



Miguel Lourenço Sobrinho

**Inovação Tecnológica na Avaliação da Força e da
Fadiga Muscular em Jogadores de Futebol**

Trabalho realizado sob orientação do
Professor Doutor Carlos Eduardo da Silva Teixeira

dezembro 2022



Miguel Lourenço Sobrinho

**Inovação Tecnológica na Avaliação da Força e da
Fadiga Muscular em Jogadores de Futebol**

Dissertação de Mestrado em Exercício e Saúde

Dissertação apresentada na Universidade Lusófona do Porto
para obtenção do Grau em Exercício e Saúde

Dissertação defendida em provas públicas na Universidade Lusófona do Porto
no dia 22/12/2022, perante o júri seguinte:

Presidente: Professora Doutora Lucimere Bohn

(Professora Auxiliar da Universidade Lusófona do Porto)

Arguente: Professor Doutor Eduardo André de Azevedo Abade

(Professor Associado da Universidade da Maia)

Orientador: Professor Doutor Carlos Eduardo da Silva Teixeira

(Professor Auxiliar da Universidade Lusófona do Porto)

dezembro 2022

É autorizada a reprodução parcial desta tese, apenas para efeitos de investigação, mediante declaração escrita do interessado, que a tal se compromete.

Agradecimentos

A realização da tese de mestrado foi concluída com sucesso devido ao constante contributo de alguns intervenientes.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Eduardo Teixeira, pela disponibilidade demonstrada durante todo o processo e pela amizade estabelecida.

Segundamente, deixar uma palavra de apreço à minha família, namorada e amigos que estiveram sempre presentes durante todo o processo e enaltecer o apoio demonstrado por todos nesta fase tão importante da minha vida.

Agradeço ainda a todos os docentes do mestrado em exercício e saúde por estarem sempre disponíveis a contribuir positivamente para que completasse este objetivo de ser mestre em exercício e saúde.

Em último lugar, agradeço ao Leça Futebol Clube e toda a sua estrutura, em especial ao meu amigo Rui Teixeira, por permitirem que realizasse todos os testes necessários à elaboração desta tese.

Resumo

A inovação tecnológica tem possibilitado a criação e desenvolvimento de dispositivos com boa capacidade de avaliação e monitorização dos principais indicadores de performance e risco de lesão nas diversas modalidades desportivas. Particularmente no futebol, o estudo da força dos músculos dos membros inferiores, e dos dispositivos que possibilitam a sua avaliação, tem merecido grande atenção pela comunidade desportiva, académica e científica, no sentido de melhorar a monitorização da adaptação ao treino, estimar o risco de lesão e de controlar os índices de fadiga.

Uma forma de monitorização da fadiga é através da avaliação da força isométrica (FI), definida como a contração voluntária do músculo, sem alteração do seu comprimento. Apesar de já existirem alguns dispositivos capazes de avaliar a FI no terreno, e dos testes inerentes serem simples de aplicar, a existência de estudos que documentem o impacto de um jogo na fadiga (força isométrica) permanecem escassos, especialmente, nos músculos adutores dos membros inferiores, determinantes para a modalidade e com elevada incidência de lesões.

Objetivos: Desenvolver e adaptar acessórios para uma célula de força sem fios (*GripWise*) que permitam avaliar no terreno a força isométrica dos músculos adutores dos membros inferiores em jogadores de futebol, possibilitando o cálculo da fadiga muscular induzida por um jogo.

Métodos: Este estudo transversal teve uma amostra constituída por nove jogadores de futebol semiprofissional (23.11 ± 3.24 anos). A FI foi avaliada através da célula *GripWise*, e pelo teste de *Squeeze*, antes e após um jogo de futebol (90 minutos). O teste de *Squeeze* consiste na avaliação da força muscular isométrica, produzida pelos adutores, durante 10 segundos. Os jogadores foram incentivados a realizar a maior força possível contra a célula *GripWise*, imediatamente antes e após um jogo completo (pelo menos 90 minutos) de futebol. Para a análise dos dados de força foram realizados os testes de normalidade e o teste T de medidas repetidas para verificação das diferenças. Os dados de força (todos com normalidade) são apresentados em quilogramas de força (kgf) e respetivo desvio padrão, ou em percentagem de alteração, pré *versus* pós jogo. O valor de significância (p) foi menor que 0,05.

Resultados: Apesar da FI máxima após o jogo apresentar uma redução de, aproximadamente, 14% ($36,2 \pm 7,3$ kgf vs. $31,8 \pm 8,8$ kgf; $p < 0,01$) houve um jogador que apresentou melhorias da primeira para a segunda avaliação (pré e pós jogo,

respetivamente). A FI média teve uma redução de, aproximadamente, 28% (28.44 ± 6.56 kgf vs 20.94 ± 8.48 kgf; $p < 0,01$).

Conclusão: Os nossos resultados permitam concluir que um jogo de futebol é indutor de fadiga muscular e que esta é responsável por uma diminuição dos níveis de FI máxima, imediatamente após a sua ocorrência. Esta fadiga é individual, variando de atleta para atleta, o que implica que a análise dos resultados não esteja circunscrita à análise estatística, uma vez que esta indica que um jogo de futebol, efetivamente, provoca fadiga nos jogadores, mas não refere as alterações individuais, onde houve casos em que a FI máxima não se alterou.

Palavras-Chave: Força Isométrica; Monitorização; Adutores;

Abstract

Technological innovation has enabled the creation and development of devices with good capacity to evaluate and monitor the main indicators of performance and risk of injury in various sports. Particularly in soccer, the study of lower limb muscle strength and the devices that allow its assessment have received great attention from the sports, academic and scientific community, in order to improve the monitoring of training adaptation, to estimate the risk of injury and to control fatigue rates.

One way to monitor fatigue is by assessing isometric force (IF), defined as the voluntary contraction of the muscle without changing its length. Although there are already some devices capable of assessing IF in the field, and the inherent tests are simple to apply, studies that document the impact of a game on fatigue (isometric strength) remain scarce, especially in the adductor muscles of the lower limbs, crucial for the sport and with high incidence of injury.

Objectives: To develop and adapt accessories for a wireless force cell (GripWise) that allow field evaluation of the isometric strength of the lower limb adductor muscles in soccer players, enabling the calculation of game-induced muscle fatigue.

Methods: This cross-sectional study had a sample composed of nine semi-professional soccer players (23.11 ± 3.24 years). Isometric strength was assessed using the GripWise cell, and by the Squeeze test, before and after a soccer game (90 minutes). The Squeeze test consists in evaluating the isometric muscle strength, produced by the adductors, for 10 seconds. Players were encouraged to perform as much force as possible against the GripWise cell, immediately before and after a full (at least 90 minutes) soccer game. For the analysis of the strength data, normality tests and the repeated measures t-test were performed to check for differences. Strength data (all with normality) are presented as kilograms of force (kgf) and its standard deviation, or percentage of change, pre versus post game. Significance value (p) was less than 0.05.

Results: Although the maximum IF after the game showed a reduction of, approximately, 14% (36.2 ± 7.3 kgf vs. 31.8 ± 8.8 kgf; $p < 0.01$) there was one player who showed improvement from the first to the second evaluation (pre and post game, respectively). The average IF had a reduction of approximately 28% (28.44 ± 6.56 kgf vs. 20.94 ± 8.48 kgf; $p < 0.01$).

Conclusion: Our results allow us to conclude that a soccer game induces muscle fatigue and that this fatigue is responsible for a decrease in the maximum IF levels

immediately after its occurrence. This fatigue is individual, varying from athlete to athlete, which implies that the analysis of the results is not limited to statistical analysis, since the latter indicates that a soccer game effectively causes fatigue in players, but does not refer to individual changes, where there were cases in which the maximum FI did not change.

Keywords: Isometric Strength; Monitoring; Adductors;

Índice

1. Introdução.....	- 1 -
2. Importância dos músculos adutores no futebol.....	- 3 -
3. Fadiga Muscular.....	- 6 -
4. Métodos de Avaliação da Força Muscular.....	- 8 -
5. Fadiga e Ocorrência de Lesões no Futebol	- 12 -
5.1 Avaliação da Força Isométrica no futebol – Métodos e Protocolos.....	- 13 -
6. Procedimento Experimental.....	- 19 -
6.1 Estudo	- 19 -
6.2 Amostra.....	- 19 -
6.3 Materiais e Métodos	- 19 -
6.4 Resultados.....	- 21 -
6.5 Análise Estatística	- 23 -
6. Discussão	- 24 -
7. Conclusão.....	- 26 -
8. Referências Bibliográficas	- 27 -
9. Anexos.....	- 33 -

Índice de Figuras

Figura 1 - Dinamómetro versão 2.2.5 (gripwise), vista lateral (a) e vista frontal (b)	- 8 -
Figura 2 - Moldes, para aumentar o comprimento do dinamómetro (a) e para ajustar às pernas dos jogadores	- 9 -
Figura 3 - gripwise (a) e smart groin (b)	- 9 -
Figura 4 - Isometric Posterior Chain force)	- 13 -
Figura 5 - Mesa flexora isométrica.....	- 15 -
Figura 6 - Posição de pé para a avaliação da força dos isquiotibiais	- 15 -
Figura 7 - Posição para a avaliação do procedimento experimental.....	- 20 -
Figura 8 - Comparação dos gráficos de força antes e após o jogo.....	- 21 -
Figura 9 - força isométrica antes e depois do jogo.....	- 22 -
Figura 10 - força média antes e depois do jogo.....	- 22 -

Índice de Tabelas

Tabela 1.....	- 10 -
---------------	--------

Lista das Abreviaturas

CK – Creatina Quinase

FAF – Fadiga de Alta Frequência

FBF – Fadiga de Baixa Frequência

FI – Força Isométrica

IF – Índice de Fadiga

IMC – Índice de Massa Corporal

GPS – *Global Positioning System*

H⁺ – Hidrogénio

Hz- Hertz

K⁺ – Potássio

Kgf – Quilogramas de força

m – Metros

Na⁺ – Sódio

O₂ – Oxigénio

VO₂ max – Consumo Máximo de Oxigénio

1. Introdução

A força muscular dos membros inferiores, além de ser determinante para a execução dos gestos técnicos específicos do futebol, é um fator determinante na prevenção de lesões. A preponderância na utilização de determinados grupos musculares durante a prática, induz incapacidade para continuar a produzir força ininterruptamente, atingindo-se um estado denominado de fadiga muscular, o qual é definido como a diminuição da taxa de produção de força ou potência máxima, resultante da diminuição da capacidade contrátil do músculo (Wan, Qin, Wang, Sun, & Liu, 2017), a qual, por sua vez, advém do contínuo recrutamento muscular (Allen, Lamb, & Westerblad, 2008). Esta diminuição da capacidade contrátil do músculo afeta os 3 tipos de contração que este é capaz de realizar: concêntrica, excêntrica e isométrica. Este documento centrar-se-á, exclusivamente, nesta última. A força isométrica (FI) é definida como a contração voluntária do músculo, sem alteração do seu comprimento. O tamanho constante do músculo justifica-se pela ausência de movimento das articulações ou tendões. Apesar de no quotidiano ser uma força pouco utilizada, uma vez que a maioria das produções de força ocorrer em movimento, parece ser um bom preditor de fadiga muscular, segundo alguns autores (Allen et al., 2008; Gallagher, Moore, Stobbe, McGlothlin, & Bhattacharya, 2020).

Nas últimas décadas, a ciência tem-se debruçado sobre a avaliação da fadiga muscular, em jogadores de futebol profissional, uma vez que estes estão sujeitos, cada vez mais, a sucessivos jogos sem o tempo de recuperação necessário, induzindo estados de fadiga muscular crónica. A fadiga muscular, no futebol, pode traduzir-se em vários aspetos, como alterações neuro-mecânicas (e.g., diminuição da força e potência muscular), diminuições da performance atlética (e.g., capacidade de sprintar), perturbações bioquímicas (e.g., diminuição das reservas de creatina quinase), entre outros (J. R. Silva et al., 2018).

A importância da análise da fadiga muscular reside no facto de esta estar associada à ocorrência de lesões musculares e, consequentemente, piores performances. Desta forma, quanto mais fadiga um jogador acumular, maior é a sua probabilidade de contrair uma lesão muscular (Gabbett, 2016; Gabbett & Domrow, 2007; Gabbett, Hulin, Blanch, & Whiteley, 2016). A área da preparação física no futebol tem sido largamente investigada e explorada, pois percebeu-se que, indubitavelmente, essa componente é determinante para o sucesso do jogador e, consequentemente, da equipa. Atualmente, existe bastante conhecimento científico ao dispor de todos os que intervêm no processo de preparação e controlo de treino que, paralelamente à monitorização do processo de treino, permite também melhorar as

características do jogador face à crescente exigência competitiva a que estes estão sujeitos (João R. Silva, Magalhaes, Ascensao, Seabra, & Rebelo, 2013). No entanto, a informação científica que relaciona a produção de FI com a fadiga muscular permanece escassa, em específico, em músculos tão determinantes no rendimento futebolístico, como os adutores (Candela et al., 2019).

Neste sentido, o objetivo do presente estudo baseia-se no desenvolvimento de acessórios para uma célula de carga sem fios, que vai permitir determinar a fadiga muscular, através da força de contração isométrica produzida pelos músculos adutores da coxa. Atualmente, há inúmeros métodos para a avaliação da força/potência em jogadores de futebol (e.g., diversos dinamómetros, tapetes de contacto ou plataformas de força), contudo a maioria deles apresenta características que dificultam a sua utilização frequente, como por exemplo, serem caros, demasiado grandes e difíceis de transportar e, consequentemente, difíceis de aplicar no terreno. Esta avaliação no terreno revela-se fundamental, uma vez que a maioria dos testes descritos na literatura para avaliação da força no futebol, decorre no laboratório, ou seja, num ambiente totalmente controlado, o que não permite muitas vezes incluir algumas variáveis que os jogadores de futebol estão sujeitos (e.g., número de saltos, duelos, *sprints*, etc.) (Paul & Nassis, 2015). Desta forma, o princípio orientador da elaboração desta tese é procurar oferecer uma alternativa de avaliação no terreno, tendo por base a falta de evidência científica relacionada com um grupo muscular tão relevante no futebol, como os adutores, assim como a falta de métodos de avaliação da força muscular neste grupo em específico.

2. Importância dos músculos adutores no futebol

Considerando a sua importância no futebol, o papel dos músculos adutores da coxa tem sido pouco explorado e, de facto, este grupo muscular é fundamental na vida de um futebolista, nomeadamente, nas ações motoras associadas a este desporto e por ser um grupo muscular com elevada incidência de lesões (Lavoie-Gagne et al., 2021). A complexidade anatómica da região da virilha torna difícil analisar a origem das lesões ocorridas nesta zona específica (Elattar, Choi, Dills, & Busconi, 2016) e, por isso, é relevante uma explicação da anatomia dos músculos, vulgarmente, designados por adutores para uma melhor compreensão. Os músculos adutores da coxa são compostos por 5 músculos: o pectíneo; o pequeno adutor; o médio adutor; o grande adutor e, por fim, o reto interno da coxa. Estes têm a sua origem no púbis, ramo ísquio-púbico e tuberosidade isquiática, e inserem-se, maioritariamente, no fémur, excetuando o reto interno da coxa, que se insere na tibia medial. A sua principal função, tal como o nome indica, é fazer a adução da articulação da coxa, mas também a estabilização da bacia durante a fase de balanço na corrida. Ademais, estes músculos são ainda responsáveis pela rotação externa (pectíneo, pequeno adutor e grande adutor), rotação interna (grande adutor), flexão (todos os músculos) e extensão da coxa (grande adutor) (Chopra & Robinson, 2016). Estes músculos são determinantes em desportos que envolvam remates e mudanças de direção, tal como o futebol (Elattar et al., 2016) e, como tal, dado o seu elevado recrutamento, e consequente acumulação de fadiga, a probabilidade de contrair uma lesão neste grupo muscular específico aumenta (Elattar et al., 2016). Relativamente às lesões neste grupo muscular, estas podem ser classificadas como lesão no adutor: 1) dor na virilha relacionada com o grande adutor; 2) dor na virilha relacionada com a púbis; 3) dor na virilha relacionada com canal inguinal e, por último 4) dor na virilha relacionada com o psoas-ilíaco (Chopra & Robinson, 2016). Deste modo, Ekberg (1988) afirma que “apesar da elevada prevalência de dor na zona da virilha em atletas, a causa pode ser difícil de elucidar por causa da complexidade anatómica local e dos inúmeros diagnósticos possíveis” (Ekberg, Persson, Abrahamson, Westlin, & Lilja, 1988 *cited in* Elattar et al., 2016, p.313).

Relativamente à incidência de lesões nos músculos adutores da coxa no futebol, estas, que são das mais comuns, representam cerca de 23% de todas as lesões musculares reportadas anualmente (Lavoie-Gagne et al., 2021) Uma lesão nos adutores, no futebol, é definida por Hölmich e os seus colaboradores (2014) como: “...qualquer sintoma físico na zona da virilha relacionado com a participação de um treino ou jogo, que incapacite o jogador de jogar, ou que exija uma atenção especial médica que permita ao jogador

continuar a jogar.” (Hölmich, Thorborg, Dehlendorff, Krogsgaard, & Gluud, 2014, p.1246). Posto isto, os mesmos autores definiram 2 fatores para assumir que se trata de uma lesão nos adutores: a) dor a realizar o movimento de adução contra uma resistência e b) dor na palpação na inserção do longo adutor (Hölmich et al., 2014).

Um estudo prospetivo de prevalência de lesões nos adutores, analisando 7 épocas consecutivas, desde 2001 até 2008, em 1065 jogadores demonstrou que ocorreram 628 lesões nos músculos adutores da coxa, o que representou 12 a 16% de todas lesões ocorridas durante a uma época futebolística. Com base neste número estimou-se que cada clube tinha aproximadamente 7 lesões por ano relacionada com os adutores, sendo que a incidência (nº de lesões por hora) era de 1,1/1000h (3,5/1000h de jogo vs. 0,6/1000h de treino). Importa ainda salientar que das 628 lesões, 27% foram lesões traumáticas, enquanto as restantes 73% representavam lesões de esforço. Relativamente ao tempo em que os jogadores estavam impedidos de praticar a modalidade, aproximadamente 14 dias para a primeira lesão nos adutores e 23 dias quando se tratava de uma reincidência de lesão na mesma zona. As lesões ocorrem, sobretudo, na perna dominante (57%), no entanto não há diferenças significativas entre membros (jogadores ambidestros foram excluídos do estudo). Por fim, 41% das lesões foram consideradas moderadas e 12% severas (eram consideradas moderadas quando o tempo de afastamento da modalidade estava entre os 8 a 28 dias e eram consideradas severas quando esse mesmo tempo ultrapassava os 28 dias). Em suma, os autores concluíram que a incidência de lesão não tende a aumentar de época para época, mas que a reincidência de lesão provoca um afastamento significativamente superior, comparada à primeira lesão contraída nos adutores (Werner, Hägglund, Waldén, & Ekstrand, 2009).

Dado o elevado número de lesões ocorridas neste grupo muscular em específico, torna-se um fator primordial a adoção de estratégias para prevenir que tal aconteça. Haroy e os seus colaboradores (2019) desenvolveram um programa (*Adductor Strengthening Programme*) para diminuir os problemas relacionados com os adutores, em jogadores de futebol. Os mesmos autores avaliaram o impacto do mesmo, durante uma temporada em jogadores de futebol semiprofissional. Para isso, dividiram a amostra de jogadores em 2 grupos: a) grupo controlo (não realizava o programa) e b) grupo de intervenção (realizava o programa). Importa salientar que o programa definido por Haroy e os seus colaboradores consistia na execução de um exercício (*Copenhagen Adduction Exercise*) com 3 níveis de dificuldade crescente, sendo que este era realizado 2 a 3 vezes por semana, durante 8 semanas durante a pré-temporada futebolística. Após este período, os autores monitorizaram o número de lesões obtidas nos diferentes grupos, concluindo que o

programa reduzia em 41% a probabilidade de um jogador contrair uma lesão nos adutores. Desta forma, verifica-se que este programa apresenta um efeito benéfico na redução do número de lesões nos músculos adutores da coxa. No entanto, estes resultados foram obtidos de forma indireta, isto é, a partir da realização de um questionário (i.e. *OSTRC Overuse Injury Questionnaire*) pelo que pode haver um viés de informação (Harøy et al., 2019).

Ademais, a implementação do programa FIFA 11+ também tem sido associado positivamente à prevenção de lesões nos adutores, contudo este não apresenta apenas foco neste grupo muscular, em específico (Thorborg et al., 2017). Este programa surgiu como uma adaptação de um programa já existente (o programa FIFA 11) e consiste em 10 exercícios estruturados, facilmente aplicáveis, e que não necessitam de muito material. Os exercícios são prescritos, sobretudo, com foco no aumento da força abdominal, treino excêntrico dos músculos posteriores da coxa, treino propriocetivo, equilíbrio dinâmico e estático e, por fim, exercícios pliométricos. A grande vantagem da aplicabilidade deste programa é a duração, uma vez que se realiza em, aproximadamente, 15 min (Barengo et al., 2014).

Contudo, apesar dos esforços para prevenir as lesões nos adutores, estas são, como referido anteriormente, muito comuns, e o seu tratamento pode variar conforme o grau de gravidade. Habitualmente, as lesões pouco severas são tratadas com tratamentos conservadores, isto é, repouso, fisioterapia, anti-inflamatórios ou injeções locais. No entanto, quando a lesão apresenta uma gravidade elevada ou quando se prolonga no tempo, o tratamento habitual passa pela cirurgia (tenotomia), a qual consiste numa incisão oblíqua de 3 cm lateral ao funículo espermático e à origem do tendão do adutor longo (Mei-Dan et al., 2013). Este tratamento só ocorre em casos mais extremos, geralmente, associados à falta de monitorização da força deste grupo muscular. Deste modo considera-se pertinente a adoção de estratégias de avaliação da força dos músculos adutores para a prevenção e mitigação de lesões (Harøy et al., 2019).

Posto isto, e considerando a pertinência deste grupo muscular na prática do futebol, verificamos que a evidência científica sobre a avaliação da força e monitorização da fadiga muscular nos músculos adutores da coxa em jogadores de futebol é extremamente escassa na literatura. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é a construção de uns acessórios (moldes) específicos para se acoplarem numa célula de carga já existente e, desta forma, avaliar a força deste grupo muscular e, conseqüentemente, a fadiga muscular a que estão sujeitos os atletas num jogo de futebol.

3. Fadiga Muscular

A produção de força está dependente de inúmeros mecanismos associados (e.g., formação de pontes cruzadas, existência de cálcio, etc) e o comprometimento destes mecanismos induz a um fenómeno designado de fadiga muscular (Wan et al., 2017). Este fenómeno ocorre quando há uma incapacidade de manter um nível de potência ou de força durante repetidas contrações musculares (Powers & Howley, 1995). A fadiga muscular pode ser considerada, dependente da sua origem, em periférica ou central (Sesboüé & Guincestre, 2006), sendo que este documento se centra, exclusivamente, na primeira.

Relativamente à primeira, na literatura, encontram-se descritos dois tipos de fadiga muscular periférica: a) fadiga de baixa frequência (FBF) e b) Fadiga de alta frequência (FAF) (Sejersted & Sjogaard, 2000).

A FBF é caracterizada por uma diminuição abrupta da força gerada pelas fibras musculares, quando estimuladas a baixa frequência (10 a 30 Hz), comparativamente com frequências de estimulação elevada (50 a 100 Hz) (Binder-Macleod & Russ, 1999; Chin, Balnave, & Allen, 1997). É ainda caracterizada por uma lenta recuperação da força (redução de cerca de 15 a 20% da tensão máxima gerada pelas fibras, a partir da primeira hora de recuperação) (Binder-Macleod & Russ, 1999). Importa salientar que este tipo específico de fadiga muscular periférica não é apenas causado por exercícios de baixa estimulação, sendo que a sua caracterização se baseia, sobretudo, na duração da sua manifestação (horas ou, em muitos casos, dias) (Chin et al., 1997).

Binder e os seus colaboradores sugeriram, em 1999, que a recuperação da FBF estava associada à taxa de turnover proteico necessário para a recuperação e regeneração muscular, após o exercício (Binder-Macleod & Russ, 1999).

Relativamente à FAF, esta é caracterizada por uma diminuição da força gerada pelas fibras musculares quando estimuladas a alta frequência, acompanhada da diminuição da amplitude e duração do potencial de ação. Adicionalmente, a redução da produção de força é também justificada pelo aumento das concentradas de sódio (Na^+) intracelulares e potássio (K^+) extracelulares, sendo que a recuperação deste tipo de fadiga se encontra dependente do rápido restabelecimento da homeostasia iónica destes iões mencionados (Jones, 1996; Sejersted & Sjogaard, 2000).

As causas da fadiga muscular periférica têm sido investigadas por diversos autores, sendo que a hipótese mais defendida se baseia na diminuição da disponibilidade dos substratos energéticos no músculo esquelético ativo durante o exercício (Finsterer, 2012; K. Sahlin, Tonkonogi, & Söderlund, 1998; Kent Sahlin, 1992).

Relativa à fadiga muscular central, esta é traduzida por uma falha voluntária ou involuntária na condução do impulso nervoso, o que se traduz numa redução do número de unidades motoras ativas e numa redução da frequência de disparos dos motoneurónios (Stackhouse, Dean, Lee, & Binder-MacLeod, 2000; Sunnerhagen et al., 2000).

Diversos estudos apontam para a existência de um feedback sensorial, o qual é responsável pela inibição da taxa de descarga dos motoneurónios durante a fadiga, o que confere a relevância dos mecanismos do sistema nervoso central na produção de força. Esta inibição resulta de um mecanismo de feedback reflexo dos mecanoreceptores, nomeadamente, o órgão tendinoso de golgi e os fusos neuromusculares, os quais parecem ser sensíveis à acumulação de alguns metabolitos, durante o exercício (Davis & Bailey, 1997; Gandevia, 2001).

Após definirmos a fadiga, é importante compreender como é que esta pode ser avaliada e como é que essa avaliação é realizada.

4. Métodos de Avaliação da Força Muscular

A força muscular é comumente avaliada através de diferentes instrumentos, designados por dinamómetros (e.g., dinamómetros isocinéticos, plataformas de força, células de carga, etc.). A dinamometria, referente à FI, baseia-se na análise da curva de força produzida por um determinado grupo muscular contra uma força inamovível (Stackhouse et al., 2000), e é um meio amplamente utilizado para a avaliação de diferentes grupos musculares (i.e., flexores e extensores do joelho; adutores e abdutores, etc). Neste trabalho, em específico, para a avaliação da força muscular isométrica máxima dos músculos adutores foi utilizado um dinamómetro elétrico wireless (*GripWise* v 2.2.5; Figura 1a e 1b). O dinamómetro apresentado na figura 1 foi desenvolvido pela empresa *GripWiseTech* originalmente, para avaliar a força de preensão manual, mas através da construção de uns moldes (figura 2), foi possível adaptar o dinamómetro para avaliar a força de adução dos músculos adutores da coxa (figura 3). O *GripWise* é um dispositivo digital, o que permite uma obtenção dos dados mais precisa, uma vez que apresenta uma taxa de aquisição de 100 Hz, registando valores de quilograma de força por segundo (kgf/s). O dispositivo é portátil, pelo que pode ser levado, facilmente, para diversos locais, a fim de realizar diversas avaliações no terreno. Adicionalmente, comunica através de uma aplicação móvel (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gripwise.pro&hl=en&gl=US&pli=1>), que está ligada ao dispositivo por Bluetooth. Uma das desvantagens da utilização deste dispositivo é que este necessita de Internet para conectar com o telemóvel (<https://linktr.ee/gripwise>). No entanto, esta ligação possibilita que os dados recolhidos fiquem automaticamente disponíveis numa base de dados online.

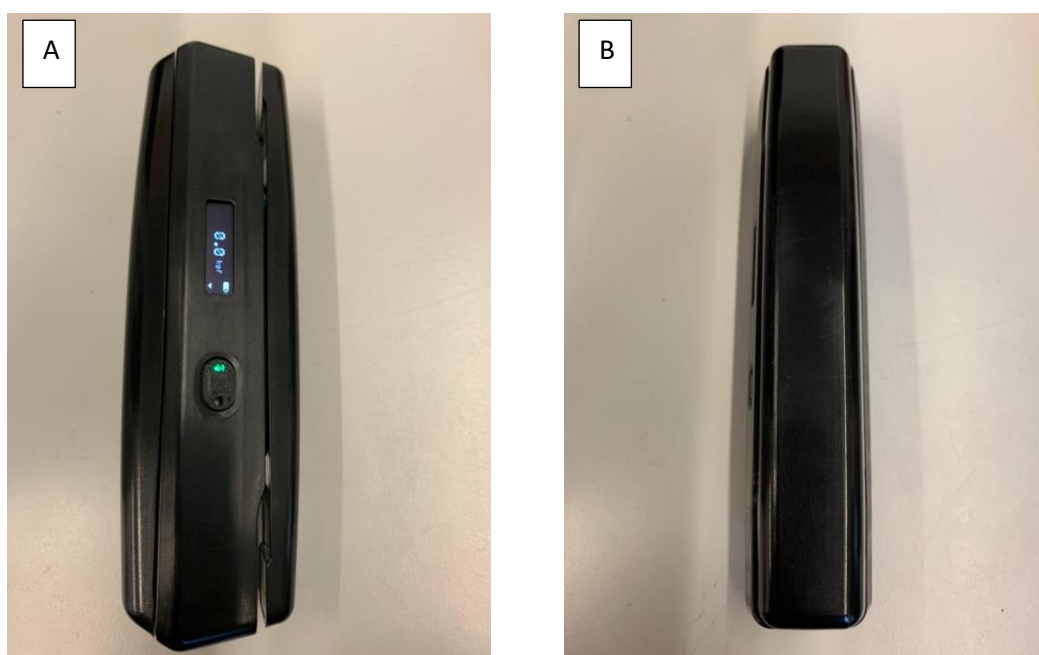


FIGURA 1 - DINAMÓMETRO VERSÃO 2.2.5 (GRIPWISE), VISTA LATERAL (A) E VISTA FRONTAL (B)



FIGURA 2 - MOLDES, PARA AUMENTAR O COMPRIMENTO DO DINAMÓMETRO (A) E PARA AJUSTAR ÀS PERNAS DOS JOGADORES

Desta forma, o produto final obtido através da utilização dos moldes consegue ter a uma utilização semelhante ao aparelho *Smart Groin* (figura 3B), o qual foi desenvolvido também para avaliar a força dos músculos adutores da coxa.

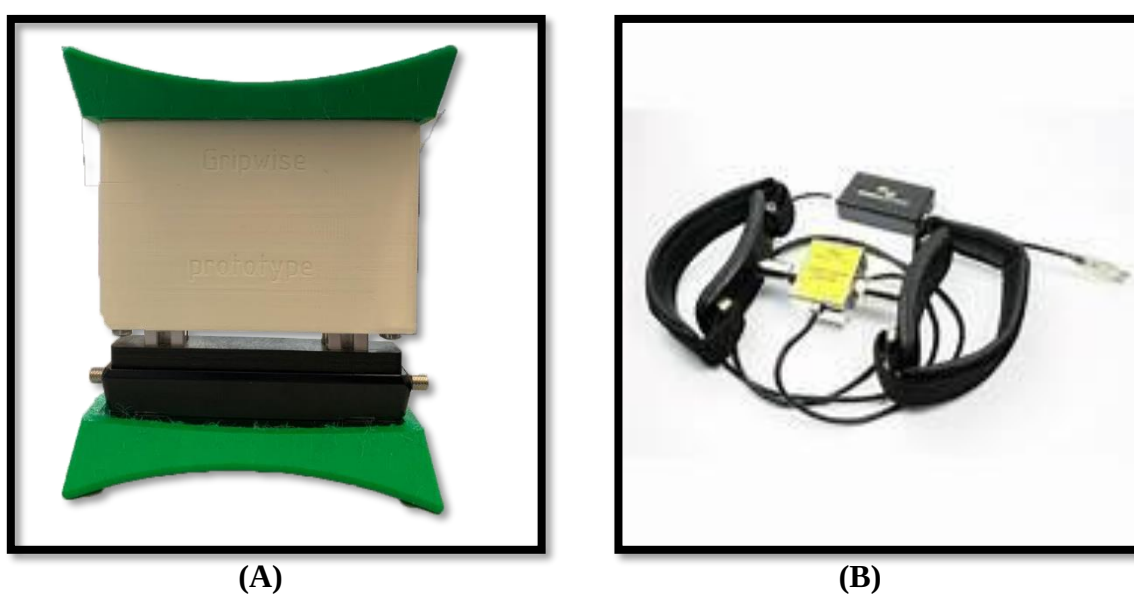


FIGURA 3 - GRIPWISE (A) E SMART GROIN (B)

Na tabela 1 é possível analisarmos que existem diversos instrumentos que permitem avaliar a FI, em diversas populações, em contexto desportivo ou noutro. Esta tabela-resumo permite demonstrar que este tipo de avaliação é utilizado há bastante tempo na comunidade científica, no entanto, pouco relacionada com a fadiga muscular nos adutores em jogadores de futebol, como vai ser possível concluir no capítulo 5.

TABELA 1

Instrumentos que avaliam a força muscular através da contração isométrica

Instrumento Utilizado	Grupo Muscular-Alvo	Amostra	Referência
<i>Neuroexcellence's Smart Groin Trainer</i>	Adutores e Abdutores	15 jogadores de futebol profissional	(Sousa et al., 2021)
<i>Instrumented Leg-Extension Machine</i>	Extensores do Joelho	70 indivíduos saudáveis	(Ruschel et al., 2015)
<i>Portable Dynamometer Anchoring System</i>	Extensores do Joelho	39 indivíduos saudáveis	(Sung, Yi, & Shin, 2019)
<i>KinCom Dynamometer</i>	Flexores do Joelho	30 indivíduos saudáveis	(Mentiplay et al., 2015)
<i>Jamar Hydraulic Hand Dynamometer</i>	Flexor dos Dedos	46 mulheres	(Svens & Lee, 2005)
<i>Sphygmomanometer</i>	Flexor dos Dedos	29 indivíduos saudáveis	(Hamilton, McDonald, & Chenier, 1992)
<i>Dial Push-Pull Dynamometer</i>	Abdutores	10 mulheres	(Click Fenter, Bellew, Pitts, & Kay, 2003)

<i>Microfelt 2 Dynamometer</i>	Abdutores	10 mulheres	(Fenter, Bellew, Pitts, & Kay, 2003)
<i>Isometric Posterior Chain Force</i>	Flexores do Joelho	14 jogadores de futebol de elite	(Constantine, Taberner, Richter, Willett, & Cohen, 2019)

5. Fadiga e Ocorrência de Lesões no Futebol

Diversos estudos indicam que a fadiga muscular está associada à ocorrência de algumas lesões musculares nos jogadores de futebol, principalmente, nas partes finais dos jogos, onde há um maior cansaço muscular (Junge, Dvorak, Graf-Baumann, & Peterson, 2004). Importa salientar que estas lesões são classificadas como lesões de esforço e representam 41% das lesões ocorridas no futebol profissional, em Inglaterra (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson, & Gibson, 2001). Dado as evidências científicas, torna-se imperativo monitorizar os músculos mais afetados por lesões, no futebol, como é o caso dos isquiotibiais e adutores (Häggglund, Waldén, & Ekstrand, 2009). Este primeiro grupo muscular referido é composto por 3 grandes músculos – semitendinoso, semimembranoso e bicípite femoral – sendo que este último representa 83% das lesões ocorridas neste grupo muscular (Chumanov, Schache, Heiderscheit, & Thelen, 2012). Foi ainda verificado num estudo, em 2011, onde os autores concluíram que lesões nos isquiotibiais eram responsáveis por 12% de todas as lesões musculares ocorridas (Ekstrand, Häggglund, & Waldén, 2011). Vários autores procuraram compreender a etiologia das lesões nos isquiotibiais, e esta parece estar relacionada com: 1) Falta de flexibilidade (Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have, & Cambier, 2003); 2) Aquecimento desadequado (Safran, Garrett, Seaber, Glisson, & Ribbeck, 1988); 3) Fraqueza muscular (Orchard, Marsden, Lord, & Garlick, 1997); 4) Lesões Anteriores (Verrall, Slavotinek, Barnes, Fon, & Spriggins, 2001); 5) Desequilíbrio Muscular entre Quadrícipite – Isquiotibiais e, por último e sobre o qual se reside este trabalho 5) Fadiga Muscular (Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen, & Crielaard, 2002). A partir desta análise, podemos verificar que a maioria dos fatores estão diretamente relacionados com a força, sendo, assim, a sua avaliação um fator determinante para o sucesso desportivo.

Relativamente à fadiga muscular, esta parece estar associada ao tipo de fibras musculares, sendo que as fibras do tipo II ou glicolíticas parecem atingir a fadiga mais rapidamente, quando comparadas às fibras musculares do tipo I ou oxidativas (Hamada, Sale, MacDougall, & Tarnopolsky, 2003; Hunter, Newcomer, Enette Larson-Meyer, Bamman, & Weinsier, 2001). Os mesmos autores verificaram que os músculos posteriores da coxa tinham maior quantidade de fibras tipo II, comparativamente, ao quadrícipite (músculos anteriores da coxa), sendo por isso mais lesados.

5.1 Avaliação da Força Isométrica no futebol – Métodos e Protocolos

Relativamente à FI em específico, estudos recentes têm demonstrado que esta está associada, à semelhança das forças excêntrica e concêntrica, à fadiga muscular. Na literatura, alguns autores propuseram-se a avaliar o efeito da fadiga muscular induzida por um jogo de futebol, nos músculos posteriores da coxa. Os autores avaliaram os participantes ($n = 14$) antes e após o jogo de futebol, através da *Isometric Posterior Chain Force (PS-2141, Pasco, Roseville, CA)*. Relativamente à posição dos membros inferiores, estes foram avaliados numa posição de 30° (Figura 1A) e posteriormente numa posição de 90° (Figura 1B), sendo que entre cada avaliação havia um descanso de 60 segundos. Estas posições foram assim definidas, uma vez que o bígipite femoral é amplamente recrutado entre os 15° e os 30° e, por outro lado, o semimembranoso e semitendinoso são amplamente recrutados entre os 90° e os 110° .



FIGURA 4 - ISOMETRIC POSTERIOR CHAIN FORCE. A) FLEXÃO 30° E B) FLEXÃO 90° (CONSTANTINE ET AL. 2019)

Os autores concluíram que houve uma redução significativa de força, nos músculos flexores da coxa, quando compararam os valores do pré e pós jogo, em ambas as posições (i.e., 30° e 90°). Aos 30° houve uma redução da força máxima de 20,7%, enquanto aos 90° houve uma redução de 10,8%. Para a análise destes dados, salienta-se para o facto de os participantes terem uma idade inferior aos 18 anos (Constantine et al., 2019). Relativamente à metodologia e instrumento utilizados, estes foram aplicados em laboratório e num ambiente controlado, como é possível ver na figura 4. A plataforma de força utilizada é portátil, ou seja, pode ser transportada para os jogos, a sua utilização é fácil, embora o seu custo de aquisição seja ainda elevado e implique o acompanhamento de um computador para obter e analisar os resultados.

Adicionalmente, outro estudo avaliou 29 jogadores profissionais da liga francesa (*League One*) que também jogavam na liga dos campeões. Mais uma vez, à semelhança de outros artigos, os autores avaliaram os participantes na perna dominante e não dominante, nos 30° e nos 90°, através da *Isometric Posterior Chain Force* (Kistler, Winterthur, Switzerland). Os jogadores, em decúbito ventral, deveriam realizar uma contração isométrica máxima durante 3 segundos, três vezes, sendo que entre cada uma, havia um descanso de 2 minutos. Este processo era realizado antes e após o jogo, para verificar a fadiga muscular. Os dados recolhidos mostram que na perna dominante houve uma redução da força máxima de 16% aos 90° e de 15% aos 30°. Em relação à perna não dominante houve uma redução de 13% aos 90° e de 11% aos 30°. A partir destes valores, concluíram que o jogo de futebol promovia uma diferença significativa na produção de força em ambos os membros inferiores (McCall et al., 2015). Este instrumento apresenta uma vantagem considerável, comparativamente ao *Gripwise*, ainda que avaliando músculos diferentes, uma vez que permite a avaliação unilateral dos membros inferiores. Importa salientar que o *Gripwise*, também poderia ser utilizado neste modo de avaliação, no entanto, teríamos de fazer os testes contra resistência manual (*handheld*), o que implica maior esforço por parte do avaliador e não é muito prático.

Ademais, outros autores propuseram-se avaliar a FI dos músculos posteriores da coxa, antes (4 horas antes), imediatamente após um jogo de futebol (aproximadamente 18 minutos após o término) e nas 24, 48 e 72 horas seguintes, através de um dinamómetro. Os participantes deste estudo (n = 14) eram jogadores jovens da seleção da Austrália, os quais participaram no campeonato do Mundo de sub-17. Neste caso, os jogadores, contrariamente aos estudos anteriormente descritos, eram colocados decúbito ventral (Figura 5), sendo que os ângulos de flexão da perna eram de 30° e 45°. Os autores concluíram que, relativamente ao valor inicial (pré-jogo) houve diferenças significativas após o jogo (18% na redução de força) e nas 24 horas seguinte. No entanto, os autores não encontraram diferenças significativas nas 48h e 72h após o término do jogo. Os autores verificaram que a força dos músculos posteriores da coxa era restaurada 48h após o jogo, sendo que antes desse período temporal a redução de força pode indicar a necessidade de descanso adicional, inerente à fase de recuperação (Wollin, Thorborg, & Pizzari, 2017). Mais uma vez, relativamente o instrumento de avaliação utilizado, como podemos ver na figura 5, é um instrumento difícil de transportar, pelo que a sua utilização apenas pode ser efetuada em laboratório. Adicionalmente, este instrumento é também bastante caro.



FIGURA 5 – MESA FLEXORA ISOMÉTRICA (WOLLIN ET AL., 2017)

Outros avaliaram a relação entre fadiga muscular e força isométrica, em jogadores de futebol da terceira divisão espanhola ($n = 20$). O protocolo utilizado difere mais uma vez dos descritos, uma vez que os autores avaliaram a força dos posteriores da coxa, nos ângulos de flexão de 20° e 90° (Matinlauri et al., 2018). Apesar de os valores de flexão alterarem de estudo para estudo, os valores encontram-se dentro daqueles recomendados por Constantine e os seus colaboradores (2019) para a *Isometric Posterior Chain Force* (i.e., $15 - 30^\circ$ e $90 - 110^\circ$) (Kistler 9286BA, Kistler Group, Winterthur, Switzerland). Relativamente ao protocolo de avaliação deste estudo, este revela-se diferente dos supracitados, uma vez que a avaliação da força dos flexores da coxa aos 20° é realizada em posição de pé (figura 6) e o protocolo de aquecimento incluiu: 5 minutos de passadeira, 3 minutos de alongamentos dinâmicos, 5 minutos de sprint intercalado com descanso. Após o aquecimento, os indivíduos tinham um descanso de 2 minutos e eram sujeitos ao protocolo 90-minute Ball-Sport Endurance and Sprint Test (BEAST90_{mod}), o qual simula um jogo de futebol (Williams, Abt, & Kilding, 2010). A avaliação era realizada após o protocolo BEAST90, nas 48h e 72h seguintes.



FIGURA 6 – POSIÇÃO DE PÉ PARA A AVALIAÇÃO DA FORÇA DOS ISQUIOTIBIAIS (CONSTANTINE ET AL., 2019)

Considerando os resultados, verificou-se diferenças significativas na perna dominante e não dominante, aos 20° e aos 90°, imediatamente após o jogo. Nas 48h seguintes, houve apenas uma redução significativa em ambas as pernas aos 20°, enquanto aos 90° a redução não foi significativa. Após as 72h o protocolo mencionado os valores já se encontravam normalizados, sendo que em alguns casos os valores de força foram superiores (Matinlauri et al., 2018). Estes resultados estão em concordância com os resultados encontrados por Wollin e os seus colaboradores, os quais demonstraram que após 48h os músculos posteriores da coxa já estavam recuperados (Wollin et al., 2017). Esta comparação permite-nos verificar que as exigências físicas variam de jogo para jogo e que o processo de recuperação associado é individual e modificável, conforma as exigências do jogo. A individualidade presente na recuperação é muitas vezes negligenciada pelos preparadores físicos/fisiologistas dos clubes, uma vez que, geralmente, o plano de recuperação é igual para toda a equipa. Desta forma, temos jogadores a recuperar normalmente e outros a acumular fadiga de jogo para jogo. Mais uma vez, aqui se enfatiza o processo da monitorização da força como um excelente preditor de fadiga (Gharbi, Masmoudi, Chtourou, Chaari, & Tabka, 2017).

Em 2015, outros autores propuseram-se a avaliar o efeito temporal de um jogo de futebol na indução da fadiga muscular, em jogadores de futebol semiprofissional ($n = 34$). Os participantes foram divididos em 2 grupos: a) grupo controlo (realizava apenas treino) e b) grupo de avaliação (realizava os treinos e o jogo). Importa salientar que apenas eram avaliados os jogadores que realizavam os 90 minutos de jogo. Nestes foi avaliada a força isométrica dos músculos flexores e extensores da coxa, assim como marcadores da fadiga muscular, através de amostras de sangue dos atletas. Relativamente à avaliação da força muscular, esta era realizada 3 dias antes do jogo, 12h, 36h e 60h após o jogo. A recolha sanguínea, era realizada antes do jogo, 3-4 minutos após o jogo e nas 2h, 12h, 36h e 60h depois do jogo. Antes da apresentação dos resultados obtidos, importa referir que os jogadores tiveram sessões de treino nos 2 dias seguintes ao jogo, ou seja, durante o período de avaliação. Relativamente aos resultados da força muscular (músculos extensores e flexores da coxa) avaliada (através de um dinamómetro, *isokinetic dynamometer Cybex 6000*) na perna dominante e não dominante, os autores concluíram que o jogo de futebol provocava uma diminuição significativa da força em ambos os membros às 12h e apenas no membro dominante às 36h. Relativamente às amostras de sangue obtidas, os valores de creatina quinase (CK) e a concentração de leucócitos eram significativamente superiores àqueles detetados antes do jogo, até às 12h após a conclusão do mesmo (Draganidis et al., 2015). Este instrumento utilizado é muito comum nas avaliações isométricas, mas não é um instrumento portátil, pelo que torna impossível avaliar os jogadores fora do clube. Esta avaliação só pode ser realizada em laboratório e, mais uma vez, não é um aparelho fácil de obter por todos os clubes, uma vez que apresenta um custo elevado.

Outro estudo avaliou o efeito da fadiga induzida por um protocolo (*Loughborough Intermittent Shuttle*) (Ramsbottom, Brewer, & Williams, 1988) que simulava um jogo de futebol na produção de força dos músculos flexores e extensores da coxa. O estudo contou com 15 participantes, os quais foram avaliados, através de um dinamómetro, antes e após o protocolo (Behan, Willis, Pain, & Folland, 2018). Os autores concluíram que não houve diferenças significativas, em ambos os grupos musculares, antes do protocolo e após o protocolo. Esta conclusão, a qual se distingue da maioria dos artigos sobre este tema, salienta mais uma vez para a importância dos testes em terreno, em detrimento dos testes em laboratório, ou seja, sendo um jogo de futebol variável e imprevisível a todos os níveis, provavelmente, um protocolo standard de indução de fadiga pode não ser exigente o suficiente para induzir a fadiga que um jogo poderia induzir. Desta forma, é importante que a análise destes resultados seja realizada de forma cuidadosa.

Por fim, em relação à fadiga neuromuscular avaliada por eletromiografia, existe evidência que também apresenta resultados semelhantes. Em 2009, procurou-se avaliar a relação entre a fadiga muscular e força isométrica muscular dos músculos extensores e flexores da coxa, através da eletromiografia. Os participantes ($n = 9$) deste estudo eram jogadores jovens de futebol profissional, os quais foram submetidos a 2 avaliações: a) imediatamente após o jogo (estado de fadiga) e b) 3 – 5 dias após o jogo (sem estado de fadiga). Os resultados demonstram uma diminuição de força máxima de 11% para os extensores da coxa e uma diminuição de 7% para os flexores da coxa (Thorlund, Aagaard, & Madsen, 2009). Outros autores avaliaram a fadiga muscular induzida por um jogo de futebol, em 8 jogadores de futebol amador, através da eletromiografia. Os grupos musculares avaliados foram o quadríceps e os isquiotibiais, sendo que o quadríceps foi avaliado em contração concêntrica, isométrica e excêntrica, enquanto que os isquiotibiais apenas foram avaliados através da contração isométrica e concêntrica, sendo que o ângulo da avaliação isométrica era de 70° , o que não se insere na proposta por Constantine e os seus colaboradores em 2019 (Constantine et al., 2019). Estas avaliações ocorreram em 3 períodos temporais distintos, antes do jogo, ao intervalo e após o jogo. Relativamente ao quadríceps, a força isométrica e concêntrica deste reduziu significativamente ao intervalo (- 13 % e - 14.0%, respetivamente). Após o jogo, as 3 contrações musculares apresentaram valores significativamente mais baixos, comparativamente, àqueles apresentados antes do jogo (- 18% para a contração isométrica, - 12% concêntrica e -25% para a excêntrica). Relativamente aos isquiotibiais, ao intervalo houve uma redução significativa do valor atingido através da contração muscular isométrica (- 8%). No final do jogo, houve uma redução significativa na contração isométrica e concêntrica (- 8% e - 12%, respetivamente) (Robineau, Jouaux, Lacroix, & Babault, 2012). Este estudo é pertinente, porque revela que, independentemente do tipo de contração (i.e., isométrica, concêntrica ou excêntrica), os resultados são muito semelhantes, o que pode levar a concluir que a fadiga compromete qualquer tipo de contração e, por isso, talvez fosse mais pertinente a adoção de testes isométricos, em detrimento, de testes dinâmicos, uma vez que nestes, a ausência de movimento e de alteração do comprimento muscular, são fatores que não colocam em risco a ocorrência de lesões nos atletas (McDonald, Savoie, Mulla, & Keir, 2018).

Após esta análise dos estudos supramencionados, segue o procedimento experimental, que pretende utilizar os moldes contruídos para a realização deste estudo e, desta forma, verificar o efeito da fadiga induzido por um jogo de futebol na força dos adutores.

6. Procedimento Experimental

O presente trabalho tem como objetivo: a) Elaborar e testar os acessórios para aplicar na célula *Gripwise* e b) Verificar os efeitos de um jogo de futebol, na produção de força isométrica pelos músculos adutores da coxa, em grupo e individualmente.

6.1 Estudo

Este estudo transversal de série de casos e medidas repetidas. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética e Deontologia para a Investigação Científica da Faculdade de Psicologia, Educação e Desporto da Universidade Lusófona do Porto (Ata nº16, Anexo 1), seguindo desta forma a declaração de Helsínquia. Adicionalmente, todos os participantes deste estudo assinaram um consentimento informado, antes da realização do mesmo (ver anexo 1).

6.2 Amostra

A amostra deste estudo foi constituída por 9 jogadores de futebol semiprofissional, do sexo masculino, do escalão sénior e de nacionalidade portuguesa, com idade média de 23.11 ± 3.24 anos, peso médio de 81.79 ± 6.69 kg e altura média de 1.80 ± 0.04 metros.

Os critérios de inclusão deste estudo foram: i) não ter uma lesão nos músculos adutores da coxa nos últimos 3 meses; ii) completar os 90 minutos de jogo e iii) ser jogador de campo (exclusão dos GR).

6.3 Materiais e Métodos

Relativamente ao procedimento experimental adotado, os jogadores foram avaliados antes (antes do aquecimento inicial normal num jogo de futebol) e imediatamente após o jogo. O protocolo utilizado para as 2 avaliações era denominado de *Squeeze 45°* e consistia em colocar o jogador numa marquesa, em decúbito dorsal, anca a 45°, joelhos a 90° e os pés afastados, completamente apoiados sobre a marquesa, de forma que a anca esteja em posição neutra e que se consiga colocar o *GripWise* a 5 cm no sentido proximal do côndilo lateral do fémur na região medial da coxa (Figura 7) (Nevin & Delahunt, 2014). Esta posição de teste, segundo Delahunt e os seus colaboradores, é considerada ideal para

alcançar níveis superiores de ativação muscular, assim como menor erro padrão de medição (Delahunt, Kennelly, McEntee, Coughlan, & Green, 2011; Nevin & Delahunt, 2011). Antes de cada medição, os jogadores realizavam um aquecimento de 5 minutos no cicloergómetro, a baixa intensidade. Após o aquecimento, os jogadores realizavam uma tentativa de contração isométrica máxima para ficarem familiarizados com o instrumento de medição. Posteriormente, realizavam 2 tentativas de contração isométrica máxima durante 10 segundos, sendo que entre cada uma havia um descanso de 30 segundos. O valor considerado para análise foi o valor máximo atingido numa das duas tentativas realizadas pelos participantes (Thorborg et al., 2011).

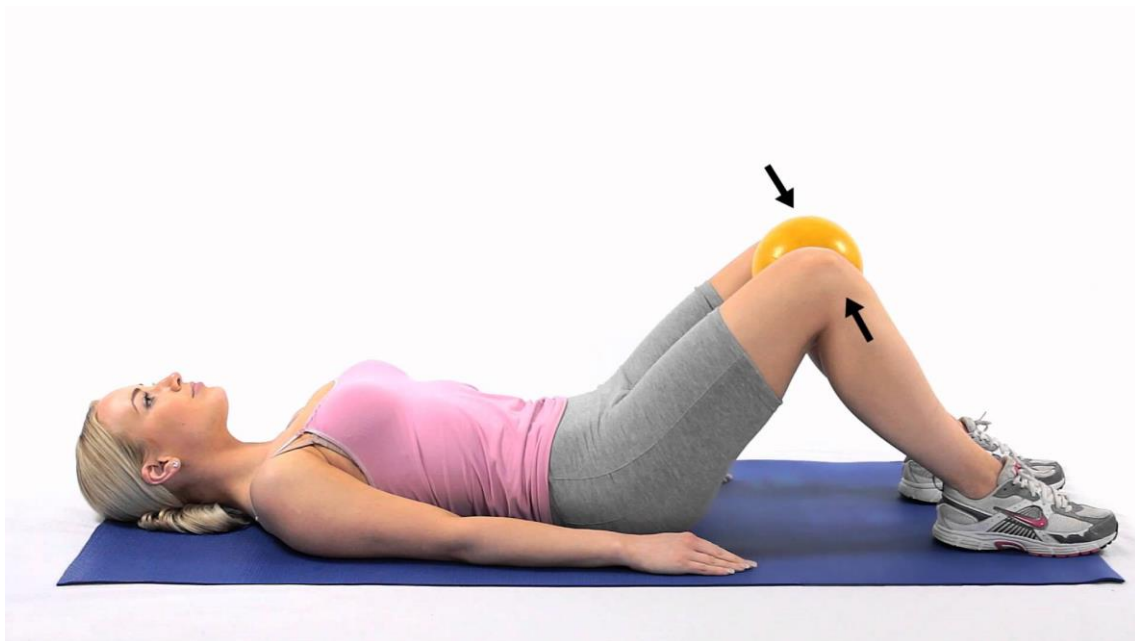


FIGURA 7 - POSIÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Relativamente a medidas antropométricas, apenas foram recolhidas a idade, o peso e altura dos participantes. Estes dados foram recolhidos de forma a, futuramente, ser possível comparar outros estudos realizados na mesma faixa etária e no mesmo estatuto futebolístico, neste caso, semiprofissional. O peso dos participantes foi avaliado através de uma balança digital e a altura foi avaliada através de uma fita métrica.

Foi também pedida informação à equipa médica sobre a incidência de lesões nos jogadores avaliados para que se cumprisse o critério de inclusão “não ter uma lesão nos músculos adutores da anca nos últimos 3 meses”.

6.4 Resultados

Os dados foram obtidos a uma frequência de aquisição de 100 Hz (ou seja, a cada segundo, o *GripWise* registava 100 valores) e durante os 10 segundos de contração, o que permitiu determinar a força máxima, assim como a força média obtida durante as duas avaliações (pré e pós). Estes valores permitiram a construção de diversos gráficos comparativos, sendo que a figura 8 ilustra, o exemplo das avaliações de um jogador.

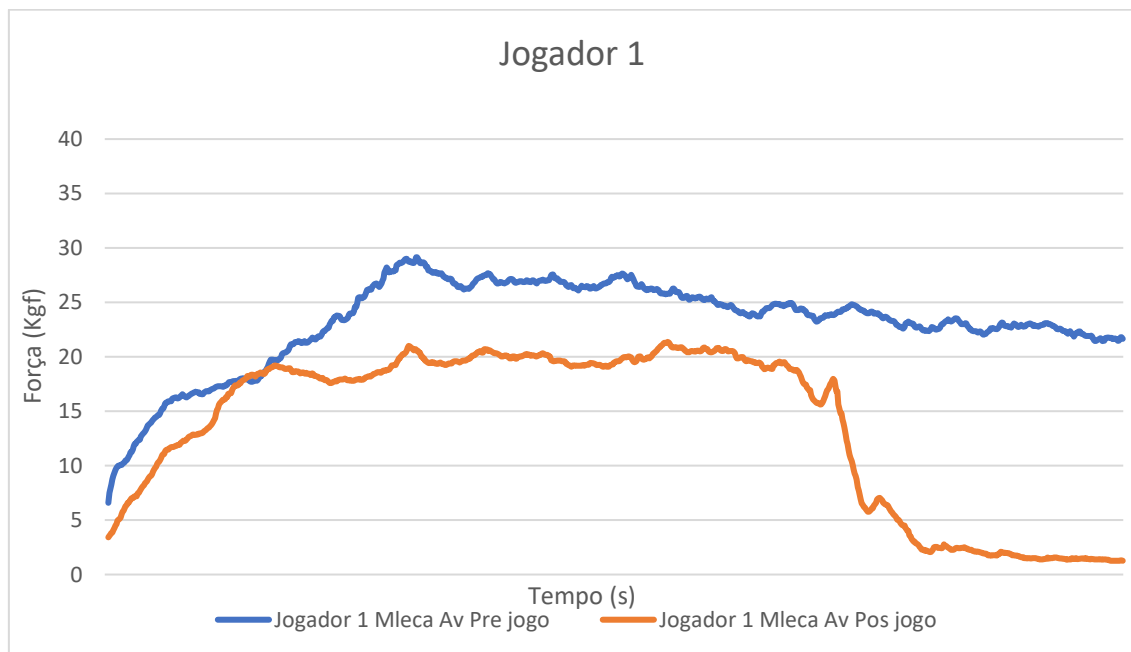


FIGURA 8 - COMPARAÇÃO DOS GRÁFICOS DE FORÇA ANTES E APÓS O JOGO

Apesar da FI máxima após o jogo apresentar uma redução de, aproximadamente, 14% ($36,2 \pm 7,3$ kgf vs. $31,8 \pm 8,8$ kgf; $p < 0,01$) houve um jogador que apresentou melhorias da primeira para a segunda avaliação (pré e pós jogo, respetivamente) (figura 9).

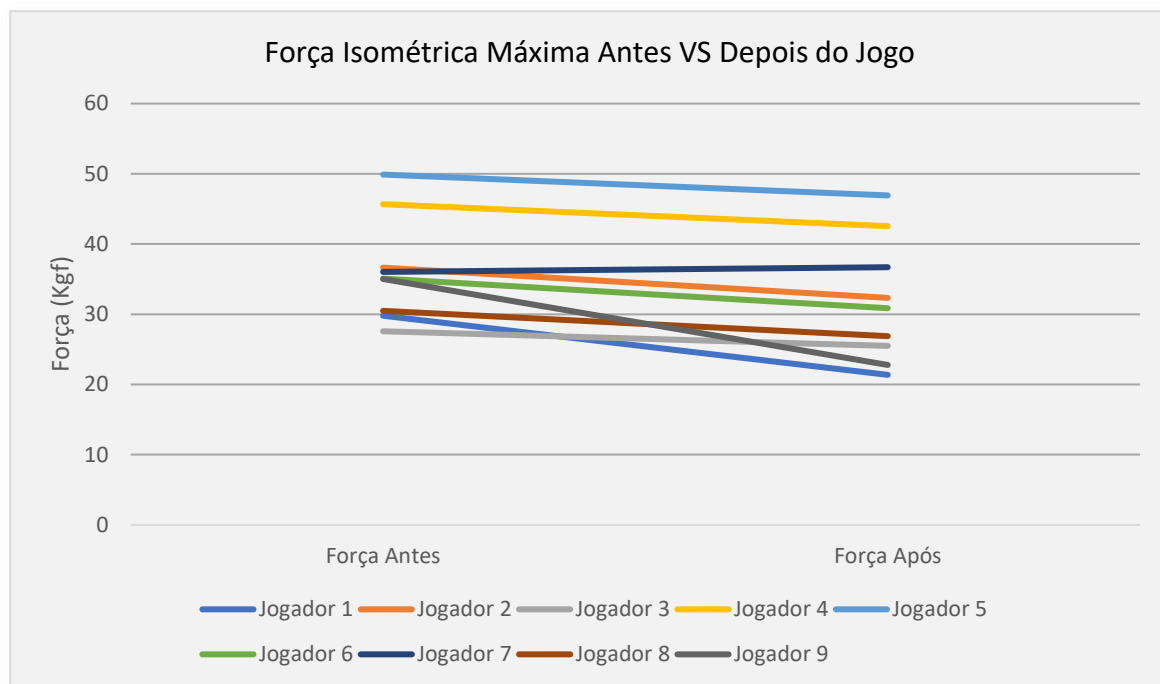


FIGURA 9 - FORÇA ISOMÉTRICA ANTES E DEPOIS DO JOGO

Para a amostra deste estudo, a força isométrica média teve uma redução de, aproximadamente, 28%, sendo que esta é considerada significativa (28.44 ± 6.56 kgf vs 20.94 ± 8.48 kgf; $p < 0,01$). A força média reduziu em todos os participantes da amostra (figura 10), o que revela o efeito de um jogo de futebol, na produção de força (fadiga).

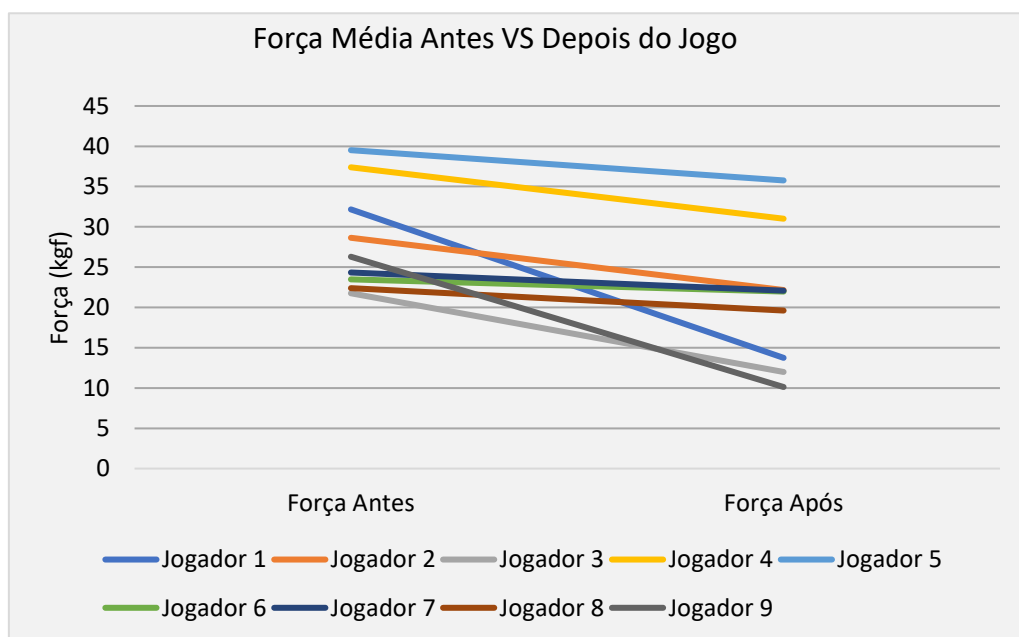


FIGURA 10 - FORÇA MÉDIA ANTES E DEPOIS DO JOGO

6.5 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada através do software *IBM SPSS Statistics* 28 para Windows. A normalidade das variáveis foi verificada através do teste de Shapiro Wilk. A comparação entre grupos foi realizada através do teste T de medidas repetidas (variáveis contínuas com distribuição normal). O nível de significância utilizado foi de 5%.

7. Discussão

O objetivo primordial deste estudo foi o desenvolvimento de uns acessórios para a célula de carga *GripWise*, que permitisse avaliar a força muscular dos músculos adutores da coxa. Paralelamente, o objetivo do presente estudo foi verificar quais as alterações na FI em resultado da fadiga muscular, obtida durante um jogo de futebol, nos músculos adutores da coxa. Este estudo contou com 9 participantes do sexo masculino, de nacionalidade portuguesa, os quais jogavam futebol, de forma semiprofissional. Este foi o primeiro estudo experimental a utilizar o *GripWise* como instrumento de avaliação da força muscular e, portanto, não há dados comparativos com outros estudos. No entanto, este estudo corroborou outros artigos, os quais procuraram verificar a influência da fadiga muscular na produção de força isométrica, em jogadores de futebol, utilizando outros instrumentos de avaliação e outros grupos musculares (i.e., Músculos anteriores e posteriores da coxa) (Constantine et al., 2019; McCall et al., 2015; Robineau et al., 2012; Thorlund et al., 2009; Wollin et al., 2017). Neste estudo, a força máxima reduziu cerca de 14% da avaliação pré jogo para a avaliação pós jogo, valores que correspondem a valores obtidos por McCall (2015), onde as duas avaliações diferiram, para os músculos posteriores da coxa, 13% para a perna não dominante e 16% para a perna dominante (McCall et al., 2015). Ademais, Wollin (2017), para os músculos posteriores da coxa, teve uma redução da força máxima isométrica de 188%, Robineau (2012), para o mesmo efeito, uma redução de 8% (Robineau et al., 2012). Para os músculos extensores da coxa, Thorlund (2009) relata uma redução de 11% da força máxima isométrica, decorridos 90 minutos de jogo (Thorlund et al., 2009), assim como Robineau (2012) relata uma redução de 18%. Relativamente ao jogador que teve valores superiores de força máxima isométrica após o jogo, Behan e os seus colaboradores (2018) também relataram que houve casos em que os jogadores tiveram uma força máxima superior no valor pós jogo ou que não houve alterações nos valores pré e pós jogo (Behan et al., 2018). Isto leva-nos a crer, cada vez mais, para a individualidade na estruturação de um plano adequado na monitorização da força, assim como na prevenção de lesões. Desta forma, é importante analisarmos os dados de forma isolada, e não apenas os resultados obtidos pelo grupo. Sendo os adutores, como referido anteriormente, um grupo muscular muito afetado por lesões (Lavoie-Gagne et al., 2021), torna-se pertinente a adoção de mais estudos sobre o mesmo, sendo que a lacuna científica sobre este tema é notória. Relativamente à análise científica, esta deve ser realizada tendo sempre o fator da individualidade em questão, tanto na prevenção de lesões, como no seu tratamento, reforço muscular, etc, uma vez que, como foi possível denotar, o tempo correspondente a cada uma das fases (i.e., recuperação, tempo de lesão) varia em grande escala de indivíduo para

indivíduo, ou seja, após um jogo podemos ter um indivíduo que necessite de 48h de recuperação, enquanto outro estaria predisposto a jogar mais 90 minutos. É através deste pressuposto que devemos encarar a realidade desportiva, uma vez que a mesma está sujeita cada vez mais a um aumento exponencial do número de jogos por época. A adoção da avaliação da FI em detrimento das outras também pode ser um fator em ter em conta, uma vez que se apresenta igualmente útil na predição de fadiga muscular, sendo que também é mais segura, uma vez que não implica um movimento das articulações, assim como alteração do comprimento muscular (Gallagher et al., 2020).

Relativamente ao desenvolvimento prático, este estudo teve algumas limitações, o que pode ter levado a um enviesamento dos dados, as quais foram: a) uma amostra reduzida, uma vez que esta não é representativa da população portuguesa que pratica futebol semiprofissional; b) os jogadores queixaram-se de câibras musculares, durante e após a segunda avaliação realizada (pós jogo), o que pode ter afetado os valores obtidos; c) pouca familiarização dos jogadores com o instrumento de avaliação. Apesar de ter sido realizada uma tentativa de adaptar os jogadores ao aparelho, estes nunca tinham estado em contacto com algo semelhante e, portanto, mais uma vez, isto pode ter levado a que os jogadores não tenham obtido valores mais superiores e d) Não foi utilizado o GPS (*Global Positioning System*), o que não permitiu definir o que levou à fadiga dos jogadores (i.e., número de saltos, sprints, etc.) Para futuros estudos, recomendo que esta avaliação seja realizada numa amostra representativa e que seja realizada também em jogadores profissionais de futebol.

8. Conclusão

Em suma, foi possível concluir a partir da realização deste estudo que a indução de fadiga, durante um jogo de futebol, é responsável pela redução da FI nos músculos adutores da coxa. Adicionalmente, foi demonstrativo que a FI é um meio de controlo e avaliação da força muscular, mas que esta deve ser analisada de forma individual. Estas premissas foram obtidas através do desenvolvimento de acessórios para uma célula de carga, a qual permitiu estudar as diferentes variáveis associadas à fadiga muscular e, com isto, apresentar-se como mais uma inovação tecnológica para a fisiologia do futebol.

9. Referências Bibliográficas

- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: Cellular mechanisms. *Physiological Reviews*, Vol. 88.
<https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>
- Barengo, N. C., Meneses-Echávez, J. F., Ramírez-Vélez, R., Cohen, D. D., Tovar, G., & Enrique Correa Bautista, J. (2014). The impact of the fifa 11+ training program on injury prevention in football players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 11, pp. 11986–12000.
<https://doi.org/10.3390/ijerph111111986>
- Behan, F. P., Willis, S., Pain, M. T. G., & Folland, J. P. (2018). Effects of football simulated fatigue on neuromuscular function and whole-body response to disturbances in balance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(12), 2547–2557.
<https://doi.org/10.1111/sms.13261>
- Binder-Macleod, S. A., & Russ, D. W. (1999). Effects of activation frequency and force on low-frequency fatigue in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 86(4).
<https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.4.1337>
- Candela, V., De Carli, A., Longo, U. G., Sturm, S., Bruni, G., Salvatore, G., & Denaro, V. (2019). Hip and groin pain in soccer players. *Joints*, Vol. 7, pp. 182–187.
<https://doi.org/10.1055/s-0041-1730978>
- Chin, E. R., Balnave, C. D., & Allen, D. G. (1997). Role of intracellular calcium and metabolites in low-frequency fatigue of mouse skeletal muscle. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, 272(2 41-2).
<https://doi.org/10.1152/ajpcell.1997.272.2.c550>
- Chopra, A., & Robinson, P. (2016). Imaging Athletic Groin Pain. *Radiologic Clinics of North America*, Vol. 54, pp. 865–873. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2016.04.007>
- Chumanov, E. S., Schache, A. G., Heiderscheit, B. C., & Thelen, D. G. (2012). Hamstrings are most susceptible to injury during the late swing phase of sprinting. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 46, p. 90. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090176>
- Click Fenter, P., Bellew, J. W., Pitts, T. A., & Kay, R. E. (2003). Reliability of stabilised commercial dynamometers for measuring hip abduction strength: A pilot study. *British Journal of Sports Medicine*, 37(4), 331–334.
<https://doi.org/10.1136/bjism.37.4.331>
- Constantine, E., Taberner, M., Richter, C., Willett, M., & Cohen, D. D. (2019). Isometric posterior chain peak force recovery response following match-play in elite youth soccer players: Associations with relative posterior chain strength. *Sports*, 7(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/sports7100218>
- Croisier, J. L., Forthomme, B., Namurois, M. H., Vanderthommen, M., & Crielaard, J. M. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2), 199–203.
<https://doi.org/10.1177/03635465020300020901>
- Davis, J. M., & Bailey, S. P. (1997). Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(1).
<https://doi.org/10.1097/00005768-199701000-00008>
- Delahunt, E., Kennelly, C., McEntee, B. L., Coughlan, G. F., & Green, B. S. (2011). The thigh

- adductor squeeze test: 45° of hip flexion as the optimal test position for eliciting adductor muscle activity and maximum pressure values. *Manual Therapy*, 16(5), 476–480. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.02.014>
- Delahunt, E., McEntee, B. L., Kennelly, C., Green, B. S., & Coughlan, G. F. (2011). Intrarater reliability of the adductor squeeze test in gaelic games athletes. *Journal of Athletic Training*, 46(3), 241–245. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.3.241>
- Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Barbero-Álvarez, J. C., Mohr, M., Malliou, P., ... Fatouros, I. G. (2015). Recovery kinetics of knee flexor and extensor strength after a football match. *PLoS ONE*, 10(6), 1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128072>
- Ekberg, O., Persson, N. H., Abrahamson, P. A., Westlin, N. E., & Lilja, B. (1988). Longstanding Groin Pain in Athletes A Multidisciplinary Approach. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 6(1), 56–61. <https://doi.org/10.2165/00007256-198806010-00006>
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: The UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.060582>
- Elattar, O., Choi, H. R., Dills, V. D., & Busconi, B. (2016). Groin Injuries (Athletic Pubalgia) and Return to Play. *Sports Health*, 8(4), 313–323. <https://doi.org/10.1177/1941738116653711>
- Fenter, P. C., Bellew, J. W., Pitts, T., & Kay, R. (2003). A comparison of 3 hand-held dynamometers used to measure hip abduction strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 531–535. <https://doi.org/10.1519/00124278-200308000-00018>
- Finsterer, J. (2012). Biomarkers of peripheral muscle fatigue during exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders*, Vol. 13. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-218>
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder? *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095788>
- Gabbett, T. J., & Domrow, N. (2007). Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 25(13). <https://doi.org/10.1080/02640410701215066>
- Gabbett, T. J., Hulin, B. T., Blanch, P., & Whiteley, R. (2016). High training workloads alone do not cause sports injuries: How you get there is the real issue. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095567>
- Gallagher, S., Moore, J. S., Stobbe, T. J., McGlothlin, J. D., & Bhattacharya, A. (2020). Physical Strength Assessment in Ergonomics. In *Handbook of Industrial Automation*. <https://doi.org/10.1201/9780203908587-41>
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, Vol. 81. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- Gharbi, A., Masmoudi, L., Chtourou, H., Chaari, N., & Tabka, Z. (2017). Effects of recovery mode on physiological and psychological responses and performance of specific skills in young soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(12), 1590–1596. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06598-1>
- Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2009). Injuries among male and female elite

- football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 19(6), 819–827. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00861.x>
- Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, J. D., & Tarnopolsky, M. A. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(2), 165–173. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2003.01121.x>
- Hamilton, G. F., McDonald, C., & Chenier, T. C. (1992). Measurement of grip strength: Validity and reliability of the sphygmomanometer and Jamar grip dynamometer. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 16(5), 215–219. <https://doi.org/10.2519/jospt.1992.16.5.215>
- Harøy, J., Clarsen, B., Wiger, E. G., Øyen, M. G., Serner, A., Thorborg, K., ... Bahr, R. (2019). The Adductor Strengthening Programme prevents groin problems among male football players: A cluster-randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine*, 53(3), 145–152. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098937>
- Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: An audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 43–47. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.1.43>
- Hölmich, P., Thorborg, K., Dehlendorff, C., Krogsgaard, K., & Glud, C. (2014). Incidence and clinical presentation of groin injuries in sub-elite male soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16), 1245–1250. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092627>
- Hunter, G. R., Newcomer, B. R., Enette Larson-Meyer, D., Bamman, M. M., & Weinsier, R. L. (2001). Muscle metabolic economy is inversely related to exercise intensity and type II myofiber distribution. *Muscle and Nerve*, 24(5), 654–661. <https://doi.org/10.1002/mus.1051>
- Jones, D. A. (1996). High- and low-frequency fatigue revisited. *Acta Physiologica Scandinavica*, 156(3). <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1996.192000.x>
- Junge, A., Dvorak, J., Graf-Baumann, T., & Peterson, L. (2004). Football Injuries during FIFA Tournaments and the Olympic Games, 1998-2001: Development and Implementation of an Injury-Reporting System. *American Journal of Sports Medicine*, 32(SUPPL. 1), 80–89. <https://doi.org/10.1177/0363546503261245>
- Lavoie-Gagne, O., Mehta, N., Patel, S., Cohn, M. R., Forlenza, E., Nwachukwu, B. U., & Forsythe, B. (2021). Adductor Muscle Injuries in UEFA Soccer Athletes: A Matched-Cohort Analysis of Injury Rate, Return to Play, and Player Performance From 2000 to 2015. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(9). <https://doi.org/10.1177/23259671211023098>
- Matinlauri, A., Alcaraz, P. E., Freitas, T. T., Mendiguchia, J., Abedin-Maghanaki, A., Castillo, A., ... Cohen, D. D. (2018). A comparison of the isometric force fatigue-recovery profile in two posterior chain lower limb tests following simulated soccer competition. *PLoS ONE*, 14(5), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206561>
- McCall, A., Nedelec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1298–1304. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1022579>
- McDonald, A. C., Savoie, S. M., Mulla, D. M., & Keir, P. J. (2018). Dynamic and static shoulder strength relationship and predictive model. *Applied Ergonomics*, 67, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.10.004>

- Mei-Dan, O., Lopez, V., Carmont, M. R., Mcconkey, M. O., Steinbacher, G., Alvarez, P. D., & Cugat, R. B. (2013). Adductor tenotomy as a treatment for groin pain in professional soccer players. *Orthopedics*, 36(9), 1189–1197. <https://doi.org/10.3928/01477447-20130821-23>
- Mentiplay, B. F., Perraton, L. G., Bower, K. J., Adair, B., Pua, Y. H., Williams, G. P., ... Clark, R. A. (2015). Assessment of lower limb muscle strength and power using hand-held and fixed dynamometry: A reliability and validity study. *PLoS ONE*, 10(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140822>
- Nevin, F., & Delahunt, E. (2014). Adductor squeeze test values and hip joint range of motion in Gaelic football athletes with longstanding groin pain. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 155–159. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.04.008>
- Orchard, J., Marsden, J., Lord, S., & Garlick, D. (1997). Preseason hamstring muscle weakness associated with hamstring muscle injury in Australian footballers. *American Journal of Sports Medicine*, 25(1), 81–85. <https://doi.org/10.1177/036354659702500116>
- Paul, D. J., & Nassis, G. P. (2015). Testing strength and power in soccer players: The application of conventional and traditional methods of assessment. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 29, pp. 1748–1758. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000807>
- Powers, S., & Howley, E. (1995). Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performances. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(3), 466. <https://doi.org/10.1249/00005768-199503000-00027>
- Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141–144. <https://doi.org/10.1136/bjsm.22.4.141>
- Robineau, J., Jouaux, T., Lacroix, M., & Babault, N. (2012). Neuromuscular fatigue induced by a 90-minute soccer game modeling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 555–562. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220dda0>
- Ruschel, C., Haupenthal, A., Jacomel, G. F. ernande., Fontana, H. de B., Santos, D. P. achec. dos, Scoz, R. D. ia., & Roesler, H. (2015). Validity and reliability of an instrumented leg-extension machine for measuring isometric muscle strength of the knee extensors. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(2), 1–4. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0122>
- Safran, M. R., Garrett, W. E., Seaber, A. V., Glisson, R. R., & Ribbeck, B. M. (1988). The role of warmup in muscular injury prevention. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(2), 123–129. <https://doi.org/10.1177/036354658801600206>
- Sahlin, K., Tonkonogi, M., & Söderlund, K. (1998). Energy supply and muscle fatigue in humans. *Acta Physiologica Scandinavica*, 162(3). <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.1998.0298f.x>
- Sahlin, Kent. (1992). Metabolic Factors in Fatigue. *Sports Medicine: An International Journal of Applied Medicine and Science in Sport and Exercise*, 13(2). <https://doi.org/10.2165/00007256-199213020-00005>
- Sejersted, O. M., & Sjogaard, G. (2000). Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiological Reviews*, Vol. 80. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.4.1411>
- Sesboüé, B., & Guincestre, J. Y. (2006). Muscular Fatigue. *Annales de Readaptation et de*

- Medecine Physique*, 49(6), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2006.04.021>
- Silva, J. R., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Castagna, C., Farooq, A., Girard, O., & Hader, K. (2018). Acute and Residual Soccer Match-Related Fatigue: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*, Vol. 48. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0798-8>
- Silva, Joao R., Magalhaes, J., AscensaO, A., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. N. (2013). Training status and match activity of professional soccer players throughout a season. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e1946>
- Sousa, A., Marques, D., Calado, A., Pacheco, C., Marinho, D., & Marques, Mário Travassos, B. (2021). Validity and Reliability of the Smart Groin Trainer for Measuring Hip Adduction Strength. *Journal of Human Kinetics*, 82.
- Stackhouse, S. K., Dean, J. C., Lee, S. C. K., & Binder-MacLeod, S. A. (2000). Measurement of central activation failure of the quadriceps femoris in healthy adults. *Muscle and Nerve*, 23(11). [https://doi.org/10.1002/1097-4598\(200011\)23:11<1706::AID-MUS6>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-4598(200011)23:11<1706::AID-MUS6>3.0.CO;2-B)
- Sung, K. S., Yi, Y. G., & Shin, H. I. (2019). Reliability and validity of knee extensor strength measurements using a portable dynamometer anchoring system in a supine position. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2703-0>
- Sunnerhagen, K. S., Carlsson, U., Sandberg, A., Stålberg, E., Hedberg, M., & Grimby, G. (2000). Electrophysiologic evaluation of muscle fatigue development and recovery in late polio. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(6). <https://doi.org/10.1053/apmr.2000.5575>
- Svens, B., & Lee, H. (2005). Intra- and inter-instrument reliability of Grip-Strength Measurements: GripTrack™ and Jamar® hand dynamometers. *The British Journal of Hand Therapy*, 10(2), 47–55. <https://doi.org/10.1177/175899830501000202>
- Thorborg, K., Krommes, K. K., Esteve, E., Clausen, M. B., Bartels, E. M., & Rathleff, M. S. (2017). Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: A systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 51, pp. 562–571. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097066>
- Thorborg, K., Serner, A., Petersen, J., Moller Madsen, T., Magnusson, P., & Hölmich, P. (2011). Hip adduction and abduction strength profiles in elite soccer players: Implications for clinical evaluation of hip adductor muscle recovery after injury. *American Journal of Sports Medicine*, 39(1), 121–126. <https://doi.org/10.1177/0363546510378081>
- Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International Journal of Sports Medicine*, 30(4), 273–278. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1104587>
- Verrall, G. M., Slavotinek, J. P., Barnes, P. G., Fon, G. T., & Spriggins, A. J. (2001). Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: A prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *British Journal of Sports Medicine*, 35(6), 435–439. <https://doi.org/10.1136/bjsm.35.6.435>
- Wan, J. J., Qin, Z., Wang, P. Y., Sun, Y., & Liu, X. (2017). Muscle fatigue: General understanding and treatment. *Experimental and Molecular Medicine*, Vol. 49. <https://doi.org/10.1038/emm.2017.194>

- Werner, J., Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2009). UEFA injury study: A prospective study of hip and groin injuries in professional football over seven consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*, 43(13), 1036–1040.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.066944>
- Williams, J. D., Abt, G., & Kilding, A. E. (2010). Ball-sport endurance and sprint test (BEAST90): Validity and reliability of a 90-minute soccer performance test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3209–3218.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac356>
- Witvrouw, E., Danneels, L., Asselman, P., D'Have, T., & Cambier, D. (2003). Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 31(1), 41–46.
<https://doi.org/10.1177/03635465030310011801>
- Wollin, M., Thorborg, K., & Pizzari, T. (2017). The acute effect of match play on hamstring strength and lower limb flexibility in elite youth football players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(3), 282–288.
<https://doi.org/10.1111/sms.12655>

10. Anexo 1

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

Por favor, leia com atenção a seguinte informação. Se achar que algo está incorreto ou que não está claro, não hesite em solicitar mais informações. Se concorda com a proposta que lhe foi feita, queira assinar este documento.

Título do estudo: Desenvolvimento de acessórios e validação de um dinamómetro de última geração para a avaliação, monitorização e controlo da força em jovens atletas.

Enquadramento e objetivos gerais: Este projeto de investigação será desenvolvido no âmbito de uma dissertação de mestrado em Exercício e Saúde da Faculdade de Psicologia, Educação e Desporto da Universidade Lusófona do Porto (FPED-ULP), e tem como principal objetivo avaliar a força máxima isométrica, dos membros superiores ou inferiores, com recurso a dispositivos de avaliação de força (dinamómetros) no terreno e/ou em laboratório. A avaliação da força é determinante para o controlo de treino e para aplicação eficaz de protocolos de prevenção de lesão.

Explicação do estudo:

Este estudo contempla 2 (duas) etapas de avaliação da força máxima. A etapa 1, com recurso a um dispositivo de avaliação da força portátil, de terreno, e a etapa 2 com recurso a um dispositivo de avaliação de força "fixo", de laboratório.

A etapa 1 decorrerá no local de treino ou jogo e consiste na realização de dois testes de força máxima. O primeiro, antes do treino ou jogo, e o segundo depois do treino ou jogo. O teste será feito com o auxílio de um dispositivo específico para o efeito, denominado de célula de carga ou dinamómetro, que é portátil. Este dispositivo avalia a quantidade de força (quilogramas de força) que cada participante realiza por unidade de tempo (segundos). Em cada momento de avaliação o participante irá realizar 3 repetições onde terá de produzir força máxima durante 10 a 15 segundos, para uma determinada ação, por exemplo, para a flexão ou extensão da perna. Entre cada repetição haverá um momento de recuperação/pausa de, pelo menos, 3 minutos.

Na etapa 2 os testes decorrerão em laboratório e com recurso a outro dispositivo de avaliação de força, que é "fixo". O protocolo de avaliação mantém-se, mas em vez de ser feito um teste antes e depois do jogo ou treino, será feito um teste com o dispositivo portátil (fase 1) e outro com o dispositivo do laboratório "fixo" (fase 2). As características dos testes são iguais, ou seja, o participante irá realizar 3 repetições onde terá de

CONSENTIMENTO INFORMADO, LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM INVESTIGAÇÃO

confidencialidade e anonimato dos dados recolhidos (em formato físico e/ou eletrónico); 2) os dados serão usados apenas para o presente estudo, registados em formato eletrónico e armazenados em risco rígido com acesso protegido por palavra-passe; 3) todos os dados serão preservados de forma segura e confidencial por um período de pelo menos cinco anos desde o final do estudo/projeto ou, sendo reportados em publicações científicas, desde a data da publicação original; e 4) no final do período de armazenamento, os dados serão destruídos e/ou eliminados de acordo com os requisitos éticos e legais aplicáveis, cumprindo-se todos os princípios gerais da confidencialidade, proteção e segurança dos participantes.

Investigador Responsável: Carlos Eduardo da Silva Teixeira

Profissão: Professor Auxiliar

Local de trabalho: Faculdade de Psicologia, Educação e Desporto da Universidade Lusófona do Porto

E-mail: eduardo.teixeira@ulp.pt

Assinatura: _____

Agradecemos a sua participação!

Declaro ter lido e compreendido este documento, bem como as informações verbais que me foram fornecidas pela pessoa que acima assina. Foi-me garantida a possibilidade de, em qualquer altura, recusar participar neste estudo sem qualquer tipo de consequências. Desta forma, aceito participar neste estudo e permito a utilização dos dados que de forma voluntária forneço, confiando em que apenas serão utilizados para esta investigação e nas garantias de confidencialidade e anonimato que me são dadas pelo investigador.

Nome: _____

Assinatura: _____ Data: ____ / ____ / ____