

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

Laura Alberti Zandavalli

**O DESEMPENHO DA FORÇA EXCÊNTRICA DE ISQUIOTIBIAIS
PRODUZIDA POR JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAIS DURANTE
O EXERCÍCIO NÓRDICO NO INÍCIO DA PRÉ-TEMPORADA E NO INÍCIO DA
TEMPORADA COMPETITIVA**

Porto Alegre

2023

Laura Alberti Zandavalli

**O DESEMPENHO DA FORÇA EXCÊNTRICA DE ISQUIOTIBIAIS
PRODUZIDA POR JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAIS DURANTE
O EXERCÍCIO NÓRDICO NO INÍCIO DA PRÉ-TEMPORADA E NO INÍCIO DA
TEMPORADA COMPETITIVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador Professor PhD Eduardo Lusa Cadore

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Zandavalli, Laura Alberti

O desempenho da força excêntrica de isquiotibiais produzida por jogadores de futebol profissionais durante o exercício nórdico no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva / Laura Alberti Zandavalli. -- 2023.

70 f.

Orientador: Eduardo Lusa Cadore.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. futebol. 2. força excêntrica. 3. treinamento. I. Cadore, Eduardo Lusa, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe Elizabet e ao meu pai Valmir por todo suporte ao longo da minha vida, por estarem sempre junto comigo e por mais uma vez não medirem esforços para que eu pudesse sair do interior do Rio Grande do Sul e estudar na capital, apesar de todas as dificuldades encontradas não desistiram. Minha mãe é minha maior referência e saber que ela continua estudando me motiva ainda mais para nunca parar de aprender.

Gratidão imensa ao professor e meu orientador Eduardo Lusa Cadore por permitir que meu sonho se tornasse realidade, pelas oportunidades, pelos aprendizados, por acreditar em mim e fazer com que esses dois anos fossem os mais brilhantes ao longo da minha formação acadêmica. É um honra e satisfação poder ser tua orientanda, além de ser um ótimo profissional é uma excelente pessoa.

Agradeço ao Rafael Grazioli, colega, pesquisador, professor e amigo, e que tem um coração gigante. Obrigada por ser minha referência. Faltam palavras para te agradecer por toda ajuda e aprendizado. Obrigada por ter aceitado esse desafio e por me incentivar sempre.

Aos professores Eduardo Lusa Cadore e Rafael Grazioli espero que a nossa parceria siga por muito tempo e cada vez se fortaleça ainda mais.

Além disso, gratidão a todas pessoas e instituições que contribuíram para que este trabalho acontecesse, segue:

Aos meus amigos Rodrigo Neske e Helder Rodrigues por todo apoio, compreensão e por fazerem os momentos no laboratório e no grupo se tornarem descontraídos e ao mesmo tempo de muito estudo. Com certeza sem a ajuda de vocês seria mais complicado.

A todo grupo de pesquisa que tornou possível a realização desse trabalho, Felipe Veeck, Gabriel Oliveira e Felipe Xavier. Aos professores Ronei Silveira Pinto e Bruno Manfredini Baroni por todas contribuições e apoio durante esse tempo. É muito gratificante poder contar com vocês.

A professora Cláudia Silveira Lima por todo o auxílio durante a minha trajetória na UFRGS, por despertar em mim o senso crítico e a paixão pela pesquisa e docência. Obrigada por estar sempre me apoiando.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, especialmente a Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança e ao Programa de Pós-Graduação Ciências do Movimento Humano por toda acolhida, pelo orgulho de pertencimento, pelo carinho e pelo comprometimento de todos funcionários. Que esses quase 8 anos possam ser somente o início dessa linda caminhada.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelos recursos disponibilizados e pela valorização da ciência.

RESUMO

O futebol sofreu transformações nos últimos anos, principalmente com o aumento da distância percorrida em alta velocidade, acelerações e desacelerações. Além disso, o aumento da carga de trabalho e das partidas também foi perceptível, o que tornou o calendário de jogos congestionado e um tempo de recuperação insuficiente aos atletas. Conseqüentemente, o acúmulo de fadiga pode resultar em alteração na força muscular excêntrica de isquiotibiais gerando prejuízo no desempenho e elevando o risco de lesão, já que essa musculatura é uma das mais utilizadas durante a prática esportiva. Entretanto, também pode se esperar aumentos nos níveis de força, especialmente, quando são incluídos protocolos específicos, como por exemplo o uso do exercício nórdico. A partir disso o objetivo do presente estudo é descrever e comparar o desempenho da força excêntrica de isquiotibiais em jogadores de futebol no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva em um time profissional, com o intuito de verificar se a mesma sofre variação. Foram incluídos 20 atletas profissionais de futebol que disputam competições nacionais e que foram avaliados por dois momentos, o primeiro no início da pré-temporada e o segundo no início da temporada competitiva (8 semanas após a primeira avaliação). A avaliação da força excêntrica de isquiotibiais ocorreu durante o Exercício Nórdico em um dispositivo personalizado, que utiliza células de carga com transferência simultânea de dados via bluetooth. Para a análise estatística foi utilizado teste de Shapiro Wilk para normalidade e teste T para amostras pareadas e o nível de significância adotado foi de 0,05. Os atletas avaliados tiveram idade de $25,9 \pm 5,4$ anos, estatura $179,2 \pm 8,4$ centímetros, massa corporal $79,6 \pm 9,9$ quilogramas. No início da temporada competitiva os jogadores apresentaram redução da força absoluta ($p=0,014$; tamanho de efeito $-0,41$; variação percentual $-6,0 \pm 11,3$) e da força relativa ($p = 0,04$; tamanho de efeito $-0,51$; variação percentual de $-5,3 \pm 12,1$), mantendo constante a massa corporal ($p=0,700$; tamanho de efeito $-0,02$). Em conclusão, a força muscular excêntrica de isquiotibiais dos jogadores de futebol medida durante o Exercício Nórdico apresenta queda após 8 semanas do início da pré-temporada, podendo ser consequência do excesso de carga de trabalho e do acúmulo da fadiga residual, que pode induzir maiores alterações bioquímicas como danos musculares e alterações no desempenho do jogo, além de exacerbar o risco de lesão.

Palavras-chave: força excêntrica; fadiga; futebol; treinamento.

ABSTRACT

Football has undergone transformations in recent years, mainly with the increase in the distance covered at high speed, accelerations and decelerations. In addition, the increase in workload and matches was also noticeable, which made the game schedule congested and athletes had insufficient recovery time. Consequently, the accumulation of fatigue can result in changes in hamstring eccentric muscle strength, impairing performance and increasing the risk of injury, since this musculature is one of the most used during sports practice. However, increases in strength levels can also be expected, especially when specific protocols are included, such as the use of Nordic exercise. From this, the objective of the present study is to describe and compare the performance of eccentric hamstring strength in soccer players at the start of the pre-season and at the start of the competitive season in professional team, in order to verify if it suffers variation. We included 20 professional football athletes who compete in national competitions and who were evaluated in two moments, the first at the beginning of the pre-season and the second at the beginning of the competitive season (8 weeks after the first assessment). The assessment of eccentric hamstring strength occurred during Nordic Exercise on a customized device, which uses load cells with simultaneous data transfer via bluetooth. For the statistical analysis, the Shapiro Wilk test was used for normality and the T test for paired samples and the significance level adopted was 0.05. The evaluated athletes were aged 25.9 ± 5.4 years, stature 179.2 ± 8.4 centimeters, body mass 79.6 ± 9.9 kilograms. At the beginning of the competitive season the players presented reduction in absolute strength ($p=0.014$; effect size $-0,41$; percentage change 6.0 ± 11.3) and relative strength ($p = 0.04$; effect size $-0,51$; percentage change in -5.3 ± 12.1), keeping body mass constant ($p=0.700$; effect size $-0,02$). In conclusion, the eccentric muscle strength of the hamstrings of soccer players measured during Nordic Exercise suffers decrease a after 8 weeks of the first assessment, which may be a consequence of the excess of workload and the accumulation of residual fatigue that can induce greater biochemical changes such as damage muscles and changes in game performance, in addition to exacerbating the risk of injury.

Keywords: eccentric strength; fatigue; football; training.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Desenho experimental do estudo: realização de duas avaliações durante o ano (início da pré-temporada e início da temporada competitiva.....38
- Figura 2** Exercício Nórdico de Isquiotibiais.....40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Força Excêntrica absoluta e relativa de isquiotibiais no início - da pré temporada e no início da temporada competitiva.....	41
Tabela 2 Variações individuais da Força Excêntrica Absoluta.....	41
Tabela 3 Massa Corporal no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADP	Adenosina Difosfato
ATP	Adenosina Trifosfato
cm	Centímetros
CMJ	Salto com Contramovimento
DP	Desvio-padrão
ES	Tamanho de efeito
FIFA 11+	Programa de Exercícios criados pela Federação Internacional de Futebol
GPS	Sistema de Posicionamento Global
h	Horas
HSI	Lesão por estiramento de Isquiotibiais
IC	Intervalo de Confiança
kcal	Quilocalorias
kg	Quilogramas
km	Quilômetros
ml	Militro
min	Minutos
N	Newton
NHE	Exercício Nórdico de Isquiotibiais
P	Probabilidade de significância
SNC	Sistema Nervoso Central
SPSS	Software “Statistical Package for the Social Sciences”
Vs	Versus
VO _{2max}	Volume Máximo de Oxigênio
Δ%	Variação Percentual
ΔN	Variação em Newton

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	OBJETIVO GERAL.....	11
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1	DETERMINANTES DO DESEMPENHO DO FUTEBOL.....	12
3.2	EXCESSO DE JOGOS, FADIGA RESIDUAL E DESEMPENHO NEUROMUSCULAR.....	14
3.2.1	Estratégias de Recuperação.....	18
3.3	CONTRAÇÃO E TREINAMENTO EXCÊNTRICO.....	19
3.4	LESÃO MUSCULAR DE ISQUIOTIBIAL.....	24
3.4.1	Lesão Muscular de Isquiotibial vs Força Muscular excêntrica de isquiotibial.....	27
3.5	APLICAÇÕES DO EXERCÍCIO NÓRDICO NO FUTEBOL.....	29
3.5.1	Efeitos do exercício Nórdico na força muscular de isquiotibiais.....	30
3.5.2	Exercício Nórdico e a arquitetura muscular.....	33
3.5.3	Exercício Nórdico e a prevenção de lesões musculares.....	34
3.5.4	Efeitos do exercício Nórdico no desempenho de sprint.....	36
4	MÉTODOS.....	37
4.1	DESENHO DO ESTUDO.....	37
4.2	PARTICIPANTES.....	38
4.3	PROCEDIMENTO DE COLETA.....	38
4.3.1	Avaliação de Força Excêntrica de isquiotibiais.....	38
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
5	RESULTADOS.....	41
6	DISCUSSÃO.....	42
7	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

O futebol é o esporte mais popular e praticado do mundo (WAHL, 1997; CORRÊA et al., 2002), ele sofreu transformações nos últimos anos o que possibilitou um tempo menor de contato com a bola, taxa de passes aumentados, transições mais rápidas, maiores acelerações e *sprints* com mudanças de direções ao longo da partida (WALLACE e NORTON 2014; DELLAL et al., 2011; ALTMANN et al., 2019). Além disso, houve aumento na quantidade de jogos ao longo da temporada, tornando o calendário congestionado com pouco tempo de recuperação para o atleta entre uma partida e outra (MOHR et al., 2016; EKSTRAND, WALDÉN, HÄGGLUND 2004).

Os atletas podem participar de 40-80 jogos durante uma temporada podendo ocorrer três jogos por semana durante vários períodos (MOHR et al., 2016; EKSTRAND, WALDÉN, HÄGGLUND 2004), ademais tendo um aumento na carga, tempo de treinos (NASSIS et al. 2020), o que influencia diretamente no número de lesões (BENGTSSON et al., 2018) e no desempenho (FERRAZ, VAN DEN TILLAR, MARQUES, 2012). Um efeito inevitável do excesso de partidas e da sobrecarga imposta aos atletas é a fadiga acumulada (THOMAS et al. 2018; NEDELEC et al. 2012).

Pesquisas anteriores relatam que a presença da fadiga neuromuscular pode gerar uma redução progressiva da força muscular (RAHNAMA et al., 2003; GREIG e SIEGLER 2009), declínios esses que podem se manter por vários dias, influenciando na sequência de jogos e campeonatos (BROWNSTEIN et al., 2017). Sabe-se que a força muscular, especialmente a força excêntrica de isquiotibiais, tem papel fundamental na performance de atletas de futebol, especialmente durante a corrida (CARLSON, 2008; VAN DE HOEF et al., 2019 e MONAJATI et al. 2017) e ela está presente nas principais demandas do esporte. Além disso, esse tipo de contração requer menor ativação de unidades motoras para uma mesma carga externa e utiliza menos consumo de oxigênio durante o trabalho muscular (ABBOTT, BIGLAND, RITCHIE, 1952; HUXLEY, 1957).

Estudos veem sugerindo que níveis baixos de força excêntrica de isquiotibiais no início da pré-temporada tem sido associado a risco elevado de ter lesões musculares futuras (OPAR et al., 2015; TIMMINS et al. 2016). Por isso manter bons valores no início da pré-temporada é primordial para a prevenção de lesão;

É de conhecimento que após uma partida de futebol ocorre uma queda imediata na força excêntrica de isquiotibiais e que em alguns atletas 72 horas após a partida não são suficientes para a recuperação (BUENO et al. 2021). Em outro estudo recente (CLANCY, GLEESON, MERCER, 2022) que avaliou semanalmente por um período de 6 semanas o desempenho neuromuscular de jogadores profissionais de futebol foram encontradas variações significativas na força muscular isométrica de extensores de joelho, demonstrando que a mesma não se mantém constante e que é influenciada pela carga de trabalho imposta. O que se presume é que, dependendo do período avaliado e da periodização de cargas, ela pode variar e representar risco aumentado de lesão (OPAR et al., 2015).

Entretanto, ao mesmo tempo em que a força pode sofrer declínios causados pela sobrecarga imposta e vir a gerar lesões, ela pode ter aumentos influenciados por treinamentos específicos, como por exemplo o exercício nórdico de isquiotibiais (MJØLSNES et al., 2004; CLARK et al., 2005) que já é um exercício amplamente utilizado por clubes de futebol com o objetivo de aumento de força excêntrica de flexores do joelho e também de prevenção de lesões (EKSTRAND et al., 2022; PETERSEN et al., 2011; PRESLAND et al., 2018).

Visto isso, a literatura deixa evidente que o monitoramento de treinamentos e sessões semanais é fundamental para entender as variações de demandas ao longo do período (CLEMENTE et al., 2019). A avaliação da força excêntrica nas equipes de futebol ao longo da temporada tem sido primordial e recorrente para o acompanhamento, prescrição das cargas de trabalho e a correta periodização dos treinos, pois através desse acompanhamento é possível evitar sobrecargas desnecessárias e da mesma maneira evitar lesões futuras (DE OLIVEIRA et al. 2020; TIMMINS et al. 2016; VICENS-BORDAS et al.

2020; OPAR et al. 2015). Entretanto, devido a sua importância na performance dos atletas, ainda não está claro qual o real desempenho da força em diferentes momentos da temporada competitiva e se a mesma sofre alteração e influência de acordo com a carga trabalhada a longo prazo.

No entanto, mesmo com a realização disseminada das avaliações de força excêntrica e a sua evidente relevância ainda se encontram limitações nos estudos. De maneira que não encontramos estudos que avaliam o desempenho da força excêntrica de isquiotibiais em diferentes momentos da temporada competitiva, após uma sequência de jogos e de treinos, o que é mais encontrado são estudos que avaliam uma única vez ao longo da temporada, especialmente na pré-temporada (TIMMINS et al., 2016; VICENS-BORDAS et al., 2020; VAN DYK et al., 2017; BAKKEN et al., 2018). Entendemos que avaliar apenas uma única vez pode não evidenciar as reais condições de desempenho, já que conforme exposto acima se presume que a força sofre variações ao longo da sequência de treinos e jogos, conforme o avançar do calendário competitivo.

Por todos esses aspectos, esse estudo tenta buscar as condições da força muscular em diferentes momentos e assim poder entender qual o comportamento que ela apresenta no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva. Os resultados encontrados no presente estudo irão servir para melhorar a periodização de treinos, a fim de garantir a recuperação completa dos atletas, sem uma exposição inadequada. Portanto, baseando-se na carência de estudos nessa temática, o presente estudo possui o objetivo a seguir:

2 OBJETIVO GERAL

Descrever e comparar o desempenho da força excêntrica de isquiotibiais produzida por jogadores de futebol profissionais durante o Exercício Nórdico no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva (oito semanas após o início da pré-temporada).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar e comparar ao início da pré-temporada e no início da temporada competitiva (8 semanas após o início da pré-temporada):

- A força absoluta excêntrica de isquiotibiais durante o Exercício Nórdico.
- A força relativa excêntrica de isquiotibiais durante o Exercício Nórdico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DETERMINANTES DO DESEMPENHO DO FUTEBOL

O futebol é o esporte mais popular e praticado do mundo e cada vez mais ganha adeptos, aumentando o interesse das pessoas e também da mídia (WAHL, 1997; CORRÊA et al. 2002). Aproximadamente 240 milhões de pessoas jogam regularmente em mais de 200 países (MAFFULLI e CAINE, 2005). O esporte sofreu mudanças nos últimos anos o que possibilitou um tempo menor de contato com a bola, taxa de passes aumentados, transições mais rápidas, maiores acelerações e *sprints* com mudanças de direções ao longo da partida (WALLACE e NORTON 2014; DELLAL et al., 2011; ALTMANN et al., 2019).

Assim, estima-se que aproximadamente 80-90% do desempenho é gasto em atividade de baixa a moderada intensidade, ou seja, com metabolismo aeróbio (BANGSBO, 1994) enquanto os 10-20% do desempenho é gasto com atividades de alta intensidade, metabolismo anaeróbio, como *sprints* (RIENZI et al., 2000; BANGSBO, IAIA, KRUSTRUP, 2007). Dessa forma Rankovic et al., (2010) investigaram o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) em jogadores de futebol, o que resultou em 51,70 ml/kg/min, porém não deixando claro qual categoria esses jogadores jogavam, valor esse maior do que quando comparados com outros esportes, como o vôlei. Da mesma maneira Wisloff, Helgerud, Hoff (1998) obtiveram como média no $VO_{2máx}$ de 63,7 ml/kg/min em média em jogadores noruegueses de futebol de elite. Dados esses os quais enfatizam a importância e a dependência da capacidade aeróbica para jogar futebol (DI GIMINIANI, VISCA, 2017). Além disso, já se sabe que existe uma forte correlação entre o treinamento intervalado aeróbio de alta intensidade e o desempenho dos atletas em campo, assim ao treinar dessa maneira pode se

encontrar melhores resultados no aumento da distância percorrida, no número de sprints, no tempo de permanência com bola, na altura do salto contramovimento (CMJ) e também nas demandas fisiológicas como aumento do $VO_{2\text{máx}}$ médio e no aumento do limiar de lactato (HELGERUD et al., 2001; HELGERUD et al., 2007; MCMILLAN et al. 2005).

Em relação ao tipo e composição de fibra muscular de jogadores de futebol Kuzon et al., (1990) perceberam que em atletas ocorre uma maior oferta capilar, por exemplo, há um maior número de capilares em torno de cada fibra muscular do vasto lateral do que em relação a não atletas. A partir disso é possível concluir que a prática do futebol pode levar a adaptações associadas ao metabolismo aeróbico.

Além disso, no estudo de Bloomfield, Polman e O'Donoghue (2007) viu-se que os jogadores realizam 726 ± 203 trocas de direções durante a partida e destes 609 ± 193 são para esquerda ou direita. Outro fator interessante é que em média um jogador percorre 10,3km de distância por partida, dependendo da posição em que atua (MODRIC et al., 2019). Além de que jovens jogadores de futebol realizam aproximadamente 10-15 segundos de sprint (5, 10 e 20 metros) a cada 90 segundos de jogo (STOLEN et al., 2005) com a média da velocidade máxima alcançada de 30km/h (OLIVA-LOZANO et al., 2020; RAMPININI et al. 2007). A partir dessas características pode-se perceber que o futebol é esporte acíclico, intermitente e de imprevisibilidade (BLOOMFIELD, POLMAN, O'DONOGHUE, 2007).

Já ao observarmos os aspectos relacionados à composição corporal e gasto energético é possível estimar aproximadamente 1106 kcal de gasto energético médio para uma partida de futebol (OSGNACH et al., 2010). Sutton et al. (2009) avaliaram 64 jogadores profissionais de futebol da Premier League inglesa e constataram que a composição corporal acaba sendo diferente de uma posição de jogo para outra e que a etnia também pode influenciar, sendo que jogadores não caucasianos demonstraram um perfil de gordura corporal de aproximadamente 9,2% e jogadores caucasianos de aproximadamente 10,7%. Além disso, a massa gorda sofre variações ao longo da temporada diminuindo

na metade e no final da temporada, possivelmente pela mudança do tipo de treinamento imposto aos jogadores de futebol (MILANESE et al., 2015).

A preparação física no futebol requer o entendimento a respeito da carga de treinamento, já que essa tem efeito direto no desempenho dos atletas durante as partidas. A carga de treinamento pode ser dividida em carga interna e carga externa (IMPELLIZERI, MARCORA, COUTTS 2019; CLEMENTE et al., 2019). A carga externa pode ser definida como demandas físicas impostas durante sessões de treinamento ou partidas (CLEMENTE et al., 2019; GHOLIZADEH et al., 2022) e podem ser monitoradas através de sistemas de rastreamento de posicionamento global (GPS), sistemas microeletrônicos e sistemas computadorizados (CASAMICHANA et al. 2013; TEIXEIRA et al., 2021). As medidas mais comuns de carga externa são velocidade, aceleração e desaceleração (MIGUEL et al., 2021; BOURDON et al., 2017). A carga interna refere-se ao estresse fisiológico e psicológico que é possível avaliar por meio de instrumentos subjetivos e objetivos. As principais medidas analisadas são frequência cardíaca, esforço percebido e lactato sanguíneo (BOURDON et al., 2017). O monitoramento das cargas permite identificar as consequências dos treinamentos, analisar individualmente os jogadores e aplicar a melhor estratégia para a recuperação (BRINK et al., 2010; NOBARI et al., 2022). E é por meio desses instrumentos que podemos analisar diretamente a fadiga imposta pelos treinamentos e jogos, a qual será abordada especificamente a seguir.

3.2 EXCESSO DE JOGOS, FADIGA RESIDUAL E DESEMPENHO NEUROMUSCULAR

Os atletas podem participar de 40-80 jogos durante uma temporada e acaba sendo normal ocorrer três jogos por semana durante vários períodos (MOHR et al., 2015; EKSTRAND, WALDÉN, HÄGGLUND 2004), conseqüentemente tendo um aumento na carga, tempo de treinos (NASSIS et al. 2020), influenciando também no número de lesões (BENGTSSON et al., 2018) e no desempenho (FERRAZ, VAN DEN TILLAR, MARQUES, 2012). Uma consequência inevitável do excesso de partidas é a fadiga, definida como sintoma de cansaço ou fraqueza, sustentada por uma complexidade de

processos (THOMAS et al. 2018), que acaba gerando uma diminuição no desempenho muscular associado a atividade muscular (NEDELEC et al. 2012).

A maior parte dos clubes de grande porte possuem diversos jogadores habilidosos, o que permite que ocorra uma rotatividade entre os atletas. No entanto, ao chegar próximo do final da temporada as equipes querem utilizar os melhores jogadores (EKSTRAND, WALDÉN, HÄGGLUND 2004), deixando o tempo de descanso insuficiente para recuperação da homeostase dos atletas (ANDERSSON et al., 2008).

Os efeitos das partidas podem causar alterações de maneira aguda (menos de 3 horas após o jogo) de origem metabólica (LAYZER, 1990), tanto como residual de origem neuromuscular, caracterizado por um declínio no desempenho físico nas horas e dias seguintes (ISPIRLIDIS et al.2008), ou seja, uma recuperação inadequada de repetidas exposições a carga (MARQUEZ-JIMENES et al., 2017), com envolvimento de aspectos centrais e periféricos.

Uma das maneiras mais utilizadas, validada e confiável, para avaliar e medir a fadiga neuromuscular em jogadores de futebol após as partidas é através da realização é o teste de salto contramovimento (CMJ) (ANDERSSON et al., 2008; GARRETT et al., 2020; AKYILDIZ et al. 2022), pois nele ocorre uma combinação de movimentos do ciclo encurtamento-alongamento, que podem ter relação direta com a fadiga neuromuscular (ROBINEAU et al. 2012). Indo ao encontro Akyildiz et al. (2022) demonstraram que a altura alcançada no teste de CMJ em 24horas e 48horas após a partida foram menores do que a altura pré-jogo. Assim acredita-se que a fadiga afeta a capacidade de aceleração do músculo durante o salto, que por sua vez causa diminuição na velocidade de contração muscular (AKYILDIZ et al. 2022).

A fadiga pode refletir em alterações neuromecânicas, perturbações no meio bioquímico e no estado psicométrico (HADER et al., 2019). Além de que, na medida em que o exercício continua sendo realizado as habilidades motoras se deterioram resultando em menor precisão e velocidade na execução dos gestos (FINSTERER e DRORY 2016). Embora uma revisão sistemática com metanálise (JULIAN, PAGE, HARPER, 2021) recente não encontrou redução na

distância total percorrida após sucessivos jogos, é importante reiterar que o comprometimento tático também pode ser comprometido (FOLGADO et al. 2015)., visto que frequentemente há pouco tempo para treinar entre um jogo e outro e assim tem menos oportunidade de as equipes treinarem juntas e melhorar o comportamento tático, ocorrendo de muitas vezes os atletas não conseguirem processar informações complexas, apresentando comportamentos menos sincronizados, devido a fadiga mental induzida pela partida (JULIAN, PAGE, HARPER, 2021; NEDELÉC et al. 2012; RUSSEL et al. 2019; FOLGADO et al. 2015).

Sabe-se que o tempo inadequado para descanso e regeneração entre as partidas pode expor os jogadores ao risco de treinar e competir enquanto não estão totalmente recuperados podendo levar a lesões (CARLING et al., 2018). Além disso, elas podem ser resultantes do aumento de demandas, levando a longos períodos de fadiga residual (SILVA et al., 2018).

O futebol é um esporte com atividade muscular de consumo de glicogênio e o mesmo está diretamente ligado com a fadiga pós jogo e entre os jogos. A queda no glicogênio causada pela alta intensidade do exercício afeta de maneira negativa o mecanismo muscular de contração-excitação, a propagação do potencial de ação, a ação do cálcio e a redução de ácido adenosintrifósforico (ATP), conseqüentemente aumentando o difosfato de adenosina (ADP) inibindo assim as ATPs de cálcio e sódio, fatores esses que provocariam dessa maneira a fadiga muscular (MOHR, VIGH-LARSEN, KRUSTUP, 2022; VISSING, HALLER 2012).

Sugere-se também que após as partidas de futebol se encontrem prejuízos na capacidade do Sistema Nervoso Central (SNC) e que eles levam tempo para serem resolvidos. Após partidas de futebol se encontrou decréscimos na ativação voluntária que permaneceu por horas, mantendo assim a fadiga (BROWNSTEIN et al. 2017). Podendo ser explicado pela elevação na concentração de citocinas cerebrais após o exercício excêntrico e que podem modular a recuperação do prejuízo no SNC (GOODALL et al. 2016).

Mais recentemente Bueno et al., (2021) demonstraram que após o jogo de futebol ocorre uma queda imediata na força excêntrica de isquiotibiais e que em alguns atletas 72 horas após a partida não foram suficientes para a recuperação. O que vai ao encontro da revisão sistemática e metanálise de Silva et al., (2018) que demonstra que o jogo de futebol provavelmente induz maiores magnitudes de alterações bioquímicas como danos musculares e também alterações no desempenho físico. Os níveis de lactato no sangue também acabam sofrendo uma diminuição após os 45 minutos iniciais da partida de futebol, concomitante com a diminuição do número de acelerações e de sprints (HARPER, CARLING e KIELY et al. 2019), o que dessa maneira pode acabar interferindo no desempenho de alta intensidade (HWANG et al., 2022; KRUSTRUP et al., 2006).

Em outro estudo recente (CLANCY, GLEESON, MERCER, 2022) que avaliou semanalmente por um período de 6 semanas o desempenho neuromuscular de jogadores profissionais de futebol foi encontrado variações significativas na força muscular isométrica de extensor de joelho, demonstrando que a mesma não se mantém constante e que são influenciadas pela carga de trabalho imposta.

Outro fator importante, é que se constata que a maioria das lesões musculares acontecem nos últimos 15 minutos finais de cada partida (WOODS et al. 2004). O que pode ser característico da presença da fadiga que está mais presente nesse período e que acaba gerando uma redução progressiva da força muscular (RAHNAMA et al., 2003; GREIG e SIEGLER 2009), prejuízo na capacidade de sprint (MOHR, KRUSTRUB, BANGSBO, 2003), no desempenho das habilidades, como mudança de técnica de direção, mecânica de pouso e velocidade de chute (ZEMKOVÁ e HAMAR, 2009; FERRAZ, VAN DEN TILLAR, MARQUES, 2012) declínios esses que podem se manter por vários dias (BROWNSTEIN et al., 2017). Da mesma maneira o estudo de Mohr et al., (2016) avaliou as respostas fisiológicas de atletas de futebol após três jogos semanais (domingo, quarta-feira, domingo). Concluindo que ao analisar os três jogos ocorreu um maior estresse fisiológico e maior grau de fadiga após a partida,

principalmente com maiores prejuízos após a partida intermediária (quarta-feira), na qual a mesma foi precedida por uma recuperação de apenas 3 dias.

Assim sendo, é demonstrado na literatura (TANG et al., 2018) que os passes e movimentos do jogo como acelerações e desacelerações são capazes de levar a uma capacidade e resposta fisiológica elevada, podendo influenciar no desempenho físico do atleta durante o jogo. Além disso, a fadiga produzida pode prejudicar a resposta de equilíbrio, sendo um fator contribuinte para o aumento do risco de lesão (BEHAN et al., 2018). Portanto, a partir do exposto acima é fundamental conhecer os atletas do grupo e suas demandas, além de que reconhecer previamente a fadiga que pode desempenhar um papel fundamental na prevenção de lesões (TRUPPA et al., 2020).

As evidências encontradas atualmente ainda são limitadas ao que se referem ao impacto de uma sequência de jogos ao longo das competições ou até mesmo ao final das competições em diversos quesitos de desempenho como por exemplo como se comporta a força muscular após sucessivas cargas. O que se encontra e o que é mais estudado são os efeitos imediatamente após as partidas ou os efeitos em até 72 horas após o jogo, deixando dessa maneira informações inconclusivas a longo prazo, sobre a fadiga residual ou neuromuscular e que poderiam servir para melhorar a periodização de treinos, a fim de garantir a recuperação completa dos atletas. Dessa maneira o presente estudo tentará estabelecer e abordar como os parâmetros físicos e de desempenho agem após sucessivos jogos, não se limitando a um pequeno prazo.

3.2.1 Estratégias de Recuperação

De acordo com o conteúdo abordado anteriormente fica evidente que principalmente no esporte de alto rendimento é preciso adotar estratégias para minimizar a fadiga causada pelo calendário congestionado de partidas. A partir disso as estratégias de recuperação servem para restaurar a homeostase em um nível fisiológico e psicológico (KELLMANN, 2002; THORPE, 2021).

As abordagens mais utilizadas para recuperação são hidratação, recuperação ativa, sono, alongamento, roupas de compressão, massagem, banho de contraste, imersão em água fria e suplementação ergogênica (ALTARRIBA-BARTES et al., 2021; QUERIDO et al. 2022; CROWTHER et al. 2017). A maioria das técnicas são processos comuns que permitem a diminuição de danos musculares induzidos pelo exercício, eles diminuem a formação do edema limitando assim a difusão de fluidos para o espaço intersticial, facilitando o transporte de metabólitos ao sangue (BISHOP, JONES, WOODS 2008; DUPUY et al. 2008).

Crowther et al. (2017) demonstraram que 57% dos atletas internacionais de diferentes esportes acreditam que o “dormir” é a técnica de recuperação mais eficaz, seguido de 29% dos atletas que acreditam ser a massagem. Semelhante a esses dados Venter (2014) encontrou desfechos similares no qual jogadores optaram pelo sono, reposição fluida e socialização com os amigos como sendo primordiais.

Embora as técnicas sejam muito populares nas equipes, nem sempre elas contêm alto grau de evidência, muitas vezes apresentando resultados contraditórios e inconclusivos, como é o caso do gelo, massagem (DAVIS, ALABED, CHICO, 2020) e imersão em água fria, podendo gerar desfechos positivos através do placebo (BROATCH, PETERSEN, BISPO 2013).

Portanto, as atividades de recuperação devem ser periodizadas e modificadas para atender às necessidades específicas de cada atleta, sendo importantes uma abordagem de recuperação individualizada (KELLMANN et al. 2018).

3.3 CONTRAÇÃO E TREINAMENTO EXCÊNTRICO

O treinamento excêntrico tem sido sugerido como forma de diminuir a alta prevalência de lesões com resultados melhores do que aqueles observados no treinamento concêntrico (MJOLSNES et al., 2004; ARNASON et al., 2008; GOODE et al., 2015). O extenso custo dos cuidados de saúde (custos referentes a exames, reabilitação do atleta, perda de patrocínio, entre outros) e a

incapacidade gerada pelas lesões destaca a importância de reduzir o risco (LEPLEY et al., 2017; MATHER et al., 2013).

Dessa maneira, é necessário inicialmente compreender os mecanismos fisiológicos que compõem a contração. A contração muscular excêntrica ocorre quando uma força aplicada ao músculo excede a força momentânea produzida pelo próprio músculo, resultando em um alongamento forçado do sistema músculo-tendão durante a contração (LINDSTEDT, LASTAYO, REICH 2001; HODY et al., 2019). A contração excêntrica faz parte da maioria dos movimentos realizados nas atividades diárias (HODY et al., 2019), como descer escadas, corrida/caminhada e ciclismo em declive (LASTAYO et al., 2003). Também é capaz de produzir maiores forças do que as contrações isométricas ou concêntricas, e isso já vem sendo demonstrado desde estudos mais antigos até estudos atuais (HUXLEY, 1957; HORTOBÁGYI e KATCH, 1990; GRIFFIN, 1987, POTIER, ALEXANDER, SEYNNE 2009 e TIMMINS et al., 2015), além disso requer menor ativação de unidades motoras para uma mesma carga externa e utiliza menos consumo de oxigênio durante o trabalho muscular (ABBOTT, BIGLAND, RITCHIE, 1952; HUXLEY, 1957).

Existe uma grande lacuna na ciência para compreender o porquê desta contração produzir maior força e uma menor ativação muscular (HUXLEY, 1957; BUTTERFIELD 2010; LEPLEY et al., 2017; DOUGLAS et al., a 2017). Três teorias surgem para tentar explicar. A primeira é a teoria das pontes cruzadas ou dos filamentos deslizantes descrita por Huxley em 1957 que propõe que durante a contração excêntrica ocorre a ativação da segunda cabeça da miosina na actina e esse mecanismo levaria ao dobro do número de pontes cruzadas durante o alongamento ativo e poderia ser utilizado com o aumento da velocidade de contração, diferentemente das contrações concêntricas e isométricas que ocorre apenas a ligação de uma cabeça de miosina na actina. Além disso, foi postulado posteriormente que as pontes cruzadas não completam um ciclo completo durante a contração excêntrica, assim menos ATP é necessário para manter a força (HUXLEY, 1998). Entretanto, esta teoria não pôde ser usada pois não havia evidências experimentais naquela época que a comprovassem.

A segunda teoria foi proposta por Morgan em 1990 e chamou-se a teoria da não-uniformidade dos sarcômeros, na qual o comprimento dos sarcômeros não são uniformes durante o alongamento permitindo uma força muscular aumentada, diferente das contrações concêntricas e isométricas com sarcômeros uniformes (HERZOG, LEE, RASSIER, 2006; HERZOG, 2018; MORGAN, 1990). Outra suposição dessa teoria é que eles não são uniformes quando alongados no ramo descendente da relação força-comprimento, porém isto também é uma especulação não suportada por evidências científicas (HERZOG, 2018).

A última teoria refere sobre à possibilidade de ter uma outra proteína elástica envolvida na contração que seria responsável pela maior produção de força e menor custo energético (HERZOG e LEONARD, 2002). Em seu estudo Herzog e Leonard (2002) observaram que ocorreu um aumento da força passiva durante a contração, também perceberam que este aumento da força existia em uma única miofibrila, mas foi perdida quando a proteína titina foi eliminada. Assim concluíram que essa força pode surgir do “engajamento” da titina durante o alongamento muscular ativo. Foi proposto então que a titina poderia aumentar a sua rigidez ligando ao cálcio após a ativação e também pode encurtar o comprimento, tornando se assim mais rígido e ligando proximalmente a actina. Embora a ligação da titina à actina não tenha sido diretamente demonstrada, supõe-se que mesmo na presença da ativação do cálcio, o aumento da força da titina depende da ativação das pontes cruzadas. Essas teorias tentam explicar e dão uma visão adicional sobre o porquê deste aumento de força e baixo custo metabólico. É importante ressaltar que são necessários mais estudos que identifiquem as funções musculares detalhadas da titina na contração muscular (HERZOG, 2018; DOUGLAS et al. b 2017).

Ainda se referindo as questões fisiológicas, vale destacar que as contrações excêntricas acabam induzindo maior tensão mecânica nas fibras musculares, e se especula que essa forma de exercício possa induzir uma adição mais rápida de sarcômeros em série e em paralelo a partir do aumento da área de secção transversa (NARICI et al., 1989). Da mesma forma o treinamento excêntrico tem sido amplamente estudado para melhora da força

muscular, principalmente quando falamos no trabalho de prevenção e reabilitação de lesões esportivas, notadamente nas lesões musculares de isquiotibiais (HODY, et al., 2019; CROISIER et al., 2002; PETERSEN et al., 2011; VAN DER HORST et al., 2015), como referido acima. O treinamento excêntrico faz com que ocorra aumentos no comprimento do fascículo (BOURNE et al., 2017; TIMMINS et al., 2015; RIBEIRO-ALVARES et al., 2018; ALONSO-FERNANDEZ, DOCAMPO-BLANCO, MARTINEZ-FERNANDEZ 2018), na força muscular máxima (RIBEIRO-ALVARES et al., 2018; MJOLSNES et al., 2004; MEDEIROS et al., 2020), na melhora do equilíbrio muscular, através das razões (MJOLSNES et al., 2004) e na diminuição do ângulo de penação (RIBEIRO-ALVARES et al., 2018).

Na revisão sistemática e metanálise de Gérard et al. (2020) foi abordado que esse aumento na força excêntrica após o treinamento excêntrico pode ser alcançado pelo aumento da excitabilidade muscular que é influenciada pelo tipo da fibra muscular e pelo número de unidades motoras recrutadas.

Além do mais, Farthing e Chilibeck (2003) observaram que a velocidade de contração muscular pode influenciar na adaptação da força e os maiores aumentos desta foram vistos com a velocidade mais rápida quando comparados com a velocidade mais lenta. Com maior capacidade de recrutar rapidamente maiores unidades motoras, ou seja, fibras do tipo IIa ou IIx e aumentos na frequência de disparo durante o recrutamento de unidades motoras (CORMIE, MCGUIGAN, NEWTON, 2011).

O treinamento excêntrico também promove respostas neurais agudas. As estratégias neurais não são bem compreendidas, mas provavelmente envolvem uma combinação de fatores supraespinais e espinais (DUCHATEAU e ENOKA, 2016; DOUGLAS et al., 2017). Foi encontrado um maior déficit de ativação voluntária durante as contrações excêntricas quando comparadas com as demais contrações (BELTMAN, et al., 2004; WESTING, SEGER, THORSTENSSON, 1990). Além disso, as contrações excêntricas demonstraram utilizar maior excitabilidade no córtex motor em comparação com as demais, assim usados como estratégia compensatória para explicar a inibição no nível da coluna vertebral (GRUBER et al., 2009; DUCHATEAU e ENOKA, 2016;

LEPLEY et al., 2017). Além disso o estudo de Duclay et al., (2008) investigou a plasticidade dos reflexos espinais durante as contrações isométricas, concêntricas e excêntricas e concluiu que o treinamento excêntrico pode induzir a adaptações neurais a nível da coluna vertebral o que leva a um melhor recrutamento muscular.

Além das inúmeras vantagens de se trabalhar excêntricamente, existem também desvantagens. Quando esse trabalho é realizado pelas primeiras vezes acaba induzindo a um maior dano muscular e a consequências funcionais negativas a um músculo saudável quando comparados a outros tipos de exercícios (FRIDÉN e LIEBER, 1992; TOURON et al. 2021). Durante a contração ocorre um alto estresse mecânico que pode levar a microlesões das fibras musculares (LIEBER e FRIDEN 1999) e posteriormente as células musculares reagem provocando inflamação celular e desequilíbrio intracelular de cálcio (BAUMERT et al., 2016). Esse fenômeno tem sido chamado de dano muscular induzido pelo exercício (PEREIRA PANZA, DIEFENTHAELER, DA SILVA., 2015; HYLDAHL e HUBAL 2014). Os sintomas de dor muscular associado ao aumento da pressão intramuscular aparecem dentro de 24 horas de exercício e podem se estender até 72 horas (MCHUGH, 2003; BAUMERT et al., 2016). Quando o exercício passa a ser rotineiro ele acaba causando menos sintomas, menor sensação de dor e uma recuperação mais rápida da função muscular (BROWN et al., 1997). Acredita-se que com o passar do tempo de realização do exercício crie-se uma proteção do músculo esquelético contra os danos futuros (MACKEY e KJAER 2016).

Dentre as maneiras de realizar exercícios de maneira excêntrica surgiu o Exercício Nórdico (NHE) que iniciou com Brockett et al., em 2001 e é amplamente pesquisado pela sua natureza excêntrica e lenta, além de ser capaz de aumentar a força excêntrica de isquiotibiais, produz alterações arquitetônicas com potencial de prevenir lesões musculares (ARNASON et al., 2008; MJOLSNES et al., 2004; PETERSEN et al., 2011; RIBEIRO-ALVARES et al., 2018), o qual o mesmo será abordado posteriormente.

A partir do exposto acima concluímos que o treinamento excêntrico é capaz de produzir respostas adaptativas (CUTHBERT et al., 2019) e usando

cargas externas maiores é um estímulo potente para ganhos de melhorias na função mecânica muscular, nas adaptações morfológicas, arquitetônicas (DOUGLAS et al., 2017 a; DOUGLAS et al., 2017 b) e na prevenção de lesões (GERBER et al., 2007; MAFULLI e LONGO 2008; MJOLSNES et al., 2004).

3.4 LESÃO MUSCULAR DE ISQUIOTIBIAL

Os músculos do grupo isquiotibial compõem os três principais músculos do aspecto posterior da coxa são eles os músculos bíceps femoral, semimembranoso e semitendinoso (DAVIS, 2008). A maioria dos músculos cruzam as articulações femoracetabular e tibiofemoral, com exceção da cabeça curta do bíceps femoral que se origina do lábio lateral da linha femoral, distal à articulação femoracetabular, ou seja, monoarticular (RODGERS e RAJA, 2020; BALIUS et al. 2019; VALLE et al. 2015).

A musculatura isquiotibial é responsável pela flexão do joelho, inclinações, estabilidade posterior e rotações pélvicas, rotação sacral e extensão e rotação do quadril (ERNLUND e VIEIRA, 2017; CARLSON, 2008). Sua anatomia biarticular pode significar que os músculos do tendão estão fortemente estressados ao longo de duas articulações simultaneamente (VALLE et al. 2015). Além disso, o fornecimento de dois nervos duplos das cabeças do bíceps femoral leva a uma estimulação assíncrona, bem como a maiores suscetibilidades de lesão nessa área (SUTTON, 1984).

Outro aspecto importante de analisar na anatomia é a arquitetura muscular. Estudos (REHORN e BLEMKER, 2010; EVANGELIDIS, PAIN, FOLLAND, 2014) demonstram que a morfologia da aponeurose da cabeça longa do bíceps femoral pode desempenhar um papel significativo nas determinações de distribuições do estiramento em todo o músculo, estando ligada a lesões.

As lesões musculares de isquiotibiais podem se dividir de duas formas diferentes. A primeira é ocorrendo durante a corrida de alta velocidade (*sprint*) envolvendo principalmente a cabeça longa do bíceps femoral, pois é ela que está mais ativa durante o movimento (RAMOS et al., 2017, ASKLING, MALLIAROPOULOS, KARLSSON, 2012) e a outra do tipo estiramento durante

os movimentos que levam ao alongamento excessivo como chutes altos e que acometem mais o músculo semimembranoso (ASKLING, MALLIAROPOULOS, KARLSSON, 2012; HUYGAERTS et al. 2020), com a lesão do tipo *sprint* sendo o tipo de lesão mais comum no futebol (HEIDERSCHEIT et al. 2010; EKSTRAND, HAGGLUND e WALDEN 2011 a, ARNASON et al., 1996).

No tipo “*sprint*” a lesão ocorre na fase de oscilação terminal quando a musculatura é ativamente alongada e se contrai excentricamente para desacelerar a flexão do quadril e extensão do joelho a um ângulo de aproximadamente 30° (CARLSON, 2008; VAN DE HOEF et al., 2019 e MONAJATI, et.al 2017). Isso significa que o músculo deve mudar do funcionamento excêntrico para o concêntrico, tornando-se um extensor ativo da articulação do quadril (DREZNER 2003). É durante esta rápida mudança de contração que o músculo acaba se tornando mais vulnerável a lesões (VERALL et al., 2001).

A classificação da lesão muscular engloba três tipos, o de grau 1 que é caracterizado por dor leve ou inchaço, interrupção do tecido não apreciável, perda mínima ou ausência de perda da função. O grau 2 é definido como interrupção parcial identificável do tecido com dor moderada e inchaço, levando a perda da função e o grau 3 que é identificado pela interrupção completa ou ruptura da unidade musculotendínea com dor intensa, inchaço e falta de função (POUDEL e PANDEY, 2021).

Assim sendo, percebe-se que as lesões musculares são comuns de ocorrer, em especial nos esportes de instabilidades, acelerações, desacelerações e trocas de direções rápidas, como no caso o futebol. Dessa maneira diversos autores têm estudado a epidemiologia das lesões no futebol, já que ele é o esporte mais popular e praticado do mundo (RIBEIRO et al., 2007) e todos chegam a conclusão de que as lesões musculares são as principais causas de lesões não traumáticas no esporte (PFIRRMANN et al., 2016; HAWKINS e FULLER, 1999; EKSTRAND, HÄGGLUND, WALDÉN 2011 b; EKSTRAND et al., 2020). Ekstrand, Hägglund e Waldén b (2011) avaliaram cinquenta e um times de futebol europeus durante os anos de 2001 e 2009 e concluíram que as lesões musculares representaram 31% de todas as lesões e

destes 37% foram lesões na musculatura isquiotibial. Em outro estudo Ekstrand, Hägglund e Waldén a (2011) analisaram vinte e três times da Liga dos Campeões e concluíram novamente que a lesão muscular de isquiotibiais é a mais prevalente entre todas as lesões. Dentre a musculatura isquiotibial a pesquisa de Woods et al., (2004) avaliou 91 clubes da Liga dos Campeões entre 1997 e 1999 e concluiu que o bíceps femoral foi o músculo mais acometido correspondendo a 53% das lesões. Além disso, recentemente Ekstrand et al., (2022) analisaram as últimas 21 temporadas de times da UEFA (União das Federações Europeias de Futebol), ou seja, os últimos 21 anos e constataram que 19% de todas as lesões são na musculatura isquiotibial.

A lesão muscular de isquiotibial causa em média um afastamento de 13 dias até o retorno aos treinamentos e jogos nos atletas lesionados (EKSTRAND et al., 2019) e representa uma taxa de recorrência de lesão após o retorno ao jogo em cerca de 12 a 33% (VAN DER HORST et al. 2016). Seus fatores de risco são multifatoriais e complexos (TOKUTAKE et al. 2018). Uma lesão prévia na musculatura e idade avançada (acima de 25 anos), força excêntrica reduzida, assimetrias funcionais, a etnia, particularmente de origem africana e um maior nível de competitividade estão fortemente associadas com o risco de lesão muscular (PRIOR, GUERIN, GRIMMER 2009; ARNASON et al. 2004; OSTENBERG e ROSS 2000; POUDEL e PANDEY 2021).

Em relação à idade Gabbe, Bennell, Finch (2006) investigaram as lesões musculares de jogadores de futebol australiano, cujo esporte tem características semelhantes ao futebol e também exige altas demandas físicas e concluíram que a lesão em idade avançada se relaciona ao fato de jogadores com idade superior a 25 anos possuírem diferenças significativas no peso, índice de massa corporal, flexibilidade flexora de quadril, amplitude de rotação do quadril e amplitude de movimento de dorsiflexão do tornozelo.

Assimetrias funcionais também foram avaliadas como potencial de provocar lesões. Fousekis et al. (2011) avaliaram 100 jogadores de futebol profissionais e concluíram que jogadores com assimetria na força excêntrica e assimetrias no comprimento da perna funcional são mais suscetíveis a lesões. Além disso, em seu estudo Arnason et al. (2004) perceberam que além da idade

avançada e ocorrência de lesão anterior o tempo de exposição de partidas e de treinamento contribuiu para o número de lesões; ou seja, quem teve menor tempo de treinamento teve menos lesões do que comparado com outros grupos.

Outro fator importante descrito na literatura é a força excêntrica de isquiotibiais. Níveis mais baixos de força excêntrica, avaliados em células de carga, de isquiotibiais têm sido associados com um aumento significativo nas lesões musculares de posteriores de coxa (TIMMINS et al. 2016; OPAR et al., 2015).

O afastamento dos atletas lesionados além de prejudicar no desempenho do time, principalmente em jogos decisivos, acaba gerando custos e preocupação para todos. A equipe médica e técnica enfrenta uma pressão considerável para permitir o retorno dos jogadores o mais rápido possível (EKSTRAND et al., 2020) e o custo financeiro aproximado em clubes de futebol europeus de alto nível para um jogador que fica duas semanas afastado é cerca de 250.000 euros (CUTHBERT et al., 2019). Suas sequelas podem reduzir o desempenho físico por vários dias e estão também relacionadas a fadiga acumulada observada em jogadores de futebol após a competição (CLARKSON, NOSAKA, BRAUN, 1992; MARQUÉS-JIMÉNEZ et al., 2016). Esse detalhe reforça a importância de programas de prevenção de lesão.

3.4.1 Lesão Muscular de Isquiotibial vs Força Muscular excêntrica de isquiotibial

A força muscular excêntrica de isquiotibiais tem sido relatada como importante influência nas HSI. Timmins et al. (2016) avaliaram a força excêntrica, através do exercício nórdico por meio de célula de carga, de 152 jogadores de futebol de elite de oito equipes diferentes e concluíram que a força excêntrica de isquiotibiais abaixo de 337 Newtons, na pré-temporada, aumentou significativamente o risco de HSI, podendo representar até 4,4 vezes maior risco de lesão na temporada. Em outro estudo (OPAR et al., 2015) envolvendo jogadores de futebol australianos que também avaliou através do exercício nórdico por meio de célula de carga, que avaliou 210 atletas em três momentos diferentes: na pré-temporada, no final da pré-temporada e durante a competição

e constataram que a força excêntrica abaixo de 256 Newtons no início da temporada predispõe o atleta as HSI, assim para cada aumento de 10N na força o risco de lesão foi reduzido em 6,3% no início da pré-temporada. Recentemente Vicens-Bordas et al., (2020) avaliaram 284 atletas de futebol amadores e concluíram que a HSI de mais de 3 semanas resultou em 13% de menor força excêntrica da mesma.

Outros resultados divergentes têm se encontrado na literatura envolvendo o exercício nórdico, a avaliação por meio da célula de carga, dinamômetro isométrico e dinamômetro isocinético. Em um estudo de coorte envolvendo 413 jogadores de futebol da Liga dos Campeões Van Dyk et al. (2017) não encontraram relação entre o nível de força excêntrica avaliada anualmente e o risco de lesões futuras, resultados que possivelmente podem ser explicados por natureza multifatorial, já que a HSI tem causas diversas (TOKUTAKE et al. 2018). Indo ao encontro desse estudo, Roe et al., (2020) avaliaram apenas uma vez 185 jogadores de futebol gaélico, um esporte com características semelhantes ao futebol, e não observaram associação entre a força excêntrica de isquiotibiais com o aumento ou diminuição no risco de lesão da musculatura. Do mesmo modo Bakken et al., (2018) concluíram após avaliar 369 jogadores de futebol masculino que o teste de força realizado no início da temporada tem uma associação fraca com o risco de lesões, não podendo ser recomendado para prever risco de lesões. Por fim a revisão sistemática e metanálise de Green et al., (2020) não encontrou associação entre a força excêntrica de isquiotibiais produzida durante o exercício nórdico com o risco de lesões.

A partir disso percebe-se que a associação entre a força excêntrica de isquiotibiais, principalmente quando avaliada unicamente no início da pré-temporada, e a taxa de lesões musculares apresenta evidências limitadas. Além do mais, faltam estudos que justifiquem investigar o comportamento da força excêntrica produzida durante o exercício nórdico em diferentes momentos ao longo do ano, e conseqüentemente o número de HSI. O que pode vir a sofrer influência do dano muscular induzido por partidas de futebol além da frequência que pode afetar a cinética de recuperação (KRUSTUP et al. 2011). Sabe-se também que ocorre uma queda imediata na força excêntrica após uma partida de futebol podendo durar até 72 horas após o jogo (BUENO et al. 2021).

3.5 APLICAÇÕES DO EXERCÍCIO NÓRDICO NO FUTEBOL

A demonstração do Exercício Nórdico de Isquiotibiais (NHE) surgiu pela primeira vez na literatura no estudo de Brockett et al., (2001). O estudo teve como objetivo fornecer evidências de propriedades mecânicas musculares após o treinamento excêntrico de isquiotibiais e para isso foi desenvolvido um equipamento que permitiu aos participantes realizar o exercício desejado. O equipamento consistia em uma tábua de madeira de 2 metros de comprimento com áreas estofadas para os joelhos e peito. Dessa maneira os sujeitos se ajoelhavam na prancha acolchoada com suas pernas estabilizadas por alças no tornozelo, sendo solicitados a baixar lentamente seu corpo contra a força da gravidade em direção ao solo, mantendo um ângulo de quadril aberto e constante, trabalhando excentricamente a musculatura isquiotibial.

No estudo pioneiro Brockett et al., (2001) avaliaram 10 voluntários que realizaram no mínimo 66 repetições do exercício excêntrico e concluíram que ocorreu uma mudança na relação ângulo-torque. O ângulo ideal para geração de torque mudou na direção de comprimentos musculares mais longos e persistiu por até 10 dias após o exercício além de fornecer ao músculo proteção contra danos adicionais causados pelos exercícios o que podemos chamar de “repeated bout effects” (TSUCHIYA, NAKAZATO e OCHI, 2018; CLARSON, NOSAKA, BRAUN 1992).

Após seu primeiro uso em estudo o NHE passou a ser amplamente utilizado, pesquisado e adaptado por outros autores (MJØLSNES et al., 2004; CLARK et al., 2005; BROOKS et al., 2006; PETERSEN et al., 2011; PRESLAND et al., 2018) pelo fato de desenvolver trabalho de força excêntrica de isquiotibiais, por ser simples de ser aplicado, de baixo custo e sem a necessidade de um equipamento especial, além de ter resultados positivos quanto à prevenção de lesão.

O estudo de Mjølsnes et al., (2004) serviu como base para estudos futuros, pois o mesmo adaptou o NHE fazendo com que um colega realizasse a estabilização do tornozelo não necessitando no momento as alças sugeridas por Brockett et al., (2001), tornando a realização de maior facilidade.

Outro fator importante e mais recente é que o NHE tem sido utilizado também como instrumento de avaliação e teste para força excêntrica máxima de isquiotibiais e não somente para treinamento da força (DE OLIVEIRA et al. 2020; TIMMINS et al. 2016; VICENS-BORDAS et al. 2020; OPAR et al. 2015). Isso se deve ao fato de que o uso do Dinamômetro Isocinético acaba sendo limitado devido ao alto custo para aquisição, tempo elevado de avaliação e por acabar não sendo funcional na maioria dos gestos esportivos (OPAR et al. 2015, OPAR et al. 2013).

O uso do NHE para avaliação de força muscular pode ser feito à beira do campo e uma das maneiras de avaliação utiliza de uma plataforma e de células de carga, que tem transferência de dados via bluetooth, as quais são acopladas as extremidades inferiores do atleta (tornozelo) e conseguem medir a força máxima excêntrica de isquiotibiais durante a execução do exercício nórdico. Esse dispositivo de teste de campo já teve a sua confiabilidade avaliada (OPAR et al. 2013) e foi utilizado em outros estudos (DE OLIVEIRA et al. 2020; TIMMINS et al. 2016; VICENS-BORDAS et al. 2020; OPAR et al. 2015; RIBEIRO ALVARES et al. 2021) para relacionar força excêntrica com lesões musculares.

Além das respostas na força excêntrica podemos encontrar outros efeitos do exercício nórdico, como aumentos no comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral (PRESLAND et al., 2018), na espessura muscular, diminuição no ângulo de penação (ALONSO-FERNANDEZ, DOCAMPO-BLANCO E MARTINEZ-FERNANDEZ 2018), melhorias do desempenho de “*sprint*” (ISHOI et al. 2018) e efeito preventivo para lesões musculares de isquiotibiais (PETERSEN et al. 2011; DE OLIVEIRA et al., 2020).

3.5.1 Efeitos do exercício Nórdico na força muscular de isquiotibiais

Em um dos primeiros estudos envolvendo o exercício como treinamento excêntrico Mjølshes et al., (2004) avaliaram os efeitos de 10 semanas de treinamento com aumento progressivo da carga do NHE em comparação com o exercício concêntrico de flexão regular dos isquiotibiais e a principal descoberta até então foi que o exercício NHE foi mais eficaz provocando aumentos de 11% na força excêntrica e 7% na força isométrica de isquiotibiais, além de melhorar

a relação de equilíbrio muscular calculada pela razão do torque excêntrico de isquiotibiais e do torque concêntrico de quadríceps, quando avaliado através do dinamômetro isocinético.

Já Ishoi et al., (2018) além da força muscular analisaram também os efeitos do exercício sobre o desempenho do *sprint* em jogadores de futebol e concluíram que os atletas que realizaram o NHE apresentaram pequenas e médias melhorias no desempenho do *sprint*, grandes aumentos na força e no pico excêntrico.

Da mesma maneira o estudo desenvolvido por De Oliveira et al., (2020) avaliou 25 jogadores de futebol masculinos sub-20 de um clube da Premier League através das células de carga e ao mesmo tempo em que o NHE foi aplicado como teste de força ele também foi utilizado como treinamento, pois seus atletas realizaram 8 sessões do NHE durante o período da pré-temporada de quatro semanas possibilitando assim encontrar resultados semelhantes a Mjølshes et al. (2004) resultando em um aumento de aproximadamente 13% na força excêntrica flexora de joelhos, resultados esses avaliados pela célula de carga.

Teoricamente, a maior amplitude alcançada por um indivíduo durante a execução do NHE reflete a força excêntrica dos isquiotibiais, pois o momento gravitacional aumenta progressivamente ao longo da amplitude do exercício. Assim o ângulo que o indivíduo não consegue mais resistir a gravidade e “cai” pode ser utilizado como o ponto de avaliação da força excêntrica (SCONCE et al., 2015).

Sconce et al., (2015) avaliaram a relação entre o ponto de “quebra”, chamado breakpoint, do exercício nórdico e o pico de torque excêntrico dos isquiotibiais por meio do dinamômetro isocinético na posição sentado em 16 jogadores de futebol (7 masculinos e 9 femininos) e concluíram que existe uma relação significativa entre as duas variáveis, fornecendo assim suporte para que o teste por meio do NHE à beira do campo seja compatível a medição da força excêntrica via dinamometria isocinética. Indo ao encontro, Miralles-Iborra et al.

(2022) também encontraram associação moderada entre o pico de força excêntrica do NHE com o pico de torque excêntrico produzido pela isocinético.

Além disso, sugere-se que após o breakpoint a carga e a quantidade de atividade eletromiográfica reduza, por isso indivíduos que já tenham tido lesão muscular podem apresentar redução da força e breakpoint antecipado para o início da descida do NHE, fazendo com que depois desse momento não se tenha mais carga excêntrica suficiente (LEE et al., 2017; MONAJATI et al., 2017; SOGA et al. 2021).

Entretanto, as evidências da literatura são limitadas, e ainda geram dúvidas, e alguns estudos (NISHIDA et al., 2022, VAN DYK, WITVROUW, BAHR, 2018) têm mostrado resultados diferentes nas relações da força obtida durante o NHE com a força detectada na avaliação isocinética. Como por exemplo Nishida et al., (2022) avaliaram dezesseis estudantes universitários e não encontraram correlações significativas entre o torque máximo do NHE e o torque máximo de contração voluntário de medidas isométricas, concêntricas e excêntricas de flexores do joelho, quando realizados de maneira isocinética com o sujeito colocado na posição pronada, visto que essa posição poderia simular melhor as condições da posição do exercício nórdico. Porém, foram observadas correlações significativas entre o breakpoint do NHE e o ângulo no pico de torque de tal forma que quanto menor o ângulo, maior o torque. Assim os sujeitos que conseguiam se inclinar mais para frente tinham maior força, conforme o que teoricamente se esperaria.

Resultados contraditórios também têm se encontrado na literatura no aspecto de produção de força excêntrica (SEYMORE et al., 2017). De acordo com Seymore et al., (2017) nenhuma mudança significativa no pico de torque excêntrico de isquiotibiais foi observada após o treinamento de NHE em 6 semanas de programa.

Os diferentes resultados podem ter influência da variada metodologia dos estudos que acabaram utilizando diversas formas de avaliação, como por exemplo dinamômetro isocinético na posição pronada e na posição sentada, além de muitas vezes não ocorrer controle da posição do quadril e do joelho

durante a execução do NHE e não ser a mesma população. Entretanto, apesar disto é necessário que tenham mais estudos futuros que investiguem a relação da força do NHE com seus ângulos de amplitude, podendo relacionar com os momentos da lesão muscular de isquiotibiais, para que se fique mais evidente suas correlações.

O uso do NHE também como instrumento de avaliação da força muscular excêntrica tem sido amplamente utilizado. Ribeiro-Álvares et al., (2021) verificaram através do NHE e de células de carga a força excêntrica de isquiotibiais de 210 jogadores profissionais de futebol de 10 clubes brasileiros que já tiveram lesão muscular na temporada passada e dos atletas que não tiveram lesão. O estudo demonstrou que atletas que tiveram lesão muscular recentemente apresentaram redução da força excêntrica no membro lesionado. Assim demonstrando a forte relação entre a força excêntrica de flexores de joelho e a lesão muscular.

3.5.2 Exercício Nórdico e a arquitetura muscular

Além das respostas na força excêntrica podemos encontrar outros efeitos do exercício nórdico. Presland et al., (2018) analisaram as respostas na arquitetura muscular de quem realizava o NHE em alto volume e também em baixo volume por quatro semanas de treinamento e observaram que ambos treinamentos estimulam aumentos no comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral, mas após duas semanas de destreinamento retornam aos níveis basais. Essas análises conseguem fornecer novas informações sobre o exercício.

Gérard et al., (2020) explana em seu estudo que as adaptações na arquitetura muscular estão ligadas ao comprimento do fascículo, ângulo de penação e espessura muscular. Assim o aumento do fascículo provocado pelo treinamento excêntrico aumenta a capacidade de suportar o alongamento e reduzir a tensão do sarcômero quando o músculo está em atividade de alta intensidade.

O estudo de Alonso-Fernandez, Docampo-Blanco e Martinez-Fernandez (2018) também encontrou alterações na arquitetura muscular após 8 semanas de treinamento com o NHE obteve aumento no comprimento do fascículo e na espessura muscular, enquanto o ângulo de penação apresentou uma diminuição significativa. Indo ao encontro Vianna et al., (2021) encontraram aumentos de aproximadamente 6% no comprimento do fascículo da cabeça longa do bíceps femoral após 8 semanas de NHE na pré-temporada de 17 jogadoras profissionais de futebol.

Clark et al., (2005), ainda concluíram que após nove atletas do sexo masculino (sem experiência em treino de força) realizarem o NHE duas vezes na semana por quatro semanas ocorreu uma diminuição do ângulo do pico de torque (mais próxima da extensão total do joelho).

3.5.3 Exercício Nórdico e a prevenção de lesões musculares

Grande parte dos estudos envolvendo o Exercício Nórdico tem a sua aplicação e seu desenvolvimento no futebol, visto que o NHE é utilizado como preventivo para lesões por estiramento de isquiotibiais (HSI) (AL ATTAR et al., 2017; PETERSEN et al., 2011; VAN DYK, BEHAN, WHITELEY 2019; DE OLIVEIRA et al., 2020), já que alguns dos seus fatores de risco envolvem ângulo de pico de torque alcançado em comprimentos mais curtos e a força excêntrica da musculatura posterior de coxa reduzida (ARNASON et al. 2004; POUDEL e PANDEY 2021).

Como citado anteriormente uma das causas das lesões musculares de isquiotibiais é o baixo fortalecimento excêntrico da musculatura. Visto isso, programas de prevenção de lesões começaram a surgir como por exemplo, o FIFA 11+ desenvolvido pela Federação Internacional de Futebol e incluem o NHE no programa completo de aquecimento para evitar lesões, com o objetivo de aumentar a força excêntrica (BARRENGO et al., 2014; BIZZINI e DVORAK 2015).

De acordo com Petersen et al., (2011) o programa de treinamento utilizando o exercício nórdico foi capaz de reduzir a taxa de novas lesões em

mais de 60% e a taxa de lesões recorrentes apresentou redução de aproximadamente 85%, demonstrando que o exercício é um bom aliado a jogadores de futebol e a HSI. Corroborando com esses achados o estudo de Van de Horst et al., (2015) também obteve uma diminuição do risco de lesão após a realização do treinamento excêntrico, utilizando o exercício. Entretanto apesar dos efeitos positivos descritos, percebe-se que a incidência de lesões em jogadores profissionais de futebol europeus continua a crescer 4% ao ano (VAN DE HOEF et al., 2019) e que de acordo com Ekstrand et al., (2022) nos últimos 21 anos tiveram um aumento de 12% na primeira temporada (primeiro ano) a 24% na última temporada analisada (último ano) em jogadores de futebol da UEFA, aumento esse que provavelmente se deve a baixa adesão das intervenções do NHE em times de futebol, as altas dosagens prescritas (CUTHBERT et al., 2019), queixa de dor muscular pelos jogadores após o NHE e influência da equipe médica. Ademais, aumento de jogos durante o calendário e aumento dos movimentos de alto risco (EKSTRAND et al. 2022 a; EKSTRAND et al. 2022 b).

Indo também ao encontro, não foram encontradas diferenças na incidência de lesões e na gravidade de lesões após intervenção com o exercício no estudo de Engebretsen et al., (2008), fato esse que provoca evidências limitadas sobre o assunto, necessitando mais esclarecimentos e especificidades sobre o treinamento.

Diversos fatores podem ter influenciado nos efeitos negativos da força excêntrica e da prevenção de lesões, como a posição do tornozelo, em que se sugere que a posição do tornozelo de dorsiflexão ao realizar o exercício nórdico pode ser beneficiada, já que essa posição é similar a mesma durante o balanço terminal da corrida (COMFORT et al. 2017), e o uso de uma carga adicional como é sugerido por Norrband et al., (2008) em exercícios excêntricos. Além disso, importante ressaltar que durante a realização do exercício nórdico vários músculos estão sendo ativados, de maneiras diferentes, o que depende do ângulo em que o exercício se encontra, (HIROSE, TSURUIKE, HIGASHIHARA, 2021; SARABON et al., 2019; BOURNE et al., 2017), o que pode ter gerado

resultados diferentes na produção de força capaz de reduzir o número de lesões musculares.

Assim sendo, mais recentemente mostrou-se em uma revisão sistemática (LLURDA-ALMUZARA et al., 2021) que a realização do NHE associada a dorsiflexão do tornozelo é o exercício que teve a maior ativação muscular da cabeça longa do bíceps femoral, dentre uma série de outros exercícios como por exemplo ponte, extensão do quadril e stiff. Resultado esse que orienta e auxilia treinadores e fisioterapeutas no momento de selecionar o melhor exercício e objetivo.

A partir do exposto percebe-se que a aplicação e a utilização do Exercício Nórdico estão em constante evolução, ele pode ser utilizado para treinamento e avaliação de força, para modular características morfológicas como comprimento do fascículo e ângulo de penação e também para prevenir lesões musculares. Para melhor uso e prática são necessários mais estudos envolvendo o Exercício Nórdico, seus efeitos e suas aplicações principalmente na sua relação com o futebol. De maneira que diferentes profissionais da saúde consigam aprimorar seu treinamento, e em consequência melhorar as taxas de lesões musculares.

3.5.4 Efeitos do exercício Nórdico no desempenho de sprint

Outro uso do Exercício Nórdico em atletas é na melhora do desempenho dentro de campo, assim ele tem sido utilizado também para aprimoramento do sprint.

Ishoi et al. (2018) avaliaram a eficácia de 10 semanas de protocolo de NHE em 25 jogadores amadores de futebol sobre a capacidade de sprint e concluíram que após a intervenção o sprint apresentou pequenas e médias melhorias no seu desempenho. Indo ao encontro, Bautista et al. (2021) encontraram pequenos efeitos, principalmente quando se refere ao desempenho de sprint de 10 metros. Por outro lado, Krommes et al. (2017) avaliaram 25 jogadores de futebol de um time principal da primeira divisão dinamarquesa após realizarem 27 sessões (10 semanas) do Exercício Nórdico com aumento

progressivo da carga e volume e observaram melhores sinais na aceleração explosiva do sprint em 5 e 10 metros, sugerindo que seu desempenho tenha melhorado.

Embora atualmente se tenha avançado nas pesquisas sobre o NHE e o sprint muitos resultados seguem inconclusivos, apresentando desfechos contraditórios e necessitando assim mais estudos.

A partir dos fatos e das evidências apresentados acima, o presente estudo busca uma melhor compreensão de como a força muscular excêntrica de isquiotibiais se comporta em diferentes momentos da temporada em jogadores de futebol, podendo sofrer influência do calendário de jogos congestionado e da sobrecarga de treinos. Embora existe uma vasta literatura reforçando a importância do fortalecimento, de programas de prevenção e de recuperação, algumas informações ainda são inconclusivas quando nos referimos à longo prazo, como no caso de uma sequência de jogos. Assim, o presente estudo busca suprir essa carência auxiliando na melhora da percepção da periodização de cargas de treinos e jogos, garantindo uma recuperação integral dos atletas.

4 MÉTODOS

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Este estudo é observacional de seguimento longitudinal, do tipo quantitativo. As avaliações de força excêntrica de isquiotibiais foram feitas no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva. A primeira avaliação ocorreu no primeiro dia da pré-temporada, na apresentação dos atletas ao time. A pré-temporada durou cinco semanas, após isso começou o calendário de jogos da competição (início da temporada competitiva). A segunda e última avaliação ocorreu 8 semanas após a primeira avaliação e 3 semanas após o final da pré-temporada e da primeira partida oficial e foi realizada após 48 horas do último jogo (Figura1). Para a segunda avaliação foi orientado aos atletas que após o último jogo mantivessem repouso e não realizassem nenhuma atividade de força ou de maneira vigorosa até a data das avaliações. Entre as

duas avaliações ocorreram quarenta e seis sessões de treinamento, três partidas oficiais e cinco amistosos.

Durante as cinco semanas da pré-temporada (após a avaliação inicial) os atletas realizaram protocolos preventivos de lesões, incluindo trabalhos semanais de treinamento de força/potência também com uso do exercício nórdico.

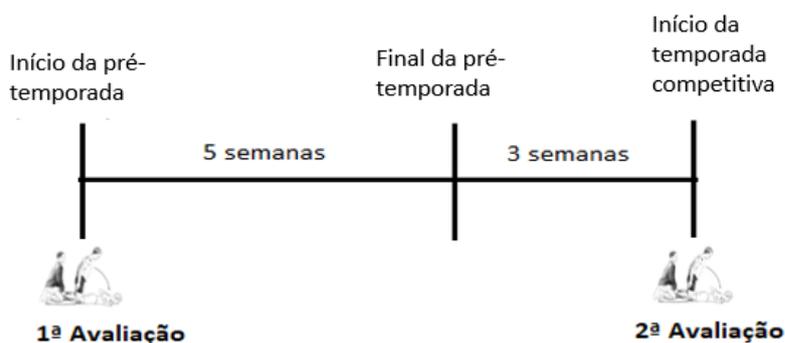


FIGURA 1: Desenho experimental do estudo: realização de duas avaliações durante o ano (início da pré-temporada e início da temporada competitiva).

4.2 PARTICIPANTES

Este estudo incluiu 20 jogadores de futebol do sexo masculino com idade superior a 18 anos, todos os jogadores jogavam em um clube profissional, tinham vínculos profissionais vigentes, disputavam competições regionais, copa nacional e terceira divisão do campeonato nacional, participando ativamente da rotina de treinos. Foram excluídos do estudo os atletas que saíram do clube ao longo do período do estudo, consequentemente realizaram somente uma avaliação de força excêntrica de isquiotibiais e também atletas com lesões que impediram a realização das avaliações.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da instituição. Todos os voluntários foram informados sobre o objetivo e os procedimentos do estudo, e todos concordaram em participar assinando o termo de consentimento livre e esclarecido.

4.3 PROCEDIMENTO DE COLETA

4.3.1 Avaliação de Força Excêntrica de isquiotibiais

As avaliações foram realizadas em dois diferentes momentos ao longo do ano, nas quais todos atletas fizeram à beira do campo, nas dependências do clube.

Antes dos atletas realizarem as avaliações de força, foi feito um aquecimento geral e orientado pelo preparador físico. Posteriormente, foi avaliado a força excêntrica dos isquiotibiais dos atletas durante a execução do exercício nórdico de isquiotibiais (NHE), que foi realizado por meio de um equipamento construído, já utilizado e seu método de avaliação já foi validado por outros estudos (DE OLIVEIRA et al., 2020; OPAR et al., 2013., OPAR et al., 2015). O atleta posicionou-se para realizar o Exercício Nórdico nesse equipamento (Figura 2) e células de carga disponíveis comercialmente (*E-lastic*; E-support, Soluções Esportivas, taxa de amostragem = 10Hz, Brasília, Brasil) que tem transferência de dados via bluetooth foram fixadas no tornozelo bilateralmente. O atleta foi instruído a executar o exercício conforme as orientações: a partir da posição inicial (ajoelhado, com o quadril neutro, evitando a flexão do mesmo e o tronco ereto), movimento de queda (resistindo a gravidade), realizando em velocidade lenta e usando a musculatura isquiotibial excêntrica, atingindo a máxima amplitude de movimento possível. Ao atingir o máximo o atleta pôde absorver a queda utilizando os braços e retornando à posição inicial. Os dados excêntricos de força de cada membro foram transferidos via *bluetooth* para dois *smartphones*.

Os atletas não apresentaram dificuldades na execução do NHE, visto que é um exercício comum na preparação física de jogadores e os mesmos já estavam familiarizados. Durante a avaliação um pesquisador supervisionou o exercício e deu estímulos verbais aos atletas incentivando a manter a máxima contração de isquiotibiais, assim resistindo a gravidade e a queda proposta pelo NHE.

Cada atleta realizou três repetições válidas do exercício, com pelo menos 10 segundos de repouso entre elas. Não foram consideradas repetições válidas aquelas em que os atletas realizaram flexão do quadril ou realizaram o exercício não seguindo as orientações iniciais de posicionamento descritas acima. A força (N) produzida por cada membro foi registrada individualmente pela célula de carga e a máxima força durante as repetições foi selecionada para posterior

análise dos dados. Após, foi realizada uma média da força excêntrica de ambos os membros inferiores, e os dados apresentados em um valor único. Os valores foram expressos de forma absoluta (N) e também relativos à massa corporal ($N \cdot kg^{-1}$).



FIGURA 2: Exercício Nórdico de Isquiotibiais. Imagem usada com autorização de De Oliveira et al. (2020).

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro Wilk. Para a comparação de diferentes momentos (início da pré-temporada e início da temporada competitiva) da força excêntrica foi utilizado o teste T pareado. O tamanho de efeito (ES) foi calculado usando o d de Cohen representado pela seguinte fórmula: $ES = (Média_{Pós} - Média_{Pré}) / DesvioPadrão_{Pré}$, sendo a $Média_{Pré}$ o valor médio da força excêntrica no início da pré-temporada, a $Média_{Pós}$ o valor médio da força excêntrica no início da temporada competitiva, e o $DesvioPadrão_{Pré}$ representando o desvio padrão da força excêntrica no início da pré-temporada. Para classificar o ES utilizamos: $<0,2$ como efeito trivial; $>0,2$ como efeito pequeno; $>0,5$ como efeito médio e $>0,8$ como efeito grande (COHEN, 1988). Os testes foram realizados no software Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS) versão 20.0 e o nível de significância adotado foi de 0,05. Os resultados serão apresentados na forma de média \pm desvio padrão (média \pm DP) com 95% de intervalo de confiança (IC).

5 RESULTADOS

Vinte jogadores de futebol participaram do estudo (idade = $25,9 \pm 5,4$ anos; altura = $179,2 \pm 8,4$ cm; massa corporal = $79,6 \pm 9,9$ kg). O desempenho da força muscular excêntrica absoluta de isquiotibiais apresentou redução significativa ($p=0,014$) no início da temporada competitiva em comparação com os valores iniciais da pré-temporada. Além disso, houve também redução significativa ($p=0,04$) na força muscular excêntrica de isquiotibiais relativa à massa corporal ao longo do período (Tabela 1).

TABELA 1: Força Excêntrica absoluta e relativa de isquiotibiais (média \pm DP/IC%95) no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva

	Início da pré-temporada	Início da temporada competitiva	Δ (%)	ES
Força absoluta (N)	385,2 \pm 62,9 (355,8–414,7)	359,5 \pm 48,9* (336,7-382,4)	-5,6 \pm 11,3	-0,41
Força relativa (N.kg ⁻¹)	4,84 \pm 0,59 (4,56-5,11)	4,54 \pm 0,5* (4,31-4,77)	-5,3 \pm 12,1	-0,51

*diferença significativa entre os momentos ($P<0,05$).

$\Delta\%$: variação percentual; ES, tamanho do efeito.

Dos vinte atletas avaliados, sete atletas apresentaram aumento na variação percentual da força excêntrica absoluta da primeira avaliação (início da pré-temporada) para a segunda avaliação de força (início da temporada competitiva) e treze atletas apresentaram redução da variação percentual da força após o período estudado, quando avaliados individualmente (Tabela 2).

TABELA 2: Variações individuais da Força Excêntrica Absoluta

Atleta	$\Delta\%$	ΔN	Atleta	$\Delta\%$	ΔN
1	-19,3	-85,0	11	-18,4	-66,0
2	-18,1	-79,0	12	-23,0	-100,0
3	-10,3	-38,0	13	0,8	3,0
4	-19,9	-66,0	14	4,0	14,0
5	-0,9	-3,0	15	-3,5	-12,0

6	3,1	11,0	16	-5,6	-21,0
7	21,8	54,0	17	7,2	26,0
8	3,9	16,0	18	-9,4	-50,0
9	2,0	7,0	19	-3,4	-13,0
10	-9,5	-43,0	20	-14,4	-69,0

$\Delta\%$: Variação percentual; ΔN : Variação em Newton

Apesar da força relativa ter apresentado queda entre os momentos (tabela 1), a massa corporal manteve-se constante ao longo do período avaliado, não apresentando diferença significativa ($p=0,700$) (tabela 3).

TABELA 3: Massa Corporal (média \pm DP/ IC%95) no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva

	Início da pré-temporada	Início da temporada competitiva	Δ (%)	ES
Massa Corporal	79,77 \pm 10,81 (74,70–84,83)	79,47 \pm 9,36 (75,09–83,85)	0,43 \pm 4,79	-0,02

$\Delta\%$: variação percentual; ES, tamanho do efeito

6 DISCUSSÃO

Este estudo investigou o desempenho da força excêntrica de isquiotibiais produzida durante o NHE no início da pré-temporada e no início da temporada competitiva (oito semanas de intervalo entre as duas avaliações). O principal achado do presente estudo foram as reduções da força excêntrica absoluta e relativa de isquiotibiais nas primeiras semanas da temporada competitiva na maior parte do grupo.

A força excêntrica de isquiotibiais tem importante papel no desempenho e no rendimento da performance dos atletas (VAN DE HOEF et al., 2019; MONAJATI, et al. 2017), principalmente quando associada a lesões musculares (TIMMINS et al., 2016; VICENS BORBA et al., 2020; ARNASON et al. 2004; POUDEL e PANDEY 2021). A força excêntrica é necessária em diversos momentos durante a partida como na desaceleração dos segmentos em corridas

de alta velocidade ou em movimentos de alongamento excessivo como chutes, gestos esportivos que se constituem nos principais gatilhos para ocorrência de lesões (ASKLING, MALLIAROPOULOS, KARLSSON, 2012). Dessa maneira, valores considerados baixos de força excêntrica têm sido relacionados a lesões (TIMMINS et al., 2016; VICENS BORBA et al., 2020). Em estudo realizado por Opar et al., (2015), que avaliaram 210 atletas em três momentos diferentes da temporada, esses autores constataram que para cada aumento de 10N na força, o risco de lesão foi reduzido em 6,3% no início da pré-temporada. No presente estudo a força excêntrica absoluta avaliada 8 semanas após o início da pré-temporada competitiva apresentou redução média de 26N, representando queda de 5,6%. Considerando os valores observados no estudo de Opar et al., (2015), podemos sugerir que a redução na força excêntrica observada nos atletas investigados no presente estudo se constitui em maior suscetibilidade a ter lesões musculares com o passar dos jogos e das competições, já que manter bons níveis de força ao longo de toda a temporada é primordial para prevenir lesões. No entanto, no presente estudo nós não avaliamos a incidência de lesões de isquiotibiais, então essa hipótese permanece especulativa.

É importante destacar que para agravar a situação, o afastamento dos atletas lesionados além de prejudicar no desempenho do time, principalmente em jogos decisivos, acaba gerando custos e preocupação para todos. A equipe médica e técnica enfrenta uma pressão considerável para permitir o retorno dos jogadores o mais rápido possível (EKSTRAND et al., 2020) e o custo financeiro aproximado em clubes de futebol europeus de alto nível para um jogador que fica duas semanas afastado é cerca de 250.000 euros (CUTHBERT et al., 2019).

Em face do cenário atual, o calendário congestionado de partidas enfrentado pelos clubes segue sendo motivo de preocupação para a recuperação dos atletas após altas cargas de trabalho (EKSTRAND et al., 2022 a; FIFPRO, 2021), ou seja, muitos jogos em um curto espaço de tempo, podendo ter 3 jogos na mesma semana acaba deixando o atleta mais suscetível a lesões (BENGTSSON et al., 2018), e apresenta prejuízo no desempenho (FERRAZ, VAN DEN TILLAR, MARQUES, 2012). Diante disso, Pillay et al., (2022) constataram que os jogadores de futebol tiveram sua saúde mental, função

cognitiva e o humor afetados negativamente ao longo do campeonato por conta da fadiga e da falta de tempo de recuperação entre uma partida e outra.

Embora se recomende um tempo de recuperação de 72 horas entre uma partida e outra (ISPIRLIDIS et al., 2008; SAIDI et al., 2019), recentemente, Bueno et al., (2020) demonstraram que após uma partida de futebol ocorre uma queda imediata na força excêntrica de isquiotibiais e que em alguns atletas 72 horas após o jogo não foram suficientes para a recuperação. Da mesma maneira, a revisão sistemática e metanálise de Silva et al., (2018) concluem que o jogo de futebol provavelmente induz maiores magnitudes de alterações bioquímicas como danos musculares e também alterações no desempenho físico. Em outro estudo recente (CLANCY, GLEESON, MERCER, 2022) que avaliou semanalmente por um período de 6 semanas o desempenho neuromuscular de jogadores profissionais de futebol e correlacionou com as cargas de trabalho, os autores encontraram flutuações nos valores da força muscular isométrica de extensores de joelho, demonstrando que a mesma não se mantém constantes e que também são influenciadas pela carga de trabalho imposta. Na terceira semana de monitoramento ocorreu decréscimos no valor do pico de força o que pode estar relacionado a um possível dano estrutural as fibras musculares ativas em resposta a um período prolongado de trabalho mais intenso. Rahnama et al., (2003) simularam exercícios parecidos com uma partida de futebol e avaliaram a força muscular através de dinamômetro isocinético antes e após a intervenção e constataram uma redução progressiva na força muscular após o protocolo de exercícios.

Hernández-Davo, Pérez e Navarro (2022) analisaram diversas medidas de desempenho em jogadores de futebol jovens após um jogo na semana versus após três jogos na semana, as variáveis avaliadas foram à altura do salto contramovimento, o teste de agilidade, *sprint* e amplitude de movimento de tornozelo. Após as comparações os autores concluíram que três jogos na semana causaram prejuízos no desempenho dos atletas, associando ao impacto do calendário de jogos e a insuficiente recuperação.

Sabe-se que os efeitos das partidas de futebol podem causar alterações de maneira aguda (imediatamente após o jogo) (LAYZER, 1990), tanto como de

maneira residual, caracterizado por um declínio no desempenho físico nas horas e dias seguintes (ISPIRLIDIS et al. 2008), ou seja, uma recuperação inadequada de repetidas exposições a carga (MARQUEZ-JIMENES et al., 2017).

Além disso, marcadores hormonais, como o cortisol e a testosterona têm sido relacionados com a fadiga residual acumulada em atletas após um período de treinamento intenso e de excessivos jogos (ADLERCREUTZ et al., 1986). Assim, Saidi et al., (2020) notaram que após 10 jogos em 6 semanas ocorreram decréscimos na quantidade de testosterona e essa redução poderia refletir o efeito da fadiga residual previamente acumulada, o que pode estar ligado a intervalos de recuperação insuficientes (MASO et al., 2004). A partir disso, fica evidente que após diversas semanas a fadiga residual ainda se encontra presente, conseqüentemente, podendo ser relacionada também no atual estudo através do efeito na queda do desempenho da força excêntrica de isquiotibiais durante o exercício nórdico. .

Interessantemente, os atletas envolvidos no presente estudo realizavam, principalmente na pré-temporada, protocolos de prevenção de lesões de isquiotibiais que envolvia o treinamento no NHE. Por ser um exercício excêntrico, poderia se esperar que todos os atletas ao longo do tempo tivessem aumento ou a manutenção na força excêntrica de isquiotibias (MJØLSNES et al., 2004; ISHOI et al., 2018; DE OLIVEIRA et al., 2020). De fato, 7 dos 20 jogadores avaliados apresentaram uma variação positiva na força excêntrica de NHE (tabela 2), entretanto o restante do grupo não apresentou esse comportamento.

Sendo assim, como já exposto, possivelmente a redução na força durante o NHE observada no grupo tenha sido consequência da sobrecarga imposta por outros fatores, como atividades de predominância cardiorrespiratória de alta intensidade, treinos técnicos e táticos, bem como as partidas e o seu calendário, fatores esses que podem levar a outros declínios e prejuízos no desempenho, funções biológicas e nas respostas perceptivas (SILVA 2022; ALTMANN et al., 2019; EKSTRAND et al., 2022).

Ao explorar a literatura não encontramos estudos que envolvem ao mesmo tempo o treinamento com NHE, que já é um exercício que provoca dano

muscular significativo, e uma sobrecarga elevada como o calendário congestionado devido a seguidas partidas de futebol. Assim, o que podemos presumir é que mesmo realizando por vezes protocolos com o objetivo de aumentos de força e de prevenção de lesão, poderá não ter benefícios, visto que, os mesmos atletas não dão o tempo necessário de repouso que é tão importante para o retorno aos níveis basais (ANDERSSON et al., 2008), como no caso do presente estudo.

A queda da força relativa ao longo do período analisado poderia ter sido explicada inicialmente pela hipótese da variação da composição corporal dos atletas de um momento para outro, o que poderia ter causado mudança na força. Contudo, o grupo não apresentou oscilação na massa corporal (tabela 3) o que fortalece a ideia de que a queda no comportamento da força relativa segue o comportamento da queda do pico de força absoluta, influenciado pelos fatores externos como as cargas de trabalho, já mencionadas.

Outro fator importante é que no nosso estudo realizamos a segunda avaliação de força no início da temporada competitiva, e a mesma já apresentou queda significativa nos valores. Assim poderia se supor que com o passar do calendário congestionado a redução da força venha a ser ainda maior e a taxa de lesões aumentar. Entretanto, existem evidências mostrando de que jogadores de futebol normalmente acumulam maior carga de trabalho durante a pré-temporada e o início da temporada competitiva (ISHIDA et al., 2021; CLEMENTE et al., 2020) o que passado esse período poderia ter novas variações no desempenho da força. Por isso a importância de frequentemente seguir monitorando, da mesma maneira, Moreno-Pérez et al., (2022) demonstraram que a força muscular isométrica de isquiotibiais flutua substancialmente ao longo da temporada dependendo da carga de trabalho aplicada. Assim temos informações inconclusivas sobre o que aconteceria a longo prazo, necessitando de mais estudos

Consideramos, especificamente no contexto do futebol que é primordial o entendimento a respeito da carga de treinamento, já que essa tem efeito direto no desempenho dos atletas durante as partidas. O monitoramento das cargas permite identificar as consequências dos treinamentos, analisar individualmente

os jogadores e aplicar a melhorar estratégia para a recuperação (BRINK et al., 2010; NOBARI et al., 2022). E é por meio desses instrumentos que podemos analisar diretamente a fadiga acumulada imposta pelos treinamentos e jogos. Entretanto, entendemos também que nesse meio muitas vezes não é fácil aplicar estratégias e orientações mesmo que as evidências já demonstram que as lesões musculares continuam aumentando (EKSTRAND et al., 2022 a b). E é por isso que este estudo foi realizado dentro do “mundo real” do futebol profissional, e é através dos nossos resultados que podemos melhorar a percepção sobre a periodização de cargas de treinos e jogos, a fim de entender como se comporta a força muscular excêntrica com o passar da temporada.

O presente estudo possui algumas limitações. Infelizmente não temos informações mais completas sobre as cargas de trabalho interna e externa, nem dos treinamentos e nem dos jogos, já que elas permitiriam uma análise mais precisa sobre o monitoramento da fadiga. Além disso, não conseguimos monitorar a força excêntrica em mais momentos ao longo da temporada competitiva, o que acreditamos que dependendo o período em que for avaliada pode vir a sofrer novas variações e também influência do dano muscular induzido por partidas de futebol além da frequência que pode afetar a cinética de recuperação (KRUSTUP et al. 2011). Ademais o atleta é um sistema dinâmico que deve ser continuamente monitorado para detectar quando há alteração na resistência do sistema (BARONI e OLIVEIRA PENA COSTA 2021). Por fim, no presente estudo não foi monitorado o ângulo de produção do pico de força excêntrica no NHE, e a mudança do ângulo de pico de força de um momento e outro pode explicar a variação da força excêntrica no NHE, já que, teoricamente quando menor o ângulo, ou seja, quanto mais os atletas conseguem se inclinar para a frente, mais força seria produzida (SCONCE et al., 2015; NISHIDA et al., 2022). Assim, reconhecemos esses pontos como limitações do nosso estudo. No entanto, este parece ser o primeiro estudo que se tem conhecimento a investigar como se comporta a força excêntrica de isquiotibiais de jogadores de futebol altamente treinados durante o período do início da pré-temporada até o início da temporada competitiva após uma sequência de treinos e de 8 jogos (3 jogos oficiais e 5 jogos amistosos) e esse é um ponto forte do estudo a ser destacado.

7. CONCLUSÃO

Jogadores de futebol profissional altamente treinados possuem tendência a apresentar queda na força excêntrica absoluta e na força excêntrica relativa de isquiotibiais em períodos iniciais da temporada competitiva em comparação ao início da pré-temporada. Esse declínio está teoricamente associado com os efeitos da fadiga acumulada de cargas elevadas de treinos e do calendário congestionado. Assim sendo, as equipes de saúde devem estarem atentas ao monitoramento de cargas evitando quedas no desempenho e consequentemente futuras lesões. Além disso, é imprescindível a avaliação individual da força muscular, pois conforme vimos no presente estudo ao analisar individualmente a força existem atletas que têm um comportamento de aumento da força, assim sugere-se que os mesmos tenham se beneficiado com treinamentos excêntricos, ademais podendo ter variação no ângulo de produção do pico de força.

Esse estudo reforça o alerta aos possíveis efeitos do calendário congestionado no desempenho neuromuscular, que no caso da força produzida no NHE pode estar associada ao maior risco de lesões de isquiotibiais.

REFERÊNCIAS

1. ABBOTT BC, BIGLAND B, RITCHIE JM. The physiological cost of negative work. **J Physiol**. 1952 Jul;117(3):380-90. doi: 10.1113/jphysiol.1952.sp004755. PMID: 14946742; PMCID: PMC1392548
2. ADLERCREUTZ H, HÄRKÖNEN M, KUOPPASALMI K, NÄVERI H, HUHTANIEMI I, TIKKANEN H, REMES K, DESSYPRIS A, KARVONEN J. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. **Int J Sports Med**. 1986 Jun;7 Suppl 1:27-8. doi: 10.1055/s-2008-1025798. PMID: 3744643
3. AKYILDIZ Z, OCAK Y, CLEMENTE FM, BIRGONUL Y, GÜNAY M, NOBARI H. Monitoring the post-match neuromuscular fatigue of young Turkish football players. **Sci Rep**. 2022 Aug 16;12(1):13835. doi: 10.1038/s41598-022-17831-7. PMID: 35974069; PMCID: PMC9381501.
4. AL ATTAR WSA, SOOMRO N, SINCLAIR PJ, PAPPAS E, SANDERS RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-

Analysis. **Sports Med**. 2017 May;47(5):907-916. doi: 10.1007/s40279-016-0638-2. PMID: 27752982

5. ALONSO-FERNANDEZ D, DOCAMPO-BLANCO P, MARTINEZ-FERNANDEZ J. Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. **Scand J Med Sci Sports**. 2018 Jan;28(1):88-94. doi: 10.1111/sms.12877. Epub 2017 Apr 10. PMID: 28314091

6. ALTARRIBA-BARTES A, PEÑA J, VICENS-BORDAS J, CASALS M, PEIRAU X, CALLEJA-GONZÁLEZ J. The use of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: a cross-sectional survey. **Phys Sportsmed**. 2021 Sep;49(3):297-307. doi: 10.1080/00913847.2020.1819150. Epub 2020 Sep 15. PMID: 32882156.

7. ALTMANN S, RINGHOF S, NEUMANN R, WOLL A, RUMPF MC. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. **PLoS One**. 2019;14(8):e0220982. Published 2019 Aug 14. doi:10.1371/journal.pone.0220982

8. ANDERSSON H, RAASTAD T, NILSSON J, PAULSEN G, GARTHE I, KADI F. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. **Med Sci Sports Exerc**. 2008 Feb;40(2):372-80. doi: 10.1249/mss.0b013e31815b8497. PMID: 18202563.

9. ARNASON A, ANDERSEN TE, HOLME I, ENGBRETSSEN L, BAHR R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. **Scand J Med Sci Sports**. 2008 Feb;18(1):40-8. doi: 10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x. Epub 2007 Mar 12. PMID: 17355322.

10. ARNASON A, SIGURDSSON SB, GUDMUNDSSON A, HOLME I, ENGBRETSSEN L, BAHR R. Risk factors for injuries in football. **Am J Sports Med**. 2004 Jan-Feb;32(1 Suppl):5S-16S. doi: 10.1177/0363546503258912. PMID: 14754854.

11. ARNASON A, GUDMUNDSSON A, DAHL HA, JÓHANNSSON E. Soccer injuries in Iceland. **Scand J Med Sci Sports**. 1996 Feb;6(1):40-5. doi: 10.1111/j.1600-0838.1996.tb00069.x. PMID: 8680943.

12. ASKLING CM, MALLIAROPOULOS N, KARLSSON J. High-speed running type or stretching-type of hamstring injuries makes a difference to treatment and prognosis. **Br J Sports Med**. 2012 Feb;46(2):86-7. doi: 10.1136/bjsports-2011-090534. Epub 2011 Dec 14. PMID: 22171341

13. BAKKEN A, TARGETT S, BERE T, EIRALE C, FAROOQ A, MOSLER AB, TOL JL, WHITELEY R, KHAN KM, BAHR R. Muscle Strength Is a Poor Screening Test for Predicting Lower Extremity Injuries in Professional Male Soccer Players: A 2-Year Prospective Cohort Study. **Am J Sports Med**. 2018 May;46(6):1481-1491. doi: 10.1177/0363546518756028. Epub 2018 Mar 13. PMID: 29533672.

14. BALIUS R, PEDRET C, IRIARTE I, SÁIZ R, CEREZAL L. Sonographic landmarks in hamstring muscles. **Skeletal Radiol.** 2019;48(11):1675-1683. doi:10.1007/s00256-019-03208-x
15. BANGSBO J. The physiology of soccer—with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiol Scand** 1994;15(suppl 619):1–156.
16. BANGSBO J, IAIA FM, KRUSTRUP P. Metabolic response and fatigue in soccer. **Int J Sports Physiol Perform.** 2007 Jun;2(2):111-27. doi: 10.1123/ijsp.2.2.111. PMID: 19124899.
17. BARENGO NC, MENESES-ECHÁVEZ JF, RAMÍREZ-VÉLEZ R, COHEN DD, TOVAR G, BAUTISTA JE. The impact of the FIFA 11+ training program on injury prevention in football players: a systematic review. **Int J Environ Res Public Health.** 2014 Nov 19;11(11):11986-2000. doi: 10.3390/ijerph11111986. PMID: 25415209; PMCID: PMC4245655
18. BARONI BM, OLIVEIRA PENA COSTA L. Evidence-Based Prevention of Sports Injuries: Is the Sports Medicine Community on the Right Track? **J Orthop Sports Phys Ther.** 2021 Mar;51(3):91-93. doi: 10.2519/jospt.2021.0104. PMID: 33645293.
19. BAUMERT P, LAKE MJ, STEWART CE, DRUST B, ERSKINE RM. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing. **Eur J Appl Physiol.** 2016 Sep;116(9):1595-625. doi: 10.1007/s00421-016-3411-1. Epub 2016 Jun 13. PMID: 27294501; PMCID: PMC4983298
20. BAUTISTA IJ, VICENTE-MAMPEL J, BARAJA-VEGAS L, SEGARRA V, MARTÍN F, VAN HOOREN B. The effects of the Nordic hamstring exercise on sprint performance and eccentric knee flexor strength: A systematic review and meta-analysis of intervention studies among team sport players. **J Sci Med Sport.** 2021 Sep;24(9):931-938. doi: 10.1016/j.jsams.2021.03.009. Epub 2021 Mar 22. PMID: 33893033
21. BEHAN FP, WILLIS S, PAIN MTG, FOLLAND JP. Effects of football simulated fatigue on neuromuscular function and whole-body response to disturbances in balance. **Scand J Med Sci Sports.** 2018 Dec;28(12):2547-2557. doi: 10.1111/sms.13261. Epub 2018 Jul 22. PMID: 29981192
22. BELTMAN JG, SARGEANT AJ, VAN MECHELEN W, DE HAAN A. Voluntary activation level and muscle fiber recruitment of human quadriceps during lengthening contractions. **J Appl Physiol (1985).** 2004 Aug;97(2):619-26. doi: 10.1152/jappphysiol.01202.2003. Epub 2004 Apr 9. PMID: 15075302.
23. BENGTSSON H, EKSTRAND J, WALDÉN M, HÄGGLUND M. Muscle injury rate in professional football is higher in matches played within 5 days since the previous match: a 14-year prospective study with more than 130 000 match observations. **Br J Sports Med.** 2018 Sep;52(17):1116-1122. doi: 10.1136/bjsports-2016-097399. Epub 2017 Nov 3. PMID: 29101101.

24. BISHOP PA, JONES E, WOODS AK. Recovery from training: a brief review: brief review. **J Strength Cond Res.** 2008 May;22(3):1015-24. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816eb518. PMID: 18438210.
25. BIZZINI M, DVORAK J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide-a narrative review. **Br J Sports Med.** 2015 May;49(9):577-9. doi: 10.1136/bjsports-2015-094765. PMID: 25878073; PMCID: PMC4413741.
26. BLOOMFIELD J, POLMAN R, O'DONOGHUE P. Exigências Físicas de Diferentes Posições na FA Premier League Soccer. **J Sports Sci Med.** 2007;6(1):63-70. Publicado em 2007 Mar 1.
27. BOURDON PC, CARDINALE M, MURRAY A, GASTIN P, KELLMANN M, VARLEY MC, GABBETT TJ, COUTTS AJ, BURGESS DJ, GREGSON W, CABLE NT. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **Int J Sports Physiol Perform.** 2017 Apr;12(Suppl 2):S2161-S2170. doi: 10.1123/IJSP.2017-0208. PMID: 28463642.
28. BOURNE MN, WILLIAMS MD, OPAR DA, AL NAJJAR A, KERR GK, SHIELD AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. **Br J Sports Med.** 2017 Jul;51(13):1021-1028. doi: 10.1136/bjsports-2015-095739. Epub 2016 May 13. PMID: 27467123
29. BRINK M.S., VISSCHER C., ARENDS S., ZWERVER J., POST W.J., LEMMINK K.A. Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. **Br. J. Sports Med.** 2010;44:809–815. doi: 10.1136/bjism.2009.069476.
30. BROATCH JR, PETERSEN A, BISHOP DJ. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. **Med Sci Sports Exerc.** 2014 Nov;46(11):2139-47. doi: 10.1249/MSS.0000000000000348. PMID: 24674975.
31. BROCKETT, CAMILLA L.; MORGAN, DAVID L.; PROSKE, UWE Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length, **Medicine and Science in Sports and Exercise:** May 2001 - Volume 33 - Issue 5 - p 783-790
32. BROOKS JHM, FULLER CW, KEMP SPT, REDDIN DB. Incidence, Risk, and Prevention of Hamstring Muscle Injuries in Professional Rugby Union. **The American Journal of Sports Medicine.** 2006;34(8):1297-1306. doi:10.1177/0363546505286022
33. BROWN SJ, CHILD RB, DAY SH, DONNELLY AE. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. **J Sport Sci.** 1997;15(2):215–222.
34. BROWNSTEIN CG, DENT JP, PARKER P, HICKS KM, HOWATSON G, GOODALL S, THOMAS K. Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue

following Competitive Soccer Match-Play. **Front Physiol.** 2017 Oct 25;8:831. doi: 10.3389/fphys.2017.00831. PMID: 29118716; PMCID: PMC5661001.

35. BUENO, C; RIBEIRO-ALVARES, J; OLIVEIRA, G; GRAZIOLI, R; VEECK, F; PINTO, R; CADORE, E; BARONI, B. Post-match recovery of eccentric knee flexor strength in male professional football players, **Physical Therapy in Sport**, Volume 47, 2021, Pages 140-146, ISSN 1466-853X, <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2020.11.032>

36. BUTTERFIELD TA. Eccentric exercise in vivo: strain-induced muscle damage and adaptation in a stable system. **Exerc Sport Sci** . 2010 Apr;38(2):51-60. Doi: 10.1097/JES.0b013e3181d496eb. PMID: 20335736.

37. CARLING C, LACOME M, MCCALL A, DUPONT G, LE GALL F, SIMPSON B, BUCHHEIT M. Monitoring of Post-match Fatigue in Professional Soccer: Welcome to the Real World. **Sports Med.** 2018 Dec;48(12):2695-2702. doi: 10.1007/s40279-018-0935-z. PMID: 29740792; PMCID: PMC6244616

38. CARLSON C. The natural history and management of hamstring injuries. **Curr Rev Musculoskelet Med.** 2008 Jun;1(2):120-3. doi: 10.1007/s12178-007-9018-8. PMID: 19468884; PMCID: PMC2684206

39. CASAMICHANA D., CASTELLANO J., CALLEJA-GONZALEZ J., SAN ROMÁN J., CASTAGNA C. Relationship between indicators of training load in soccer players. **J. Strength Cond. Res.** 2013;27:369–374. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182548af1

40. CLANCY C, GLEESON N, MERCER T. Neuromuscular Performance and Training Workload Over an In-Season Mesocycle in Elite Young Soccer Players. **Int J Sports Physiol Perform.** 2022 Jan 1;17(1):37-43. doi: 10.1123/ijsp.2020-0834. Epub 2021 Aug 17. PMID: 34404025.

41. CLARK R, BRYANT A, CULGAN J, HARTLEY B The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries, **Physical Therapy in Sport**, Volume 6, Issue 2, 2005, Pages 67-73, ISSN 1466- 853X, <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.02.003>.

42. CLARKSON PM, NOSAKA K, BRAUN B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. **Med Sci Sports Exerc.** 1992 May;24(5):512- 20. PMID: 1569847

43. CLEMENTE FM, RABBANI A, CONTE D, CASTILLO D, AFONSO J, TRUMAN CLARK CC, NIKOLAIDIS PT, ROSEMANN T, KNECHTLE B. Training/Match External Load Ratios in Professional Soccer Players: A Full-Season Study. **Int J Environ Res Saúde Pública.** 23 de agosto de 2019;16(17):3057. doi: 10.3390/ijerph16173057. PMID: 31443592; PMCID: PMC6747517.

CopiarBaix

44. CLEMENTE FM, SILVA R, CASTILLO D, LOS ARCOS A, MENDES B, AFONSO J. Weekly Load Variations of Distance-Based Variables in Professional Soccer Players: A Full-Season Study. **Int J Environ Res Public Health**. 2020 May 9;17(9):3300. doi: 10.3390/ijerph17093300. PMID: 32397398; PMCID: PMC7246436
45. COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioural sciences. New York: Academic Press, 1988. (2a ed.)
46. COMFORT P, REGAN A, HERRINGTON L, THOMAS C, MCMAHON J, JONES P. Lack of Effect of Ankle Position During the Nordic Curl on Muscle Activity of the Biceps Femoris and Medial Gastrocnemius. **J Sport Rehabil**. 2017 Maio;26(3):202- 207. doi: 10.1123/jsr.2015-0130. Epub 2016 Ago 24. 27632836
47. CORMIE P, MCGUIGAN MR, NEWTON RU. Developing maximal neuromuscular power: part 1. Biological basis of maximal power production. **Sports Med**. 2011;41(1):17–38.
48. CORRÊA, D, ALCHIERI, J. DUARTE,L, STREY M Excelência na produtividade: a performance dos jogadores de futebol profissional. **Psicologia: Reflexão e Crítica** [online]. 2002, v. 15, n. 2, pp. 447-460. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-79722002000200021>>. Epub 07 Mar 2003. ISSN 1678-7153. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722002000200021>
49. CROISIER JL, FORTHOMME B, NAMUROIS MH, VANDERTHOMMEN M, CRIELAARD JM. Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. **Am J Sports Med**. 2002 Mar-Apr;30(2):199-203. doi: 10.1177/03635465020300020901. PMID: 11912088.
50. CROWTHER F, SEALEY R, CROWE M, EDWARDS A, HALSON S. Team sport athletes' perceptions and use of recovery strategies: a mixed-methods survey study. **BMC Sports Sci Med Rehabil**. 2017 Feb 24;9:6. doi: 10.1186/s13102-017-0071-3. PMID: 28250934; PMCID: PMC5326499.
51. CUTHBERT M, RIPLEY N, MCMAHON JJ, EVANS M, HAFF GG, COMFORT P. The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses.. in: **Sports Med**. 2019 Nov 7;; PMID: 31502142; PMCID: PMC6942028.
52. DAVIS KW. Imaging of the hamstrings. **Semin Musculoskelet Radiol**. 2008 Mar;12(1):28-41. doi: 10.1055/s-2008-1067935. PMID: 18382942-
53. DAVIS HL, ALABED S, CHICO TJA. Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. **BMJ Open Sport Exerc Med**. 2020 May 7;6(1):e000614. doi: 10.1136/bmjsem-2019-000614. Erratum in: **BMJ Open Sport Exerc Med**. 2021 Apr 21;7(2):e000614corr1. PMID: 32426160; PMCID: PMC7228568.
54. DELLAL A, CHAMARI K, WONG DEL P., AHMAIDI S, KELLER D, BARROS R, BISCOTTI G & CARLING C (2011) Comparison of physical and technical

performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga, **European Journal of Sport Science**, 11:1, 51-59, DOI: 10.1080/17461391.2010.481334

55. DE OLIVEIRA NT, MEDEIROS TM, VIANNA KB, OLIVEIRA GDS, DE ARAUJO RIBEIRO-ALVARES JB, BARONI BM. A four-week training program with the nordic hamstring exercise during preseason increases eccentric strength of male soccer players. **Int j sports phys ther.** 2020;15(4):571-578

56. DI GIMINIANI R, VISCA C. Explosive strength and endurance adaptations in young elite soccer players during two soccer seasons. **PLoS One.** 2017;12(2):e0171734. Published 2017 Feb 13. doi:10.1371/journal.pone.0171734

57. DOUGLAS J, PEARSON S, ROSS A, MCGUIGAN M a Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. **Sports Med.** 2017 Apr;47(4):663-675. doi: 10.1007/s40279-016-0624-8. PMID: 27638040

58. DOUGLAS J, PEARSON S, ROSS A, MCGUIGAN M b. Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. **Sports Med.** 2017 May;47(5):917-941. doi: 10.1007/s40279-016-0628-4. PMID: 27647157.

59. DREZNER JA. Practical management: hamstring muscle injuries. **Clin J Sport Med.** 2003 Jan;13(1):48-52. doi: 10.1097/00042752-200301000-00009. PMID: 12544164

60. DUCHATEAU J, ENOKA RM. Neural control of lengthening contractions. **J Exp Biol.** 2016 Jan;219(Pt 2):197-204. doi: 10.1242/jeb.123158. PMID: 26792331

61. DUCLAY; MARTIN; ROBBE; MICHEL Spinal Reflex Plasticity during Maximal Dynamic Contractions after Eccentric Training, **Medicine & Science in Sports & Exercise:** April 2008 - Volume 40 - Issue 4 - p 722-734 doi: 10.1249/MSS.0b013e31816184dc

62. DUPUY O, DOUZI W, THEUROT D, BOSQUET L, DUGUÉ B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. **Front Physiol.** 2018 Apr 26;9:403. doi: 10.3389/fphys.2018.00403. PMID: 29755363; PMCID: PMC5932411.

63. EKSTRAND J, BENGTSSON H, WALDÉN M, DAVISON M, KHAN K, HAGGLUND M a. Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: the UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22 **British Journal of Sports Medicine Published Online First:** 06 December 2022. doi: 10.1136/bjsports-2021-105407

64. EKSTRAND J, BENGTSSON H, WALDEN M, DAVISON M, HAGGLUND M b. Still poorly adopted in male professional football: but teams that used the Nordic Hamstring Exercise in team training had fewer hamstring injuries – a

retrospective survey of 17 teams of the UEFA Elite Club Injury Study during the 2020–2021 season **BMJ Open Sport & Exercise Medicine** 2022;**8**:e001368. doi: 10.1136/bmjsem-2022-001368

65. EKSTRAND J, HÄGGLUND M, WALDÉN M a. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. **Br J Sports Med.** 2011 Jun;**45**(7):553-8. doi: 10.1136/bjsm.2009.060582. Epub 2009 Jun 23. PMID: 19553225.

66. EKSTRAND J, HÄGGLUND M, WALDÉN M b. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). **Am J Sports Med.** 2011 Jun;**39**(6):1226-32. doi: 10.1177/0363546510395879. Epub 2011 Feb 18. PMID: 21335353.

67. EKSTRAND J, KRUTSCH W, SPRECO A, VAN ZOEST W, ROBERTS C, MEYER T, BENGTSSON H. Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. **Br J Sports Med.** 2020 Apr;**54**(7):421-426. doi: 10.1136/bjsports-2019-100666. Epub 2019 Jun 10. PMID: 31182429; PMCID: PMC7146935.

68. EKSTRAND J, WALDÉN M, HÄGGLUND M. A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup. **Br J Sports Med.** 2004 Aug;**38**(4):493-7. doi: 10.1136/bjsm.2003.009134. PMID: 15273193; PMCID: PMC1724854

69. ENGBRETSSEN AH, MYKLEBUST G, HOLME I, ENGBRETSSEN L, BAHR R. Prevention of Injuries among Male Soccer Players: A Prospective, Randomized Intervention Study Targeting Players with Previous Injuries or Reduced Function. **The American Journal of Sports Medicine.** 2008;**36**(6):1052-1060. doi:10.1177/0363546508314432

70. ERNLUND L, VIEIRA LA. Hamstring injuries: update article. **Rev Bras Ortop.** 2017;**52**(4):373-382. Published 2017 Aug 1. doi:10.1016/j.rboe.2017.05.005

71. EVANGELIDIS PE, PAIN MT, FOLLAND J. Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: a comparison of football players and recreationally active males. **J Sports Sci.** 2015;**33**(3):309-19. doi: 10.1080/02640414.2014.942680. Epub 2014 Jul 29. PMID: 25073098

72. FARTHING JP, CHILIBECK PD. The effect of eccentric training at different velocities on cross-education. **Eur J Appl Physiol.** 2003 Aug;**89**(6):570-7. doi: 10.1007/s00421-003-0841-3. Epub 2003 May 17. PMID: 12756570.

73. FERRAZ R, VAN DEN TILLAAR R, MARQUES MC. The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. **J Hum Kinet.** 2012 Dec;**35**:97-107. doi: 10.2478/v10078-012-0083-8. Epub 2012 Dec 30. PMID: 23486374; PMCID: PMC3588689.

74. FIFPRO (The Fédération Internationale des Associations de Footballeurs Professionnels) player workload monitoring. *Annual workload report – Men's*

football 2021 <https://fifpro.org/media/ltcnnyzc/player-workload-monitoring-report-2021-men-s-football.pdf>

75. FINSTERER J, DRORY VE. Wet, volatile, and dry biomarkers of exercise-induced muscle fatigue. **BMC Musculoskelet Disord**. 2016 Jan 21;17:40. doi: 10.1186/s12891-016-0869-2. PMID: 26790722; PMCID: PMC4721145.

76. FOLGADO H, DUARTE R, MARQUES P, SAMPAIO J. The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. **J Sports Sci**. 2015;33(12):1238-47. doi: 10.1080/02640414.2015.1022576. Epub 2015 Mar 13. PMID: 25765524.

77. FOUSEKIS K, TSEPIS E, POULMEDIS P, ATHANASOPOULOS S, VAGENAS G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. **Br J Sports Med**. 2011 Jul;45(9):709- 14

78. FRIDEN J., LIEBER R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exerciseinduced muscle injury. **Med. Sci. Sports Exerc**. 24 521–530

79. GABBE J., BENNELL K, FINCH C. Why are older Australian football players at greater risk of hamstring injury?, **Journal of Science and Medicine in Sport**, Volume 9, Issue 4, 2006, Pages 327-333, ISSN 1440-2440, <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.01.004>

80. GARRETT J, GRAHAM SR, ESTON RG, BURGESS DJ, GARRETT LJ, JAKEMAN J, NORTON K. Comparison of a Countermovement Jump Test and Submaximal Run Test to Quantify the Sensitivity for Detecting Practically Important Changes Within High-Performance Australian Rules Football. **Int J Sports Physiol Perform**. 2019 Apr 29:1-17. doi: 10.1123/ijssp.2019-0150. Epub ahead of print. PMID: 31034296

81. GÉRARD R, GOJON L, DECLEVE P, VAN CANT J. The Effects of Eccentric Training on Biceps Femoris Architecture and Strength: A Systematic Review With Meta-Analysis. **J Athl Train**. 2020 May;55(5):501-514. doi: 10.4085/1062-6050-194-19. Epub 2020 Mar 27. PMID: 32216654; PMCID: PMC7249279.

82. GERBER JP, MARCUS RL, DIBBLE LE, GREIS PE, BURKS RT, LASTAYO PC. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle structure after anterior cruciate ligament reconstruction. **J Bone Joint Surg Am**. 2007 Mar;89(3):559-70. doi: 10.2106/JBJS.F.00385. PMID: 17332105

83. GHOLIZADEH R, NOBARI H, BOLBOLI L, SIAHKOUHIAN M, BRITO JP. Comparison of Measurements of External Load between Professional Soccer Players. **Healthcare (Basel)**. 2022 Jun 15;10(6):1116. doi: 10.3390/healthcare10061116. PMID: 35742170; PMCID: PMC9223007.

83. GOODALL S, THOMAS K, BARWOOD M, KEANE K, GONZALEZ JT, ST CLAIR GIBSON A, HOWATSON G. Neuromuscular changes and the rapid adaptation following a bout of damaging eccentric exercise. **Acta Physiol (Oxf)**.

2017 Aug;220(4):486-500. doi: 10.1111/apha.12844. Epub 2017 Jan 5. PMID: 27981782.

84. GOODE AP, REIMAN MP, HARRIS L, DELISA L, KAUFFMAN A, BELTRAMO D, POOLE C, LEDBETTER L, TAYLOR AB. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. **Br J Sports Med.** 2015 Mar;49(6):349-56. doi: 10.1136/bjsports2014-093466. Epub 2014 Sep 16. PMID: 25227125

85. GREEN B, BOURNE MN, VAN DYK N, PIZZARI, T. Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport **British Journal of Sports Medicine** 2020;54:1081-1088.

86. GREIG M, SIEGLER JC. Soccer-specific fatigue and eccentric hamstrings muscle strength. **J Athl Train.** 2009;44(2):180-184. doi:10.4085/1062-6050-44.2.180

87. GRIFFIN JW. Differences in elbow flexion torque measured concentrically, eccentrically, and isometrically. **Phys Ther.** 1987 Aug;67(8):1205-8. doi: 10.1093/ptj/67.8.1205. PMID: 3615588

88. GRUBER M, LINNAMO V, STROJNIK V, RANTALAINEN T, AVELA J. Excitability at the motoneuron pool and motor cortex is specifically modulated in lengthening compared to isometric contractions. **J Neurophysiol.** 2009 Apr;101(4):2030-40. doi: 10.1152/jn.91104.2008. Epub 2009 Feb 4. PMID: 19193768

89. HADER K, RUMPF MC, HERTZOG M, KILDUFF LP, GIRARD O, SILVA JR. Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. **Sports Med Open.** 2019 Dec 9;5(1):48. doi: 10.1186/s40798-019-0219-7. PMID: 31820260; PMCID: PMC6901634.

90. HARPER DJ, CARLING C, KIELY J. High-Intensity Acceleration and Deceleration Demands in Elite Team Sports Competitive Match Play: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. **Sports Med.** 2019 Dec;49(12):1923-1947. doi: 10.1007/s40279-019-01170-1. PMID: 31506901; PMCID: PMC6851047

91. HAWKINS RD, FULLER CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. **Br J Sports Med.** 1999 Jun;33(3):196-203. doi: 10.1136/bjsm.33.3.196. PMID: 10378073; PMCID: PMC1756169.

92. 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 Feb;40(2):67-81.

93. HELGERUD J, ENGEN LC, WISLOFF U, HOFF J. Aerobic endurance training improves soccer performance. **Med Sci Sports Exerc.** 2001

Nov;33(11):1925-31. doi: 10.1097/00005768-200111000-00019. PMID: 11689745.

94. HELGERUD J, HØYDAL K, WANG E, KARLSEN T, BERG P, BJERKAAS M, SIMONSEN T, HELGESEN C, HJORTH N, BACH R, HOFF J. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. **Med Sci Sports Exerc.** 2007 Apr;39(4):665-71. doi: 10.1249/mss.0b013e3180304570. PMID: 17414804.

95. HERNÁNDEZ-DAVO JL, PÉREZ VM, NAVARRO PM. Effects of playing 1 vs 3 matches in a one-week period on physical performance in young soccer players. **Biol Sport.** 2022 Oct;39(4):819-823. doi: 10.5114/biol sport.2022.108700. Epub 2021 Oct 25. PMID: 36247960; PMCID: PMC9536393.

96. HERZOG W. Why are muscles strong, and why do they require little energy in eccentric action? **J Sport Health Sci.** 2018 Jul;7(3):255-264. doi: 10.1016/j.jshs.2018.05.005. Epub 2018 Jun 2. PMID: 30356622; PMCID: PMC6189244

97. HERZOG W, LEE EJ, RASSIER DE. Residual force enhancement in skeletal muscle. **J Physiol.** 2006 Aug 1;574(Pt 3):635-42. doi: 10.1113/jphysiol.2006.107748. Epub 2006 May 18. PMID: 16709641; PMCID: PMC1817744.

98. HERZOG W, LEONARD TR. Force enhancement following stretching of skeletal muscle: a new mechanism. **J Exp Biol.** 2002 May;205(Pt 9):1275-83. PMID: 11948204

99. HIROSE N, TSURUIKE M, HIGASHIHARA A. (2021) Biceps Femoris Muscle is Activated by Performing Nordic Hamstring Exercise at a Shallow Knee Flexion Angle. **Journal of Sports Science and Medicine** (20), 275–283. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.275>

100. HODY S, CROISIER JL, BURY T, ROGISTER B, LEPRINCE P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. **Front Physiol.** 2019;10:536. Published 2019 May 3. doi:10.3389/fphys.2019.00536

101. HORTOBÁGYI T, KATCH FI. Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. Influence of strength level. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.** 1990;60(5):395-401. doi: 10.1007/BF00713506. PMID: 2369913.

102. HUXLEY AF. Biological motors: energy storage in myosin molecules. **Curr Biol.** 1998;8(14):R485–8

103. HUXLEY AF. Muscle structure and theories of contraction. **Prog Biophys Biophys Chem** 1957;7:255–318

104. HUYGAERTS S, COS F, COHEN DD, CALLEJA-GONZÁLEZ J, GUITART M, BLAZEVIČ AJ, ALCARAZ PE. Mechanisms of Hamstring Strain Injury: Interactions between Fatigue, Muscle Activation and Function. **Sports (Basel).**

2020 May 18;8(5):65. doi: 10.3390/sports8050065. PMID: 32443515; PMCID: PMC7281534

105. HYLDAHL RD, HUBAL MJ. Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle Nerve**. 2014 Feb;49(2):155-70. doi: 10.1002/mus.24077. Epub 2013 Dec 3. PMID: 24030935.

106. HWANG J, MOON NR, HEINE O, YANG WH. The ability of energy recovery in professional soccer players is increased by individualized low-intensity exercise. **PLoS One**. 2022 Jun 30;17(6):e0270484. doi: 10.1371/journal.pone.0270484. PMID: 35771850; PMCID: PMC9246211.

107. IMPELLIZZERI FM, MARCORA SM, COUTTS AJ. Internal and External Training Load: 15 Years On. **Int J Sports Physiol Perform**. 2019 Feb 1;14(2):270-273. doi: 10.1123/ijsp.2018-0935. Epub 2019 Jan 6. PMID: 30614348.

108. ISHIDA A, BAZYLER CD, SAYERS AL, STONE MH, GENTLES JA. Seasonal Changes and Relationships in Training Loads, Neuromuscular Performance, and Recovery and Stress State in Competitive Female Soccer Players. **Front Sports Act Living**. 2021 Oct 11;3:757253. doi: 10.3389/fspor.2021.757253. PMID: 34708201; PMCID: PMC8542871.

109. ISHØI L, HÖLMICH P, AAGAARD P, THORBORG K, BANDHOLM T, SERNER A. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. **J Sports Sci**. 2018 Jul;36(14):1663-1672. doi: 10.1080/02640414.2017.1409609. Epub 2017 Dec 1. PMID: 29192837

110. ISPIRLIDIS I, FATOUROS IG, JAMURTAS AZ, NIKOLAIDIS MG, MICHAILIDIS I, DOUROUDOS I, MARGONIS K, CHATZINIKOLAOU A, KALISTRATOS E, KATRABASAS I, ALEXIOU V, TAXILDARIS K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clin J Sport Med**. 2008 Sep;18(5):423-31. doi: 10.1097/JSM.0b013e3181818e0b. PMID: 18806550

111. JULIAN R, PAGE RM, HARPER LD. The Effect of Fixture Congestion on Performance During Professional Male Soccer Match-Play: A Systematic Critical Review with Meta-Analysis. **Sports Med**. 2021 Feb;51(2):255-273. doi: 10.1007/s40279-020-01359-9. PMID: 33068272; PMCID: PMC7846542.

112. KELLMANN M, BERTOLLO M, BOSQUET L, BRINK M, COUTTS AJ, DUFFIELD R, ERLACHER D, HALSON SL, HECKSTEDEN A, HEIDARI J, KALLUS KW, MEEUSEN R, MUJIKA I, ROBAZZA C, SKORSKI S, VENTER R, BECKMANN J. Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. **Int J Sports Physiol Perform**. 2018 Feb 1;13(2):240-245. doi: 10.1123/ijsp.2017-0759. Epub 2018 Feb 19. PMID: 29345524.

113. KELLMANN M. (2002). Enhancing Recovery: Preventing Underperformance in Athletes. Available online.

114. KROMMES K, PETERSEN J, NIELSEN MB, AAGAARD P, HÖLMICH P, THORBORG K. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study. **BMC Res Notes**. 2017 Dec 4;10(1):669. doi: 10.1186/s13104-017-2986-x. PMID: 29202784; PMCID: PMC5716363
115. KRUSTRUP P, ORTENBLAD N, NIELSEN J, NYBO L, GUNNARSSON TP, IAIA FM, MADSEN K, STEPHENS F, GREENHAFF P, BANGSBO J. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. **Eur J Appl Physiol**. 2011 Dec;111(12):2987-95. doi: 10.1007/s00421-011-1919-y. Epub 2011 Mar 30. PMID: 21448723
116. KUZON WM JR, ROSENBLATT JD, HUEBEL SC, LEATT P, PLYLEY MJ, MCKEE NH, JACOBS I. Skeletal muscle fiber type, fiber size, and capillary supply in elite soccer players. **Int J Sports Med**. 1990 Apr;11(2):99-102. doi: 10.1055/s-2007-1024770. PMID: 2338382.
117. LASTAYO PC, WOOLF JM, LEWEK MD, SNYDER-MACKLER L, REICH T, LINDSTEDT SL. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. **J Orthop Sports Phys Ther**. 2003 Oct;33(10):557-71. doi: 10.2519/jospt.2003.33.10.557. PMID: 14620785
118. LAYZER RB. Muscle metabolism during fatigue and work. **Baillieres Clin Endocrinol Metab**. 1990 Sep;4(3):441-59. doi: 10.1016/s0950-351x(05)80064-3. PMID: 2268224.
119. LEE JWY, LI C, YUNG PSH, CHAN KM. The reliability and validity of a video-based method for assessing hamstring strength in football players. **J Exerc Sci Fit**. 2017 Jun;15(1):18-21. doi: 10.1016/j.jesf.2017.04.001. Epub 2017 Apr 28. PMID: 29541126; PMCID: PMC5812858.
120. LEPLEY LK, LEPLEY AS, ONATE JA, GROOMS DR. Eccentric Exercise to Enhance Neuromuscular Control. **Sports Health**. 2017;9(4):333-340. doi:10.1177/1941738117710913
121. LIEBER RL, FRIDÉN J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. **J Sci Med Sport**. 1999 Oct;2(3):253-65. doi: 10.1016/s1440-2440(99)80177-7. PMID: 10668762
122. LINDSTEDT S. L., LASTAYO P. C., REICH T. E. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. **News Physiol. Sci**. 16 256–261
123. LLURDA-ALMUZARA L, LABATA-LEZAUN N, LÓPEZ-DE-CELIS C, AIGUADÉ-AIGUADÉ R, ROMANÍ-SÁNCHEZ S, RODRÍGUEZ-SANZ J, FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS C, PÉREZ-BELLMUNT A. Biceps Femoris Activation during Hamstring Strength Exercises: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**. 2021 Aug 18;18(16):8733. doi: 10.3390/ijerph18168733. PMID: 34444481; PMCID: PMC8393607

124. MACKEY AL, KJAER M. Connective tissue regeneration in skeletal muscle after eccentric contraction-induced injury. **J Appl Physiol** (1985). 2017 Mar 1;122(3):533- 540. doi: 10.1152/jappphysiol.00577.2016. Epub 2016 Aug 25. PMID: 27562842.
125. MAFFULLI N, CAINE DJ. **Epidemiology of Pediatric Sports Injuries: Team Sports. Basel, Switzerland: Karger, 2005**
126. MAFFULLI N, LONGO UG. How do eccentric exercises work in tendinopathy? **Rheumatology (Oxford)**. 2008 Oct;47(10):1444-5. doi: 10.1093/rheumatology/ken337. Epub 2008 Aug 12. PMID: 18697828.
127. MARQUÉS-JIMENEZ D, CALLEJA-GONZÁLEZ J, ARRATIBEL I, DELESTRAT A, TERRADOS N. Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. **The open Sport Sciences Journal**. 2017; 10: 52-70. doi: [10.2174/1875399X01710010052](https://doi.org/10.2174/1875399X01710010052)
128. MARQUÉS-JIMÉNEZ D, CALLEJA-GONZÁLEZ J, ARRATIBEL I, DELESTRAT A, TERRADOS N. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. **Physiol Behav**. 2016 Jan 1;153:133-48. doi: 10.1016/j.physbeh.2015.10.027. Epub 2015 Oct 30. PMID: 26522739.
129. MASO F, LAC G, FILAIRE E, MICHAUX O, ROBERT A. Salivary testosterone and cortisol in rugby players: correlation with psychological overtraining items. **Br J Sports Med**. 2004 Jun;38(3):260-3. doi: 10.1136/bjism.2002.000254. PMID: 15155421; PMCID: PMC1724841
130. MATHER RC 3RD, KOENIG L, KOCHER MS, DALL TM, GALLO P, SCOTT DJ, BACH BR JR, SPINDLER KP; MOON Knee Group. Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. **J Bone Joint Surg Am**. 2013 Oct 2;95(19):1751-9. doi: 10.2106/JBJS.L.01705. PMID: 24088967; PMCID: PMC3779900
131. MCHUGH M. P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. **Scand. J. Med. Sci. Sports** 13 88–97. 10.1034/j.1600- 0838.2003.02477.
132. MCMILLAN K, HELGERUD J, MACDONALD R, HOFF J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. **Br J Sports Med**. 2005 May;39(5):273-7. doi: 10.1136/bjism.2004.012526. PMID: 15849290; PMCID: PMC1725215.
133. MEDEIROS TM, RIBEIRO-ALVARES JB, FRITSCH CG, OLIVEIRA GS, SEVERO-SILVEIRA L, PAPPAS E, BARONI BM. Effect of Weekly Training Frequency With the Nordic Hamstring Exercise on Muscle-Strain Risk Factors in Football Players: A Randomized Trial. **Int J Sports Physiol Perform**. 2020 Jun 24:1- 8. doi: 10.1123/ijsp.2018-0780. Epub ahead of print. PMID: 32580161.

134. MIGUEL M, OLIVEIRA R, LOUREIRO N, GARCÍA-RUBIO J, IBÁÑEZ SJ. Load Measures in Training/Match Monitoring in Soccer: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health**. 2021 Mar 8;18(5):2721. doi: 10.3390/ijerph18052721. PMID: 33800275; PMCID: PMC7967450.
135. MILANESE C, CAVEDON V, CORRADINI G, DE VITA F, ZANCANARO C. SEASONAL DXA-measured body composition changes in professional male soccer players. **J Sports Sci**. 2015;33(12):1219-28. doi: 10.1080/02640414.2015.1022573. Epub 2015 Mar 16. PMID: 25773172
136. MIRALLES-IBORRA A, ELVIRA JLL, URBAN T, CALADO A, DEL COSO J, MORENO-PÉREZ V. Agreement between isokinetic eccentric hamstring strength, Nordic hamstring strength and Nordic break-point angle in a sample of trained and healthy individuals. **Eur J Sport Sci**. 2022 Jan 6:1-10. doi: 10.1080/17461391.2021.2014984. Epub ahead of print. PMID: 34865597
137. MJØLSNES R, ARNASON A, ØSTHAGEN 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 Oct;14(5):311-7. doi: 10.1046/j.1600-0838.2003.367.x. PMID: 15387805
138. MODRIC T, VERSIC S, SEKULIC D, LIPOSEK S. Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. **Int J Environ Res Saúde Pública**. 2019;16(20):4032. Publicado em 2019 Out 21. doi:10.3390/ijerph16204032
139. MOHR M, DRAGANIDIS D, CHATZINIKOLAOU A, BARBERO-ÁLVAREZ JC, CASTAGNA C, DOUROUDOS I, AVLONITI A, MARGELI A, PAPASSOTIRIOU I, FLOURIS AD, JAMURTAS AZ, KRUSTRUP P, FATOUROS IG. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **Eur J Appl Physiol**. 2016 Jan;116(1):179-93. doi: 10.1007/s00421-015-3245-2. Epub 2015 Sep 16. PMID: 26377004.
140. MOHR M, KRUSTRUP P, BANGSBO J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **J Sports Sci**. 2003;21(7):519–528
141. MOHR M, VIGH-LARSEN JF, KRUSTRUP P. Muscle Glycogen in Elite Soccer - A Perspective on the Implication for Performance, Fatigue, and Recovery. **Front Sports Act Living**. 2022 Apr 25;4:876534. doi: 10.3389/fspor.2022.876534. PMID: 35571748; PMCID: PMC9106100
142. MONAJATI A, LARUMBE-ZABALA E, GOSS-SAMPSON M, NACLERIO F. Analysis of the Hamstring Muscle Activation During two Injury Prevention Exercises. **J Hum Kinet**. 2017;60:29-37. Published 2017 Dec 28. doi:10.1515/hukin-2017-0105
143. MORENO-PÉREZ V, RODAS G, PEÑARANDA-MORAGA M, LÓPEZ-SAMANES Á, ROMERO-RODRÍGUEZ D, AAGAARD P, DEL COSO J. Effects of Football Training and Match-Play on Hamstring Muscle Strength and Passive

Hip and Ankle Range of Motion during the Competitive Season. **Int J Environ Res Public Health**. 2022 Mar 2;19(5):2897. doi: 10.3390/ijerph19052897. PMID: 35270589; PMCID: PMC8909953.

144. MORGAN DL. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. **Biophys J** 1990;57:209–21

145. NARICI MV, ROI GS, LANDONI L, MINETTI AE, CERRETELLI P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**. 1989;59(4):310-9. doi: 10.1007/BF02388334. PMID: 2583179.

146. NASSIS GP, MASSEY A, JACOBSEN P, BRITO J, RANDERS MB, CASTAGNA C, MOHR M, KRUSTRUP P. Elite football of 2030 will not be the same as that of 2020: Preparing players, coaches, and support staff for the evolution. **Scand J Med Sci Sports**. 2020 Jun;30(6):962-964. doi: 10.1111/sms.13681. PMID: 32424904.

147. NÉDÉLEC M, MCCALL A, CARLING C, LEGALL F, BERTHOIN S, DUPONT G. Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. **Sports Med**. 2012 Dec 1;42(12):997-1015. doi: 10.2165/11635270-000000000-00000. PMID: 23046224

148. NISHIDA S, NAKAMURA M, KIYONO R, SATO S, YASAKA K, YOSHIDA R, NOSAKA K. Relationship between Nordic hamstring strength and maximal voluntary eccentric, concentric and isometric knee flexion torque. **PLoS One**. 2022 Feb 25;17(2):e0264465. doi: 10.1371/journal.pone.0264465. PMID: 35213652; PMCID: PMC8880649.

149. NOBARI H, GHOLIZADEH R, MARTINS AD, BADICU G, OLIVEIRA R. In-Season Quantification and Relationship of External and Internal Intensity, Sleep Quality, and Psychological or Physical Stressors of Semi-Professional Soccer Players. **Biology (Basel)**. 2022 Mar 18;11(3):467. doi: 10.3390/biology11030467. PMID: 35336840; PMCID: PMC8945764.

150. NORRBRAND L, FLUCKEY JD, POZZO M, TESCH PA. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. **Eur J Appl Physiol**. 2008 Feb;102(3):271-81. doi: 10.1007/s00421-007-0583-8. Epub 2007 Oct 10. PMID: 17926060

151. OLIVA-LOZANO, J. M., FORTES, V., KRUSTRUP, P., & MUYOR, J. M. (2020). Acceleration and sprint profiles of professional male football players in relation to playing position. **PLoS one**, 15(8), e0236959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236959>

152. OPAR DA, WILLIAMS MD, TIMMINS RG, HICKEY J, DUHIG SJ, SHIELD AJ. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. **Med Sci Sports Exerc**. 2015 Apr;47(4):857-65. doi: 10.1249/MSS.0000000000000465. PMID: 25137368

153. OPAR DA, PIATKOWSKI T, WILLIAMS MD, SHIELD AJ. A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. **J Orthop Sports Phys Ther.** 2013 Sep;43(9):636-40. doi: 10.2519/jospt.2013.4837. PMID: 23886674
154. OSGNACH C, POSER S, BERNARDINI R, RINALDO R, DI PRAMPERO PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. **Med Sci Sports Exerc.** 2010 Jan;42(1):170-8. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd. PMID: 20010116
155. OSTENBERG, A , ROOS, H : Injury risk factors in female European football: A prospective study of 123 players during one season. **Scand J Med Sci Sports** 10: 279–285, 2000
156. PEREIRA PANZA VS, DIEFENTHAELER F, DA SILVA EL. Benefits of dietary phytochemical supplementation on eccentric exercise-induced muscle damage: Is including antioxidants enough? **Nutrition.** 2015 Sep;31(9):1072-82. doi: 10.1016/j.nut.2015.02.014. Epub 2015 Mar 17. PMID: 26233864.
157. PETERSEN J, THORBORG K, NIELSEN MB, BUDTZ-JØRGENSEN E, HÖLMICH P. Preventive Effect of Eccentric Training on Acute Hamstring Injuries in Men’s Soccer: A Cluster-Randomized Controlled Trial. **The American Journal of Sports Medicine.** 2011;39(11):2296-2303. doi:10.1177/0363546511419277
158. PFIRRMANN, D., HERBST, M., INGELFINGER, P., SIMON, P., & TUG, S. (2016). Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. **J Athl Train** 51(5), 410-424. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.6.03>
159. PILLAY L, BURGESS D, VAN RENSBURG DCJ, KERKHOFFS GM, GOUTTEBARGE V. The congested International Match Calendar in football: views of 1055 professional male players. **BMC Sports Sci Med Rehabil.** 2022 Nov 29;14(1):200. doi: 10.1186/s13102-022-00597-w. PMID: 36447290; PMCID: PMC9706944.
160. POTIER TG, ALEXANDER CM, SEYNNES OR. Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. **Eur J Appl Physiol.** 2009 Apr;105(6):939-44. doi: 10.1007/s00421-008-0980-7. Epub 2009 Mar 7. PMID: 19271232
161. POUDEL B, PANDEY S. Hamstring Injury. 2020 Sep 10. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan–. PMID: 32644362
162. PRESLAND JD, TIMMINS RG, BOURNE MN, WILLIAMS MD, OPAR DA. The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long head architectural adaptation. **Scand J Med Sci Sports.** 2018 Jul;28(7):1775-1783. doi: 10.1111/sms.13085. Epub 2018 May 8. PMID: 29572976

163. PRIOR M, GUERIN M, GRIMMER K. An evidence-based approach to hamstring strain injury: a systematic review of the literature. **Sports Health**. 2009;1(2):154-164. doi:10.1177/1941738108324962
164. QUERIDO SM, BRITO J, FIGUEIREDO P, CARNIDE F, VAZ JR, FREITAS SR. Postmatch Recovery Practices Carried Out in Professional Football: A Survey of 56 Portuguese Professional Football Teams. **Int J Sports Physiol Perform**. 2022 May 1;17(5):748-754. doi: 10.1123/ijsp.2021-0343. Epub 2022 Feb 24. PMID: 35203052.
165. RAHNAMA N, REILLY T, LEES A, GRAHAM-SMITH P. Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. **J Sports Sci**. 2003 Nov;21(11):933-42. doi: 10.1080/0264041031000140428. PMID: 14626373
166. RAMOS GA, ARLIANI GG, ASTUR DC, POCHINI AC, EJNISMAN B, COHEN M. Rehabilitation of hamstring muscle injuries: a literature review. **Rev Bras Ortop**. 2016;52(1):11-16. Published 2016 Dec 15. doi:10.1016/j.rboe.2016.12.002
167. RAMPININI E, COUTTS AJ, CASTAGNA C, SASSI R, IMPELLIZZERI FM. Variation in top level soccer match performance. **Int J Sports Med**. 2007 Dec;28(12):1018-24. doi: 10.1055/s-2007-965158. Epub 2007 May 11. PMID: 17497575
168. RANKOVIC, G., MUTAVDZIC, V., TOSKIC, D., PRELJEVIC, A., KOCIC, M., NEDIN RANKOVIC, G., & DAMJANOVIC, N. (2010). Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. **Bosnian journal of basic medical sciences**, 10(1), 44–48. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2010.2734>
169. REHORN MR, BLEMKER SS. The effects of aponeurosis geometry on strain injury susceptibility explored with a 3D muscle model. **J Biomech**. 2010;43(13):2574- 2581. doi:10.1016/j.jbiomech.2010.05.011
170. RIBEIRO RN, VILAÇA F, OLIVEIRA HU, VIEIRA LS, SILVA AA. Prevalência de lesões no futebol em atletas jovens: estudo comparativo entre diferentes categorias. **Rev Bras Educ Fis Esporte**. 2007;21(3):189-94.
171. RIBEIRO-ALVARES JB, MARQUES VB, VAZ MA, BARONI BM. Four Weeks of Nordic Hamstring Exercise Reduce Muscle Injury Risk Factors in Young Adults. **J Strength Cond Res**. 2018 May;32(5):1254-1262. doi: 10.1519/JSC.0000000000001975. PMID: 28459795.
172. RIENZI E., DRUST B., REILLY T., CARTER J.E.L., MARTIN A. (2000) Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness** 40, 162-169
173. ROBINEAU J, JOUAUX T, LACROIX M, BABAULT N. Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. **J Strength Cond Res**. 2012 Feb;26(2):555-62. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220dda0. PMID: 22240545

174. RODGERS CD, RAJA A. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hamstring Muscle. 2020 Aug 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Jan—. PMID: 31536294
175. ROE M, DELAHUNT E, MCHUGH M, GISSANE C, MALONE S, COLLINS K, BLAKE C. Association between eccentric knee flexor strength and hamstring injury risk in 185 elite Gaelic football players. **Scand J Med Sci Sports**. 2020 Mar;30(3):515-522. doi: 10.1111/sms.13588. Epub 2020 Feb 3. PMID: 31663638.
176. RUSSELL S, JENKINS D, RYNNE S, HALSON SL, KELLY V. What is mental fatigue in elite sport? Perceptions from athletes and staff. **Eur J Sport Sci**. 2019 Nov;19(10):1367-1376. doi: 10.1080/17461391.2019.1618397. Epub 2019 May 28. PMID: 31081474.
177. SAIDI K, BEN ABDERRAHMAN A, BOULLOSA D, DUPONT G, HACKNEY AC, BIDEAU B, PAVILLON T, GRANACHER U, ZOUHAL H. The Interplay Between Plasma Hormonal Concentrations, Physical Fitness, Workload and Mood State Changes to Periods of Congested Match Play in Professional Soccer Players. **Front Physiol**. 2020 Jul 21;11:835. doi: 10.3389/fphys.2020.00835. PMID: 32792977; PMCID: PMC7385323.
178. ŠARABON N, MARUŠIČ J, MARKOVIĆ G, KOZINC Ž. Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. **PLoS One**. 2019;14(10):e0223437. Published 2019 Oct 23. doi:10.1371/journal.pone.0223437
179. SCONCE E, JONES P, TURNER E, COMFORT P, GRAHAM-SMITH P. The validity of the nordic hamstring lower for a field-based assessment of eccentric hamstring strength. **J Sport Rehabil**. 2015 Feb;24(1):13-20. doi: 10.1123/JSR.2013-0097. PMID: 25606859.
180. SEYMORE KD, DOMIRE ZJ, DEVITA P, RIDER PM, KULAS AS. The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. **Eur J Appl Physiol**. 2017 May;117(5):943-953. doi: 10.1007/s00421-017-3583-3. Epub 2017 Mar 9. PMID: 28280975
181. SILVA JR, RUMPF MC, HERTZOG M, CASTAGNA C, FAROOQ A, GIRARD O, HADER K. Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Med**. 2018 Mar;48(3):539-583. doi: 10.1007/s40279-017-0798-8. PMID: 29098658
182. SILVA JR. The soccer season: performance variations and evolutionary trends. **PeerJ**. 2022 Oct 5;10:e14082. doi: 10.7717/peerj.14082. PMID: 36217385; PMCID: PMC9547588.
183. SOGA T, NISHIUMI D, FURUSHO A, AKIYAMA K, HIROSE N. Effect of Different Slopes of the Lower Leg during the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Electromyography Activity. **J Sports Sci Med**. 2021 Mar 5;20(2):216-221. doi: 10.52082/jssm.2021.216. PMID: 33948099; PMCID: PMC8057708.

184. STØLEN T, CHAMARI K, CASTAGNA C, WISLØFF U. Physiology of soccer: an update. **Sports Med.** 2005;35(6):501-36. doi: 10.2165/00007256-200535060-00004. PMID: 15974635.
185. SUTTON L, SCOTT M, WALLACE J, REILLY T. Body composition of English Premier League soccer players: influence of playing position, international status, and ethnicity. **J Sports Sci.** 2009 Aug;27(10):1019-26. doi: 10.1080/02640410903030305. PMID: 19847685
185. SUTTON G. Hamstrung by Hamstring Strains: A Review of the Literature **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy** Published Online:January 1, 1984 Volume5 Issue4 Pages184-195
186. TANG R, MURTAGH C, WARRINGTON G, CABLE T, MORGAN O, O'BOYLE A, BURGESS D, MORGANS R, DRUST B. Directional Change Mediates the Physiological Response to High-Intensity Shuttle Running in Professional Soccer Players. **Sports (Basel).** 2018 Apr 24;6(2):39. doi: 10.3390/sports6020039. PMID: 29910343; PMCID: PMC6026794
187. TEIXEIRA JE, FORTE P, FERRAZ R, LEAL M, RIBEIRO J, SILVA AJ, BARBOSA TM, MONTEIRO AM. Monitoring Accumulated Training and Match Load in Football: A Systematic Review. **Int J Environ Res Public Health.** 2021 Apr 8;18(8):3906. doi: 10.3390/ijerph18083906. PMID: 33917802; PMCID: PMC8068156.
188. THOMAS K, BROWNSTEIN CG, DENT J, PARKER P, GOODALL S, HOWATSON G. Neuromuscular Fatigue and Recovery after Heavy Resistance, Jump, and Sprint Training. **Med Sci Sports Exerc.** 2018 Dec;50(12):2526-2535. doi: 10.1249/MSS.0000000000001733. PMID: 30067591.
189. THORPE RT. Post-exercise Recovery: Cooling and Heating, a Periodized Approach. **Front Sports Act Living.** 2021 Sep 1;3:707503. doi: 10.3389/fspor.2021.707503. PMID: 34541521; PMCID: PMC8440788.
190. TIMMINS RG, BOURNE MN, SHIELD AJ, WILLIAMS MD, LORENZEN C, OPAR DA. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. **Br J Sports Med.** 2016 Dec;50(24):1524-1535. doi: 10.1136/bjsports-2015-095362. Epub 2015 Dec 16. PMID: 26675089
191. TOKUTAKE G, KURAMOCHI R, MURATA Y, ENOKI S, KOTO Y, SHIMIZU T. The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running. **J Sports Sci Med.** 2018 Nov 20;17(4):650-655. PMID: 30479534; PMCID: PMC6243618
192. TOURON J, COSTES F, COUDEYRE E, PERRAULT H, RICHARD R. Aerobic Metabolic Adaptations in Endurance Eccentric Exercise and Training: From Whole Body to Mitochondria. **Front Physiol.** 2021;11:596351. Published 2021 Jan 27. doi:10.3389/fphys.2020.596351

193. TRUPPA L, GUAITOLINI M, GAROFALO P, CASTAGNA C, MANNINI A. Assessment of Biomechanical Response to Fatigue through Wearable Sensors in Semi-Professional Football Referees. **Sensors (Basel)**. 2020 Dec 24;21(1):66. doi: 10.3390/s21010066. PMID: 33374324; PMCID: PMC7795543
194. TSUCHIYA Y, NAKAZATO K, OCHI E. Contralateral repeated bout effect after eccentric exercise on muscular activation. **Eur J Appl Physiol**. 2018 Sep;118(9):1997-2005. doi: 10.1007/s00421-018-3933-9. Epub 2018 Jul 9. PMID: 29987366.
195. VALLE X, L TOL J, HAMILTON B, RODAS G, MALLIARAS P, MALLIAROPOULOS N, RIZO V, MORENO M, JARDI J. Hamstring Muscle Injuries, a Rehabilitation Protocol Purpose. **Asian J Sports Med**. 2015 Dec;6(4):e25411. doi: 10.5812/asjms.25411. Epub 2015 Dec 1. PMID: 26715969; PMCID: PMC4691307.
196. VAN DE HOEF PA, BRINK MS, HUISSTEDE BMA, VAN SMEDEN M, DE VRIES N, GOEDHART EA, GOUTTEBARGE V, BACKX FJG. Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? - A cluster-RCT. **Scand J Med Sci Sports**. 2019 Apr;29(4):515-523. doi: 10.1111/sms.13353. Epub 2019 Jan 24. PMID: 30536639; PMCID: PMC6850185
197. VAN DER HORST N, SMITS D-W, PETERSEN J, GOEDHART EA, BACKX FJG. The Preventive Effect of the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in Amateur Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. **The American Journal of Sports Medicine**. 2015;43(6):1316-1323. doi:10.1177/0363546515574057
198. VAN DER HORST N, VAN DE HOEF S, REURINK G, HUISSTEDE B, BACKX F. Return to Play After Hamstring Injuries: A Qualitative Systematic Review of Definitions and Criteria. **Sports Med**. 2016 Jun;46(6):899-912. doi: 10.1007/s40279-015-0468-7. PMID: 26767837; PMCID: PMC4887544.
199. VAN DYK N, BAHR R, BURNETT AF, WHITELEY R, BAKKEN A, MOSLER A, FAROOQ A, WITVROUW E. A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players. **Br J Sports Med**. 2017 Dec;51(23):1695-1702. doi: 10.1136/bjsports-2017-097754. Epub 2017 Jul 29. PMID: 28756392.
200. 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 Nov;53(21):1362-1370. doi: 10.1136/bjsports-2018-100045. Epub 2019 Feb 26. PMID: 30808663
201. VAN DYK N, WITVROUW E, BAHR R. Interseason variability in isokinetic strength and poor correlation with Nordic hamstring eccentric strength in football players. **Scand J Med Sci Sports**. 2018 Aug;28(8):1878-1887. doi: 10.1111/sms.13201. Epub 2018 May 16. PMID: 29694677.

202. VENTER RE. Perceptions of team athletes on the importance of recovery modalities. **Eur J Sport Sci.** 2014;14 Suppl 1:S69-76. doi: 10.1080/17461391.2011.643924. Epub 2012 Feb 29. PMID: 24444246.
203. VIANNA KB, RODRIGUES LG, OLIVEIRA NT, RIBEIRO-ALVARES JB, BARONI BM. A Preseason Training Program With the Nordic Hamstring Exercise Increases Eccentric Knee Flexor Strength and Fascicle Length in Professional Female Soccer Players. **Int J Sports Phys Ther.** 2021 Apr 1;16(2):459-467. doi: 10.26603/001c.19452. PMID: 33842041; PMCID: PMC8016438.
204. VICENS-BORDAS, J., ESTEVE, E., FORT-VANMEERHAEGHE, A., CLAUSEN, M. B., BANDHOLM, T., OPAR, D., SHIELD, A., & THORBORG, K (2020). Eccentric hamstring strength is associated with age and duration of previous season hamstring injury in male soccer players. **International journal of sports physical therapy**, 15(2), 246–253.
205. VISSING J, HALLER RG. Mechanisms of exertional fatigue in muscle glycogenoses. **Neuromuscul Disord.** 2012 Dec;22 Suppl 3:S168-71. doi: 10.1016/j.nmd.2012.10.011. PMID: 23182633.
206. WAHL, A. **Historias del fútbol, del juego al deporte.** 1997. Barcelona: Ediciones.
207. WALLACE JL, NORTON KI. Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010. Game structure, speed and play patterns. **J Sci Med Sport.** 2014; 17: 223–228. 10.1016/j.jsams.2013.03.016
208. WISLØFF U, HELGERUD J, HOFF J. Strength and endurance of elite soccer players. **Med Sci Sports Exerc.** 1998 Mar;30(3):462-7. doi: 10.1097/00005768-199803000-00019. PMID: 9526895.
209. WESTING SH, SEGER JY, THORSTENSSON A. Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relationships during knee extension in man. **Acta Physiol Scand.** 1990 Sep;140(1):17-22. doi: 10.1111/j.1748- 1716.1990.tb08971.x. PMID: 2275401.
210. WOODS C, HAWKINS RD, MALTBY S, HULSE M, THOMAS A, HODSON A; Football Association Medical Research Programme. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. **Br J Sports Med.** 2004 Feb;38(1):36-41. doi: 10.1136/bjism.2002.002352. PMID: 14751943; PMCID: PMC1724733.
211. ZEMKOVÁ, E., & HAMAR, D. The effect of soccer match induced fatigue on neuromuscular performance. **Kinesiology** 41(2009) 2:195-202