posição é sustentada por 10 segundos.



Fonte: Macdonald et al., 2019

#### 4. DISCUSSÃO

Ao decorrer desta revisão narrativa, foram abordados estudos presentes na literatura publicados nos últimos 10 anos que apresentaram estratégias para o tratamento e reabilitação dos isquiotibiais com enfoque na prevenção de lesões e rápido retorno ao esporte. Na grande maioria dos estudos, o exercício excêntrico foi a principal intervenção discutida, sendo apoiada como tendo efeitos positivos nos aspectos de reabilitação e prevenção; porém, apesar disso, as incidências de lesões continuam aumentando.

O exercício nórdico isolado, foi o exercício excêntrico mais utilizado e evidenciado na literatura, principalmente como forma de prevenção, demonstrando uma redução na incidência e recorrência de lesão. Porém, é preciso interpretar estes resultados com cautela, visto que esses estudos apresentam algumas limitações importantes que podem adicionar um risco de viés, como o fato do grupo controle não realizar nenhum tipo de intervenção (LOVELL *et al.*, 2018; PETERSEN *et al.*, 2011; SEAGRAVE *et al.*, 2014; SIDDLE *et al.*, 2019; VAN DER HORST *et al.*, 2015). Sendo assim, o exercício nórdico não foi comparado à outra intervenção voltada especificamente para os isquiotibiais ou de mesma intensidade. A população estudada também pode vir

a interferir nos resultados, uma vez que alguns estudos utilizados para apoiar o uso do exercício nórdico, foram compostos por atletas de nível amador (LOVELL *et al.*, 2018; VAN DER HORST *et al.*, 2015); os quais provavelmente não possuíam um trabalho de condicionamento muscular prévio, ou seja, qualquer intervenção direcionada poderia ser capaz de reduzir as taxas de lesões. Em alguns estudos também foi observada a baixa taxa de adesão à intervenção, devido principalmente ao surgimento da dor muscular de início tardio causada pelo exercício excêntrico, podendo estar relacionada à incidência crescente (VAN DER HORST *et al.*, 2015); além de que, em um dos estudos, a continuidade do programa de exercício se mostrou de extrema importância visto que um curto período de cessação do treinamento foi capaz de reverter alguns dos ganhos obtidos. (SIDDLÉ *et al.*, 2019).

Outros autores têm direcionado seus estudos abordando o uso de protocolos incluindo diferentes exercícios excêntricos e até mesmo o nórdico. Os protocolos que abordaram esses exercícios principalmente em comprimentos musculares longos, mostraram uma redução no tempo de retorno ao esporte e redução das taxas de lesões. (ASKLING; TENGVAR; THORSTENSSON, 2013; TYLER *et al.*, 2017). Entretanto, esses benefícios não podem ser atribuídos exclusivamente ao excêntrico, pois outros exercícios foram usados em concomitância. Podemos evidenciar aqui entre esses exercícios, os que tinham um enfoque no controle neuromuscular e estabilização do tronco e da pelve, pois como foi observado no decorrer dessa revisão, a posição da pelve e sua instabilidade durante a corrida pode ter repercussões do pico de tensão muscular, deixando o músculo em desvantagem mecânica e suscetível a lesões (ERNLUND; VIEIRA, 2017). Logo, podemos observar que pode ser relevante dar atenção à musculatura sinergista dos isquiotibiais como o glúteo máximo e o gastrocnêmico, a fim de reduzir a sobrecarga e melhorar a transmissão de força e também à musculatura antagonista como o quadríceps e iliopsoas devido à desvantagem mecânica que foi mencionada; visto que, a causa da lesão é multifatorial e não somente intrínseca. (VAN HOOREN; BOSCH, 2017)

A persistência dos fatores de risco modificáveis mesmo após a reabilitação, contribui para o aumento das chances de reincidência. Atletas pós reabilitação podem estar retornando ao esporte com a persistência desses fatores e de forma precoce. Alguns estudos (ASKLING *et al.*, 2014; ASKLING;

TENGVAR; THORSTENSSON, 2013; TYLER *et al.*, 2017) abordaram critérios de retorno ao jogo que pode ser eficaz para predizer se o atleta está apto a voltar a prática com menores chances de ter uma reincidência. Em um desses protocolos o *Askling* H-test (ASKLING *et al.*, 2014; ASKLING; TENGVAR; THORSTENSSON, 2013) é abordado, o atleta livre de dor em todas as amplitudes de movimento e com boa força muscular excêntrica, é solicitado a realizá-lo antes do retorno ao esporte; porém, se ao realizar o teste apresentar algum tipo de desconforto ou insegurança, o tempo de reabilitação é prorrogado e o retorno ao esporte é adiado.

Em contrapartida, alguns estudos recentes sugeriram que o exercício isométrico de alta intensidade e em comprimentos musculares longos pode ser igualmente ou até mais eficaz que os exercícios excêntricos. Isso foi pressuposto baseado na premissa de que durante o mecanismo de lesão do tipo *Sprint*, o músculo se encontra em isometria não em contração excêntrica. Portanto, exercícios isométricos poderiam ser um treinamento mais específico. Essa premissa foi embasada considerando as diferentes formas de funcionamento entre o elemento contrátil, elemento elástico e a influência da folga muscular como foi abordado anteriormente nessa revisão. Esses fatores poderiam nos induzir a acreditar que uma contração excêntrica tem sido atribuída erroneamente ao momento da lesão, visto que não há estudos que analisaram se realmente ocorre um aumento do fascículo muscular durante a realização do exercício excêntrico (VAN HOOREN; BOSCH, 2017).

Com isso, a execução do exercício nórdico que é atribuído como sendo um exercício excêntrico, também deve ser observada. Durante a sua execução, alguns atletas realizam o exercício de forma que inclinam o tronco para frente sustentado a posição com os isquiotibiais o máximo possível, produzindo uma contração muscular isométrica. E, além disso, o exercício não é capaz de gerar uma sobrecarga em maior comprimento muscular visto que o quadril se encontra em extensão durante a sua execução (VAN HOOREN; BOSCH, 2017). Essa é uma variável que faz uma importante diferença no treinamento específico do músculo, pois durante o mecanismo de lesão, observamos a flexão do quadril e extensão do joelho. Um estudo que comparou a cadeira romana de perna única sustentada (MACDONALD *et al.*, 2018), como sendo um exercício isométrico, com o exercício nórdico observou que a cadeira romana foi mais eficaz em

melhorar o desempenho dos isquiotibiais na ponte de perna única do que o exercício nórdico. Esta poderia ser uma evidência inicial da superioridade do exercício isométrico, e apoiar que o mecanismo de lesão pode estar ocorrendo por deficiência de força Isométrica em comprimentos musculares longos e não por força excêntrica. Porém, é necessário interpretar com atenção esses dados, visto que não existem na literatura grandes evidências que apoiem a premissa de que esteja realmente ocorrendo uma contração isométrica no balanço tardio, ou que, a contração isométrica seja superior a contração excêntrica para o tratamento e reabilitação dos isquiotibiais.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou analisar os diferentes métodos de intervenção acerca da reabilitação e prevenção de lesões agudas dos isquiotibiais na população de atletas de diferentes modalidades. Foi possível observar que o exercício excêntrico é o método mais predominantemente abordado na literatura, através de estudos realizados com o exercício nórdico, que demonstraram resultados positivos reduzindo as taxas de incidência e reincidência de lesões. Todavia, estes resultados devem ser observados com cautela, visto que a maioria os estudos abordados nesta revisão não comparam o exercício excêntrico nórdico com outra intervenção. E, quando comparado de forma isolada, com a cadeira romana de perna única sustentada que é classificada como um exercício isométrico, se mostrou inferior em gerar melhores adaptações nos isquiotibiais. Pode-se assim sugerir, que o exercício isométrico pode se apresentar superior como exercício específico para os isquiotibiais quando comparado ao exercício excêntrico. Contudo, mais estudos comparando as duas intervenções seriam necessários; visto que, a literatura que aborda os efeitos dos mesmos neste tipo de lesão é limitada. Além disso, deve ser considerada a natureza multicausal da lesão aguda dos isquiotibiais; que como comentado anteriormente, não está somente ligada a fatores intrínsecos, mas também aos fatores extrínsecos como: controle neuromuscular da pelve e músculos sinergista durante o gesto esportivo. Isso implica que, além de um exercício eficaz direcionado para os isquiotibiais, é necessário dar atenção a

essas outras variáveis, e aos fatores de risco modificáveis, para que as chances de ocorrer uma lesão se torne mínima e atenuar os efeitos dos fatores de risco não modificáveis como o histórico prévio de lesão.

## REFERÊNCIAS

ALI, Kashif; LELAND, J. Martin. Hamstring Strains and Tears in the Athlete. **Clinics in Sports Medicine**, v. 31, n. 2, p. 263–272, 2012. DOI 10.1016/j.csm.2011.11.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2011.11.001>.

ASKLING, Carl M. *et al.* Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: A prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 7, p. 532–539, 2014a. DOI 10.1136/bjsports-2013-093214. .

ASKLING, Carl M; TENGVAR, Magnus; THORSTENSSON, Alf. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. 2013. .

BELTRAN, Luis *et al.* The proximal hamstring muscle-tendon-bone unit: A review of the normal anatomy, biomechanics, and pathophysiology. **European Journal of Radiology**, v. 81, n. 12, p. 3772–3779, 2012. DOI 10.1016/j.ejrad.2011.03.099. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.03.099>.

BRUKNER, Peter. Hamstring injuries: Prevention and treatment - An update. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 19, p. 1241–1244, 2015. DOI 10.1136/bjsports-2014-094427. .

BUNNEY, P. E., ZINK, A. N., HOLM, A. A., BILLINGTON, C. J., & KOTZ, C. M. Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. **Physiology & behavior**, v. 176, n. 3, p. 139–148, 2017. DOI 10.1016/j.physbeh.2017.03.040. .

CHARLTON, Paula C. *et al.* Knee flexion not hip extension strength is persistently reduced following hamstring strain injury in Australian Football athletes: Implications for Periodic Health Examinations. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 10, p. 999–1003, 2018a. DOI 10.1016/j.jsams.2018.03.014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.03.014>.

CHARLTON, Paula C. *et al.* Knee flexion strength is significantly reduced following competition in semi-professional Australian Rules football athletes: Implications for injury prevention programs. **Physical Therapy in Sport**, v. 31,

p. 9–14, 2018b. DOI 10.1016/j.ptsp.2018.01.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.01.001>.

CHU, Samuel K.; RHO, Monica E. Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. **Current Sports Medicine Reports**, v. 15, n. 3, p. 184–190, 2016. DOI 10.1249/jsr.0000000000000264. .

CROSS, Kevin M. *et al.* Comparison of hamstring strain injury rates between male and female intercollegiate soccer athletes. **American Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 4, p. 742–748, 2013. DOI 10.1177/0363546513475342. .

DANESHJOO, A. *et al.* The effects of injury prevention warm-up programmes on knee strength in male soccer players. **Biology of Sport**, v. 30, n. 4, p. 281–288, 2013. DOI 10.5604/20831862.1077554. .

ERICKSON, Lauren N.; SHERRY, Marc A. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. **Journal of Sport and Health Science**, v. 6, n. 3, p. 262–270, 2017. DOI 10.1016/j.jshs.2017.04.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>.

ERNLUND, Lucio; VIEIRA, Lucas de Almeida. Hamstring injuries: update article. **Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)**, v. 52, n. 4, p. 373–382, 2017. DOI 10.1016/j.rboe.2017.05.005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rboe.2017.05.005>.

JIMÉNEZ-RUBIO, Sergio *et al.* Validity of an on-field readaptation program following a hamstring injury in professional soccer. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 28, n. 6, p. 1–7, 2019. DOI 10.1123/jsr.2018-0203. .

KELLIS, Eleftherios. Intra- and Inter-Muscular Variations in Hamstring Architecture and Mechanics and Their Implications for Injury: A Narrative Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 10, p. 2271–2283, 2018. DOI 10.1007/s40279-018-0975-4. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0975-4>.

LEE, Justin W.Y. *et al.* 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. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 21, n. 8, p. 789–793, 2018. DOI 10.1016/j.jsams.2017.11.017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.11.017>.

LEE, Justin W.Y. *et al.* The reliability and validity of a video-based method for assessing hamstring strength in football players. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 15, n. 1, p. 18–21, 2017. DOI 10.1016/j.jesf.2017.04.001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jesf.2017.04.001>.

LIMA, Camila D. *et al.* Effects of Static Versus Ballistic Stretching on Hamstring:Quadriceps Strength Ratio and Jump Performance in Ballet Dancers and Resistance Trained Women. **Journal of dance medicine & science : official publication of the International Association for Dance Medicine & Science**, v. 22, n. 3, p. 160–167, 2018. DOI 10.12678/1089-313X.22.3.160. .

LOVELL, R. *et al.* Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 28, n. 2, p. 658–666, 2018. DOI 10.1111/sms.12925. .

MACDONALD, Ben *et al.* The single-leg Roman chair hold is more effective than the Nordic hamstring curl in improving hamstring strength-endurance in Gaelic footballers with previous hamstring injury. **Journal of Strength and Conditioning Research**, p. 1, 2018. DOI 10.1519/jsc.0000000000002526. .

MALLIAROPOULOS, Nikos *et al.* Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. **British Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 12, p. 846–851, 2012. DOI 10.1136/bjsports-2011-090474. .

NEUMANN, Donald A. **Kinesiology of the musculoskeletal system, 2nd edition**. [s.l.: s.n.], 2011.

OAKLEY, Aiden J.; JENNINGS, Jacob; BISHOP, Chris J. Holistic hamstring health: not just the Nordic hamstring exercise. **British journal of sports medicine**, v. 52, n. 13, p. 816–817, 2018. DOI 10.1136/bjsports-2016-097137. .

OPAR, David A.; WILLIAMS, Morgan D.; SHIELD, Anthony J. Hamstring strain injuries: Factors that Lead to injury and re-Injury. **Sports Medicine**, v. 42, n. 3, p. 209–226, 2012. DOI 10.2165/11594800-000000000-00000. .

PETERSEN, Jesper *et al.* Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in Men's soccer: A cluster-randomized controlled trial. **American Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 11, p. 2296–2303, 2011. DOI 10.1177/0363546511419277. .

RUBIN, David A. Imaging diagnosis and prognostication of hamstring injuries. **American Journal of Roentgenology**, v. 199, n. 3, p. 525–533, 2012. DOI 10.2214/AJR.12.8784. .

ŠARABON, Nejc *et al.* Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. **PLoS ONE**, v. 14, n. 10, p. 1–16, 2019. DOI 10.1371/journal.pone.0223437. .

SCHMITT, Brandon; TYLER, Tim. Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. v. 7, n. 3, p. 333–341, 2012. .

SEAGRAVE, Richard A. *et al.* Preventive effects of eccentric training on acute hamstring muscle injury in professional baseball. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 6, p. 1–7, 2014. DOI 10.1177/2325967114535351. .

SHERRY, Marc A.; JOHNSTON, Tyler S.; HEIDERSCHEIT, Bryan C. Rehabilitation of acute hamstring strain injuries. **Clinics in Sports Medicine**, v. 34, n. 2, p. 263–284, 2015. DOI 10.1016/j.csm.2014.12.009. .

SIDDLE, James *et al.* Acute adaptations and subsequent preservation of strength and speed measures following a Nordic hamstring curl intervention: a randomised controlled trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 8, p. 911–920, 2019. DOI 10.1080/02640414.2018.1535786. Disponível em:

<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535786>.

TYLER, Timothy F. *et al.* Rehabilitation after hamstring-strain injury emphasizing eccentric strengthening at long muscle lengths: Results of long-term follow-up. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 26, n. 2, p. 131–140, 2017. DOI 10.1123/jsr.2015-0099. .

VALLE, Xavier *et al.* Hamstring and other thigh injuries in children and young athletes. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 28, n. 12, p. 2630–2637, 2018. DOI 10.1111/sms.13282. .

VALLE, Xavier *et al.* Hamstring muscle injuries, a rehabilitation protocol purpose. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 4, p. 1–11, 2015. DOI 10.5812/asjasm.25411. .

VAN DE HOEF, Peter Alexander *et al.* Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? – A cluster-RCT. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 29, n. 4, p. 515–523, 2019. DOI 10.1111/sms.13353. .

VAN DE HOEF, S. *et al.* The preventive effect of the bounding exercise programme on hamstring injuries in amateur soccer players: The design of a randomized controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 18, n. 1, p. 1–8, 2017. DOI 10.1186/s12891-017-1716-9. .

VAN DER HORST, Nick *et al.* The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. **American Journal of Sports Medicine**, v. 43, n. 6, p. 1316–1323, 2015. DOI 10.1177/0363546515574057. .

VAN DYK, Nicol; BEHAN, Fearghal P.; WHITELEY, Rod. Including the Nordic hamstring exercise in injury prevention programmes halves the rate of hamstring injuries: A systematic review and meta-analysis of 8459 athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 21, p. 1362–1370, 2019. DOI 10.1136/bjsports-2018-100045. .

VAN HOOREN, Bas; BOSCH, Frans. Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 23, p. 2313–2321, 2017a. DOI 10.1080/02640414.2016.1266018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1266018>.

VAN HOOREN, Bas; BOSCH, Frans. Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? Part II: Implications for exercise. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 23, p. 2322–2333, 2017b. DOI 10.1080/02640414.2016.1266019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1266019>.