



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

RAFAEL TEIXEIRA LOPES

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES DE ATLETAS PROFISSIONAIS
DE FUTEBOL DURANTE A PRÉ-TEMPORADA: PARÂMETROS
PARA PREVENÇÃO DE LESÕES**

RIO DE JANEIRO

2020

Autorizo a reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio, convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de bibliotecas e

Informação – SBI – UNISUAM

615.8515 Lopes, Rafael Teixeira.

L864r Respostas neuromusculares de atletas profissionais de futebol durante pré-temporada: parâmetros para a prevenção de lesões / Rafael Teixeira Lopes. - Rio de Janeiro, 2020.

60p.

Dissertação (Mestrado em Ciência da Reabilitação). Centro Universitário Augusto Motta, 2020.

1. Fisioterapia. 2. Atletas - Jogadores de Futebol. 3. Prevenção de Lesões. I. Título.

CDD 22.ed.

RAFAEL TEIXEIRA LOPES

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES DE ATLETAS PROFISSIONAIS
DE FUTEBOL DURANTE A PRÉ-TEMPORADA: PARÂMETROS
PARA PREVENÇÃO DE LESÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, do Centro Universitário Augusto Motta, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Reabilitação no Esporte.

Orientador: Alex Souto Maior Alves

RIO DE JANEIRO

2020

RAFAEL TEIXEIRA LOPES

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES DE ATLETAS PROFISSIONAIS DE
FUTEBOL DURANTE A PRÉ-TEMPORADA: PARÂMETROS PARA
PREVENÇÃO DE LESÕES**

Aprovado em: 13 de Outubro de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. ALEX SOUTO MAIOR – Orientador
Centro Universitário Augusto Motta –
UNISUAM



Prof. Dr. GUSTAVO MONERAT
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. SILVIO MARQUES
Centro Universitário Faculdade e Universidade – UNIVERSO



Prof. Dr. LEANDRO ALBERTO CALAZANS NOGUEIRA
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM

Rio de Janeiro, 2020

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar ao seu fim, sem o precioso apoio de várias pessoas.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a Deus, pela vida, pela minha saúde e por todas as bênçãos e alegrias que me destes ao escrever minha dissertação.

Aqui gostaria de imensamente agradecer à Fundação Faz diferença, pela bolsa de estudos e auxílio financeiro durante todos os meses do mestrado, em especial a Camila, por todo carinho, atenção, conselhos e incentivos. Sem vocês meu sonho não poderia ter sido realizado, serei eternamente grato por isso.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Alex Souto Maior, por toda a paciência, empenho e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho e em todos aqueles que realizei durante o meu mestrado. Muito obrigada por me ter corrigido quando necessário sem nunca me desmotivar.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em especial aos 4 que sempre me apoiaram e me ajudaram, Gustavo Telles; Marcos Braz, Eduardo Lobo e Diego Paiva, estes estiveram presentes em todos os momentos.

Agradeço aos professores e profissionais da Universidade Augusto Motta (UNISUAM), que foram sempre prestáveis. Por último e não menos importante, quero agradecer à minha família e amigos pelo apoio incondicional que me deram, especialmente à minha madrinha Michele Teixeira, minha mãe (Solange Teixeira) e minha tia (Marizi Teixeira), vocês são meus orgulhos de vida e minhas fontes de inspiração todos os dias.

Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar"
Josué 1:9

EPÍGRAFE

**Sorte é a necessidade dos medíocres. Quem trabalha e se esforça
tem conquistas.**

Resumo

A pré-temporada no futebol é o período com maior carga de trabalho por ser relativamente curta (entre 4 a 6 semanas). Este período se caracteriza pelas adaptações fisiológicas à carga de treinamento, mas esta melhora pode não ser suficiente para lidar com a intensidade e o estresse associados ao futebol competitivo, levando a um maior risco de lesões. O objetivo desta investigação foi avaliar a força muscular dos músculos extensores e flexores do joelho, agilidade e funcionalidade entre a perna dominante (DL) versus perna não dominante (NDL) de atletas de futebol de elite durante a pré-temporada. Participaram deste estudo 22 atletas de futebol profissional de um clube da liga brasileira de futebol de segunda divisão. Todos os jogadores de futebol foram submetidos a três testes para avaliar força, potência e desempenho físico com intervalo de 48 horas entre sessões. Durante a primeira sessão de avaliação foram realizados testes no dinamômetro isocinético em que os atletas realizaram contrações concêntricas e excêntricas isocinéticas máximas, bem como contrações isométricas máximas. Na segunda e terceira sessão de avaliação foram realizados o *single leg step down test* e teste de agilidade, respectivamente. Os resultados da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) mostraram diferença significativa ($p < 0,04$) entre o DL em relação ao NDL para valores absolutos e relativos. Por outro lado, as variáveis isocinéticas dos extensores do joelho a $60^\circ \cdot s^{-1}$ (trabalho total e potência) foram significativamente superior para o NDL quando comparado ao DL ($p < 0,03$). A correlação de Pearson foi significativa entre a CIVM e o teste *single leg step down* (SLSD) para DL ($r = 0,70$, $p = 0,0001$) e NDL ($r = 0,58$; $p = 0,002$). Os resultados confirmam que DL mostra maior força isométrica do que NDL. No entanto, o NDL revelou um aumento no trabalho total e na produção de energia em jogadores de futebol de elite. Além disso, o teste SLSD parece ser um bom método de avaliação da força muscular por meio da correlação positiva com a CIVM.

Palavras Chaves: Jogadores de futebol, pré-temporada, desempenho, prevenção de lesões.

NEUROMUSCULAR AND FUNCTIONAL RESPONSES IN ELITE SOCCER PLAYERS DURING PRE-SEASON: IMPLICATIONS FOR INJURY PREVENTION.

Abstract

The pre-season in football is the period with the greatest workload as it is relatively short (between 4 to 6 weeks). This period is characterized by physiological adaptations to the training load, but this improvement may not be enough to deal with the intensity and stress associated with competitive football, leading to an increased risk of injuries. The purpose of this investigation was to assess the muscular strength of the knee extensors and flexors muscles, agility and functionality between dominant leg (DL) vs. non-dominant leg (NDL) of elite soccer players during pre-season. Twenty-two healthy male elite soccer players (25.1 ± 3.8 years; 182.1 ± 5.9 cm; 79.3 ± 5.4 kg; body fat $14.6 \pm 3.8\%$) from a club of the Brazilian second-division soccer league participated in this study. All soccer players underwent three tests to assess strength, power, and physical performance with an interval of 48 hours inter-sessions. During the first assessment session, isokinetic tests were performed in which athletes performed maximal isokinetic concentric and eccentric contractions, as well as maximal isometric contractions. In the second and third assessment sessions, single leg step down and agility tests were performed, respectively. Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) results showed a significant difference ($p < 0.04$) between DL compared to the NDL for absolute and relative values. However, the isokinetic variables of knee extensors at $60^\circ \cdot s^{-1}$ (total work and power) were significantly higher ($p < .03$) in NDL. Pearson's correlation was found to be significant between MVIC and single leg step down (SLSD) test for DL ($r = 0.70$, $p = .0001$) and NDL ($r = 0.58$; $p = .002$). The results confirm that DL shows greater isometric strength than NDL. However, NDL revealed an increase in the total work and power output in elite soccer players. Furthermore, the SLSD test is recommended because it proved to be a good method for evaluating muscle strength by a positive correlation with MVIC.

Key words: soccer players, pre-season, performance, injury prevention.

Lista de Ilustrações

	Pg.
Figura 1. Classificação de LOM de acordo com o comprometimento anatômico	15
Figura 2. Gráfico com número de lesões rodada por rodada do Campeonato Brasileiro 2017.	20
Figura 3. Dinamômetro isocinético computadorizado e distintas posições adotada para o teste.	28
Figura 4. Diagrama esquemático do teste de agilidade.	30
Figura 5. Posicionamento do <i>single leg step down test</i> .	31
Figura 6. Gráficos de dispersão mostram a correlação (coeficiente de Pearson) entre CIVM e o número de repetições durante o teste de descida de perna única (SLSD) para NDL e DL.	36

Lista de Quadros e Tabelas

	Pg.
Tabela 1. Caracterização e descrição das LOM	16
Tabela 2. Valores médios \pm DP dos valores absolutos e relativos da CIVM entre NDL vs. DL de jogadores profissionais de futebol na pré-temporada.	32
Tabela 3. Comparações das variáveis isocinéticas de extensores de joelho a $60^\circ \cdot s^{-1}$ entre DL vs. NDL em atletas de futebol profissional.	34
Tabela 4. Comparações das variáveis isocinéticas dos flexores do joelho a $60^\circ \cdot s^{-1}$ entre DL vs. NDL em atletas de futebol profissional.	35
Tabela 5. Comparações das variáveis do teste funcional entre DL vs. NDL de atletas profissionais de futebol	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DL (Perna Dominante)

NDL (Perna Não Dominante)

BA (Assimetria bilateral)

LOM (Lesões osteomioarticulares)

FIFA (Federação internacional de Futebol)

CBF (Confederação Brasileira de Futebol)

UEFA (União das associações europeias de Futebol)

SLSD (Single leg stepdown)

CIVM (Contrações isométricas voluntária máxima)

DP (Desvio padrão)

Sumário

AGRADECIMENTOS	V
EPÍGRAFE	VI
RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	IX
LISTA DE QUADROS E TABELAS	X
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XI
SUMÁRIO	XII
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	13
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 REVISÃO DA LITERATURA	15
1.2.1 LESÕES OSTEOMIOARTICULARES: CARACTERIZAÇÃO E DEFINIÇÕES.	15
1.2.2 EPIDEMIOLOGIA DAS LESÕES OSTEOMIOARTICULARES EM ATLETAS DE FUTEBOL PROFISSIONAL.....	18
1.2.3 AVALIAÇÃO POR DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO.....	21
1.3 JUSTIFICATIVAS	23
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 PRIMÁRIO/GERAL	24
1.4.2 SECUNDÁRIOS/ESPECÍFICOS	24
1.5 HIPÓTESES	24
CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS	26
2.1 ASPECTOS ÉTICOS	26
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO	26
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO	26
2.3 DESIGN DE ESTUDO	26
2.4 AMOSTRA	27
2.4.1 PARTICIPANTES E LOCAL DE RECRUTAMENTO DO ESTUDO	27
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	27
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO	28
2.4 PROCEDIMENTOS/METODOLOGIA PROPOSTA	28
2.4.3 DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO.....	28
2.5 ANÁLISE DOS DADOS	33

2.5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	34
<u>CAPÍTULO 4 PRODUÇÃO INTELECTUAL.....</u>	35
4.3 MANUSCRITO #1	35
4.3.2 METADADOS DO MANUSCRITO #1.....	35
4.3.3 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES DO MANUSCRITO #1 DE ACORDO COM A PROPOSTA <i>CONTRIBUTOR ROLES TAXONOMY (CREDIT)</i>	56
<u>CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	57
5.1 SÍNTESE	57
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	58
<u>APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</u>	65
<u>APÊNDICE 2 – SUBMISSÃO DO MANUSCRITO.....</u>	67
<u>APÊNDICE 3 - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA</u>	68

Capítulo 1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

A temporada de futebol profissional ocorre entre 10 e 11 meses, por outro lado a pré-temporada desempenha um papel importante na avaliação, identificação de riscos de lesões e planejamento de treinamento para toda a temporada. A pré-temporada é o período com maior carga de treinamento, por ser relativamente curto (entre 4 a 6 semanas), caracterizado pelo aumento da adaptação fisiológica à carga de treinamento e ao nível de condicionamento físico, mas essa melhoria pode não ser suficiente para lidar com a intensidade e o estresse associados ao futebol de alto rendimento, levando a um maior risco de lesões (Eliakim et al., 2018; Coppalle et al., 2019). Alguns estudos mostraram que uma pré-temporada com maior carga de treinamento contribuiu para uma menor aptidão aeróbica, maior tensão muscular, especialmente na região da coxa e maior proporção de lesões por uso excessivo, incluindo tendinite e fraturas por estresse (Eliakim et al., 2018; Noya Salces et al., 2014; Brito et al., 2011; Hawkins et al., 2001). Além disso, é importante verificar se os amistosos apresentam maior risco de lesão do que o treinamento normal em equipe.

As demandas fisiológicas substanciais, a intensidade do treinamento e o contato corporal entre os jogadores são responsáveis pela incidência geralmente alta de lesões neste esporte, sendo 70% delas ocorrem nos membros inferiores (Maior et al. al., 2017; Maior et al., 2018; Matta et al., 2019). O dano muscular induzido pelo exercício é caracterizado por uma diminuição temporária da capacidade máxima de gerar de força, desempenho físico prejudicado, aumento das proteínas intracelulares no sangue, dor muscular e edema nos grupos musculares envolvidos (Maior et al.,

2020; Jones et al., 2017). Dessa forma, a avaliação neuromuscular e funcional aplicada ao futebol permitiu uma melhor compreensão das respostas fisiológicas e prevenção de lesões associadas à carga de treinamento durante a pré-temporada (Eliakim et al., 2018; Coppalle et al., 2019; Matta et al., 2019).

Portanto, a medição da força muscular, potência, agilidade e funcionalidade são cruciais para fornecer informações sobre a condição muscular, além da capacidade funcional durante a pré-temporada (Meckel et al., 2018). Essas informações neuromusculares e funcionais tornam-se importantes para entender a relação de fatores morfológicos e neurais, incluindo área e arquitetura da seção muscular, rigidez musculotendinosa, recrutamento de unidades motoras, codificação de taxa de força muscular, sincronização de unidades motoras e inibição neuromuscular. Tais combinações de fatores estão associadas ao aumento da potência mecânica externa, desempenho geral das habilidades esportivas, diminuição das taxas de lesões e monitoramento da carga de treinamento (Suchomel et al., 2016; Cormie et al., 2011; Maior, 2020).

A diferença de força entre a perna dominante (DL) e a perna não dominante (NDL) tem sido o tópico de várias pesquisas que identificaram que a assimetria bilateral (BA) é prejudicial ao desempenho, aumentando o risco de lesão (Gkrilias et al., 2018; Bonetti et al., 2017). Alguns estudos relatam que a BA acima de 10% resulta em perda de potência muscular, menor velocidade de mudança de direção e aumento do risco de lesões nos membros inferiores (Bell et al., 2014; Hoffman et al., 2007). Além disso, jogadores de futebol com assimetrias de força > 15% têm quatro a cinco vezes mais chances de ocorrência de lesões dos isquiotibiais (Croisier et al., 2008).

1.2 Revisão da Literatura

1.2.1 Lesões osteomioarticulares: caracterização e definições.

As lesões osteomioarticulares (LOM), são caracterizadas por alterações miofasciais que comprometem músculos, tendões, ligamentos, articulações, nervos, discos vertebrais, cartilagem e vasos sanguíneos (Jarvinen et al., 2005). As LOM podem ser causadas ou agravadas pela prática desportiva, conseqüentemente, podem ocorrer por contato (trauma direto ou indireto) e/ou sem contato (entorse e/ou estiramentos). De acordo com resultados obtidos por ressonância magnética foram definidos novos graus de classificações das LOM (graus de 0 a 4) e suas distintas subclassificações (de A a C) (Pollock et al., 2014) (tabela 1). Desta forma, as subclassificações que apresentam sufixo “a” caracterizam lesões miofasciais, subclassificações “b” estão relacionadas as lesões músculo-tendíneas e, por fim as subclassificações “c” determinam as lesões intratendíneas (Pollock et al., 2014) (Figura 1). Por outro lado, as lesões de grau 0, são aquelas cuja imagens de ressonância magnética, não apresentam alterações, tendo como principal representação a dor neuromuscular focal e a dor muscular provocada pelo desporto e/ou exercício (Petrons, 2002; Mueller-Wohlfahrt et al., 2012).

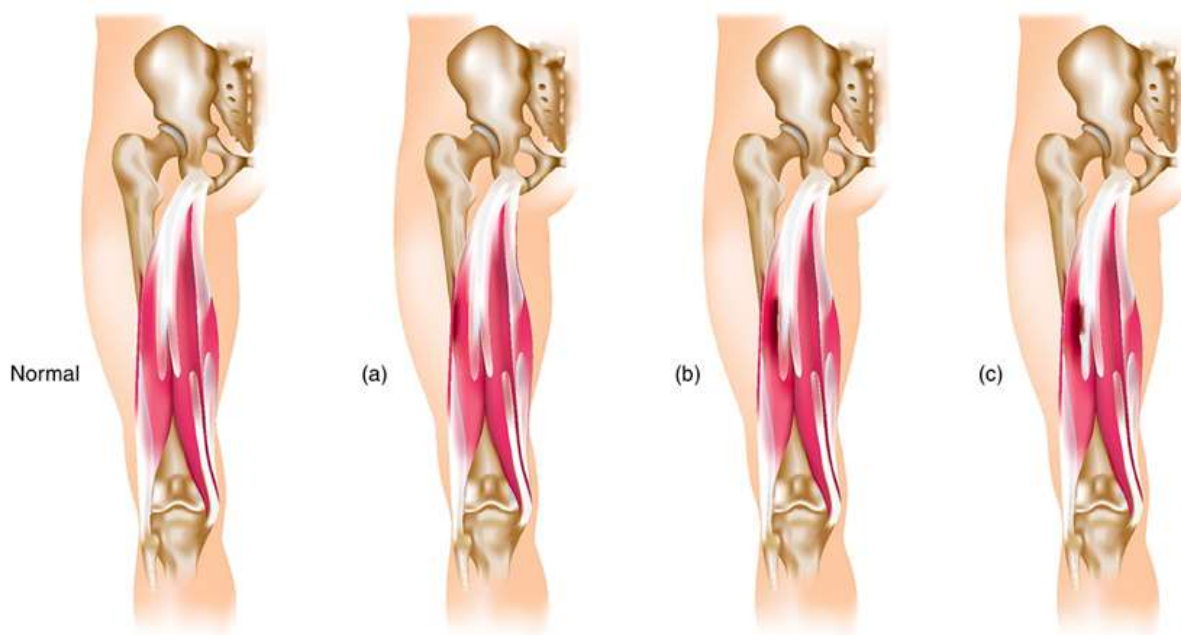


Figura 1. Classificação de LOM de acordo com o comprometimento anatômico.

No ponto de vista clínico, as LOM de grau 1 caracteriza-se por comprometer 10% das fibras musculares de um determinado grupo muscular sendo associados a algias durante ou pós-esforço, mas as amplitudes de movimentos e a força muscular se mantêm normalizadas. Nas LOM de grau 2 ocorre o comprometimento entre 11% e 25% das fibras musculares de um determinado grupo muscular promovendo redução significativa da amplitude de movimento, dor aguda, parcial perda de funcionalidade e força muscular diagnosticados durante avaliações clínicas. Por outro lado, as lesões de grau 3 são significativamente extensas (comprometimento entre 26% e 45% das fibras musculares de um determinado grupo muscular) tendo como base a dor aguda intensa, extenso comprometimento da amplitude de movimento e da força muscular. Entretanto, o quadro de lesão mais grave caracteriza-se pela LOM de grau 4 representada por ruptura completa do músculo ou do tendão com comprometimento > 50% das fibras musculares de um determinado grupo muscular).

Este cenário apresenta quadro súbito de dor, incapacidade funcional, extensa perda de força e significativa deformidade da estrutura acometida (Pollock et al., 2016; Petrons, 2002; Mueller-Wohlfahrt et al., 2013).

TABELA:1 CLASSIFICAÇÃO ATLÉTICA BRITÂNICA DE LESÕES MUSCULARES		
GRAU	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
I	a	Miofascial Extensão de até 10% da área seccional das fibras musculares
	b	Intramuscular / Junção miotendínea (mais comum) Extensão Longitudinal <5 cm (mais raro, geralmente só há edema) á edema). Pode haver hematoma perifascial ou intermuscular.
II	a	Miofascial Extensão de 10 a 50% da área seccional das fibras musculares.
	b	Intramuscular / Junção miotendínea (mais comum) Extensão longitudinal de 5 a 15 cm Distorção arquitetural das fibras < 5 cm
	c	Extensão Intratendínea Lesão tendíneas tem extensão longitudinal <5 cm e acomete < 50% do diâmetro máximo do tendão no plano axial.
III	a	Miofascial Extensão > 50% da área seccional das fibras musculares.
	b	Intramuscular / Junção miotendínea (mais comum) Extensão longitudinal > 15 cm Distorção arquitetural das fibras > 5 cm
	c	Extensão Intratendínea Lesão tendíneas tem extensão longitudinal <5 cm e acomete < 50% do diâmetro máximo do tendão no plano axial, mas não há defeito completo, embora possa haver irregularidade o contorno.
IV	Músculo ou Tendão	Ruptura completa.

Tabela 1. Caracterização e descrição das LOM. Fonte: Pollock et al. Br J Sports Med. 2014; 48(18):1347-51.

Os sistemas de classificação das LOM foram desenvolvidos com o objetivo de ser mais abrangentes e de desenvolver a uniformidade na terminologia das LOM a partir dos distintos graus de LOM associado aos seus prognósticos (Ekstrand J et al., 2013). Estas classificações têm sido bastante utilizadas nos clubes de elite do futebol mundial e tem facilitado bastante a comunicação entre a comissão técnica no processo de diagnóstico, prevenção de lesões e reabilitação. (Ekstrand et al., 2013; Patel et al., 2015; Tol et al., 2013). Vale ressaltar que as LOM têm uma relação direta na causa mais comum e frequente do afastamento da prática esportiva pela perda de força muscular, funcionalidade e estabilidade. Pode-se estimar que 30 a 50% de todas as lesões associadas ao esporte são causadas por lesões de tecidos moles (Bissell & Lorentzos, 2018).

De modo geral, tem sido utilizado três fatores primordiais para caracterização e definição das LOM, tais como:

1. LOM podem ser diretas (por um choque e/ou contato físico) ou indireta (por estiramento, torção ou excesso de fadiga). Normalmente, as lesões diretas tendem a ter um prognóstico melhor.
2. O local da LOM: terço proximal, médio ou distal do músculo e observar se está relacionada a junção miotendínea proximal ou distal. Em particular, quanto mais perto a lesão do tendão, mais grave será o prognóstico.
3. A gravidade da LOM está relacionada a quantidade de edema e/ou da ruptura de fibras musculares observadas através da ressonância magnética.

1.2.2 Epidemiologia das lesões osteomioarticulares em atletas de futebol profissional.

Nas partidas de futebol, os atletas produzem ações musculares intermitentes que contribuem com adaptações morfológicas, metabólicas e funcionais que permitem aumento no desempenho (Matta et al., 2019). Ao mesmo tempo, o estresse gerado durante a partida de futebol e o restrito tempo de recuperação entre as partidas contribuem com o aumento dos riscos de lesões. A maioria das lesões ocorre nos membros inferiores (~ 70%), relacionada à natureza do esporte (durante o salto, após movimentos com ações excêntricas ou em resposta a um período de treinamento intensificado), conseqüentemente, resultando em um declínio no desempenho físico durante as horas e dias após a competição (Matta et al., 2019; Maior et al., 2018).

No futebol profissional entre 92 e 97% de todas as LOM estão localizadas nas extremidades inferiores, sendo: isquiotibiais (28-37%), quadríceps (19-32%), adutores (19-23%) e músculos da panturrilha (12-13%) as regiões mais acometidas (Ekstrand et al., 2011; Malliaropoulos et al., 2011). Durante o treinamento, as LOM apresentam uma taxa de incidência média de 3,7 lesões / 1000 horas (IC 95% 3,1 a 4,4, I₂ = 98%) e uma taxa de incidência média de partida igual a 36,0 lesões por 1000 horas de partida exposição (IC95% 31,3 a 40,8, I₂ = 98,9%). Dados esses médios oriundos de 30 estudos buscados a literatura e as plataformas de pesquisa de artigos científicos (*pubmed; scielo e o site da FIFA e CBF*) (Ekstrand et al., 2011; Hägglund et al., 2013; Hägglund et al., 2018; Hägglund et al., 2009).

Um estudo retrospectivo de 16 anos avaliou as principais ligas da UEFA (União das Associações Europeias de Futebol), os índices de incidência e a prevalência de lesões, dentre os principais times da Europa (Ekstrand, J et al., 2016; Hägglund et al., 2018). Neste estudo, foram 22.942 LOM diagnosticadas e divididas de acordo com a gravidade das lesões, ou seja, 6.440 casos de LOM leve que apresentaram 7 dias ou menos de ausência, 8.518 casos de LOM moderadas que apresentaram entre 8 a 28 dias de ausência e 311 casos de LOM graves que apresentaram mais de 28 dias ausência. Na Europa, uma equipe pode estimar uma média de 15 LOM por temporada associada a ausência de 223 dias, ou seja, 27% de ausência em treinamentos e partidas (Ekstrand et al., 2012; Mueller-Wohlfahrt et al., 2013; Olson et al., 2013).

No Brasil, a CBF divulgou recentemente um mapeamento das lesões ocorridas durante o campeonato brasileiro da primeira divisão de 2017 (Figura 2) em que foram registradas 327 sendo 177 lesões ocorridas no primeiro turno e 150 lesões ocorreram no segundo turno (média 0,86 LOM por partidas). De acordo com a posição tática, os atacantes (24%) apresentaram maior acometimento seguido dos zagueiros (21%). Em

relação a idade, foi observado que atletas com faixa etária superior a 26 anos representam 61% dos lesionados e a maioria das lesões ocorrem entre os minutos 61 a 75 de jogo.

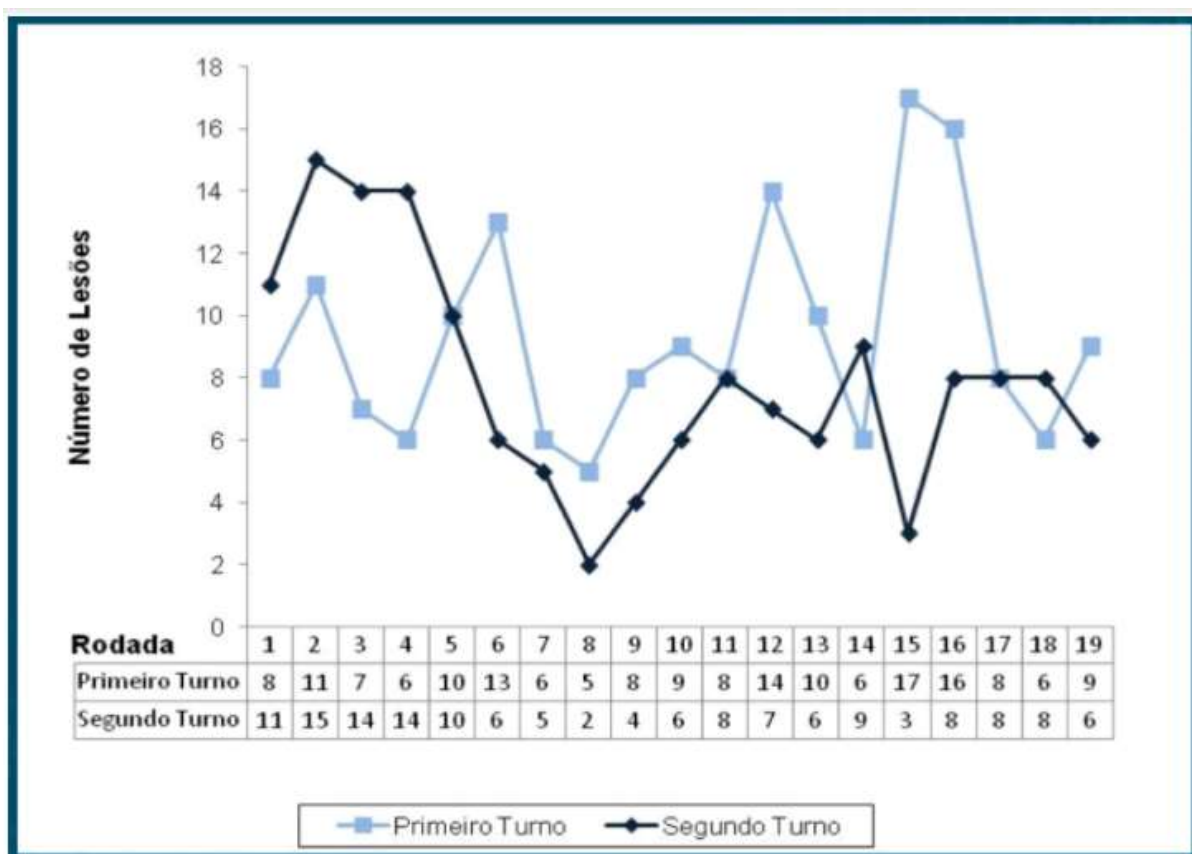


Figura 2. Gráfico com número de lesões rodada por rodada do Campeonato Brasileiro 2017. (Dados: www.cbf.com.br)

No ano de 2018, a CBF, divulgou o crescente aumento dos índices de lesões durante o campeonato brasileiro desse ano, sendo totalizados 345 lesões, dentre as maiores lesões, pode-se relatar que as lesões de coxa, representam quase 42% do total. Estes dados representam o crescente índice de LOM durante competições e treinamentos, conseqüentemente, torna-se necessário o aprimoramento de estratégias fisiológicas e biomecânicas durante toda temporada competitiva para minimizar os riscos de LOM.

1.2.3 Avaliação por dinamômetro Isocinético

O dinamômetro isocinético é um equipamento eletromecânico válido para a quantificação de torque e medidas de força muscular (Perrin, 1993). Este equipamento é controlado por microcomputador, cuja possibilidade de avaliação objetiva a análise quantitativa de parâmetros físicos da função muscular, como força, potência e resistência em diferentes articulações e em diversas velocidades angulares (Maior, 2013). O dinamômetro isocinético é evidenciado na literatura pelo grande número de trabalhos com objetivo de avaliar as respostas neuromusculares em qualquer tipo de população (do jovem ao idoso; do sedentário ao atleta) (Cometti et al., 2001; Maffiuletti et al., 2000). Avanços tecnológicos no desenvolvimento de dinamômetros eletromecânicos para a medida da função muscular possibilitaram mensurações mais precisas de diversos parâmetros musculares.

Dinamômetros eletromecânicos fornecem resistência ao movimento articular ao longo de uma determinada amplitude, possibilitando a avaliação de parâmetros relacionados à força muscular de forma dinâmica (Gleeson & Mercer, 1996). A resistência oferecida pelo aparelho mantém-se constante, conseqüentemente, impede que a velocidade do movimento exceda o valor pré-determinado exercendo um caráter isocinético (Maffiuletti et al., 2000). Essa tecnologia permite que a musculatura produza força máxima em todos os pontos do arco de movimento (tanto em contrações concêntricas quanto excêntricas), o que não pode ser obtido com testes isotônicos (Gleeson & Mercer, 1996). Teoricamente, os valores obtidos no teste isocinético são mais realistas em relação à capacidade funcional muscular máxima (Maior, 2013).

No entanto, para que os valores sejam reproduzíveis em diferentes populações, diferentes protocolos são delineados. Os protocolos de teste isocinético para os grupos musculares são, geralmente, especificados pelos fabricantes. Para os testes de parâmetros em diferentes populações são expostos vários protocolos na literatura (Zakas A., 2006). Ainda assim, fatores como: a ativação neuromuscular prévia ao teste, a familiarização com o equipamento, a posição corpórea, a estabilização do sujeito no equipamento, o arco do movimento determinado, o tempo de descanso entre séries, ordem de exercícios no teste, incentivo verbal e especificações do aparelho podem, isoladamente, influenciar a magnitude dos resultados obtidos e levar a erros na interpretação das medidas (Sapega et al., 1990; Keating & Matyas, 1996). Dessa forma, torna-se necessário a padronização de protocolos e sua documentação deve ser precisa para possibilitar a reprodução do teste de forma a diminuir erros a fim de garantir resultados confiáveis (Tunstall et al, 2005).

Os principais valores oferecidos pelo dinamômetro na avaliação da força muscular isocinética são:

- Pico de torque (torque máximo) e torque médio;
- Trabalho (capacidade da musculatura de gerar força ao longo de toda a ADM) (Zakas A., 2006);
- Potência (velocidade com que a musculatura é capaz de gerar trabalho) (Gleeson&Mercer, 1996);
- Resistência muscular (decrécimo dos valores de torque e trabalho ao longo de várias repetições) (Maior, 2013);
- Índice de fadiga (diferença das primeiras e últimas repetições) (Cometti et al., 2001).

Uma das grandes limitações evidenciadas pela avaliação de força em dinamômetro isocinético é que em situações reais não há movimentação de articulações em velocidade constante (Tunstall et al., 2005). Assim, os aspectos funcionais deste teste de avaliação de força apresentam baixa relação com o esporte ou atividade do indivíduo. O ambiente controlado do teste não mimetiza as condições enfrentadas pelos indivíduos em situações típicas de desempenho. Portanto, o teste de força por dinamômetro isocinético é somente uma forma adjunta de avaliação e não permite avaliar a capacidade de força funcional completa no desporto (Cometti et al., 2001).

1.3 Justificativas

Durante a temporada do futebol brasileiro os atletas são expostos a alta demanda de jogos e treinamentos. Desta forma, a pré-temporada têm sido considerada uma fase da periodização dos treinamentos que objetiva mensurar e avaliar as respostas neuromusculares e funcionais para minimizar os riscos de LOM e melhorar a performance dos atletas. Contudo, muitos clubes têm negligenciado as avaliações neuromusculares e funcionais fato que contribui significativamente com o aumento do número de LOM durante jogos e treinamentos. Assim, o presente estudo justifica a necessidade de utilizar protocolos específicos, tanto neuromuscular quanto funcionais, para avaliar, comparar e correlacionar possíveis assimetrias bilaterais e, conseqüentemente, minimizar os riscos de lesões durante a temporada.

1.4 Objetivos

1.4.1 Primário/Geral

Avaliar, comparar e correlacionar as respostas neuromusculares e funcionais em atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada.

1.4.2 Secundários/Específicos

1. Avaliar e comparar as respostas neuromusculares entre os membros dominantes e não dominantes de acordo com os resultados obtidos no teste do dinamômetro isocinético em atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada.

2. Avaliar e comparar a agilidade entre os membros dominantes e não dominantes a partir dos resultados obtidos pelo teste de agilidade em atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada.

3. Avaliar e comparar a funcionalidade entre os membros dominantes e não dominantes a partir dos resultados obtidos pelo *single leg step down test* em atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada.

4. Correlacionar os resultados obtidos entre as variáveis durante o teste no dinamômetro isocinético e *single leg step down test*.

1.5 Hipóteses

Espera-se que a partir dos resultados das variáveis isocinética obtenhamos diferença significativa na análise quantitativa de parâmetros físicos da função muscular dentre eles: força, potência e resistência força muscular entre os membros

dominantes e não dominantes. Além disso, também especulamos encontrar uma possível correlação positiva entre algumas variáveis isocinéticas e os resultados do *single leg step down test*.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1 Aspectos éticos

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e pesquisa (CAAE: 76189817.0.0000.5235) em consonância com a resolução 466/2012. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE; Apêndice 1) após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo transversal, pois as medições foram realizadas em uma população específica com o intuito de investigar as possíveis respostas neuromusculares em atletas profissionais de futebol durante a pré-temporada.

2.2.1 Local de realização do estudo

O estudo foi realizado nas dependências do Boavista Sport Club.

2.3 Design de estudo

Este é um estudo comparativo randomizado. O tamanho da amostra foi determinado incluindo todos os participantes que atenderam aos critérios de elegibilidade. Todos os jogadores de futebol foram submetidos a três testes para

avaliação de força, potência e desempenho físico com intervalo de 48 horas entre as sessões. Durante a primeira sessão de avaliação, foram realizados testes isocinéticos nos quais os atletas realizados atingiram contrações isocinéticas concêntricas e excêntricas máximas, bem como contrações isométricas máximas em um dinamômetro isocinético Biodex ($60^\circ \cdot s^{-1}$). Na segunda e terceira sessões de avaliação, foram aplicados os testes *single leg step down* e o testes de agilidade, respectivamente. Os testes isocinético e *single leg step down* foram realizados em ambiente com temperatura controlada (temperatura $21^\circ C$, 65% de umidade relativa) por higrotermômetro com Alerta de Umidade (Extech Instruments, Massachusetts, EUA). Todas as avaliações ocorreram entre 8h e 9h. e foram tiradas no início da temporada competitiva.

2.4 Amostra

2.4.1 Participantes e Local de recrutamento do estudo

Foram selecionados 22 jogadores de futebol de elite do sexo masculino saudáveis (idade: $25,1 \pm 3,8$ anos; altura: $182,1 \pm 5,9$ cm; massa corporal: $79,3 \pm 5,4$ kg; gordura corporal: $14,6 \pm 3,8\%$) de um clube brasileiro participante de competições da segunda divisão organizadas pela Federação de futebol do Rio de Janeiro e Confederação Brasileira de Futebol. Todos os testes foram realizados na Rua Capitão Nunes 575, Bacaxá, Saquarema (RJ), CEP: 28990-000.

2.3.2 Critérios de inclusão

1. Atletas de futebol profissional;

2. Não apresentar acometimento neuromuscular nos últimos 6 meses.

2.3.3 Critérios de exclusão

1. História de tabagismo nos 3 meses anteriores;
2. Presença de qualquer doença cardiovascular ou metabólica;
3. Hipertensão sistêmica ($\geq 140/90$ mmHg ou uso de medicação anti-hipertensiva);
4. Uso de esteróides anabolizantes, drogas ou medicação com impacto potencial no desempenho físico (auto-relatado);
5. Presença recente de lesão musculoesquelética (últimos 6 meses);
6. Sintomas de dor ou edema nos membros inferiores.

2.4 Procedimentos/Metodologia proposta

2.4.2 Avaliação Antropométrica.

A composição corporal foi mensurada com auxílio de um equipamento de bioimpedância com eletrodos de mão e pé (InBody120, inbody.com). Os sujeitos estavam vestidos com short, na posição ortostática com os pés descalços nos eletrodos do equipamento e os braços estendidos segurando os eletrodos. Todas as análises foram realizadas após 8 horas de jejum. Todas as medidas biométricas foram realizadas em sala termo neutra (21° C). Para medida da estatura foi utilizado um estadiômetro calibrado em centímetros (*Avanutri*, Brasil). Nenhum problema clínico ocorreu durante o estudo.

2.4.3 Dinamômetro isocinético

As avaliações de força e potência muscular foram realizadas com auxílio de um dinamômetro isocinético (Biodex System 4, Biodex Corporation, Shirley, NY, EUA) e mensuradas as seguintes variáveis: pico de torque, ângulo de torque, trabalho total, razão isquiotibiais / quadríceps (razão H / Q) e contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) (Figura 3). Durante as avaliações os sujeitos estavam adequadamente vestidos (short, camisa, tênis e meias) e posicionados sentados no dinamômetro, com tronco, pelve e coxa estabilizados por cintos fixados no aparelho. As instruções contidas no manual do equipamento foram levadas em consideração, de maneira que a medida inicial será realizada no membro inferior dominante.

De acordo com as instruções no manual do equipamento, as avaliações foram realizadas com a inclinação de 85° do encosto da cadeira e todos os atletas estabilizados com cintos ao redor do tronco, pelve e coxa para evitar movimentos compensatórios (posição 2 da figura 3). Assim, apenas o membro avaliado se movia com um único grau de liberdade. O eixo rotacional do aparelho foi alinhado com eixo rotacional da articulação do joelho, na altura do epicôndilo do fêmur (posição 1 da figura 3). O braço de alavanca do aparelho foi posicionado paralelamente ao membro inferior dominante, sendo a almofada de apoio fixada acima do maléolo lateral (posição 3 da figura 3) (Gigliotakaes, 2014).



Figura 3. Dinamômetro isocinético computadorizado e distintas posições adotada para o teste.

Antes da avaliação isocinético, todos os jogadores de futebol realizaram um exercício de aquecimento por 10 minutos no ciclismo estacionário (sem resistência) com velocidade moderada (70–80 rpm). Durante as avaliações, o desempenho dos músculos extensores e flexores do joelho da perna dominante (DL) e não dominante (NDL) foram testados concêntrica. Os testes foram realizados primeiro no DL e depois no NDL. Os atletas foram instruídos a empurrar a alavanca para cima e para baixo, o mais forte e rápido possível, com a extensão realizada primeiro para as contrações concêntricas. Por outro lado, durante as contrações excêntricas, os atletas foram instruídos a resistir ao braço de alavanca com extensão como primeiro movimento.

Todos os atletas realizaram cinco contrações concêntricas de esforço máximo contínuo dos flexores e extensores do joelho para ambas as pernas em ordem aleatória na velocidade angular de $60^{\circ} \cdot s^{-1}$. Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo investigador e um coeficiente de variação inferior a 10% foi empregado para estimar se os ensaios foram válidos. O pico de torque foi normalizado e expresso em relação à massa corporal. A diferença entre o pico de torque DL e NDL dos flexores e extensores foi analisada. A razão H / Q foi obtida a partir da relação do pico de torque entre os flexores e extensores do joelho a $60^{\circ} \cdot s^{-1}$. As contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) foram realizadas no mesmo equipamento e posicionamento, em que os indivíduos foram instruídos a sustentar contrações isométricas máximas de 5 s em uma posição fixa da articulação do joelho a 70° . Todos os testes (ou seja, contrações concêntricas dos flexores e extensores do joelho e teste isométrico, respectivamente) utilizaram uma recuperação de cinco minutos entre eles. Todos os participantes foram fortemente encorajados a dar um esforço máximo para cada ação.

2.4.4 Teste de agilidade

O protocolo do teste de agilidade consistiu em 4 sprints (direita = 2 sprints; esquerda = 2 sprints) com 2 min de descanso entre cada um deles. Durante as avaliações, os atletas iniciaram o teste 30 cm atrás do feixe da fotocélula e ao sinal de “valendo” correram 10 m para frente realizando uma mudança de direção no primeiro ponto (figura 4). Em seguida, os atletas correram mais 5 m fazendo uma segunda mudança de direção na perpendicular e a partir do terceiro ponto realizaram

uma nova mudança de direção para acelerar em linha reta por 15 m para completar o percurso (Figura 4). Todos os tempos foram registrados pelo feixe de fotocélula para análise de dados (Brower Timing System, Salt Lake City, 174 UT, EUA; precisão de 0,01 s). O encorajamento verbal foi sempre fornecido e não houve exclusão por LOM durante o procedimento experimental. O teste foi válido quando apresentou confiabilidade superior a 0,90.

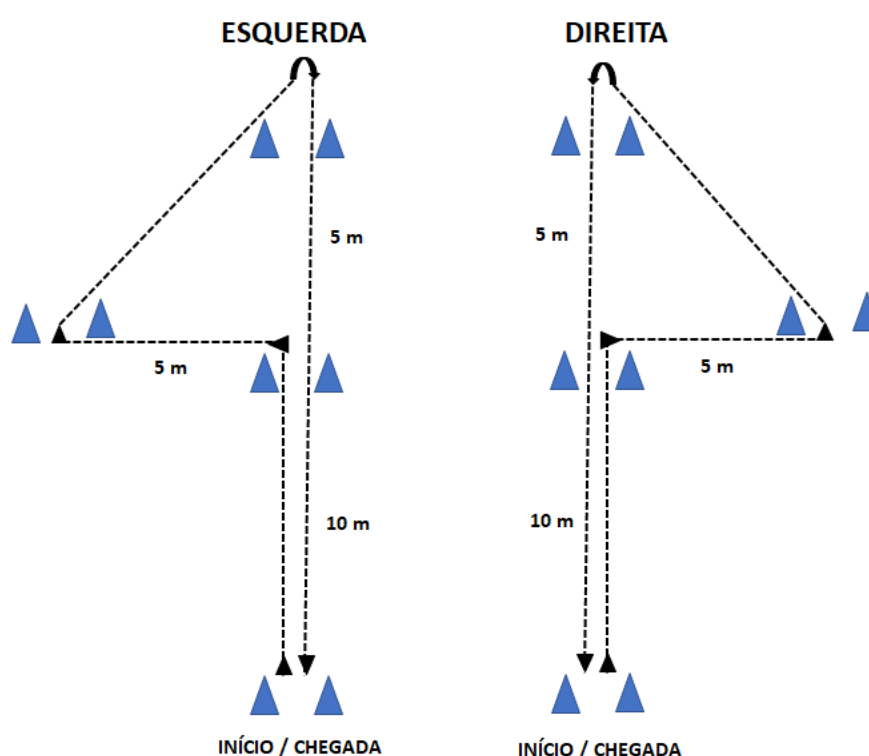


Figura 4. Diagrama esquemático do teste de agilidade.

2.4.5 Single leg step down test (SLSD).

O teste de SLSD iniciou com os sujeitos na posição ortostática sobre um step de 20 cm, em seguida o sujeito assumiu a postura unilateral e realizou o movimento de agachamento. O movimento foi considerado completo quando o calcanhar do sujeito entrava em contato com a balança e retornava à posição inicial (Figura 5). Todos os sujeitos foram solicitados a fazer contato com a balança, mas não exceder 10% do peso corporal para evitar a transferência de peso do membro durante o teste. Os indivíduos foram solicitados a realizar o máximo de repetições possíveis durante 60 s. A repetições não foram computadas quando o sujeito não mantinha contato com a balança, se transferisse mais de 10% do peso corporal na balança ou se não retornasse à posição inicial.



Figura 5. Posicionamento do *single leg step down test*.

2.5 Análise dos dados

2.5.2 Análise Estatística

Todos os dados foram apresentados como média \pm DP. A análise estatística foi realizada inicialmente utilizando o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* e o teste de homocedasticidade (critério de Bartlett). O teste t de *Student* foi utilizado para analisar as possíveis diferenças das variáveis isocinéticas dos sujeitos do estudo (NDL vs. DL). A magnitude do efeito (ES) entre as variáveis foi calculada usando o *d* de Cohen (Cohen, 1988). O valor de *d* $<0,1$, de $0,1$ a $<0,20$, de $0,20$ a $<0,50$, de $0,50$ a $<0,80$ e $\geq 0,80$ foi considerado trivial, pequeno, moderado, grande e muito grande, respectivamente. A correlação entre variáveis isocinéticas e o SLSD teste foi realizada utilizando coeficientes de correlação de *Pearson* e os correspondentes intervalos de confiança de 95%. O nível de significância foi definido em $p < 0,05$ para todas as comparações estatísticas e o *software* utilizado será o GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

Capítulo 3 Produção intelectual

2.6 Manuscrito #1

NEUROMUSCULAR AND FUNCTIONAL RESPONSES IN ELITE SOCCER PLAYERS DURING PRE-SEASON: IMPLICATIONS FOR INJURY PREVENTION.

Running title: NEUROMUSCULAR RESPONSES IN ELITE SOCCER PLAYERS

Alex Souto Maior¹; Rafael Teixeira Lopes²

¹PhD in Exercise Physiology, Professor of the Master's and Doctorate Program in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

²Master in Rehabilitation Science at UNISUAM (Augusto Motta University Center), Rio de Janeiro, Brazil.

Corresponding Author:

Alex SoutoMaior, PhD.

Augusto Motta University Center - UNISUAM

Postgraduate Program in Rehabilitation Sciences

Praça das Nações, 34 - Bonsucesso

ZIP Code 21041010 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil

E-mail: alex.bioengenharia@gmail.com

CONFLICT OF INTEREST

The authors state no conflict of interest.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this investigation was to assess the muscular strength of the knee extensors and flexors muscles, agility and functionality between dominant leg (DL) vs. non-dominant leg (NDL) of elite soccer players during pre-season.

Methods: Twenty-two healthy male elite soccer players (25.1 ± 3.8 years; 182.1 ± 5.9 cm; 79.3 ± 5.4 kg; body fat $14.6 \pm 3.8\%$) from a club of the Brazilian second-division soccer league participated in this study. All soccer players underwent three tests to assess strength, power, and physical performance with an interval of 48 hours inter-sessions. During the first assessment session, isokinetic tests were performed in which athletes performed maximal isokinetic concentric and eccentric contractions, as well as maximal isometric contractions. In the second and third assessment sessions, single leg step down and agility tests were performed, respectively.

Results: Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) results showed a significant difference ($p < 0.04$) between DL compared to the NDL for absolute and relative values. But, the isokinetic variables of knee extensors at $60^\circ \cdot s^{-1}$ (total work and power) were significantly higher ($p < .03$) in NDL. Pearson's correlation was found to be significant between MVIC and single leg step down (SLSD) test for DL ($r = 0.70$, $p = .0001$) and NDL ($r = 0.58$; $p = .002$).

Conclusion: The results confirm that DL shows greater isometric strength than NDL. However, NDL revealed an increase in the total work and power output in elite soccer players. Furthermore, the SLSD test is recommended because it proved to be a good method for evaluating muscle strength by a positive correlation with MVIC.

Key-words: soccer players, pre-season, performance, injury prevention.

INTRODUCTION

Professional soccer season usually lasts from 10 to 11 months which the pre-season plays an important role in assessing, identifying injury risks, and planning training for the entire season. Pre-season is the period during a season with the highest training load for being relatively short (between 4 to 6 weeks) which is characterized by an increase of the physiological adaptation to training load and fitness level, but this improvement may not be sufficient to handle the intensity and stress associated with competitive soccer, leading to a higher risk of injuries (**Eliakim et al., 2018; Coppalle et al., 2019**). Some studies have shown that a pre-season with highest training load contributed to a lower in aerobic fitness, greater of muscle strains, especially in the thigh region and greater proportion of overuse injuries, including tendinitis and paratendinitis (**Eliakim et al., 2018; Noya Salces et al, 2014; Brito et al., 2011; Hawkins et al., 2001**). Besides, it is important to verify whether pre-season matches are as competitive as in-season matches and whether friendly matches present higher injury risk than normal team-based training.

The substantial physiological demands, training intensity, and the body contact between players account for the generally high injury incidence in this sport and 70% of them occur in the lower limbs, even by the nature of the sport that requires movement of this body region (**Maior et al., 2017; Maior et al., 2018; Matta et al., 2019**). Exercise-induced muscle damage is characterized by a temporary decrease in maximal force-generating capacity, impaired physical performance, an increase in intracellular proteins in the blood, muscle soreness, and swelling in and around the involved muscle groups (**Maior et al., 2020; Jones et al., 2017**). In this way, neuromuscular and functional assessment applied to soccer has allowed a better

understanding of the physiological responses and injury prevention associated with training load during pre-season (**Eliakim et al., 2018; Coppalle et al., 2019; Matta et al., 2019**). Hence, measurement of muscle strength, power output, agility, and functionality are crucial for providing information regarding the muscular condition in addition to functional capacity during pre-season (**Meckel et al., 2018**). These neuromuscular and functional information are important to understand the relationship of morphological and neural factors including muscle cross-sectional area and architecture, musculotendinous stiffness, motor unit recruitment, rate coding, motor unit synchronization, and neuromuscular inhibition. Such combinations of factors are associated with enhanced external mechanical power, general sports skill performance, decreased injury rates, and training load monitoring (**Suchomel et al., 2016; Cormie et al., 2011; Maior, 2020**).

The difference of strength between dominant leg (DL) vs. non-dominant leg (NDL) has been the topic of several studies that identified the bilateral asymmetry (BA) is detrimental to performance, increasing the risk of injury (**Gkrilias et al., 2018; Bonetti et al., 2017**). Some studies report that BA higher than 10% results in a loss of muscle power, slower change of direction speed times, and increased risk of lower limb injuries (**Bell et al., 2014; Hoffman et al., 2007**). Further, soccer players with strength asymmetries > 15% are four-to-five times more likely to sustain a hamstring strain (**Croisier et al., 2008**). Therefore, the purposes of this study were to assess the muscular strength of the knee extensors and flexors, agility, and functionality between DL vs. NDL of elite soccer players during pre-season.

METHODS

Participants

This study included 22 healthy male elite soccer players (age: 25.1 ± 3.8 years; height: 182.1 ± 5.9 cm; body mass: 79.3 ± 5.4 kg; body fat: $14.6 \pm 3.8\%$) from a club in Brazil participating in second-division national competitions organized by the Brazilian Soccer Confederation. The participants' training frequency was 6.1 ± 0.5 days/week, with a mean duration for each session training of 65 min, using training programs consisting of jumps, contesting possession, sprints, accelerations, and decelerations. All data collection was carried out at the beginning of training sessions during pre-season.

The participants were eligible if they had not been smokers for the previous 3 months or more; had no cardiovascular or metabolic diseases, systemic hypertension (140/90 mm Hg or use of antihypertensive medication), recent musculoskeletal injury (in the last 6 months), or pain in any region of the body; and had not used anabolic steroids, drugs or any medication with the potential to impact physical performance (self-reported). This study was approved by the institutional Ethics Committee for Human Experiments (CAAE: 76189817.0.0000.5235) and was performed by national standards in sport and exercise science research. All participants signed the informed consent form.

Study Design

This is a randomized comparative study. The sample size was determined by including all participants that complied with the eligibility criteria. All soccer players underwent three tests to assess strength, power, and physical performance with an

interval of 48 hours inter-sessions. During the first assessment session, isokinetic tests were performed in which athletes achieved maximal isokinetic concentric and eccentric contractions, as well as maximal isometric contractions on a Biodex isokinetic dynamometer ($60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$). In the second and third assessment sessions, single leg step down and agility tests were assessed on the same soccer field, respectively. The isokinetic and the single leg step down tests were taken in a temperature-controlled environment (temperature 21°C , 65% relative humidity) by a Hygro-Thermometer with Humidity Alert (Extech Instruments, Massachusetts, EUA). All assessments occurred between 8:00 and 9:00 A.M. and were taken at the beginning of the competitive season.

Anthropometric measurements

Body composition was measured following an 8-h overnight fast by bioelectrical impedance analysis using a device with built-in hand and foot electrodes (BIO 720, Avanutri, Rio de Janeiro, Brasil). The participants wore their normal indoor clothing and were instructed to stand barefoot in an upright position with both feet on separate electrodes on the device's surface and with their arms abducted and both hands gripping two separate electrodes on each handle of the device. All biometric measurements were carried out in an air-conditioned room (21°C). No clinical problems occurred during the study.

Isokinetic and isometric testing

Assessments were made on an isokinetic dynamometer (Biodex System 4, Biodex Corporation, Shirley, NY, USA) was used to measure peak torque values, torque angle, total work, hamstring/quadriceps ratio (H/Q ratio) and maximum voluntary isometric contractions (MVIC). Before the isokinetic test, all soccer players performed a warm-up exercise—for 10 min on stationary cycling (no resistance) with moderate velocity (70–80 rounds per minute). The measurements for the knee flexion and extension were carried out in a sitting position. The soccer players sat on the dynamometer chair with their torsos positioned at 85° with the motor axis aligned to the knee joint axis. The motor axis was visually aligned with the axis of the knee. All athletes were also stabilized with belts around the torso, pelvis, and thigh to avoid compensatory movements. Thus, only the knee to be tested was moving with a single degree of freedom. The knee extensors and flexors in the dominant (DL) and nondominant leg (NDL) were tested concentrically. Tests were first performed on the DL and then on NDL. Athletes were instructed to push the lever up, and pull it down, as hard and fast as possible with extension undertaken first for concentric contractions. On the other hand, during eccentric contractions, athletes were instructed to resist the lever arm with extension as the first movement.

All athletes performed five continuous maximum effort concentric contractions of the knee flexors and extensors for both legs in random order at the angular velocity of $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$. All evaluations were carried out by the same investigator and a variation coefficient below 10% was employed to estimate whether trials were valid. Peak torque was normalized, and expressed relative to body mass. The difference between DL and NDL peak torque of the flexors and extensors was analyzed. The H/Q ratio was taken from the ratio of peak torque between the knee flexors and extensors at $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$. Maximum voluntary isometric contractions (MVIC) were conducted in the same

equipment and positioning, where individuals were instructed to sustain 5-s maximal isometric contractions at a fixed knee joint position at 70°. All tests (i.e., concentric contractions of the knee flexors and extensors and isometric test, respectively) used a five-minute recovery between them. All participants were strongly encouraged to give a maximal effort for each action.

Agility test

The protocol of the agility test consisted of 4 sprints (right = 2 sprints; left = 2 sprints) with 2-min rest between each one of them. The athletes, wearing footwear, started 30 cm behind the photocell beam (Brower Timing System, Salt Lake City, 174 UT, USA; accuracy of 0.01 sec) and sprinted 10 m forward making a change of direction at the first point (Figure 1). The athletes sprinted more 5 m making a second change of direction on the perpendicular and from the third point, making a new change of direction to accelerate in a straight line for 15 m over the initial start line to complete the run (Figure 1). The fastest times were recorded by photocell beam for data analysis. Verbal encouragement was always provided, and no one was excluded through injury during the experimental procedure. This test is valid when it exhibits reliability that is higher than 0.90.

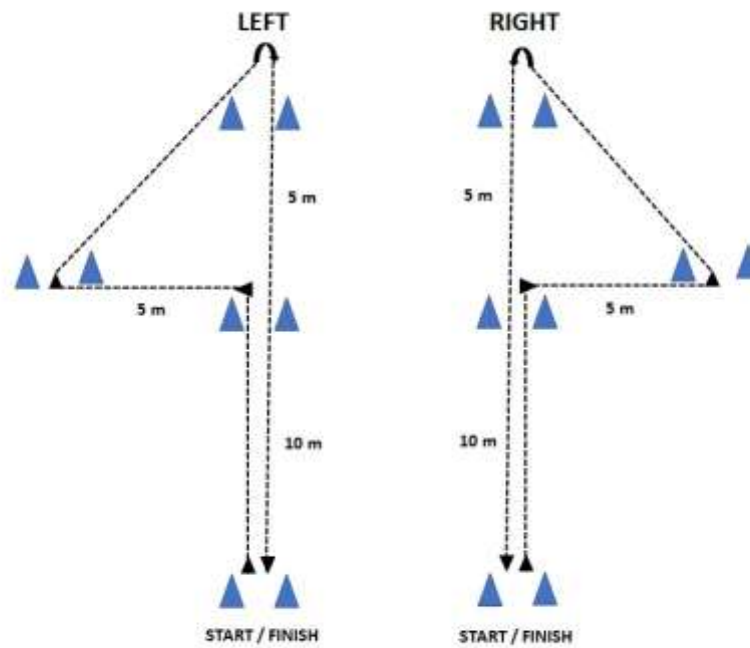


Figure 1. Schematic image of the agility test.

Single leg step down test (SLSD test)

SLSD test started with individuals stood on an 8-inch wooden box, assuming a single-limb stance and performing a squat that required the heel of the free leg to make contact with a scale on the floor to confirm a successful trial. They were required to make contact with the scale but not exceed 10% of body weight to prevent weight transfer off of the test limb. Upon contacting the scale, they returned to the starting position. Individuals were asked to complete as many step-downs as possible in 60 s. Step-downs were not counted if the person did not make contact with the scale, transferred >10% of body weight onto their free limb when contacting the scale, or did not fully return to the starting position (Kline et al., 2016).

Statistical analysis

All data are presented as mean \pm SD. Statistical analysis was initially performed using the Shapiro-Wilk normality test and the homocedasticity test (Bartlett criterion). Student's t-test was used to assess differences between neuromuscular and performance response (dominant leg – DL vs. *non-dominant leg* - NDL). The effect size (ES) of the difference between DL and NDL was assessed using Cohen's d (Cohen, 1988). Values of $d < 0.1$, from 0.1 to <0.20 , from 0.20 to <0.50 , from 0.50 to <0.80 , and ≥ 0.80 were considered as trivial, small, moderate, large and very large, respectively. Correlations between variables were assessed using Pearson correlation coefficients and their corresponding 95% confidence intervals. The significance level was set at 0.05 and the software used for statistics was GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, USA).

RESULTS

Table 1 represents the values of MVIC between DL vs. NDL. Statistical results showed a significant difference between DL compared to the NDL for absolute and relative values ($\Delta\% = 4.6\%$).

Table 1. Mean \pm SD values of absolute and relative values of MVIC between NDL vs. DL of professional soccer players during pre-season.

VARIABLES	DL	NDL	95% CI	<i>p</i> <	ES
MVIC absolute (N.m)	366.4 \pm 59.4	349.3 \pm 58.7	-17.1 (-33.9 a -0.2)	0.04	0.23 (Moderate)
MVIC relative (N.m/kg)	4.3 \pm 0.6	4.1 \pm 0.6	-0.1 (-0.3 a -0.0)	0.04	0.28 (Moderate)

DL = Dominant leg; NDL = Non-dominant leg; ES = effect size.

Table 2 compares the isokinetic variables of knee extensors at $60^\circ \cdot s^{-1}$ between NDL vs. DL. Student's t-test showed no significant difference between NDL vs. DL concerning values of absolute and relative in peak torque. On the other hand, the variable work and power (absolute and relative repetitions) were significantly higher ($p < .03$) in NDL when compared to DL (table 2). In contrast, none of the isokinetic variables related to knee flexors at $60^\circ \cdot s^{-1}$ showed a significant difference between DL vs. NDL ($p > .05$) (table 3). It is worth mentioning that the magnitude of the effect showed results between trivial and moderate, except for the relative power of the knee extensors. The H/Q ratio showed no significant difference in relation to peak torque values (DL = 0.69 ± 0.1 vs. NDL = 0.64 ± 0.1 ; $\Delta\% = 11\%$; $p = .13$).

Table 2. Comparisons of isokinetic variables of knee extensors at $60^{\circ}\cdot\text{s}^{-1}$ between DL vs. NDL in professional soccer athletes.

VARIABLES	DL	NDL	95% CI	$p <$	BA (%)	ES
Peak Torque absolute (Nm)	261.5 ± 41.9	280 ± 45.3	18.8 (-1.6 a 39.3)	0,06	10.1 ± 7.9	0.43 (Moderado)
Peak Torque relative (Nm/kg)	3.1 ± 0.4	3.3 ± 0.5	0.2 (-0.02 a 0.4)	0.06	-	0.48 (Moderado)
Angle Peak Torque (°)	67.6 ± 5.7	66.1 ± 3.9	-1.5 (-5.0 a 1.9)	0.34	6.2 ± 4.5	0.32 (Moderado)
Work absolute (J)	290.3 ± 47.3	310.9 ± 52.7	20.5 (2.3 a 38.6)	<0.03	8.8 ± 6.3	0.40 (Moderado)
Work relative (J/kg)	3.4 ± 0.5	3.7 ± 0.7	0.2 (0.02 a 0.4)	<0.03	-	0.42 (Moderado)
Power absolute (W)	164.5 ± 31.1	179.7 ± 31.9	15.2 (3.8 a 26.6)	<0.01	10.8 ± 7.5	0.48 (Moderado)
Power relative (W/kg)	1.9 ± 0.3	2.1 ± 0.3	0.2 (0.04 a 0.3)	<0.01	-	0.56 (grande)

DL = Dominant leg; NDL = Non-dominant leg; BA = bilateral asymmetry; ES = effect size. Power and work are average values per repetition.

Table 3. Comparisons of isokinetic variables of knee flexors at 60°·s⁻¹ between DL vs. NDL in professional soccer athletes.

VARIABLES	DL	NDL	95% CI	p<	BA (%)	ES
Peak Torque absolute (Nm)	179.1 ± 32.6	178.5 ± 31.1	-0,5 (-14,7 a 13,6)	0,92	8,67 ± 6,4	0,01 (Trivial)
Peak Torque relative (Nm/kg)	2,1 ± 0,3	2,1 ± 0,3	-0,001 (-0,17 a 0,17)	0,98	-	0,0 (Trivial)
Angle Peak Torque (°)	35,3 ± 10,6	32,8 ± 7,8	-2,5 (-7,1 a 2,1)	0,25	-	0,26 (Moderado)
Work absolute (J)	230,9 ± 39,2	221,1 ± 42,1	-9,8 (-32,3 a 12,7)	0,35	10,6 ± 8,4	0,24 (Moderado)
Work relative (J/kg)	2,7 ± 0,4	2,6 ± 0,5	-0,1 (-0,3 a 0,1)	0,41	-	0,22 (Moderado)
Power absolute (W)	130,8 ± 22,6	131,1 ± 24,5	0,3 (-10,2 a 10,9)	0,94	9,9 ± 6,2	0,01 (Trivial)
Power relative (W/kg)	1,5 ± 0,3	1,5 ± 0,2	0,001 (-0,1 a 0,1)	0,97	-	0,0 (Trivial)

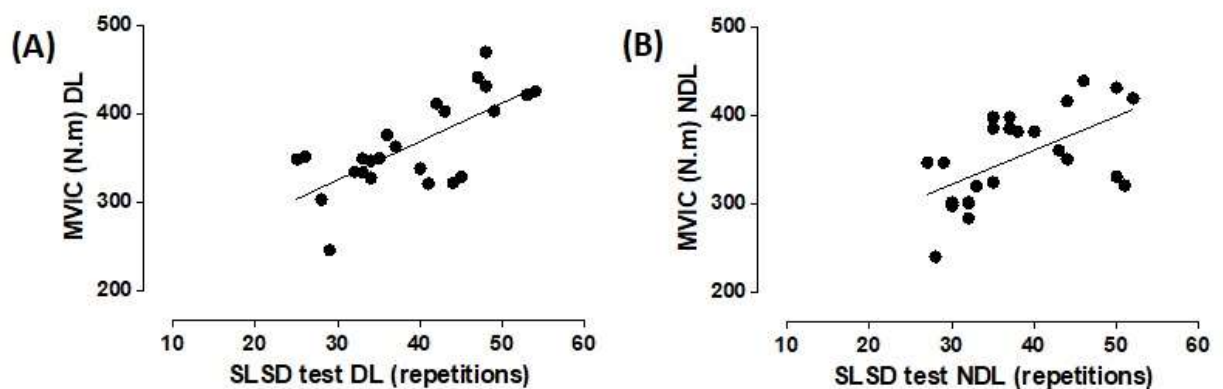
DL = Dominant leg; NDL = Non-dominant leg; BA = bilateral asymmetry; ES = effect size. Power and work are average values per repetition.

Table 4 showed no significant difference between DL vs. NDL for the agility test, (speeds in m/s and km/h) and SLSD test. Pearson's correlation was found to be significant between MVIC and the number of repetitions for DL ($r = 0.70$, $p = .0001$) and NDL ($r = 0.58$; $p = .002$) during the SLSD test (Figure 2 A and B).

Table 4. Comparisons of functional test variables between DL vs. ND of professional football athletes.

VARIABLES	DL	NDL	95% CI	<i>p</i> <	ES
Agility test (seconds)	7.5 ± 0.3	7.5 ± 0.2	0.1 (-0.07 a 0.2)	0.24	0.0 (Trivial)
Agility test (m/s)	3.7 ± 0.1	3.6 ± 0.1	-0.05 (-0.1 a 0.03)	0.21	0.37 (Moderado)
Agility test (km/h)	13.2 ± 0.5	13.0 ± 0.4	-0.1 (-0.4 a 0.1)	0.22	0.44 (Moderado)
SLSD	38.5 ± 8.5	38.0 ± 9.6	-0.5 (-3.6 a 2.6)	0.73	0.05 (Trivial)

DL = Dominant leg; NDL = Non-dominant leg; SLSD= Single Leg Step Down test.

**Figure 2.** Scatter plots show the correlation (Pearson's coefficient) between MVIC and the number of repetitions during single leg step down test (SLSD) for NDL and DL.

DISCUSSION

This study aimed to assess the neuromuscular and functional responses of elite soccer players during pre-season. The main results obtained with this study were that (a) DL was greater when compared NDL during the evaluation of the MVIC, (b) NDL revealed a significant increase in total work and muscle power of knee extensors (absolute and relative values), and (c) a correlation between was found between SLSD test and MVIC for DL and NDL.

Quantification of muscle strength is an essential component of the neuromuscular assessment in athletes, being an important component of fitness for successful soccer play (**Suchomel et al., 2016; Cormie et al., 2011; Maior, 2020**). The neuromuscular assessments in elite soccer players have been mostly based on maximal strength assessed under non-fatigued and shorter muscle lengths (**Grazioli et al., 2019; Matta et al., 2019**). Some studies showed a difference of 6.8% to 7.8% between DL in relation to NDL during MVIC test in non-athletes individuals (**Meldrum et al., 2007; Courel-Ibáñez et al., 2020**). On the other hand, our findings showed a significant difference of 4.6% between DL vs. NDL during the MVIC test. Corroborating with our results, a study observed that young soccer players showed a 5.2% increase in the MVIC in DL when compared to NDL (**Rouissi et al., 2016**). However, the difference of maximal strength values between DL and NDL measured by MVIC remains unknown and without reference values in elite soccer players during pre-season. Despite our results showing a BA <10%, it is important to mention that muscle injury frequency caused by strength asymmetry is significantly increased for unbalanced soccer players up to 16%; compared to 4% for balanced players (**Croisier et al., 2008**).

The total work is defined as the energy developed by the muscle (action of a force) through a specified distance in space (product of the torque during all its displacement angular) (**Kannus, 1994**). The lower the angular speed, the greater the work. Although some studies show a bilateral difference in knee flexors, our findings showed that total work (absolute and relative values) were significantly higher in NDL when compared to DL during knee extension. On the other hand, our examined soccer players, with an angular velocity of $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, the average bilateral relationship was $8.8 \pm 6.3\%$, but bilateral asymmetry ($\geq 10\%$) in preseason testing was lower than 10%. Consequently, total work for providing information in terms of the muscle ability to generate strength over a longer time leads us to understand that this difference at $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ represents a lower risk of injury when compared to higher velocities because the majority of muscle injuries occur during higher velocity movements (**Bonetti et al., 2017; Greig, 2008**). It is worth mentioning that despite the bilateral difference being $<10\%$ in $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, this fact does not exclude the need to conduct individual evaluations to identify this potential injury risk factor. Concerning power, this variable is characterized by the pattern of realized total work divided by contraction time. Hence, the angular velocity is directly proportional to the power in which the greater the angular velocity, the greater the power (**Kannus, 1994**). Following the results of the total work, the power values (absolute and relative) were significantly higher in NDL when compared to DL during knee extension. However, the lower extremity muscle power bilateral difference was less than 15% ($10.8 \pm 7.5\%$). But, despite the bilateral difference being $<15\%$ in $60^{\circ}\cdot s^{-1}$, it becomes irresponsible to allow an athlete to maintain their training, and competitions with an inadequate functional power favor the predisposition of muscle injury and/or submaximal performance (**Bell et al., 2014; Croisier et al., 2008**). In general, these results make us believe that the bilateral

difference found in the total work and power for the knee extensors muscle can be explained by the specific motor demands during the soccer activity; i.e. while the dominant leg exerts its specific action, the nondominant leg remains active, providing postural (stabilizing) support (**Vaisman et al., 2017; Bonetti et al., 2017; Greig, 2008**). In particular, the dominant leg kicks while the non-dominant leg actively contributes with the knee and hip flexion and extension are required to support the individual's weight (**Greig, 2008**). Also, it is important to mention that the performance of power on an isokinetic dynamometer may be quantitatively accurate and reliable; however, it does not necessarily insinuate adequate functionality during activity.

SLSD test have been commonly used for evaluations of neuromuscular control, screening for injury prevention, appraising athletic injuries, functionality, and endurance of the lower limb for involving repetitive eccentric and concentric contractions of the quadriceps (**Kline et al., 2016; Bolgla et al., 2008; Park et al., 2013**). However, we found no studies that correlated the performance during SLSDs tests and muscle strength between DL and NDL in elite soccer players. Our results showed a positive correlation between the performance during SLSDs tests and MVIC. Some studies observed a vastus medialis activity equal to $27 \pm 12\%$ MVIC and a vastus lateralis activity of $32 \pm 3\%$ MVIC during SLSDs tests (**Bolgla et al., 2008; Selseth et al., 2000**). During the SLSD test occurs an eccentric contraction of the quadriceps demanding greater vastus medialis activity for control the excursion of the body's center of mass over a single leg (**Bolgla et al., 2008**). However, it has been observed that concentric contractions produce greater activity than eccentric contractions for both the vastus lateralis and the vastus medialis during the SLSD test (**Selseth et al., 2000**). Thus, it is suggested that the number of motor units and frequency of activation of those motor units is less for eccentric contraction than for concentric contraction

(Moritani et al., 1988; Howell et al., 1995). This result is mainly attributed to economical tension development which might be a result of better utilization of elastic energy it takes to step up against gravity (concentric phase) (Selseth et al., 2000). In addition, it is important to mention that the hip abductor muscles contribute to a pelvis and lower limb stability by eccentric control during weight-bearing activities (Ireland et al., 2003; Park et al., 2013). On the other hand, significant strength deficits during the SLSD test contribute with a lower extremity kinematic pattern consisting of hip adduction, internal rotation, and knee valgus. Consequently, it has been proposed that strength deficits and biomechanics changes increase the risk factor for patellofemoral pain syndrome, iliotibial band friction syndrome and anterior cruciate ligament injury (Suchomel et al., 2016; Kline et al., 2016; Ireland et al., 2003; Eitzen et al., 2009). Thus, the SLSD test may be a good method for evaluating muscle strength for presenting a positive correlation with MVIC.

The limitation of the study is the absence of measures of physiological parameters of physical exertion, which would be interesting; this yet does not affect the answer to the study question. However, our sample was homogeneous although longitudinal studies are needed to define a cause-and-effect relationship among training sessions, strength muscle, physiological adaptations, and bilateral deficit in elite soccer players.

CONCLUSION

The results of this investigation confirm that DL shows greater isometric strength than NDL. On the hand other, NDL revealed an increase in the total work and power output in elite soccer players. Furthermore, the use of the SLSD test is recommended

because it proved to be a good method for evaluating muscle strength by a positive correlation with MVIC.

ACKNOWLEDGMENTS

The investigator would like to thank the 22 healthy male professional soccer players from a club in the Brazilian second-division that participates in national competitions organized by the Brazilian Soccer Confederation. The study was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazil (CAPES), Finance Code 001.

REFERENCE

Eliakim E, Doron O, Meckel Y, Nemet D, Eliakim A. Pre-season Fitness Level and Injury Rate in Professional Soccer - A Prospective Study. *Sports Med Int Open*. 2018;2(3):E84-E90.

Coppalle S, Rave G, Ben Abderrahman A, Ali A, Salhi I, Zouita S, Zouita A, Brughelli M, Granacher U, Zouhal H. Relationship of Pre-season Training Load With In-Season Biochemical Markers, Injuries and Performance in Professional Soccer Players. *Front Physiol*. 2019;10:409.

Noya Salces J, Gómez-Carmona PM, Moliner-Urdiales D, Gracia-Marco L, Sillero-Quintana M. An examination of injuries in Spanish Professional Soccer League. *J. Sports Med. Phys. Fit*. 2014; 54: 765–771.

Brito J, Rebelo A, Soares JM, Seabra A, Krstrup P, Malina RM. Injuries in Youth Soccer During the Preseason. *Clin J Sport Med* 2011;21 (3):259–260.

Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*. 2001; 35: 43–47.

Maior AS, Leporace G, Tannure M, Marocolo M. Profile of infrared thermography in elite soccer players. *Motriz: Rev Educ Fis*. 2017;23: 1-6.

Maior AS, Viana J, Hall E, Ferreira AS, Bezerra E. Correlation between Match Efforts and Serum Creatine Kinase Level: Implications for Injury Prevention in Elite Soccer Players. *JEPonline* 2018;21(5):109-120.

Matta L, Rhea M, Maior AS. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. *Arch Med Deporte* 2019;36(4): 138-144.

Maior AS, Tannure M, Eiras F, Ferreira AS. Effects of intermittent negative pressure and active recovery therapies in the post-match period in elite soccer players: A randomized, parallel arm, comparative study. *Biomed Hum Kinetics* 2020; 12: 59–68.

Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Med.* 2017, 47: 943-974.

Meckel Y, Doron O, Eliakim E, Eliakim A. Seasonal Variations in Physical Fitness and Performance Indices of Elite Soccer Players. *Sports (Basel)*. 2018;6(1):14.

Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med.* 2016;46(10):1419–1449.

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.

Maior AS. Absolute and relative peak power during pneumatic squat exercise using different percentages of load in elite soccer players. *Hum Mov.* 2020;21(3):64–70.

Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test-a pilot study. *J Phys Ther Sci.* 2018;30(9):1141-1144.

Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA, Segalla FM, Biondo S, Tadiello GS. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sci Health* 2017;13(2): 315–321.

Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, and Heiderscheit BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2014; 28: 884–891.

Hoffman JR, Ratamess NA, Klatt M, Faigenbaum AD, and Kang J. Do bilateral power deficits influence direction-specific movement patterns? *Res Sports Med* 2007; 15: 1–8.

Croisier JL, Ganteaume S, Binet J. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med* 2008; 36(8):1469–1475.

Kline PW, Johnson DL, Ireland ML, Noehren B. Clinical Predictors of Knee Mechanics at Return to Sport after ACL Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(5):790-795.

Cohen, J. *Statistical power analysis for the behavioural sciences.* Hillside, NJ: L. Erlbaum Associates. 1988; 23-97.

Grazioli R, Lopez P, Andersen LL, Leonardo C, Machado F, Pinto MD, Cadore EL, Pinto RS. Hamstring rate of torque development is more affected than maximal voluntary contraction after a professional soccer match. *Eur J Sport Sci.* 2019;19(10):1336-1341.

Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, Fitzgerald D, Hardiman O. Maximum voluntary isometric contraction: Reference values and clinical application. *Amyotrop Lat Scler* 2007; 8(1): 47–55.

Courel-Ibáñez J, Hernández-Belmonte A, Cava-Martínez A, Pallarés JG. Familiarization and Reliability of the Isometric Knee Extension Test for Rapid Force Production Assessment. *Appl. Sci.* 2020, 10, 4499.

Rouissi M, Chtara M, Owen A, Chaalali A, Chaouachi A, Gabbett T, Chamari K. Effect of leg dominance on change of Direction ability amongst young elite soccer players, *J Sports Sci* 2016; 34 (6): 542-548.

Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994;15 Suppl 1:S11-S18.

Greig M. The influence of soccer-specific fatigue on peak isokinetic torque production of the knee flexors and extensors. *Am J Sports Med* 2008; 36(7):1403–1409.

Vaisman A, Guiloff R, Rojas J, Delgado I, Figueroa D, Calvo R. Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated With Single-Leg-Dominant Sports. *Orthop J Sports Med.* 2017; 5(12): 2325967117744240.

Bolgla LA, Shaffer SW, Malone TR. Vastus medialis activation during knee extension exercises: evidence for exercise prescription. *J Sport Rehabil.* 2008;17(1):1-10.

Park KM, Cynn HS, Choung SD. Musculoskeletal predictors of movement quality for the forward step-down test in asymptomatic women. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2013;43(7):504-510.

Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2003;33:671-676.

Selseth A, Dayton M, Cordova ML, Ingersoll CD, Merrick MA. Quadriceps Concentric EMG Activity Is Greater than Eccentric EMG Activity during the Lateral Step-Up Exercise. *J Sport Rehabil.* 2000; 9(2): 124–134.

Moritani T, Muramatsu S, Muro M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *Am J Phys Med Rehabil.* 1988; 66(6):338-350.

Howell JN, Fuglevand AJ, Walsh ML, Bigland-Ritchie B. Motor unit activity during isometric and concentric-eccentric contractions of the human first dorsal interosseus muscle. *J Neurophysiol.* 1995;74(2):901-904.

Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):371-376.

2.6.2 Metadados do manuscrito #1.

Journal:	Sport Sciences for Health
Two-year Impact Factor (YEAR)¹:	0,82
Classificação Qualis (ANO)²:	2018
Submetido/Revisado/Aceito em:	11 de agosto 2020

2.6.3 Contribuição dos autores do manuscrito #1 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy (CRediT)*³.

Iniciais dos autores, em ordem:	RTL	ASM				
Concepção	X	X				
Métodos		X				
Programação		X				
Validação		X				
Análise formal		X				
Investigação	X	X				
Recursos	X					
Manejo dos dados	X	X				
Redação do rascunho	X					
Revisão e edição	X	X				
Visualização	X	X				
Supervisão		X				
Administração do projeto		X				
Obtenção de financiamento		X				

¹ Disponível para consulta em: www.scimagojr.com

² Disponível para consulta em: www.sucupira.capes.gov.br

Capítulo 4 Considerações Finais

2.7 Síntese

A presente investigação confirma que DL apresentou maior força isométrica do que NDL. Por outro lado, o NDL revelou um aumento no trabalho total e na produção de energia em jogadores de futebol de elite. Além disso, o uso do teste SLSD é recomendado por se mostrar um bom método de avaliação da força muscular por meio da correlação positiva com a CIVM.

Referências

Bell DR, Sanfilippo JL, Binkley N, and Heiderscheit BC. Lean mass asymmetry influences force and power asymmetry during jumping in collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2014; 28: 884–891.

Bissel L, Lorentzos P. The prevalence of overuse injuries in Australian non-elite netballers. *Journal of Sports Medicine* 2018;9 233–242

Brito J, Rebelo A, Soares JM, Seabra A, Krstrup P, Malina RM. Injuries in Youth Soccer During the Preseason. *Clin J Sport Med* 2011;21 (3):259–260.

Bolglia LA, Shaffer SW, Malone TR. Vastus medialis activation during knee extension exercises: evidence for exercise prescription. *J Sport Rehabil.* 2008; 17(1):1-10.

Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA, Segalla FM, Biondo S, Tadiello GS. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sci Health* 2017; 13(2): 315–321.

CBF brasileiro cbf realiza mapeamento de lesões 2017. CBF, 19 de abril 2018. Disponível em: < <https://www.cbf.com.br/futebol-brasileiro/noticias/campeonato-brasileiro-serie-a/brasileirao-cbf-realiza-mapeamento-de-lesoes-2017>>. Acesso em: 06 de Set de 2020.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Crosier JL, Gateau S, Bitnet J, Gently M, Ferret JM. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in Professional soccer players: A prospective study. *Am J Sports Med.* 2008; 36:1469-75

Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, et al. Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players. *Int J Sports Med* 2001; 22:45-51.

Coppalle S, Rave G, Ben Abderrahman A, Ali A, Salhi I, Zouita S, Zouita A, Brughelli M, Granacher U, Zouhal H. Relationship of Pre-season Training Load With In-Season Biochemical Markers, Injuries and Performance in Professional Soccer Players. *Front Physiol.* 2019;10:409.

Cormie P, McGuigan MR, and Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Med* 2011; 41: 17-38.

Courel-Ibáñez J, Hernández-Belmonte A, Cava-Martínez A, Pallarés JG. Familiarization and Reliability of the Isometric Knee Extension Test for Rapid Force Production Assessment. *Appl. Sci.* 2020, 10, 4499.

Eliakim E, Doron O, Meckel Y, Nemet D, Eliakim A. Pre-season Fitness Level and Injury Rate in Professional Soccer - A Prospective Study. *Sports Med Int Open.* 2018;2(3):E84-E90.

Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011;39:1226–32.

Ekstrand J, Askling C, Magnusson H, Mithoefer K. Return to play after thigh muscle injury in elite football players: implementation and validation of the Munich muscle injury classification. *Br J Sports Med.* 2013; 47(12):769-74.

Ekstrand J, Healy JC, Walden M, et al. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *Br J Sports Med* 2012;46:112–17.

Ekstrand J, Häggglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011; 45:553–8

Ekstrand, J.; Waldén, M.; Häggglund, M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br. J. Sports Med.* 2016, 50, 731–737.

Eitzen I, Holm I, Risberg MA. Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):371-376.

Greig M. The influence of soccer-specific fatigue on peak isokinetic torque production of the knee flexors and extensors. *Am J Sports Med* 2008; 36(7):1403–1409.

Grazioli R, Lopez P, Andersen LL, Leonardo C, Machado F, Pinto MD, Cadore EL, Pinto RS. Hamstring rate of torque development is more affected than maximal voluntary contraction after a professional soccer match. *Eur J Sport Sci*. 2019;19(10):1336-1341.

Gleeson NP, Mercer TH. The utility of isokinetic dynamometry in the assessment of human muscle function. *Sports Med*.1996 Jan;21(1):18-34.

Gigliotakaes I, Inada MM, Miranda JB, Cunha SA, Piedade SR. Isokinetic evaluation after two-stage bicruciate reconstruction. *Acta Ortop Bras* 2014;22(1):21-4

Gkrilias P, Zavvos A, Fousekis K, Billis E, Matzaroglou C, Tsepis E. Dynamic balance asymmetries in pre-season injury-prevention screening in healthy young soccer players using the Modified Star Excursion Balance Test-a pilot study. *J Phys Ther Sci*. 2018;30(9):1141-1144.

Hawkins RD, Hulse MA, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*. 2001; 35: 43–47.

Hägglund, M.; Waldén, M.; Ekstrand, J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer. *Am. J. Sports Med*. 2013, 41, 327–335.

Hägglund M, Waldén M, Bengtsson, Ekstrand J (2018) Re-injuries in Professional Football: The UEFA Elite Club Injury Study V. Musahl et al. (eds.), *Return to Play in Football*.

Howell JN, Fuglevand AJ, Walsh ML, Bigland-Ritchie B. Motor unit activity during isometric and concentric-eccentric contractions of the human first dorsal interosseus muscle. *J Neurophysiol*. 1995;74(2):901-904.

Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003;33:671-676.

Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):745-64.

Jones CM, Griffiths PC, Mellalieu SD. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies. *Sports Med.* 2017, 47: 943-974.

Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994;15 Suppl 1:S11-S18.

Kline PW, Johnson DL, Ireland ML, Noehren B. Clinical Predictors of Knee Mechanics at Return to Sport after ACL Reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(5):790-795.

Keating JL, Matyas TA. The influence of subject and test design on dynamometric measurements of extremity muscles. *Phys Ther.* 1996; 76:866-889.

Matta L, Rhea M, Maior AS. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. *Arch Med Desporte* 2019;36(4):138-144

Maior AS. Absolute and relative peak power during pneumatic squat exercise using different percentages of load in elite soccer players. *Hum Mov.* 2020;21(3):64–70.

Maior AS, Viana J, Hall E, Ferreira AS, Bezerra E. Correlation between Match Efforts and Serum Creatine Kinase Level: Implications for Injury Prevention in Elite Soccer Players. *JEPonline* 2018; 21(5):109-120

Maior AS, Tannure M, Eiras F, Ferreira AS. Effects of intermittent negative pressure and active recovery therapies in the post-match period in elite soccer players: A randomized, parallel arm, comparative study. *Biomed Hum Kinetics* 2020; 12: 59–68.

Maior AS, Leporace G, Tannure M, Marocolo M. Profile of infrared thermography in elite soccer players. *Motriz: Rev Educ Fis.* 2017;23: 1-6.

Maior AS, Simão R, Leite DR, Salles BF, Junior TPS, Willardson JM, Vingren Jakob L. Influence of upper-body exercise order on hormonal responses in trained men. *Appl Physiol Nutr Metab* 2013 Feb;38(2):177-81.

Maiores AS. Fisiologia dos Exercícios Resistidos. Phorte Editora. 2013.

Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, Fitzgerald D, Hardiman O. Maximum voluntary isometric contraction: Reference values and clinical application. *Amyotrop Lat Scler* 2007; 8(1): 47–55.

Moritani T, Muramatsu S, Muro M. Activity of motor units during concentric and eccentric contractions. *Am J Phys Med Rehabil*. 1988; 66(6):338-350.

Moraes ER.; Arliani GG.; Lara PHC.; Cohen Moisés. Orthopedic Injuries in Men's Professional Soccer in Brazil: Prospective Comparison of two consecutive seasons 2017/2016. *Acta Ortop Bras*. 2018;26(5):338-41

Maffiuletti N. A., Cometti G., Amiridis I. G., Martin A., Pousson M. , Chatard J.-C. The Effects of Electromyostimulation Training and Basketball Practice on Muscle Strength and Jumping Ability. *Int J Sports Med* 2000; 21: 437–44

Malliaropoulos N, Isinkaye T, Tsitas K, et al. Reinjury after acute posterior thigh muscle injuries in elite track and field athletes. *Am J Sports Med*. 2011;39(2):304–10.

Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med*. 2013;47(6):342-50.

Meckel Y, Doron O, Eliakim E, Eliakim A. Seasonal Variations in Physical Fitness and Performance Indices of elite soccer players. *Sports (Basel)*. 2018; 6(1).pii: E14.

Noya Salces J, Gómez-Carmona PM, Moliner-Urdiales D, Gracia-Marco L, Sillero-Quintana M. An examination of injuries in Spanish Professional Soccer League. *J. Sports Med. Phys. Fit*. 2014; 54: 765–771.

Olson D, Sikka RS, Labounty A, et al. Injuries in professional football: current concepts. *Curr Sports Med Rep*. 2013;12(6):381–90.

Park KM, Cynn HS, Choung SD. Musculoskeletal predictors of movement quality for the forward step-down test in asymptomatic women. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(7):504-510.

Patel A, Chakraverty J, Pollock N, et al. British athletics muscle injury classification: a reliability study for a new grading system. *Clin Radiol*. 2015;70(12):1414–20.

Perrin HD. *Isokinetic Exercise and Assessment*. Human Kinetics Publishers, 1993 - 212 páginas.

Peetrons P. Ultrasound of muscles. *Eur Radiol*. 2002;12(1):35-43.

Pollock N, James SL, Lee JC, Chakraverty R. British athletics muscle injury classification: a new grading system. *Br J Sports Med*. 2014;48(18):1347-51.

Pollock N, Patel A, Chakraverty J, Suokas A, James SL, Chakraverty R. Time to return to full training is delayed and recurrence rate is higher in intratendinous ('c') acute hamstring injury in elite track and field athletes: clinical application of the British Athletics Muscle Injury Classification. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):305-10

Rouissi M, Chtara M, Owen A, Chaalali A, Chaouachi A, Gabbett T, Chamari K. Effect of leg dominance on change of Direction ability amongst young elite soccer players, *J Sports Sci* 2016; 34 (6): 542-548.

Sapega, A A. Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. December 1990 - Volume 72 - Issue 10 - p 1562-1574

Selseth A, Dayton M, Cordova ML, Ingersoll CD, Merrick MA. Quadriceps Concentric EMG Activity Is Greater than Eccentric EMG Activity during the Lateral Step-Up Exercise. *J Sport Rehabil*. 2000; 9(2): 124–134.

Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Med*. 2016;46(10):1419–1449.

Tol JL, Hamilton B, Best TM. Palpating muscles, massaging the evidence? An editorial relating to 'Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement'. *Br J Sports Med*. 2013;47(6):340–1.

Tunstall H, Mullineaux DR, Vernon T. Criterion validity of an isokinetic dynamometer to assess shoulder function in tennis players. *Sports Biomech*. 2005; 4:101- 111.

Vaisman A, Guiloff R, Rojas J, Delgado I, Figueroa D, Calvo R. Lower Limb Symmetry: Comparison of Muscular Power Between Dominant and Nondominant Legs in Healthy Young Adults Associated With Single-Leg-Dominant Sports. *Orthop J Sports Med.* 2017; 5(12): 2325967117744240.

Zakas A. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *J Sports Med Phys Fitness* 2006;46(1):28-35.

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TÍTULO CIENTÍFICO DO PROTOCOLO DE PESQUISA

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: Texto.

Procedimentos: Texto.

Potenciais riscos e benefícios: Texto.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, nem compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Critérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou dano à saúde dos sujeitos participantes, conseqüente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

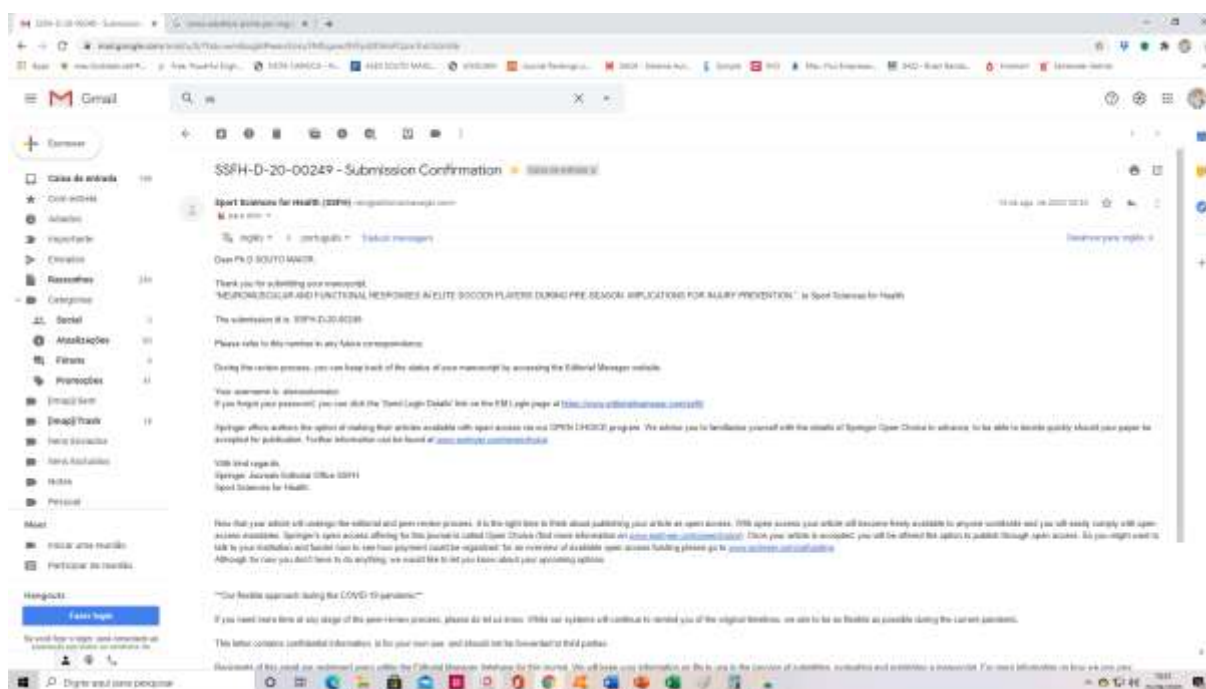
Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, RAFAEL TEIXERA LOPES, que pode ser encontrada no telefone (21) 9 6437-2374. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, 06 de agosto de 2020.

Apêndice 2 – Submissão do manuscrito



Apêndice 2 – Parecer do comitê de ética e pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO FISIOLÓGICA PÓS-PARTIDA DE FUTEBOL COMO PARÂMETRO DE PREVENÇÃO DE LESÃO

Pesquisador: LEONARDO MATTA PEREIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 76189817.0.0000.5235

Instituição Proponente: SOCIEDADE UNIFICADA DE ENSINO AUGUSTO MOTTA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.439.547

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma intervenção transversal, com as medições realizadas em três momentos (respostas: basal, 24 e 48 horas após uma partida de futebol) com intuito de investigar a relação entre o volume e a intensidade da partida e os marcadores de estresse que se relacionam ao risco de lesão muscular

Objetivo da Pesquisa:

Investigar e analisar as variáveis fisiológicas tardias após uma partida de futebol como parâmetro de prevenção de lesão.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Foram descritos de maneira apropriada

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

- O desfecho primário não está adequado. O desfecho secundário contém o que seria o desfecho primário.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE está com espaços, faltando ressarcimento e necessita de melhor explicação dos procedimentos que serão realizados.

Recomendações:

Solicita-se revisão das sugestões propostas pelo CEP para nova apreciação Solicita-se revisão das

Endereço: Av. Paris, 72 TEL: (21)3882-9797 (Ramal: 1015)
 Bairro: Bonsucesso CEP: 21.041-010
 UF: RJ Município: RIO DE JANEIRO
 Telefone: (21)3882-9797 E-mail: comitedeetica@unisuum.edu.br



Continuação do Parecer: 2.439.547

sugestões propostas pelo CEP para nova apreciação

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

- O desfecho primário não está adequado. O desfecho secundário contém o que seria o desfecho primário.

TCLE:

- Retirar espaços;

Considerações Finais a critério do CEP:

Solicita-se revisão das sugestões propostas pelo CEP para nova apreciação. O detalhamento da revisão de seu projeto encontra-se no parecer consubstanciado gerado no seu ambiente da Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_979758.pdf	11/12/2017 23:07:03		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_FUTEBOL_COMITE.pdf	11/12/2017 23:06:09	LEONARDO MATTA PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	11/12/2017 23:05:46	LEONARDO MATTA PEREIRA	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	11/09/2017 14:57:35	LEONARDO MATTA PEREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 14 de Dezembro de 2017

Assinado por:
SUSANA ORTIZ COSTA
(Coordenador)