

Análise da resistência muscular, torque máximo, potência máxima e trabalho total no dinamômetro isocinético a 180°/s em indivíduos com 6 meses após reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA)

Analysis of muscular endurance, maximum torque, maximum power and total work on the isokinetic dynamometer at 180°/s in individuals 6 months after anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction

Análisis de la resistencia muscular, torque máximo, potencia máxima y trabajo total en el dinamómetro isocinético a 180°/s en individuos 6 meses después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA)

Recebido: 22/08/2022 | Revisado: 06/09/2022 | Aceito: 09/09/2022 | Publicado: 17/09/2022

Fernando Azevedo Carvalho Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1456-5283>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: fernandoacneto15@gmail.com

Sergio Luiz Lemos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-8611>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: lemossl@uol.com.br

Miguel Ambrosio Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6707-3229>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: miguel.neto@univap.br

Fernanda Pupio Silva Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9834-7800>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: fpupio@univap.br

Maria das Graças Bastos Licurci

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4442-6911>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: glicurci@univap.br

Alessandra de Almeida Fagundes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9601-7709>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: alefa@univap.br

Mário Oliveira Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9990-5296>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: mol@univap.br

Daniel Vilela Nogueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7365-1275>
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil
E-mail: dano@univap.br

Resumo

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é um importante estabilizador do joelho e auxilia na propriocepção e artrocinemática da articulação. A incidência da lesão do LCA é alta principalmente em indivíduos fisicamente ativos, público o qual tende a recorrer para o tratamento cirúrgico. A força é um dos fatores que são avaliados para o retorno ao esporte, no entanto, a fadiga muscular, que possui um papel nas lesões dos membros inferiores, é pouco abordada em indivíduos que realizaram a reconstrução do LCA. O objetivo do estudo foi analisar principalmente como fadiga muscular se comporta, em indivíduos após 6 meses de reabilitação da reconstrução o LCA, através do Dinamômetro Isocinético marca Biodex System 3 a 180°/s. Além da resistência muscular, dados de potência máxima, torque máximo e trabalho total também foram coletados. Observou-se após 6 meses de reconstrução que o grupo muscular extensor do joelho do membro lesionado apresentou menor índice de fadiga comparado ao grupo extensor do membro não lesionado. Com relação ao torque máximo, potência máxima e trabalho total o grupo muscular extensor do joelho

acometido apresentou déficit maior que 10% em relação ao grupo muscular extensor do membro sadio. Quanto ao grupo muscular flexor do joelho não foi observada diferenças significativas entre os membros em nenhuma das análises. Sendo assim, sugere-se que sejam realizados mais estudos que utilizem a análise a 180°/s no Dinamômetro Isocinético, para um maior entendimento e análise dos dados, visando um retorno esportivo mais seguro.

Palavras-chave: Reconstrução do ligamento cruzado anterior; Reabilitação; Dinamômetro de força muscular; Retorno ao esporte.

Abstract

The Anterior Cruciate Ligament (ACL) is an important stabilizer of the knee and aids in joint proprioception and arthrokinematics. The incidence of ACL injury is mainly in surgical procedures, treatment for public treatment. Strength is one of the factors that are not, however, the muscle return, which has a role in the characteristics of the lower limbs, which is always an ACL maneuver. The study was mainly analyzed how muscle fatigue behaves, in after 6 months of reconstruction of the ACL reconstruction objective, the 180° Biodex/Sistema brand after analysis. In addition to muscular endurance, maximum power and total work data were also superior. It was observed after 6 months of reconstruction that the extensor muscle group of the injured limb index showed less fatigue compared to the extensor group of the injured limb. Regarding maximum torque, maximum power and total work, the knee extensor muscle group affected showed a deficit greater than 10% in relation to the healthy limb extensor muscle group. Regarding the knee flexor muscle group, no significant differences were observed between the members in studies of the sessions. Therefore, it is suggested that more studies be carried out that use an analysis at 180°/s in the Isokinetic Dynamometer, for a better use of the data, aiming at a safer sports return.

Keywords: Anterior cruciate ligament reconstruction; Rehabilitation; Muscle strength dynamometer; Return to sport.

Resumen

El ligamento cruzado anterior (LCA) es un importante estabilizador de la rodilla y ayuda en la propiocepción articular y la artrocinemática. La incidencia de lesión del LCA es alta, especialmente en individuos físicamente activos, público que tiende a recurrir al tratamiento quirúrgico. La fuerza es uno de los factores que se evalúan para el regreso al deporte, sin embargo, la fatiga muscular, que juega un papel en las lesiones de las extremidades inferiores, rara vez se aborda en las personas que se sometieron a una reconstrucción del LCA. El objetivo del estudio fue analizar principalmente cómo se comporta la fatiga muscular en individuos después de 6 meses de rehabilitación a partir de la reconstrucción del LCA, utilizando el Dinamómetro Isocinético Biodex System 3 a 180°/s. Además de la resistencia muscular, también se recogieron datos de potencia máxima, par máximo y trabajo total. Se observó después de 6 meses de reconstrucción que el grupo muscular extensor de la rodilla del miembro lesionado tenía un índice de fatiga más bajo en comparación con el grupo extensor del miembro no lesionado. En cuanto al torque máximo, la potencia máxima y el trabajo total, el grupo muscular extensor de la rodilla afectado presentaba un déficit superior al 10% en relación al grupo muscular extensor del miembro sano. En cuanto al grupo de músculos flexores de la rodilla, no se observaron diferencias significativas entre las extremidades en ninguno de los análisis. Por lo tanto, se sugiere que se realicen más estudios que utilicen el análisis a 180°/s en el Dinamómetro Isocinético, para una mejor comprensión y análisis de los datos, visando un retorno deportivo más seguro.

Palabras clave: Reconstrucción del ligamento cruzado anterior; Rehabilitación; Dinamómetro de fuerza muscular; Regreso al deporte.

1. Introdução

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA), caracteriza-se pelo conjunto de dois feixes, o feixe anteromedial e posterolateral que se inserem proximalmente no côndilo femoral lateral do fêmur e percorrem uma direção medial, inferior e anterior, inserindo-se distalmente na área intercondilar anterior do platô tibial. O LCA possui grande importância na estabilidade dinâmica bem como na artrocinemática e propriocepção da articulação do joelho (Neumann, 2018). Nos Estados Unidos ocorrem por volta de 250.000 lesões do ligamento cruzado anterior anualmente, O tratamento cirúrgico é escolhido principalmente para os pacientes que visam retornar aos esportes que envolvem saltos, giros e cortes. Com relação ao retorno ao futebol, foi observado que atletas jovens, do sexo masculino, possuem maiores chances de voltar a jogar (Brophy et al., 2012). Estima-se que até 30% dos indivíduos que realizaram a reconstrução do LCA, o lesionam novamente nos primeiros anos após o procedimento. (Grindem et al., 2016)

Uma das avaliações utilizadas como critérios de retorno ao esporte desde os anos 90, é a quantificação da força (Burgi et al., 2019). Sabe-se que após 9 meses de reabilitação somada a uma simetria de quadríceps comparada com o lado contralateral tem-se o risco de uma nova lesão diminuído em 84%. (Grindem et al., 2016). Com relação ao tempo de

reabilitação, sabe-se que atletas que retornam ao esporte antes dos 9 meses possuem 7 vezes mais chances de terem uma recidiva (Beischer et al., 2020). Bem como, a cada 1% de simetria do quadríceps reduz 3% a chance de uma nova lesão. (Meredith et al., 2020). Com relação aos isquiotibiais, os indivíduos que apresentaram uma razão isquiotibiais para quadríceps, quantificada através do dinamômetro isocinético, menor que 58% avaliada a 60°/s, possuíam maiores chances de lesionarem o enxerto (Kyritsis et al., 2016).

Após a reconstrução do LCA os indivíduos além de se ausentarem da participação esportiva, comumente passam por grandes déficits funcionais, de força muscular, queixas algícas, além da chance de sofrer com uma nova lesão tanto do membro já lesionado como do lado contralateral sendo a mais frequente principalmente no público feminino. Ser jovem e praticar esporte que exijam cortes, saltos e giros são preditores de uma lesão ou recidiva do LCA, bem como, mesmo ainda não muito esclarecida na lesão do LCA, a fadiga neuromuscular gerada pela atividade física diminuindo a capacidade do músculo gerar força ou potência. (Tallard et al., 2021). Além disso, a reconstrução do LCA pode afetar a qualidade de vida, tendo em vista que, por volta de 30% dos pacientes que passaram pelo processo cirúrgico desenvolvem osteoartrite sintomática ao longo de 10 anos após a reconstrução (Andrade et al., 2019)

A fadiga pode ser desencadeada por diversos fenômenos de variados mecanismos fisiológicos, dessa forma, os pesquisadores abordam a fadiga muscular como uma redução na capacidade do músculo de gerar força ou potência, que se desenvolve no decorrer do exercício seja ele sustentado ou não (Enoka et al., 2007). Desde 2010 há relatos de que a fadiga pode alterar a biomecânica do indivíduo durante a aterrissagem unipodal (Santamaria et al., 2010). É necessário maior conhecimento sobre o comportamento da fadiga em indivíduos, tendo em vista que, a mesma se mostra como um fator de risco para lesões nos membros inferiores, em indivíduos saudáveis, além de gerar alterações no movimento tanto em atletas saudáveis como atletas que passaram pela reconstrução do LCA. (Van Melick et al., 2019). Considerando que não se aborda comumente sobre a fadiga no pós-operatório do LCA, o objetivo do estudo será observar, como a fadiga muscular se comporta em pacientes com 6 meses de PO para reconstrução do LCA.

2. Metodologia

Um total de 32 indivíduos, praticantes de variados esportes, realizaram o exame no Dinamômetro Isocinético marca Biodex System 3 que se encontra no laboratório de biodinâmica, bloco 7 da Faculdade de Ciências da saúde, na Universidade do Vale do Paraíba em São José dos Campos, SP, na Rua Shishima Hifumi nº 2911. Para a análise levantou-se dados já coletados nos anos de 2016 a 2020. Os critérios de inclusão consistiram em pacientes que realizaram a reconstrução do LCA com enxerto autógeno do semitendíneo e grácil, todos do sexo masculino, com idade de 18 a 45 anos, estando com 6 meses de tratamento fisioterapêutico e que preencheram o questionário de autorização do uso dos resultados para pesquisa. Foram excluídos indivíduos do sexo feminino, que utilizaram outros tipos de enxertos, que fazem o uso de prótese no joelho, que sofreram com outras lesões nos membros inferiores dentro de 12 meses, amputados, cardiopatas ou portadores de patologias neurológicas ou pulmonares. Além disso, não foram computados os dados daqueles que não autorizaram, por meio do questionário enviado via google forms (<https://forms.gle/dSHDz9DxvH6kVeUH9>), o uso do resultado da força, potência e resistência muscular para fins de pesquisa, sem apresentação de dados pessoais, além também dos que fizeram a avaliação antes de 2016 ou depois de 2020.

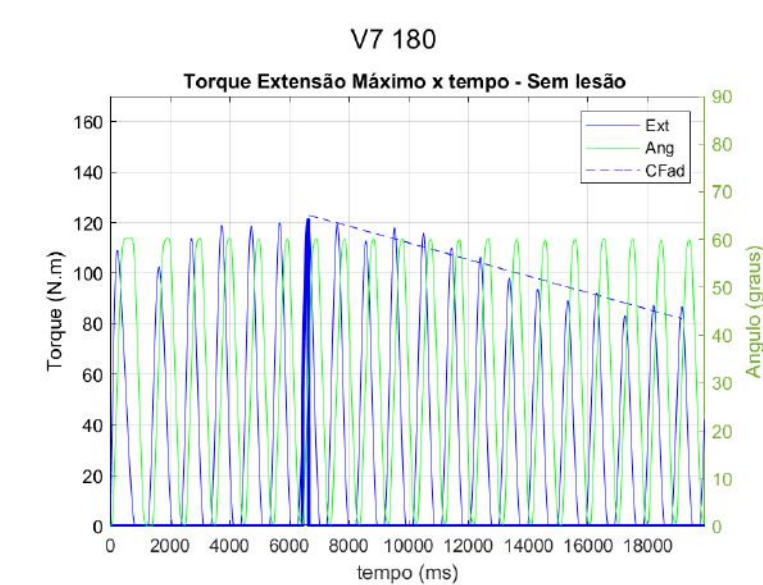
O presente estudo foi realizado seguindo a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), submetido pela Plataforma Brasil e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o número 4.396.269. O exame iniciou com todos os atletas realizando marcha a 6km/h em uma esteira ergométrica da marca Gaytway durante 5 minutos. Terminado o aquecimento, foi realizado o teste no dinamômetro isocinético. Para a análise da fadiga muscular foram feitas no mínimo 20 contrações concêntricas para extensão e flexão da articulação do joelho a 180°/s com incentivo verbal para máximo empenho e

feedback visual do próprio Dinamômetro Isocinético marca Biodex System 3. Foi utilizado o software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® (Nogueira et al., 2022), que serviu para a análise e interpretação dos resultados permitindo a comparação da performance com o membro contralateral sadio.

Considerando que uma diferença de até 10% é considerada aceitável em atletas (Dvir, Z., & Müller, S., 2020), para os cálculos das amostras, foi feito o acréscimo de 10% nos resultados atingidos no torque máximo, potência máxima, trabalho e na resistência muscular. Dessa forma, ao serem comparados, os dados que tivessem uma diferença estatisticamente significativa, ficariam evidentes que estavam com uma discrepância, comparando o membro lesionado com o sadio, maior que 10%, ou seja, não estariam aprovados no teste.

Visando o principal objetivo do presente trabalho sendo a análise do comportamento da resistência muscular, ou seja, da fadiga muscular, nos indivíduos no sexto mês após a reconstrução do LCA, os dados obtidos foram analisados por meio do software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® (Nogueira et al., 2022). Através do mesmo foi possível obter os valores dos picos de torque, potência máxima e trabalho total, para cada série, bem como os seus gráficos respectivos. Nas séries de torque máximo, foram realizadas as regressões lineares a partir do torque máximo, para a visualização do comportamento do decaimento do torque ao longo da série. Uma vez que a fadiga reflete a queda de força muscular e consequentemente o torque, foi definido um indicador de fadiga considerando a regressão linear a partir do ponto de maior torque da série, até o ponto de torque mais baixo, e o coeficiente da porcentagem de queda entre estes pontos (CFadr). O indicador construído deste modo já é normalizado pelo valor máximo, podendo ser utilizado nas análises intra e entre grupos. O Gráfico 1 abaixo retrata em exemplo do decaimento do torque, caracterizando a fadiga.

Gráfico 1 – Representação da mensuração da fadiga, através da curva de decaimento a partir do torque máximo.



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

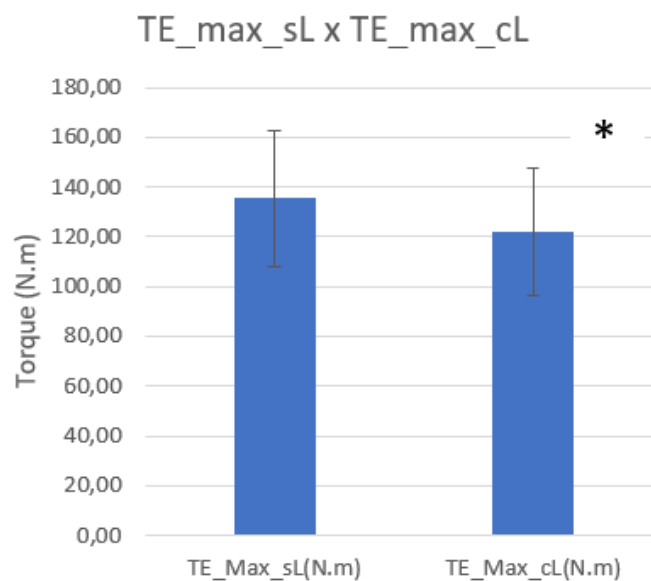
Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Past 4.03, onde os dados tiveram suas normalidades verificadas por meio do teste de Shapiro-Wilk, e foram utilizados testes t para variáveis dependentes, para dados normais, ou wilcoxon para dados não normais, considerando o nível de significância alfa igual a 0,05.

3. Resultados

Com os dados obtidos a partir do software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® foi feita a análise da diferença que os participantes tiveram na comparação do membro com lesão em relação ao sem lesão nos resultados de torque máximo, potência máxima, trabalho, de modo a se comparar com o principal dado do presente estudo, que é a resistência muscular, ou seja, o comportamento da fadiga entre os membros. Foram feitas as comparações dos dados referentes ao desempenho dos membros de cada voluntário de modo a se verificar a diferença do membro lesionado e o sadio. As comparações verificaram o desempenho dos membros considerando até 10% na diferença do desempenho (Dvir, Z., & Müller, S., 2020), uma diferença superior a 10% indicou um desequilíbrio não aceitável entre os membros.

O primeiro resultado estatisticamente analisado foi do torque máximo, do grupo extensor e flexor de joelho. Buscando analisar se havia equivalência dos torques do membro lesionado e do não lesionado. Dessa forma, no Gráfico 2, pode-se observar que fica clara a diferença maior do que 10% entre os membros analisados, neste caso, um déficit dos membros lesionados.

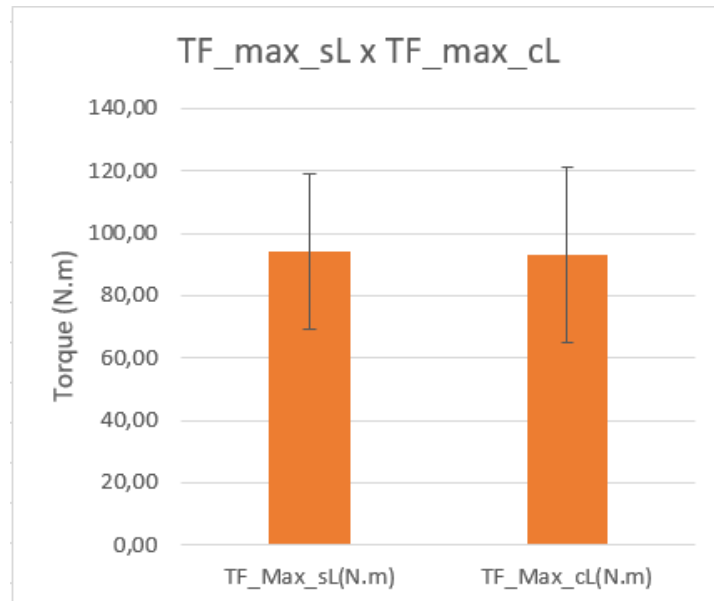
Gráfico 2 – Resultado da comparação do torque extensor máximo dos membros sem lesão (TE_max_sL) em relação ao torque extensor máximo dos membros com lesão (TE_max_cL) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

O Gráfico 3 retrata que, quando o torque máximo gerado pelo grupo muscular flexores do joelho foi analisado, não houve diferença estatística entre os membros com ou sem lesão.

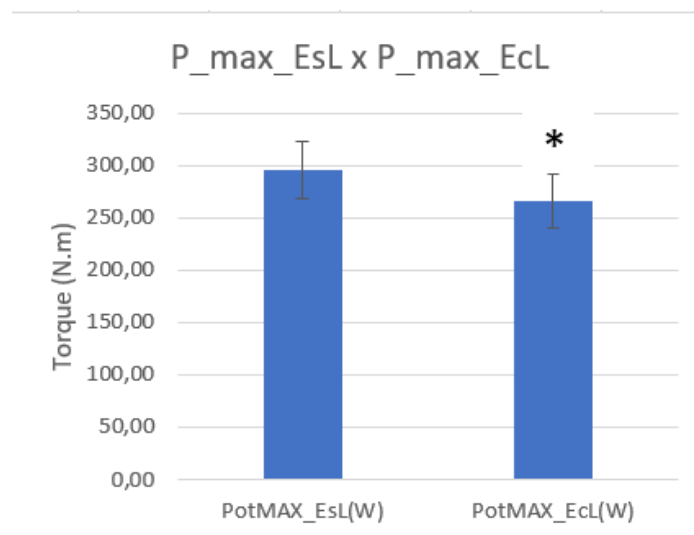
Gráfico 3 - Resultado da comparação do torque flexor máximo dos membros sem lesão (TF_max_sL) em relação torque flexor máximo dos membros com lesão (TF_max_cL) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

O segundo resultado analisado foi o de potência máxima do grupo extensor e flexor do joelho que, conforme é retratado no Gráfico 4, os membros lesionados também apresentaram um déficit maior que 10% em comparação ao lado contralateral não lesionado.

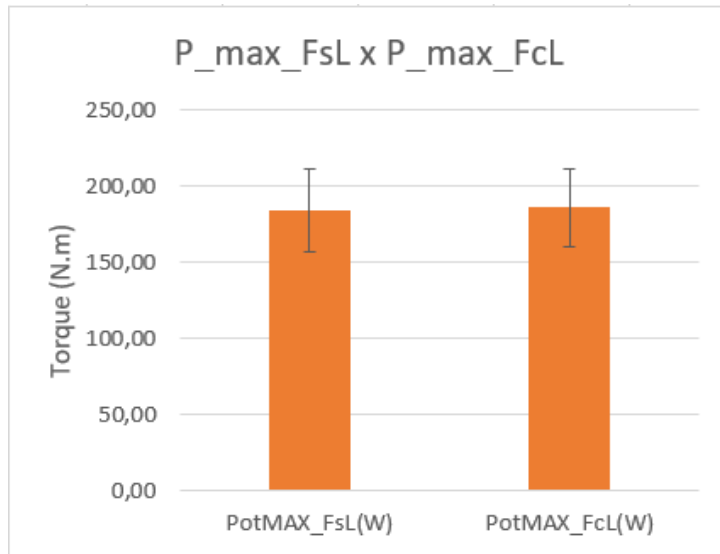
Gráfico 4 - Resultado da comparação da potência máxima extensora dos membros sem lesão (P_max_EsL) em relação a potência máxima extensora dos membros com lesão (P_max_EcL) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

Em relação aos flexores do joelho, novamente não houve diferença entre a potência máxima obtida pelos membros acometidos ou não, como retrata o Gráfico 5.

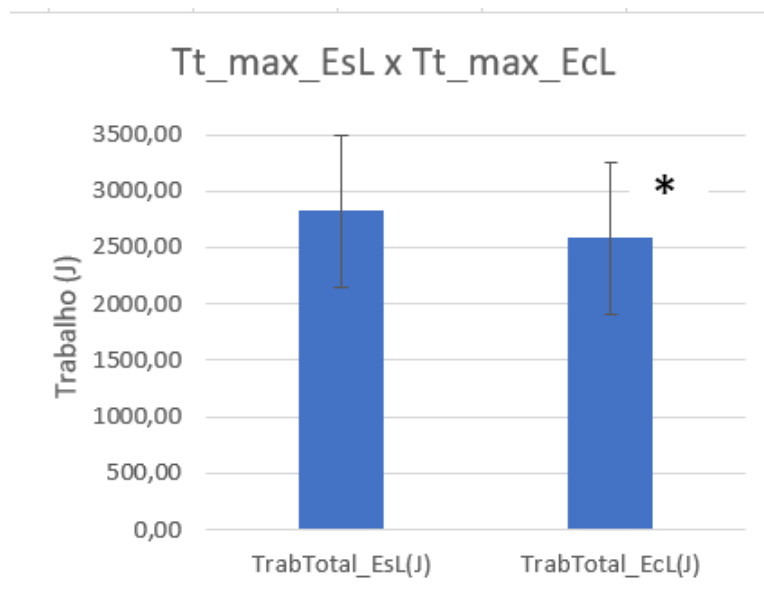
Gráfico 5 - Resultado da comparação da potência máxima flexora dos membros sem lesão (P_max_FsL) em relação a potência máxima flexora dos membros com lesão (P_max_FcL) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

O terceiro resultado analisado foi o trabalho total obtido dos membros lesionados e dos membros não lesionado em relação ao grupo extensor e flexor de joelho. O Gráfico 6 mostra que o trabalho total dos extensores de joelho dos membros lesionados teve um déficit maior que 10% em relação aos não lesionados

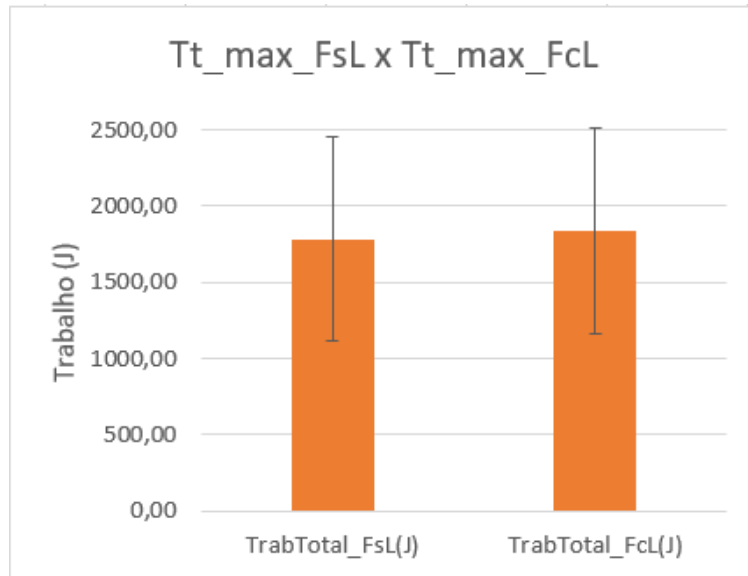
Gráfico 6 - Resultado da comparação do trabalho total extensor dos membros sem lesão (Tt_max_EsL) em relação a trabalho total extensor dos membros com lesão (Tt_max_EcL) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

De acordo com o Gráfico 7, não houve diferenças com relação ao trabalho total dos flexores de joelhos do membro com lesão e sem lesão.

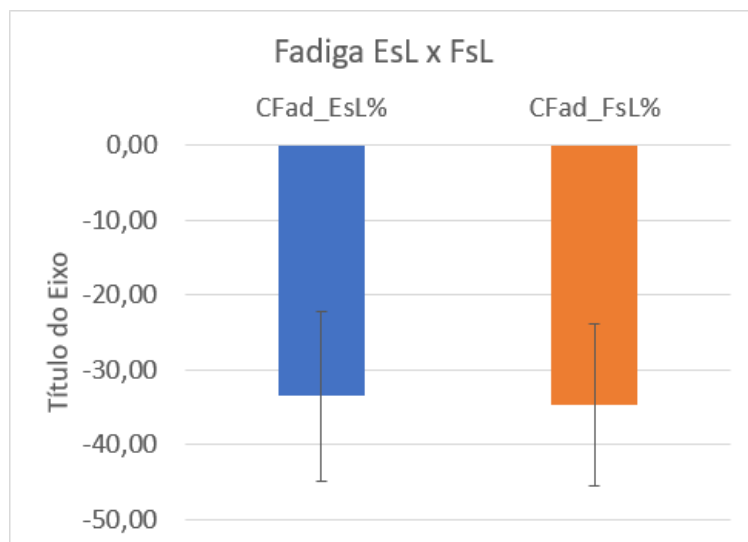
Gráfico 7 - Resultado da comparação do trabalho total flexor dos membros sem lesão (Tt_max_EsL) em relação a trabalho total flexor dos membros com lesão (Tt_max_EcL) (Considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

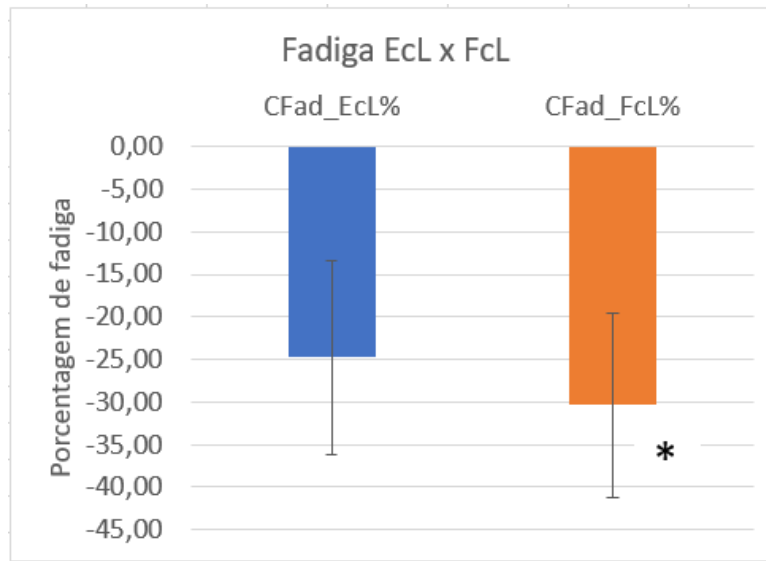
Na análise da fadiga muscular para o grupo extensor e flexor do joelho foi observado que o membro lesionado teve uma porcentagem de fadiga significativamente menor do que o membro não lesionado, ou seja, o membro acometido fadigou menos do que o sadio, demonstrando assim, que o lado acometido possuiu maior resistência muscular comparado ao membro sadio. O gráfico 8 retrata a média da porcentagem de fadiga do grupo extensor e o Gráfico 9 do grupo flexor do joelho. Como a fadiga foi elaborada a partir do maior torque obtido, o valor 0,00 (zero) na porcentagem de fadiga indica a ausência da mesma e a queda do torque reflete a condição de fadiga, sendo mostrada no gráfico como um valor negativo.

Gráfico 8 - Resultado da comparação da fadiga dos extensores dos membros sem lesão (CFad_EsL%) em relação a fadiga dos extensores dos membros com lesão (Cfad_EcL%) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

Gráfico 9 - Resultado da comparação da fadiga dos flexores dos membros sem lesão (CFad_FsL%) em relação a fadiga dos flexores dos membros com lesão (Cfad_FcL%) (considerando a diferença de até 10%).



Legenda: * $p \leq 0,05$ = valores considerados significativos. Fonte: Autores.

4. Discussão

Indivíduos com afecções articulares podem sofrer com a Inibição Muscular Artrogênica, que se caracteriza pela incapacidade de contrair completamente o músculo por conta de uma afecção articular. Se tratando da articulação do joelho, tal inibição colabora para a fraqueza pós-operatória persistente do quadríceps femoral, cerca de 85% do paciente que reconstruem o LCA sofrem com a Inibição no membro acometido e 82,3% no membro não envolvido (Hart et al., 2010). Considerando o alto índice de acometimento em ambos os membros, corrobora com o presente trabalho que, mesmo com 6 meses de reabilitação, mostrou-se que ainda houve déficit do grupo extensor do joelho tanto do membro envolvido quando observou-se déficit maior que 10% com relação ao torque máximo, potência máxima e trabalho total, como do membro não envolvido que possuiu maior porcentagem de fadiga.

Não foi observada diferença significativa para a potência máxima e no trabalho dos flexores de joelho do membro que passou pela reconstrução do LCA e o sadio, quando avaliado a 60°/s no Dinamômetro Isocinético. (Nogueira et al., 2022). Achado que corroborou com o presente estudo, que também não observou diferença no torque máximo, potência máximo nem para o trabalho total, desse grupo muscular, avaliado, no presente estudo, a 180°/s no Dinamômetro Isocinético.

O desempenho de força, comparada com o membro contralateral, é um dos parâmetros utilizados como critério para o retorno ao esporte (Burgi et al., 2019). No entanto, a fadiga ainda não tem muito espaço quando o assunto é retorno ao esporte em indivíduos que passaram pela reconstrução do LCA. Partindo do princípio que a fadiga pode ser quantificada com a queda no desempenho, após o início de uma atividade sustentada (Enoka et al., 2007). O presente estudo considerou a fadiga no momento em que a indivíduo teve um decaimento no pico de torque, a partir do maior valor de torque obtido nas contrações concêntricas seguidas a 180°/s, e realizando tal análise, observou-se que o membro lesionado possuiu menor porcentagem de fadiga em comparação com o membro contralateral, ou seja, fadigando menos. Tal achado corrobora com o estudo que realizou um protocolo de fadiga e observou um maior efeito da fadiga no membro não lesionado, comparado ao membro contralateral que passou pela reconstrução do LCA, quando foi realizado testes funcionais unipodais, utilizados como um dos critérios para a alta da reabilitação (Tallard et al., 2021). O déficit bilateral, em indivíduos que reconstruíram o LCA, também foi evidenciado em testes de salto quando foram comparados com dados normativos de acordo com a idade e sexo. (Gokeler et

al., 2017).

Os músculos do corpo, basicamente, são compostos de uma mistura de fibras, sendo as fibras de rápida contração, mais potentes, e as de lenta contração, mais resistentes (GUYTON, A.C. e Hall J.E., 2017). Uma explicação fisiológica do motivo de os extensores de joelho do membro acometido terem sido menos fatigáveis, ou seja, mais resistentes, do que os extensores no membro sadio, pode ser devido a algumas hipóteses. Primeiramente o tipo de treinamento imposto durante o processo de reabilitação. Se tratando de um pós-operatório, de início o membro operado recebe maior atenção e do ponto de vista do ganho muscular, prioriza-se a restauração da ativação muscular perdida com a inibição sofrida, bem como, visa-se a saúde do enxerto, dessa forma, não sendo possível a imposição de altas cargas externas com restrições de cargas e amplitudes de movimentos (Wilk KE et al, 2012). Assim, trabalhado com menores cargas, tal ponto relaciona com o raciocínio de que, os treinos de baixa resistência podem levar a maior ganho de resistência muscular, a contrário de quando se treina com alta resistência, como mostrado durante um período de 12 semanas, com uma frequência de 3 vezes semanais que houve um aumento da força de 30% a 40% medida com 1RM (Neumann, 2018).

Outra hipótese do membro lesionado ter fadigado menos é de que o membro não acometido pode ter recebido menores demandas durante a reabilitação, fazendo com que o mesmo resulte em déficits funcional e de desempenho, pensamento que corrobora com os achados de Elizabeth Wellsandt, a qual discute sobre o uso do membro contralateral não lesionado como instrumento de comparação como critério de alta após a reconstrução do LCA, considerando o destreinamento do membro sadio resultando em uma comparação deturpada (Wellsandt et al., 2017). A negligência do membro sadio, durante a reabilitação do membro lesionado, caracterizaria um erro no processo de recuperação, tendo em vista que, há evidências de que a inibição muscular artrogênica afeta de forma bilateral indivíduos que realizaram a reconstrução do LCA, tal negligência, acarreta em uma análise comparativa deturpada o que esconderia uma persistência da fraqueza pós-traumática dos extensores de joelho bilaterais, inclusive o desenvolvimento de outras patologias articulares, déficits funcionais, e até mesmo aumento das chances de novas lesões do LCA tanto no membro ipsilateral como contralateral. (Hart et al., 2010; Wellsandt et al., 2017).

5. Conclusão

Com os resultados apresentados no presente trabalho, observou-se a importância de dividir a atenção para ambos os membros durante a reabilitação, tendo em vista que, a inibição muscular artrogênica ocorre bilateralmente. Além disso, este estudo corrobora com achados anteriores comprovando que, indivíduos no sexto mês de reabilitação após reconstrução do LCA, ainda não estão aptos para o retorno esportivo considerando o desequilíbrio muscular do importante grupo extensor do joelho. Os dados apresentados no presente estudo complementam os resultados obtidos no estudo anterior, que observou os déficits de força medidos a 60°/s no mesmo Dinamômetro Isocinético. Portanto, sendo mais uma forma de avaliação para pacientes que reconstruíram o LCA, sugerindo assim, que os participantes estavam com importante desequilíbrio muscular sendo avaliados tanto a 60°/s quanto a 180°/s. Concluindo assim que os atletas amadores não estão prontos para um retorno seguro ao esporte com 6 meses de reabilitação.

Outro achado interessante é a importância da combinação do tipo de treinamento, com variação da resistência, por conta do resultado de menor fadiga no membro acometido em relação ao não acometido. Com isso, se mostra fundamental que, respeitando a maturação do enxerto e as etapas do tratamento, a força e a resistência sejam desenvolvidas durante a reabilitação, não visando somente o membro acometido, mas também o sadio.

A facilidade de uso do software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética®, contribuiu para a análise e interpretação dos dados dos exames realizados no Dinamômetro Isocinético. Com relação aos resultados obtidos no presente estudo, sugere-se que mais estudos sejam realizados utilizando a análise a 180°/s no Dinamômetro Isocinético, e que também, a mesma pode estar futuramente incluída na avaliação de indivíduos que reconstruíram o LCA, como um dos critérios

de alta.

Seria importante que futuros trabalhos investigassem o comportamento da fadiga muscular, em indivíduos com 9 meses de reconstrução do LCA, tendo em vista o atual respaldo científico para esse tempo de retorno ao esporte. As análises poderiam utilizar o dinamômetro isocinético também a 180°/s, assim como no presente estudo, e além disso, observar se há correlação com o desempenho nos testes funcionais utilizados como critérios de alta da reabilitação.

Referências

- Andrade, R., Pereira, R., van Cingel, R., Staal, J. B., & Espregueira-Mendes, J. (2020). How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *British journal of sports medicine*, 54(9), 512-519.
- Beischer, S., Gustavsson, L., Senorski, E. H., Karlsson, J., Thomeé, C., Samuelsson, K., & Thomeé, R. (2020). Young athletes who return to sport before 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction have a rate of new injury 7 times that of those who delay return. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 50(2), 83-90.
- Brophy, R. H., Schmitz, L., Wright, R. W., Dunn, W. R., Parker, R. D., Andrich, J. T., ... & Spindler, K. P. (2012). Return to play and future ACL injury risk after ACL reconstruction in soccer athletes from the Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) group. *The American journal of sports medicine*, 40(11), 2517-2522.
- Burgi, C. R., Peters, S., Ardern, C. L., Magill, J. R., Gomez, C. D., Sylvain, J., & Reiman, M. P. (2019). Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. *British journal of sports medicine*, 53(18), 1154-1161.
- Dvir, Z., & Müller, S. (2020). Multiple-joint isokinetic dynamometry: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(2), 587-601.
- Enoka, R. M., & Duchateau, J. (2008). Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*, 586(1), 11-23.
- Gokeler, A., Welling, W., Benjaminse, A., Lemmink, K., Seil, R., & Zaffagnini, S. (2017). A critical analysis of limb symmetry indices of hop tests in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a case control study. *Orthopaedics & traumatology: surgery & research*, 103(6), 947-951.
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British journal of sports medicine*, 50(13), 804-808.
- Guyton, A.C. e Hall J.E.– Tratado de Fisiologia Médica. Editora Elsevier. 13ª ed., 2017
- Hart, J. M., Pietrosimone, B., Hertel, J., & Ingersoll, C. D. (2010). Quadriceps activation following knee injuries: a systematic review. *Journal of athletic training*, 45(1), 87-97.
- Kyritsis, P., Bahr, R., Landreau, P., Miladi, R., & Witvrouw, E. (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British journal of sports medicine*, 50(15), 946-951.
- Meredith, S. J., Rauer, T., Chmielewski, T. L., Fink, C., Diermeier, T., Rothrauff, B. B., ... & Wilk, K. (2020). Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 8(6), 2325967120930829.
- Neumann, Donald A. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos da reabilitação /Donald A. Neumann; [tradução Eliseanne Nopper]. - 3. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2018.
- Nogueira, D. V., Lemos, S. L., Neto, F. A. C., Lima, F. P. S., & Lima, M. O. (2022). Análise da performance muscular de atletas submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior após programa de reabilitação. *Research, Society and Development*, 11(3), e6711326199-e6711326199.
- Santamaria, L. J., & Webster, K. E. (2010). The effect of fatigue on lower-limb biomechanics during single-limb landings: a systematic review. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(8), 464-473.
- Tallard, J. C., Hedt, C., Lambert, B. S., & McCulloch, P. C. (2021). The Role of Fatigue in Return to Sport Testing Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(4), 1043.
- Van Melick, N., Van Rijn, L., Nijhuis-van der Sanden, M. W. G., Hoogeboom, T. J., & Van Cingel, R. E. H. (2019). Fatigue affects quality of movement more in ACL-reconstructed soccer players than in healthy soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(2), 549-555.
- Wellsandt, E., Failla, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2017). Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 47(5), 334-338.
- Wilk, K. E., Macrina, L. C., Cain, E. L., Dugas, J. R., & Andrews, J. R. (2012). Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 42(3), 153-171.