

Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Daniel Vilela Nogueira

**Análise da Performance Muscular após 6 meses de reabilitação de atletas amadores submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior - Desenvolvimento e Aplicabilidade de um Software**

São José dos Campos, SP  
2021

Daniel Vilela Nogueira

**Análise da Performance Muscular após 6 meses de reabilitação de atletas amadores submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior - Desenvolvimento e Aplicabilidade de um Software**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade do Vale do Paraíba, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Mario Oliveira Lima

São José dos Campos, SP  
2021

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DA OBRA

### Ficha catalográfica

Nogueira, Daniel Vilela  
Análise da performance muscular após 6 meses de reabilitação de atletas amadores submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior : desenvolvimento e aplicabilidade de um software / Daniel Vilela Nogueira; orientador, Prof. Dr. Mario Oliveira Lima. - São José dos Campos, SP, 2021.  
1 CD-ROM, 55 p.

Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

Inclui referências

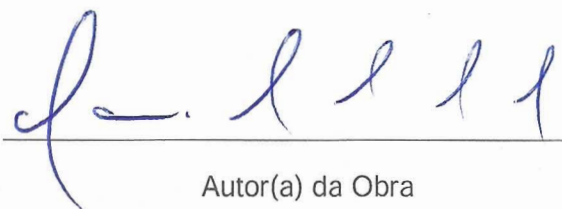
1. Engenharia Biomédica. 2. Ligamento cruzado anterior. 3. Dinamômetro de Força Muscular. 4. Tecnologia e Aplicativos de Software. I. Lima, Prof. Dr. Mario Oliveira, orient. II. Universidade do Vale do Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

Eu, Daniel Vilela Nogueira, autor(a) da obra acima referenciada:

Autorizo a divulgação total ou parcial da obra impressa, digital ou fixada em outro tipo de mídia, bem como, a sua reprodução total ou parcial, devendo o usuário da reprodução atribuir os créditos ao autor da obra, citando a fonte.

Declaro, para todos os fins e efeitos de direito, que o Trabalho foi elaborado respeitando os princípios da moral e da ética e não violou qualquer direito de propriedade intelectual sob pena de responder civil, criminal, ética e profissionalmente por meus atos.

São José dos Campos, 16 de Março de 2022.



Autor(a) da Obra

Data da defesa: 18 / 03 / 2022

**DANIEL VILELA NOGUEIRA**

**“ANÁLISE DA PERFORMANCE MUSCULAR APÓS 6 MESES DE REABILITAÇÃO DE  
ATLETAS AMADORES SUBMETIDOS À RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO  
ANTERIOR – DESENVOLVIMENTO E APLICABILIDADE DE UM SOFTWARE.”**

Tese aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba – Univap, pela seguinte banca examinadora:

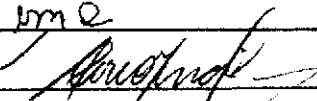
PROF.<sup>a</sup> DR.<sup>a</sup> FERNANDA PUPIO SILVA LIMA




PROF. DR. MÁRIO OLIVEIRA LIMA



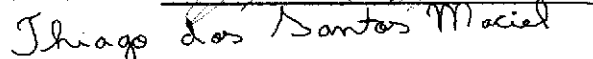
PROF. DR. ALESSANDRO CORREA MENDES



PROF. DR. RODRIGO ALVARO LOPES MARTINS – Univ. Brasil



PROF. DR. THIAGO DOS SANTOS MACIEL - UFAM



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Vieira

Diretora do IP&D – Univap

São José dos Campos, 13 de dezembro 2021.

---

## DECLARAÇÃO

Declaramos que o aluno **Daniel Vilela Nogueira**, matrícula nº01800029 regularmente matriculado no Curso de Doutorado em Engenharia Biomédica, efetuou todas as correções solicitadas pelos membros de sua Banca, no texto final da sua tese.

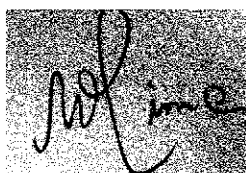
São José dos Campos, 08 de março 2022.

Presidente da Banca: \_\_\_\_\_



Prof.ª Dr.ª Fernanda Pupio Silva Lima

Orientador: \_\_\_\_\_



Prof. Dr. Mário Oliveira Lima

## RESUMO

As lesões ligamentares de joelho vêm sendo amplamente discutidas nos últimos anos, impulsionado pelo elevado número de casos na prática esportiva. O objetivo desse estudo foi comparar o desempenho muscular de atletas que participaram de um programa de reabilitação após reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), por meio de um software desenvolvido para avaliar parâmetros como pico de torque, trabalho total e potência muscular. Foram avaliados 59 atletas amadores, de ambos os gêneros, submetidos a reconstrução do LCA com enxerto do grupo muscular flexor, com 6 meses de reabilitação iniciada imediatamente a cirurgia. O protocolo de avaliação foi constituído por 5 contrações isocinéticas concêntricas com velocidade constante de 60°/s para flexão e extensão do joelho realizadas no dinamômetro isocinético. Os dados obtidos foram analisados por meio do software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética®, desenvolvido para a realização desse estudo, com o objetivo de comparar a performance entre o lado operado e o não operado. Os resultados obtidos permitiram observar uma diferença significativa no pico torque, trabalho total e potência máxima ( $p < 0,05$ ), muscular entre os lados, para o grupo muscular extensor do joelho. O grupo muscular flexor não apresentou diferença significativa das mesmas variáveis entre os lados. O software desenvolvido em linguagem C /Matlab permitiu melhor visualização, interpretação e análise da performance muscular, oferecendo resultados consistentes para todos os atletas avaliados, de forma simultânea. Os resultados indicam que os 6 meses de reabilitação não foram suficientes para promover simetria de força entre os lados para o grupo muscular extensor do joelho, indicando um risco de retorno ao esporte nesta fase do tratamento. Espera-se que os resultados possam contribuir para facilitar a análise de dados coletados no dinamômetro isocinético, elucidando a relação entre a performance muscular e o tempo do pós-cirúrgico criando assim parâmetros mais seguros para retorno ao esporte.

Palavras-chave: ligamento cruzado anterior; pós-cirúrgico; retorno ao esporte; dinamometria isocinética; software de análise de dados.

# **Analysis of muscle performance in athletes undergoing anterior cruciate ligament reconstruction after a rehabilitation program**

## **ABSTRACT**

Knee ligament injuries have been widely discussed in recent years, driven by the high number of cases in sports practice. The aim of this study was to compare the muscle performance of athletes who participated in a rehabilitation program after reconstruction of the anterior cruciate ligament (ACL), using a software developed to assess parameters such as peak torque, total work and muscle power. A total of 59 amateur athletes, of both genders, who underwent ACL reconstruction with a graft from the flexor muscle group, with 6 months of rehabilitation started immediately after surgery, were evaluated. The evaluation protocol consisted of 5 concentric isokinetic contractions with a constant velocity of 60°/s for knee flexion and extension performed using an isokinetic dynamometer. The data obtained were analyzed using the Muscle Performance Analysis in Isokinetic Dynamometry® software, developed for this study, with the objective of comparing the performance between the operated and the non-operated side. The results obtained allowed to observe a significant difference in peak torque, total work and maximum power ( $p < 0.05$ ) between the sides, for the knee extensor muscle group. The flexor muscle group did not present a significant difference of the same variables between the sides. The software developed in C/Matlab language allowed better visualization, interpretation and analysis of muscle performance, offering consistent results for all evaluated athletes, simultaneously. The results indicate that the 6 months of rehabilitation were not enough to promote symmetry of strength between the sides for the knee extensor muscle group, indicating a risk of returning to sport at this stage of treatment. It is expected that the results may contribute to facilitate the analysis of data collected in the isokinetic dynamometer, elucidating the relationship between muscle performance and post-surgery time, thus creating safer parameters for returning to sport.

**Keywords:** anterior cruciate ligament; post-surgical; return to sport; isokinetic dynamometer; data analysis software.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Esquema mecânico dos eixos rotacionais do joelho .....  | 15 |
| Figura 2 – Representação esquemática do Ligamento Cruzado Anterior com as bandas Antero Medial e pósterolateral durante a extensão e flexão do joelho..... | 17 |
| Figura 3 - Fluxograma de Análise do Sinal por meio do Software Análise da Performance Muscular® desenvolvido e rodado em ambiente MatLab. ..               | 28 |
| Figura 4 - Tela inicial do Software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® desenvolvida no programa Matlab.....                      | 36 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 – Resultados do torque muscular (Nxm) e o ângulo em graus em relação ao tempo para lado investigado (6 meses de PO para reconstrução do LCA) e o lado não operado. ....       | 31 |
| Gráfico 2 - Resultados da comparação entre o pico de torque extensor no lado lesionado e não lesionado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) ..... | 32 |
| Gráfico 3 - Resultados da comparação entre o pico de torque flexor sem lesão e lado investigado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) .....        | 32 |
| Gráfico 4 - Resultados da comparação entre o trabalho total extensor no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) .....      | 33 |
| Gráfico 5 - Resultados da comparação entre a potência máxima extensora no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) .....    | 33 |
| Gráfico 6 - Resultados da comparação entre trabalho total flexor no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) .....          | 34 |
| Gráfico 7 - Resultados da comparação entre a potência máxima flexora no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%) .....      | 34 |
| Gráfico 8 - Dados brutos e filtrados, dos movimentos de flexão e extensão do joelho de um dos voluntários avaliados a 60°/s. ....   | 35 |
| Gráfico 9 - Torque muscular extensor do joelho em relação ao tempo para um dos voluntários avaliados após 6 meses de reabilitação do Ligamento Cruzado Anterior .....                   | 36 |
| Gráfico 10 - Torque muscular extensor e flexor do joelho nas 5 repetições do lado com a cirurgia.....   | 38 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Perfil da amostra, dividido por gênero, lateralidade e lado da cirurgia .....                    | 30 |
| Tabela 2 - Resultados dos picos de torque para o movimento de Extensão de um dos voluntários avaliados..... | 37 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>3 OBJETIVO</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>3.1 Objetivo Geral</b> .....   | <b>14</b> |
| <b>3.2 Objetivos Específicos</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....  | <b>15</b> |
| <b>4.1 Anatomia e Biomecânica do Complexo do Joelho</b> .....   | <b>15</b> |
| <b>4.2 O Ligamento Cruzado Anterior (LCA)</b> .....   | <b>17</b> |
| <b>4.3 Lesão Parcial do LCA: Diagnóstico e Tratamento</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>4.4 Tempo de Reabilitação e Retorno ao Esporte</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>4.5 Dinamometria Isocinética na Análise da Performance Muscular Após Reabilitação em PO para Reconstrução do LCA</b> ..... | <b>21</b> |
| <b>5 MATERIAS E MÉTODOS</b> .....   | <b>23</b> |
| <b>5.1 Amostra</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>5.2 Critérios de Inclusão</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>5.3 Critérios de Exclusão</b> .....  | <b>23</b> |
| <b>5.4 Local de Estudo</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>5.5 Aspectos Éticos do Estudo</b> .....  | <b>24</b> |
| <b>5.6 Procedimentos</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>5.6.1 Interpretação e Análise dos Dados</b> .....  | <b>25</b> |
| <b>6 RESULTADOS</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>7 DISCUSSÃO</b> .....  | <b>39</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | <b>43</b> |
| <b>ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMEMITÉ DE ÉTICA E PESQUISA</b> .....  | <b>48</b> |
| <b>ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO ENVIADO VIA GOOGLE FORMS</b> ....   | <b>51</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ANEXO C - TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS (TCUD).</b> | <b>53</b> |
| <b>ANEXO D - REGISTRO SOFTWARE .....</b>                             | <b>54</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O complexo articular do joelho é formado por articulações entre o fêmur, tíbia, patela e fíbula (KAPANDJI, 2000). Suas lesões ligamentares vêm sendo discutidas com alta frequência nos últimos anos impulsionados, principalmente, por elevado número de casos na prática esportiva. Devido à sua estrutura anatômica, o joelho é uma das articulações mais frequentemente lesionadas, isso ocorre por ser desprovida de tecido adiposo e muscular e pelas demandas funcionais a que está sujeita (HOPPENFELD; 2001).

O joelho é considerado uma articulação gínglima, ou seja, que permite movimentos principalmente de flexão e extensão, porém é mais complexa, pois além desses movimentos também possui componentes rotacionais em relação ao eixo longitudinal da perna (CAMPBELL;1996).

A estrutura ligamentar do joelho com maior incidência de lesão é a do Ligamento Cruzado Anterior (LCA), que acomete, em sua grande maioria, atletas de desportos de contato e que exijam grande velocidade com quebras expressivas de direção resultando em movimentos rotacionais do joelho (ASTUR *et al.* 2016).

Esta lesão proporciona maior instabilidade da articulação, sendo um fator que limita o atleta a exercer movimentos essenciais para a prática da atividade esportiva, como por exemplo, mudança de direção, corrida e chutes. Essas tarefas proporcionam um esforço da articulação para manter-se estável (DA SILVA *et al.* 2019). Na maioria das vezes, em casos de ruptura completa, será necessária intervenção cirúrgica para a reconstrução do LCA.

Para isso existem protocolos para tratamento pós-operatório, servindo de guia para os profissionais da área durante o tratamento. De acordo com Cosmo *et al.* (2005), rupturas do ligamento cruzado anterior também são comuns e responsáveis por uma grande quantidade de tempo perdido no esporte. Para total recuperação e retorno desses indivíduos, atletas ou não, às suas condições prévias à lesão segue-se o tratamento fisioterapêutico.

Um estudo de Shelbourne e Nitz (1992) comparou os protocolos convencionais e acelerados de tratamento do LCA, depois de 2 anos ambos obtiveram o mesmo

resultado, porém o grupo submetido ao protocolo acelerado obteve a extensão de joelho mais rapidamente, o que contribuiu para uma redução da necessidade de uma nova intervenção cirúrgica. As dores anteriores de joelho também foram reduzidas no grupo do protocolo acelerado, visto que utilizaram exercícios de cadeia cinética fechada mais precocemente o que aumentou a estabilidade subjetiva, recuperando mais rapidamente a força muscular do quadríceps femoral.

A vantagem do ganho rápido de extensão de joelho é reforçada pelo estudo de Cosmo *et al.* (2005), “Entre os problemas secundários estão o edema, a dor anterior do joelho, a tensão da cápsula, entre outras, fazendo com que o paciente venha a adotar uma postura de proteção e, assim, mantendo o joelho lesionado em semiflexão. Essa postura adotada leva ao encurtamento dos tecidos moles posteriores da coxa, em especial da cápsula posterior, sendo essa é uma complicação indesejada, principalmente pela dificuldade do ganho de extensão plena do joelho quando tal padrão é instalado. A não extensão completa do joelho resultará em inadequada biomecânica e função articular e, por fim, o comprometimento da marcha e o prejuízo ao retorno da atividade esportiva do paciente.”

Pelo estudo de Gali, Adad e Mod (2005) as causas de uma lesão recidiva dependem de certos fatores, bem como o tempo de sua ocorrência. Lesões recorrente (de seis a nove meses de pós-operatório) geralmente resultam de técnica cirúrgica pobre, falha de incorporação do enxerto ou possível reabilitação agressiva, enquanto falhas ocorrendo mais tarde (mais de um ano depois da cirurgia) geralmente são decorrentes de novo trauma (GALI; ADAD; MOD, 2005).

Sendo assim, o estudo propõe analisar parâmetros físicos funcionais de pacientes submetidos a reconstrução do LCA com 6 meses de pós-operatório e estabelecer critérios para o retorno ou não ao esporte. Estudos anteriores chegaram a propor de 4 a 6 meses de reabilitação acelerada (THIELE *et al.*, 2009). No entanto, acredita-se que nesta fase, na maioria das vezes, o paciente pode não ter força e performance muscular suficientes, o que poderá comprometer funcionalmente a articulação e gerar intercorrências severas no pós-cirúrgico. Espera-se que os dados obtidos possam contribuir para o processo de reabilitação dos pacientes, minimizando índices de lesões recidivas, dor residual e ou danos estruturais permanentes. Além disso o estudo poderá oferecer uma ferramenta consistente que permitirá um melhor

entendimento dos dados quantitativos obtidos por meio da dinamometria isocinética, gerando maior facilidade no reconhecimento de fenômenos relevantes e comparação da performance muscular de uma forma simples e prática.

## 2 JUSTIFICATIVA

Não há consenso na literatura sobre o tempo necessário e critérios bem definidos que relacionem força e desempenho para o retorno ao esporte de paciente no tratamento do pós-operatório pós lesão ligamento cruzado anterior com 6 meses de reabilitação. Desta forma o estudo pretende comparar a força e o desempenho muscular entre o lado lesionado e não lesionado após o 6 mês de pós-operatório para reconstrução do LCA. Muitos protocolos, ditos acelerados, procuram ser agressivos e propor um retorno precoce podendo acontecer entre 4 e 6 meses de reabilitação. No entanto, é necessário discutir que a maioria desses pacientes podem não apresentar força muscular suficientes que poderiam proteger o enxerto e evitar novas lesões.

Embora o dinamômetro isocinético seja um recurso padrão ouro para análise da performance muscular (BURGI *et al.*, 2019) é necessário o uso de ferramentas e aplicativos que possam facilitar a visualização e interpretação dos dados permitindo uma comparação mais prática e consistente dos dados de performance muscular. As informações de força (torque), trabalho total, potência, analisadas de forma pragmática por meio de um software desenvolvido especificamente para isso, poderá ser útil na tomada de decisão clínica para o retorno mais seguro ao esporte, devendo o paciente apresentar-se apto ou não a progredir para fases mais avançadas na reabilitação e/ou a retomar as atividades esportivas.

### **3 OBJETIVO**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Comparar o desempenho muscular de atletas amadores, submetidos a reconstrução do ligamento cruzado anterior, após 6 meses de reabilitação, por meio de um software desenvolvido para avaliar o pico de torque, trabalho total e potência média no dinamômetro isocinético.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

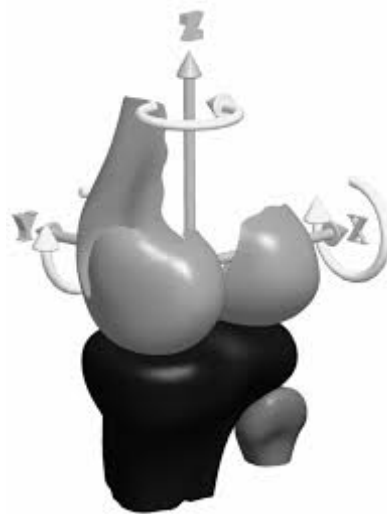
- ✓ Desenvolver um software que possa facilitar o entendimento dos dados da série temporal oferecida pelo equipamento Biodex System 3;
- ✓ Comparar o pico de torque, trabalho total e potência máxima entre o lado operado com o lado não operado após reabilitação;

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Anatomia e Biomecânica do Complexo do Joelho

O joelho é uma articulação sinovial, formada pela união da porção distal do fêmur, região proximal da tíbia e a patela. Essas estruturas ósseas formam duas articulações distintas, a femoropatelar e a tibiofemoral (STEFANUTTO *et al.*, 2011). De acordo com Mata (2009), “o joelho humano é um sistema articulado com 6 graus de liberdade (6 DOF – degrees-of-freedom), permitindo movimentos combinados e independentes de rotação e translação, sendo a flexão/extensão o principal movimento (rotação em torno do eixo x). Os demais graus de liberdade são as translações superior/inferior (translação ao longo do eixo z), medial/lateral (translação ao longo do eixo x) e anterior/posterior (translação ao longo do eixo y) e as rotações interna/externa (rotação em torno do eixo z) e abdução/adução (rotação em torno do eixo y).”

Figura 1 – Esquema mecânico dos eixos rotacionais do joelho



Fonte: adaptado de Mata (2009)

A estabilização articular ativa é uma característica que permite ao joelho desempenhar essas funções e responder às demandas que lhe são impostas, a estabilidade articular dinâmica se dá pela capacidade de um corpo de resistir a um estresse ou recuperar o posicionamento após uma interferência e a estabilização ativa do joelho está relacionada com a ação do quadril em controlar os movimentos da pelve e fêmur, para

que, distalmente, no joelho, os movimentos aconteçam de forma a prevenir lesões que podem estar associadas ao desalinhamento articular dinâmico. A ação da musculatura glútea está relacionada a resistir os momentos de flexão (glúteo máximo) e de adução (glúteo médio e mínimo) no joelho durante as atividades de absorção de impacto e apresenta o potencial de impedir o valgo dinâmico no joelho (MORAIS; FARIA, 2017).

Dentre os mecanismos de estabilização passivos temos os ligamentos, que são tecidos conjuntivos fibrosos que conectam osso com osso, eles têm como função oferecer estabilidade para a articulação e, em conjunto com os ossos, limitar ou liberar o movimento dos membros (CHATRENET; KERKOUR, 2002).

O joelho possui 4 ligamentos importantes, são eles: Ligamento cruzado anterior (LCA) que se liga anteriormente a tibia e tem função de limitar que a perna se mova para frente do joelho ou gire para a lateral do corpo; Ligamento cruzado posterior (LCP) se liga posteriormente a tibia e limita movimentos da perna para trás do joelho; Ligamento colateral medial (LCM) e ligamento colateral lateral (LCL) que evitam que o joelho flexione para as laterais e seu equilíbrio evita o joelho varo e valgo (WALKER, 2011).

O LCA mantém de forma unida o joelho a partir da porção anterior. Para entender o seu mecanismo de ação é necessário compreender como ele atua durante os movimentos da articulação. Um estudo com integrantes que possuíam o ligamento saudável foi realizado para observar o comportamento do LCA, observou-se que atividades que recrutam os músculos isquiotibiais de forma isométrica não causam tensão no ligamento independentemente da posição do joelho (BEYNNON *et al.*, 2002).

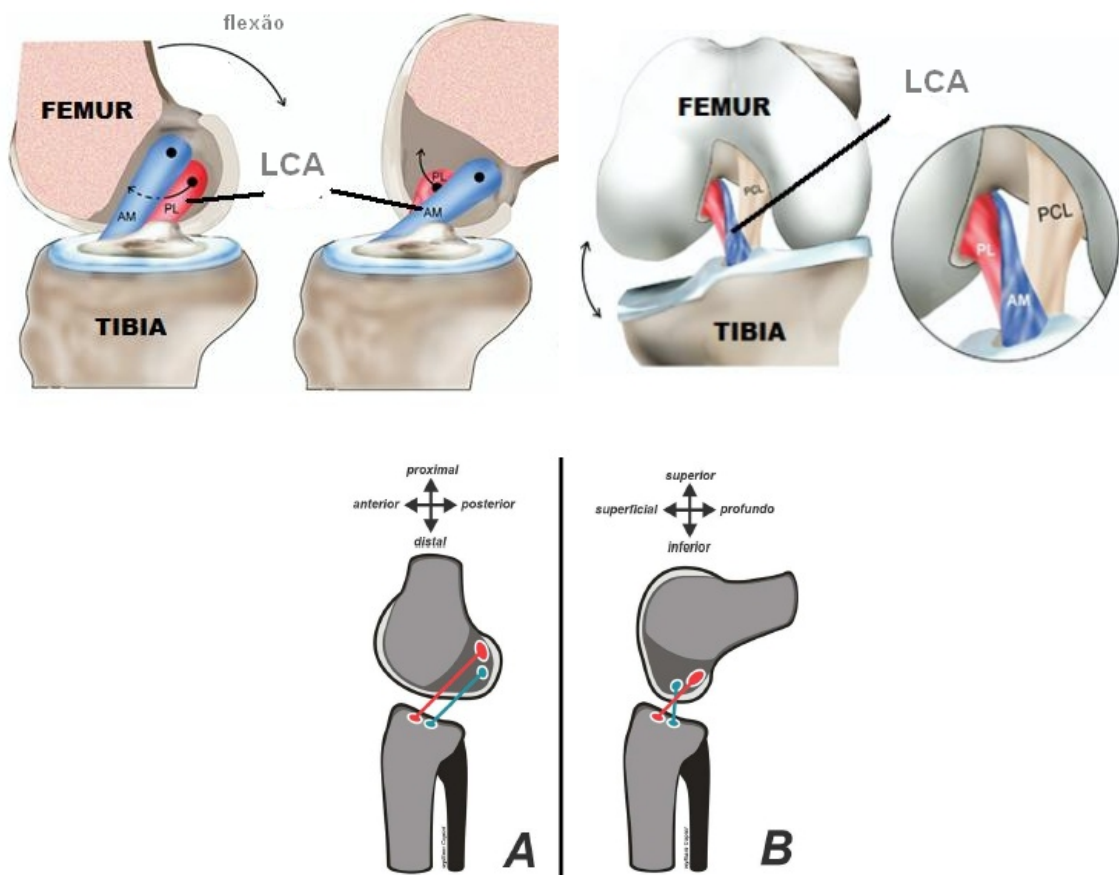
Durante os exercícios que desempenham papel quadríceps isométrico em torno de 50° graus e isotônico em torno de 60° graus de flexão foi observado um maior tensionamento do LCA. Para tanto, admitiu-se que há maior exigência do ligamento em exercícios realizados em cadeia cinética aberta, favorável a tal admissão observou-se que exercícios realizados cadeia cinética fechada, ou seja, suportando uma carga externa durante um agachamento somatizando com o peso corporal, não proporcionam um tensionamento significativo no ligamento (BEYNNON *et al.*, 2002).

## 4.2 O Ligamento Cruzado Anterior (LCA)

O LCA é um dos principais ligamentos que une o fêmur à tíbia, não permitindo que esta deslize anteriormente em relação ao fêmur e proporcionando estabilidade rotacional ao joelho. Em caso de desgaste ou lesões deste ligamento, essa relação torna-se comprometida, causando dor, fraqueza ou perda de função (PINHEIRO; SOUSA; 2015).

O LCA é descrito como possuindo duas bandas com importância anatômica e funcional: anteromedial (AM), posterolateral (PL), segundo Steven-Filho *et al.* 2011. As bandas do LCA são constituídas de fibras de colágeno, multifasciculares e paralelas, estão em diferentes graus de tensão conforme o grau de flexão do joelho (BARBALHO *et al.* 2015).

Figura 2 – Representação esquemática do Ligamento Cruzado Anterior com as bandas Antero Medial e pótero lateral durante a extensão e flexão do joelho



Fonte: Adaptado de Barbalho *et al.* (2015).

Segundo Moutinho (2007) o LCA contém inúmeros mecanorreceptores, cuja função é manter o sistema nervoso central informado da posição da articulação, angulação, deslocamento, velocidade do deslocamento, além de deformações que possam resultar em lesão.

Esse ligamento é geralmente lesionado em esportes em que há muitas mudanças de direção e possibilidades de impacto. O mecanismo mais comum para essa lesão é a rotação interna do joelho com o pé fixo em contato com solo. A dor aguda no momento da lesão acompanhada por aumento de volume na articulação pode ser sinal de laceração do LCA (WALKER, 2011).

### **4.3 Lesão Parcial do LCA: Diagnóstico e Tratamento**

As lesões ligamentares do joelho são comuns em atletas e podem ser classificadas como: Primeiro grau: ligamento estirado, mas pouca ou nenhuma ruptura; Segundo grau: ruptura parcial de ligamento com lassidão articular; Terceiro grau: ruptura total de ligamento; articulação instável. A lesão do ligamento colateral tibial também pode envolver a ruptura do menisco medial, porque o menisco é fixado ao ligamento (HANSEN, LAMBERT; OPPIDO, 2007).

Atualmente, os estudos da anatomia humana e da biodinâmica nos permitem um melhor entendimento sobre o assunto, porém, mesmo que o rompimento completo do LCA possa ser diagnosticado pelo exame clínico, muitas vezes isso não ocorre quando o rompimento é apenas parcial, portanto, se dá pela somatória dos achados clínicos, exames de imagem e quando necessário, achados artroscópicos. Na lesão parcial do LCA é fundamental a avaliação da competência e da funcionalidade das fibras remanescentes na estabilização do joelho (TEMPONI *et al.*, 2015).

O tratamento deve ser adequado às necessidades do paciente de acordo com suas individualidades, pacientes com baixa demanda física não tendem a piorar o estado da lesão e ajudam a proporcionar um tratamento com baixo risco, podendo ser tratado de forma conservadora, já pacientes de alto risco, que possuem maiores demandas físicas e instabilidade comprovada requerem maior atenção podendo ser necessária a reconstrução cirúrgica. Assim, o doente e o médico podem optar por um tratamento cirúrgico ou não cirúrgico/conservador, dependendo de vários fatores como: idade,

extensão das lesões associadas, a disponibilidade para realizar um programa de reabilitação e o estilo de vida do paciente (PINHEIRO; SOUSA, 2015).

O tratamento conservador inclui imobilização enquanto sintomático e, após a fase aguda, estímulo à movimentação completa e apoio progressivo. Os princípios da reabilitação para pacientes com lesão parcial são os mesmos usados para pacientes com lesão completa. Consistem em exercícios de alongamento e fortalecimento muscular, treino cardiovascular, proprioceptivo e adaptativo. O tratamento conservador, quando bem indicado, tem bons resultados, com mínima redução no nível de atividade e sem prejuízo da estabilidade (TEMPONI *et al.*, 2015).

Já a cirurgia de reconstrução em lesões parciais pode ser justificada pela possibilidade de evolução para uma lesão completa e uma lesão degenerativa. A história natural do LCA tratado sem cirurgia tende a ser positiva, especialmente se os pacientes limitam as atividades esportivas. Quanto maior a instabilidade funcional, mais frequente será a dor residual. (PUJOL *et al.*, 2012). A escolha do melhor enxerto para a reconstrução do LCA é assunto de discussão. O enxerto do terço central do ligamento da patela foi amplamente usado nas décadas de 1980 e 1990. No fim dos anos 1990, o uso dos tendões flexores, semitendíneo e grácil passou a ser feito com maior frequência (BITUN *et al.*, 2015).

Foi evidenciado que se tratando do processo de reabilitação da reconstrução do LCA, exercícios de cadeia cinética fechada (CCF) se sobressaem em relação aos exercícios realizados em cadeia cinética aberta (CCA). Observou-se que os exercícios em CCF obtêm um maior ganho da amplitude de movimento da articulação bem como uma maior demanda muscular acarretando no fortalecimento e um retorno no esporte e para as atividades habituais mais rapidamente (UÇAR *et al.*, 2014).

Segundo Young *et al.* (2016) usou dez pacientes com reconstrução prévia do LCA apresentando-se para cirurgia de revisão do LCA ou artroscopia do joelho por outros motivos e foram incluídos em um estudo comparativo e prospectivo. Cinco pacientes tinham um LCA prévio de autoenxerto e cinco pacientes tinham um aloenxerto. As biópsias, a partir de enxertos intactos ou rompidos, foram realizadas em locais idênticos o mais próximo possível das inserções femorais e tibiais. As amostras foram coradas com hematoxilina-eosina (H-E) e anticorpos monoclonais contra a proteína do neurofilamento (NFP), conhecida por estar presente no tecido mecanorreceptor.

Foi realizado exame imuno-histoquímico, e o número de análogos de tecido neural de NFP + foi contado e comparado com o de tecido do LCA nativo. O tempo médio entre o enxerto original e a biópsia foi de 6,9 anos (variação de 0,5 a 15 anos). O exame histológico mostrou uma concentração reduzida de análogos neurais de NFP + em enxertos do LCA em comparação com o tecido do LCA nativo. Esse déficit existe independentemente de o aloenxerto ou o autoenxerto ser usado. Esses achados podem explicar os déficits proprioceptivos contínuos observados clinicamente após a reconstrução do LCA. Estes e outros déficits observados no pós cirúrgicos certamente podem contribuir para o tempo de reabilitação e retorno ao esporte.

#### **4.4 Tempo de Reabilitação e Retorno ao Esporte**

A reconstrução do LCA é indicada principalmente para aqueles indivíduos que antes praticam esportes que envolvem habilidades de cortes, saltos e pivôs. Após a reconstrução do LCA um dos objetivos do tratamento é proporcionar um retorno seguro ao esporte praticado antes da lesão. Muller *et al.* (2021) em seu estudo definiu o retorno ao esporte como: retornar ao mesmo tipo ou com maior exigência de participação esportiva, com o mesmo ou maiores valores de frequência e escore de atividade pré-lesão. Assim Muller *et al.* (2021) descreveu 5 fatores que podem interferir no retorno, dessa forma, indivíduos mais jovens, atletas competitivos, aqueles que realizaram cirurgia mais cedo possível, pacientes que possuem um bom estado da cartilagem tibiofemoral, bem como, aqueles joelhos sem histórico de cirurgia de cartilagem juntamente da reconstrução do LCA costumam retornar com mais frequência ao esporte (MULLER *et al.*, 2021).

A lesão recidiva após a reconstrução ligamento cruzado anterior (LCA) é um desafio que está presente no retorno ao esporte. Observa-se que o risco da recidiva aumenta conforme o indivíduo for mais jovem e quanto maior o nível de atividade que pratica (BEISCHER *et al.*, 2018). Cerca de 83% dos atletas de elite retornam ao esporte, em um prazo de 6 a 13 meses, sendo que 5,2% rompem o enxerto. (LAI *et al.*, 2018). Wiggins demonstrou que 25% dos jovens de 25 anos ou menos sofrem a segunda lesão do LCA quando retornam para a prática de esportes de risco. Após 2 anos da reconstrução do LCA, participantes de esportes de que realizam cortes, giros ou salto, aproximadamente 30% sofrem uma nova lesão (GRINDEM *et al.*, 2016).

Pacientes que retornam antes dos 9 meses após a reconstrução do LCA possuem sete vezes mais riscos de sofrerem uma segunda lesão. (BEISCHER *et al.*, 2020). Em contrapartida, aqueles obtiveram simetria do músculo quadríceps e adiaram por no mínimo 9 meses, reduziram em 84% a chance de nova lesão. A cada 1 mês que o retorno ao esporte é adiado a chance de recidiva reduz 51% até o 9º mês. (GRINDEM *et al.*, 2016). Uma revisão de escopo mostrou que nos anos de 1986 a 1989 o tempo era o único critério para que o atleta retornasse a prática esportiva. A partir de 1990 o tempo representou cerca de 50% do conjunto de critérios para o retorno do atleta ao esporte. O aumento de carga durante a reabilitação deve respeitar os fatores biológico como a cicatrização do enxerto e a função neuromuscular do paciente, agregar um prazo de 9 meses com testes funcionais, atividades, participação e o contexto do indivíduo é de suma importância para que se tenha um retorno com menos risco de recidiva (BURGI *et al.*, 2019).

#### **4.5 Dinamometria Isocinética na Análise da Performance Muscular Após Reabilitação em PO para Reconstrução do LCA**

O dinamômetro isocinético é um equipamento que mensura o torque muscular resultante e suas variáveis, por meio de uma resistência variada oferecida por velocidade controlada. A dinamometria isocinética vem sendo amplamente utilizada para avaliação da performance muscular desde a década de 1990 (DVIR, 1995) e o conhecimento produzido pelos centros de pesquisa foi significativo ao longo do tempo. Os testes iniciais de confiabilidade e reprodutibilidade dos testes isocinéticos se deram por meio da avaliação do joelho (GUARATINI, 1999) e esta continua sendo a articulação mais comumente avaliada com o uso do equipamento. Sabe-se, por exemplo, que em contrações isocinéticas o torque muscular pode ser alterado por influência da velocidade fixada. Em velocidades menores, para contrações concêntricas, o torque muscular aumenta, enquanto que em velocidades maiores, o torque muscular diminui. Para as contrações isocinéticas excêntricas o torque aumenta com o aumento da velocidade. Com os testes iniciais foi possível observar que a maioria dos indivíduos podem possuir naturalmente uma simetria de força que varia entre 85% e 100% com relação ao lado contralateral (DVIR, 1995). Em atletas onde a demanda do sistema musculo esquelético é maior, as assimetrias maiores do

que 10% são consideradas significativas e necessitam serem corrigidas para minimizar o risco de lesões (MEREDITH *et al.*, 2020). A relação de força agonista e antagonista constitui outra variável que pode predispor às lesões do sistema músculo esquelético. Para o joelho, o torque muscular resultante do grupo muscular flexor, deve atingir de 60% a 70% do grupo muscular extensor (KYRITSIS *et al.*, 2016). Sendo assim a avaliação de força do quadríceps e dos isquiotibiais devem fazer parte da no exame físico para o retorno ao esporte em pacientes que passaram por reabilitação do joelho em pós operatório para reconstrução do LCA. O teste de performance muscular com maior confiabilidade e reprodutibilidade se dá por meio da dinamometria isocinética (MEREDITH *et al.*, 2020; KYRITSIS *et al.*, 2016). Foi observado que maior força do quadríceps e baixo derrame articular foram associados a um bom retorno ao esporte. Além disso, a cada 1% de simetria do quadríceps diminui-se 3% de uma nova lesão no joelho (MEREDITH *et al.*, 2020). Embora diversos estudos tenham utilizado a performance muscular avaliadas por meio de dinamometria isocinética um dos critérios para o retorno ao esporte, estes não citam na metodologia a análise dos dados obtidos pelo equipamento. Sendo assim, esses estudos, provavelmente, utilizaram os dados isolados de pico de torque, trabalho total e potência oferecidos por meio do software do próprio isocinético. No entanto, este software não permite a visualização, interpretação e análise minuciosa de cada contração. Muitas vezes alguns fenômenos biológicos aparecem nos detalhes de cada contração. Além disso, o software do próprio equipamento permite somente análise individual intra e inter-indivíduos não permitindo uma análise comparativa de um grande grupo de indivíduos. Nota-se, portanto, para uma investigação mais consistente, a necessidade de exportar os dados obtidos da série temporal e utilizar um software específico para analisar e interpretar estes sinais.

## **5 MATERIAS E MÉTODOS**

### **5.1 Amostra**

Amostra intencional, não probabilística ou de conveniência a partir da avaliação de 111 participantes de ambos os gêneros com altura média de  $1,70\text{m} \pm 0,09$  e peso médio de  $70,9\text{Kg} \pm 0,09$ . O número reflete os exames realizados no laboratório de biodinâmica alocado na Universidade do Vale do Paraíba. Foi realizado um levantamento de dados obtidos em prontuários de pacientes com 6 meses de reabilitação no pós-operatório para reconstrução do LCA avaliados entre o ano de 2016 e 2020. Todos os pacientes passaram pelo mesmo procedimento cirúrgico (artroscopia para reconstrução do LCA com enxerto autógeno retirado do tendão dos flexores do joelho) e iniciaram o tratamento fisioterapêutico no pós operatório imediato em clínicas especializadas em fisioterapia ortopédica que perduraram até a data do teste com 6 meses de reabilitação. Dos pacientes avaliados, somente 59 responderam o questionário autorizando o uso do prontuário para fins de pesquisa. O restante não respondeu ao questionário, sendo, portanto, excluídos da amostra.

### **5.2 Critérios de Inclusão**

Os participantes foram atletas amadores (sem restrição de modalidade esportiva) de ambos os gêneros e estavam em uma faixa etária entre 18 e 45 anos, tendo passado por processo cirúrgico para reconstrução do ligamento cruzado anterior sem outras lesões associadas no joelho. O período de pós cirúrgico foi de 6 meses e todos os participantes foram encaminhados com diagnóstico médico de pós-operatório para reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto extraído grupo muscular flexor do joelho.

### **5.3 Critérios de Exclusão**

Foram excluídos do estudo pacientes que tiveram lesões associadas nos membros inferiores em um período mínimo de 12 meses, pacientes portadores de prótese do joelho ou amputados e indivíduos que estavam realizando algum tipo de tratamento

de patologias neurológicas e cardiopulmonares. Foram excluídos ainda, os pacientes que passaram por coletas em anos anteriores (à partir de 2016) que por qualquer motivo não responderem ao formulário (google forms) de consentimento para a utilização dos dados do dinamômetro isocinético (força, potência e resistência muscular) ou não autorizaram o acesso a esses dados.

#### **5.4 Local de Estudo**

O estudo foi realizado nos Laboratórios de Reabilitação Ortopédica e Biodinâmica bloco 07 pertencentes à Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP) situada na Rua Shishima Hifumi nº 2911, no município de São José dos Campos, SP.

#### **5.5 Aspectos Éticos do Estudo**

O presente protocolo de pesquisa foi submetido à análise do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) através da Plataforma Brasil e teve o parecer substanciado aprovado sob o número 4.396.269 (Anexo A)

Este estudo foi conduzido de acordo com a resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Os pacientes foram avaliados para fins clínicos, ao serem admitidos no setor de fisioterapia ortopédica, foram esclarecidos e orientados sobre o procedimento, assinando o termo de consentimento para eventual uso de dados, mantendo-os anônimos. Estes voluntários receberam um formulário livre e esclarecido (google forms) ( <https://forms.gle/dSHDz9DxvH6kVeUH9> ), via e-mail e/ou mensagem via aplicativo whatsapp, para efeito de consentimento na utilização dos dados coletados em anos anteriores (a partir de 2016) no dinamômetro isocinético (força, potência e resistência muscular). (Anexo B). Por se tratar de pesquisa que coletam informações em banco de dados do equipamento de dinamometria isocinética, optou-se por apresentar ao CEP um termo de compromisso de utilização de dados (TCUD) (Anexo C). Foi vedado o acesso aos dados de qualquer pessoa cujo nome e assinatura não constavam no termo.

## 5.6 Procedimentos

Todos os voluntários foram avaliados utilizando o mesmo protocolo. Passaram por um aquecimento prévio com marcha a 6,0KM/h utilizando uma esteira rolante da marca Gaytway. Após aquecimentos os indivíduos foram posicionados sentados no dinamômetro isocinético da marca Biodex System 3 e seus acessórios para avaliação da articulação do joelho. Foram realizadas 5 contrações isocinéticas concêntricas com velocidade constante de 60°/s para flexão e extensão. Os dados obtidos foram analisados por meio do software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética®, com o objetivo de comparar a performance entre o lado operado e o não operado, comparação esta que poderá servir como um dos critérios de alta para indivíduos que realizaram reabilitação após a reconstrução do LCA.

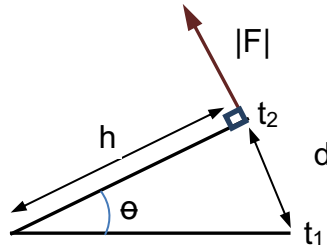
### 5.6.1 Interpretação e Análise dos Dados

A série temporal dos dados obtidos por meio das coletas no dinamômetro isocinético, de 59 pacientes em PO para reconstrução do LCA, no 6 (sexto) mês, foram exportados em arquivos .txt. O processamento dos dados, inicialmente se deu por meio da filtragem do sinal bruto. Foi utilizado um filtro de fase 0 Fir Filter (não há defasagem no tempo) passa baixa com “designMethod=equirple”. Foram então obtidos os 5 picos de torque para a velocidade de 60°/s, para as 5 tentativas em movimentos de flexão e extensão do joelho bilateralmente. Para o cálculo da potência máxima e trabalho total foi necessária a precisão de uma casa decimal do dinamômetro isocinético (que usualmente utiliza um arredondamento do ângulo sem casa decimal). Uma vez que a 60°/s, teríamos uma variação de 0,6 graus a cada 10 milissegundos (considerando a frequência de coleta do equipamento de 100Hz). Esse cálculo se fez necessário para garantir o deslocamento mais preciso na obtenção dos resultados.

A potência máxima, foi calculada por meio da área da curva do torque em relação ao deslocamento (trabalho), dividido pelo tempo até atingir o pico de torque, na máxima repetição (dentro das 5 repetições a 60°/s).

O trabalho total foi calculado pela somatória das áreas embaixo da curva obtida do torque em relação ao deslocamento angular para as velocidades de 60°/s.

As fórmulas utilizadas são baseadas nas teorias fundamentais da física mecânica onde, considerando o sistema de alavanca abaixo, são deduzidas as variáveis e as equações:



E também:

$T = |\text{Torque}| \text{ (N.m)};$

$F = |\text{Força}| \text{ (N)};$

$\tau = \text{Trabalho (J)};$

$h = \text{distância do centro de rotação ao ponto de carga (m)};$

$d = \text{deslocamento (m)};$

$\theta = \text{ângulo percorrido entre dois instantes de amostragem};$

$t_1 = \text{instante de amostragem 1 (s)};$

$t_2 = \text{instante de amostragem 2 (s)}.$

Temos:

$$T = F \cdot h \cdot \text{sen } 90 \quad (1)$$

$$\tau = F \cdot d \cdot \text{cos } 180 \quad (2)$$

$$d = \text{sen } \theta \cdot h \quad (3) \text{ (} h \gg d \text{)}$$

Então:

$$\tau = T/h \cdot \text{sen } \theta \cdot h$$

$$\tau = T \cdot \text{sen } \theta \quad (4)$$

A equação da potência máxima foi definida como o trabalho do movimento que atingiu o maior torque da série, dividido pelo tempo que durou este movimento.

Equação da Potência máxima  $P_{\max}$  (W):

$$P_{\max} = \sum_{t=ti}^{t=t_{\max}} ((T_t + T_{t+1})/2) \cdot \text{sen } (\theta_{t+1} - \theta_t) / (t_{\max} - t_i) \quad (4)$$

onde:  $t = \text{instante de cada amostragem};$

$t_i = \text{instante inicial do movimento que atinge o torque máximo};$

$t_{\max} = \text{instante em que o torque máximo foi atingido}.$

A equação do trabalho total é a soma do trabalho realizado durante toda a série de movimento.

Equação do trabalho total  $\tau_T$  (J):

$$\tau_T = \sum_{t=0}^n ((T_t + T_{t+1})/2) \cdot \text{sen}(\theta_{t+1} - \theta_t) \quad (5)$$

onde:  $t$  = instante de cada amostragem;  
 $n$  = último instante de amostragem da série.

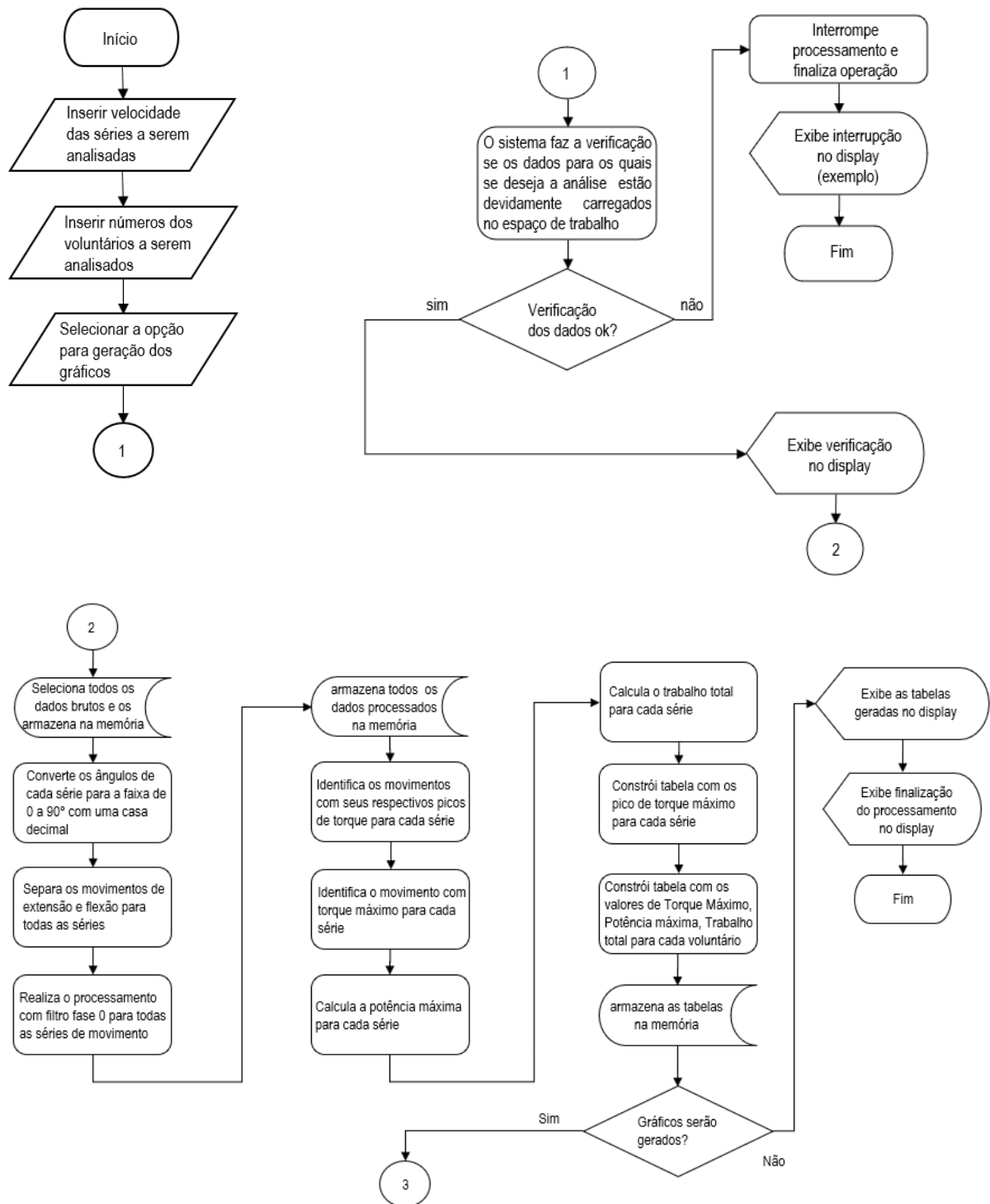
Sendo assim:

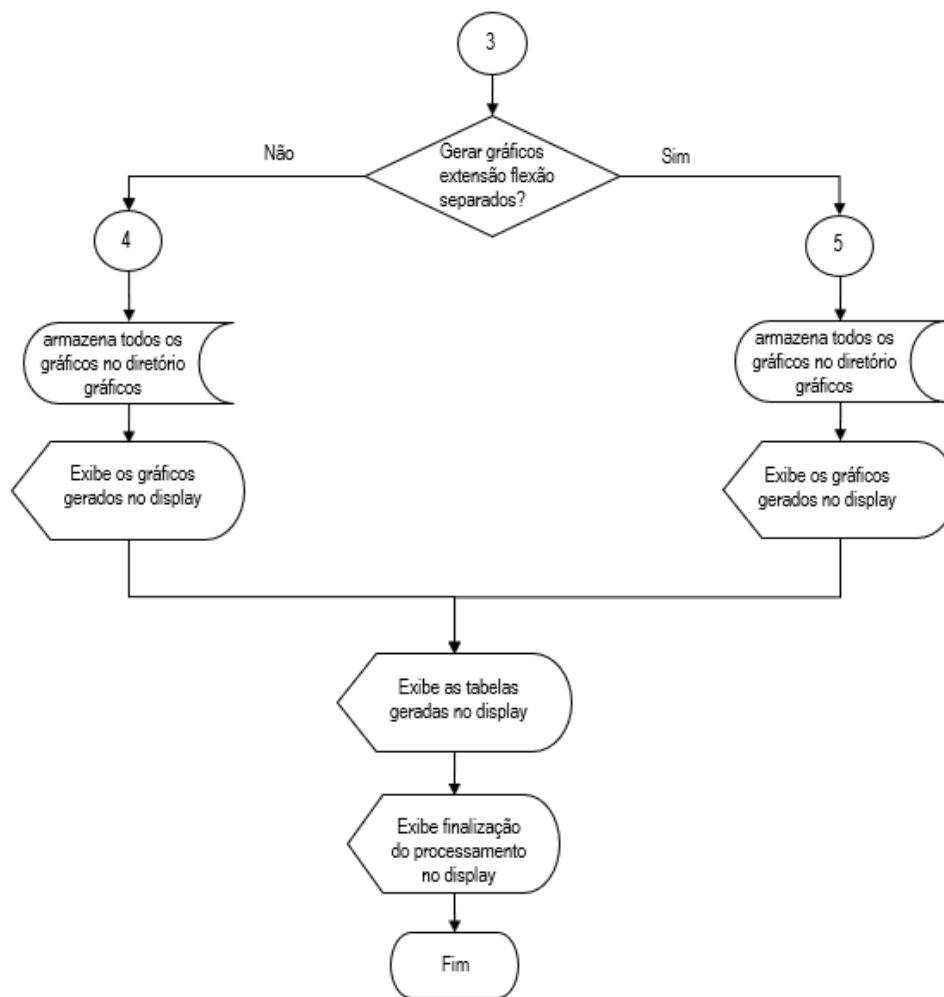
$$P_{\max} = \sum_{t=ti}^{t=t_{\max}} (((T_t + T_{t+1})/2) \cdot \text{sen}(\theta_{t+1} - \theta_t)) / (t_{\max} - ti)$$

$$\tau_T = \sum_{t=0}^n ((T_t + T_{t+1})/2) \cdot \text{sen}(\theta_{t+1} - \theta_t)$$

Abaixo, a figura 3 ilustra o fluxograma utilizado para análise dos dados por meio do Software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética®.

Figura 3 – Fluxograma de Análise do Sinal por meio do Software Análise da Performance Muscular<sup>®</sup> desenvolvido e rodado em ambiente MatLab.





Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores de pico de torque, trabalho total e potência máxima obtidos para os movimentos de flexão e extensão do lado lesionado e não lesionado foram comparados. Considerando que uma assimetria de força de até 10% é aceitável entre os lados para atletas, optou-se em reduzir 10% os valores das variáveis analisadas do lado não lesionado e comparar com o lado pós operado e reabilitado.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas com a utilização do Software Past 4.03 onde foi verificado a normalidade dos dados pelo teste Shapiro-Wilki e utilizado o teste t-student para amostras relacionadas. Foi adotado um nível de significância de 0,05.

## 6 RESULTADOS

Todos os pacientes avaliados concluíram o teste sem queixa de dor ou desconforto. Os voluntários foram de ambos os gêneros e passaram por cirurgia para reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto autógeno dos flexores do joelho. Passaram pela avaliação isocinética após 6 meses de recuperação física (fisioterapia) em diferentes clínicas na cidade de São José dos Campos. A tabela 1 apresenta o perfil da amostra com informações em números e porcentagem dividido por gênero, o lado de dominância e o lado que passou pelo processo cirúrgico.

Tabela 1 – Perfil da amostra, dividido por gênero, lateralidade e lado da cirurgia

|                    | Sexo           |          | Lateralidades |         | Lado da Cirurgia |          |
|--------------------|----------------|----------|---------------|---------|------------------|----------|
|                    | Masculino      | Feminino | Destro        | Canhoto | Direito          | Esquerdo |
| <b>Números</b>     | 46             | 13       | 53            | 6       | 31               | 28       |
| <b>Porcentagem</b> | 78%            | 22%      | 89.8%         | 10.2%   | 52.5%            | 47.5%    |
| <b>Total</b>       | 59 Voluntários |          |               |         |                  |          |

Fonte: Elaborado pelo autor

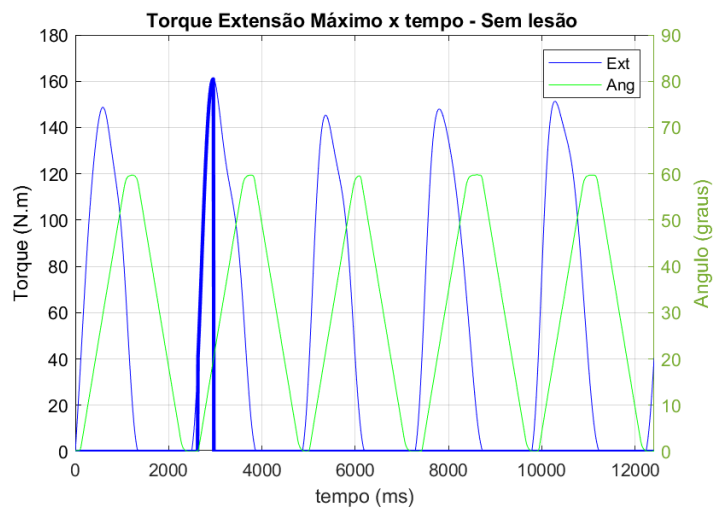
Nota-se na tabela que, 78% dos voluntários foram do gênero masculino quando comparados com 22% do gênero feminino. Dos pacientes avaliados 89,8% eram destros sendo que 52.5% realizou a cirurgia do lado direito.

O gráfico 1, alinhado no tempo ilustra a diferença da performance muscular existente para um voluntário após cirurgia com 6 meses para reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior.

Nota-se que a diferença na performance muscular para extensão foi em média de 18% para este voluntário. Espera-se como índice de normalidade e equilíbrio muscular uma diferença de até 10% para atletas (DVIR; MÜLLER, 2020).

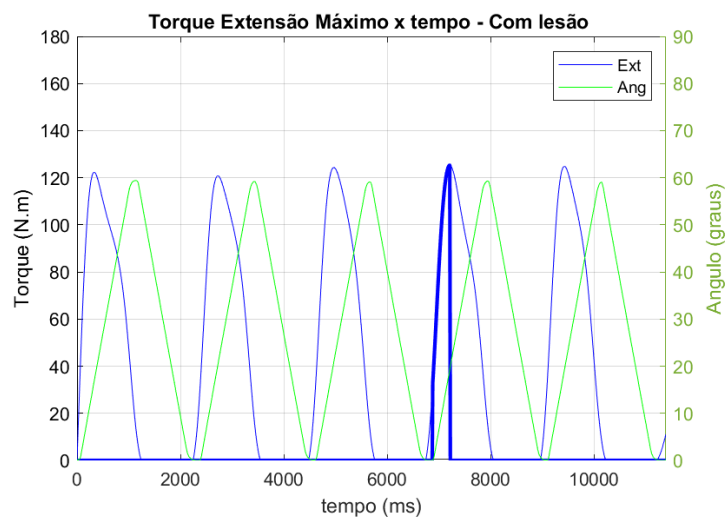
Gráfico 1 – Resultados do torque muscular (Nxm) e o ângulo em graus em relação ao tempo para lado investigado (6 meses de PO para reconstrução do LCA) e o lado não operado.

V1 60



| Sem Lesão | Com Lesão | Déficit % |
|-----------|-----------|-----------|
| 148.76    | 122.35    | 17.8      |
| 160.99    | 120.81    | 25.0      |
| 145.35    | 124.36    | 14.4      |
| 148.01    | 125.34    | 15.3      |
| 151.34    | 124.83    | 17.5      |

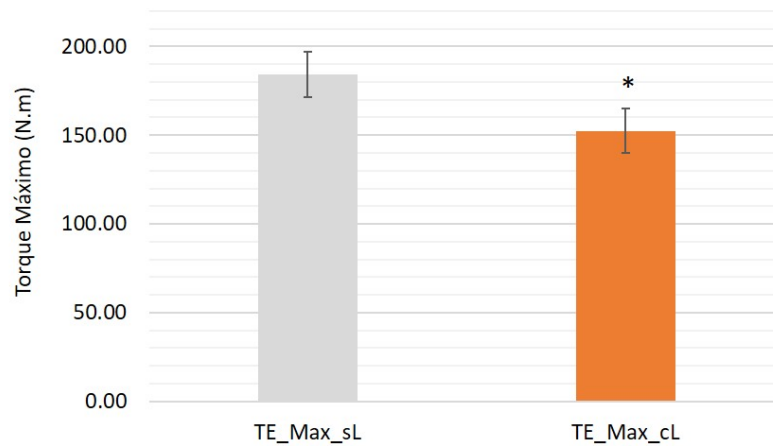
V1 60



Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados foram consolidados estatisticamente, evidenciando uma diferença do lado que passou pelo processo de reabilitação maior que 10%, conforme ilustrado no gráfico 2.

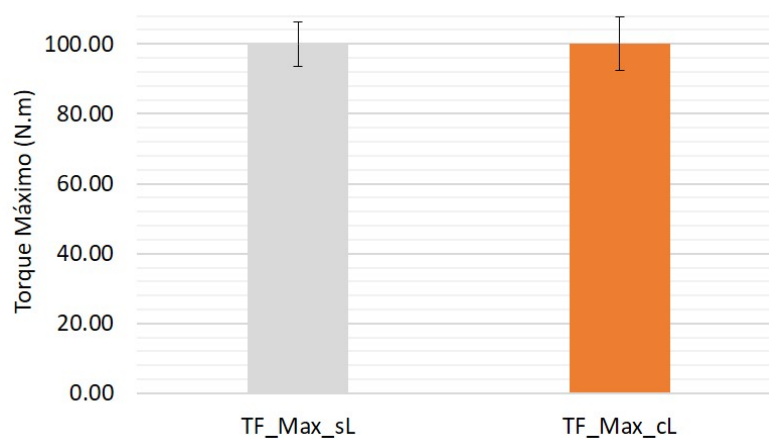
Gráfico 2 - Resultados da comparação entre o pico de torque extensor no lado lesionado e não lesionado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)



Fonte: Elaborado pelo autor

O mesmo resultado não pode ser observado para o movimento de flexão. Quando comparados os picos de torque do lado sem lesão com o lado não lesionado, os valores apresentaram-se semelhantes entre os lados, conforme ilustrado no gráfico 3.

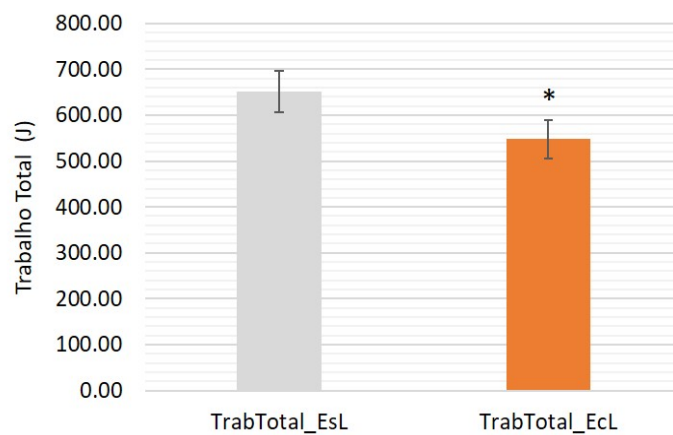
Gráfico 3 - Resultados da comparação entre o pico de torque flexor sem lesão e lado investigado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)



Fonte: Elaborado pelo autor

A comparação dos valores obtidos para o trabalho total e potência máxima, seguiram o mesmo padrão da confrontação realizada para o pico torque, ou seja, para o movimento de extensão o lado com 6 meses de P.O. e reabilitação apresentou valores significativamente menores (assimetria maior que 10%) quando comparado com lado contra lateral conforme ilustrado nos gráficos 4 e 5.

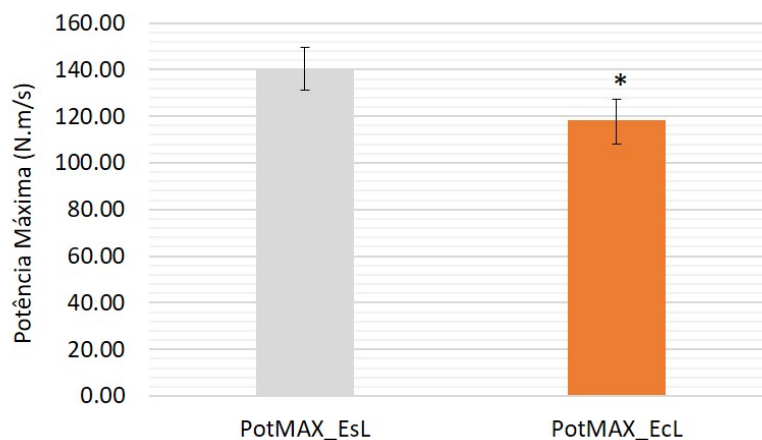
Gráfico 4 - Resultados da comparação entre o trabalho total extensor no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)



Nota:\*pValor<0,05

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 5 - Resultados da comparação entre a potência máxima extensora no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)

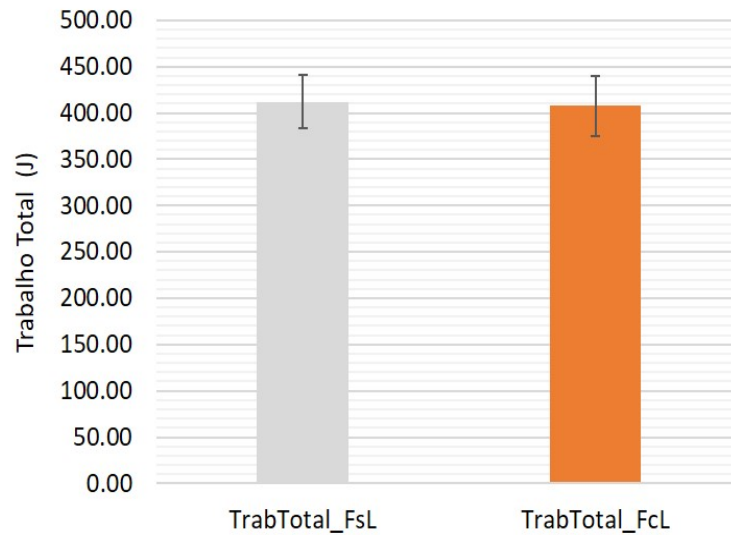


Nota:\*pValor<0,05

Fonte: Elaborado pelo autor

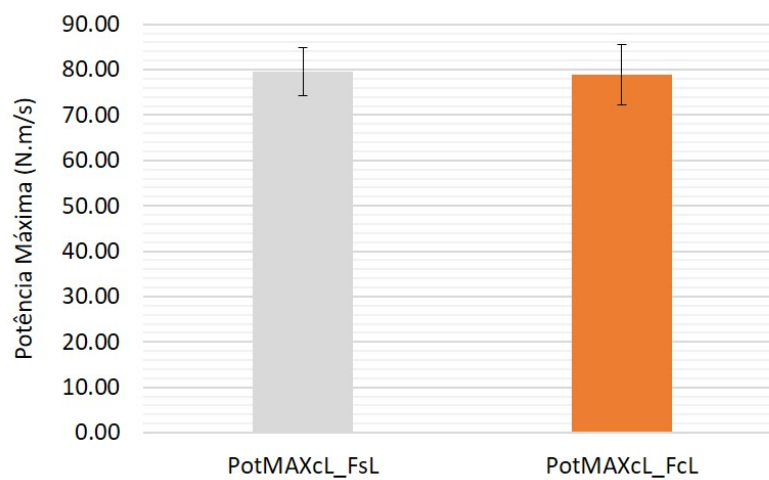
Para o grupo muscular flexor, o trabalho total e a potência máxima flexora a diferença não foi significativa conforme ilustrado nos gráficos 6 e 7.

Gráfico 6 - Resultados da comparação entre trabalho total flexor no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)



Fonte: Elaborado pelo autor

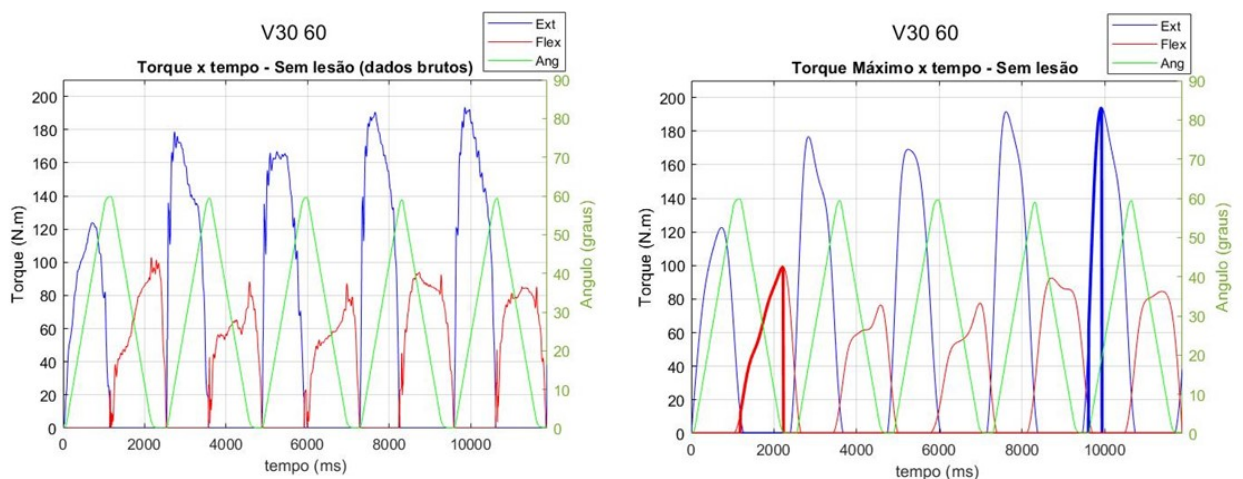
Gráfico 7 - Resultados da comparação entre a potência máxima flexora no lado não lesionado e lado analisado pós processo de reabilitação (considerando diferença de até 10%)



Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados clínicos de performance muscular oferecidos pelo dinamômetro isocinético, constitui um teste padrão ouro para avaliação e comparação de força muscular dos grupos musculares flexores e extensores do joelho (DVIR; MÜLLER, 2020), no entanto, possibilitam avaliação individual (podendo ser inter e/ou intraindivíduos). O software desenvolvido tem a capacidade de trabalhar com grande quantidade de dados, com uma filtragem robusta e consistente, possibilitando efetuar os cálculos e os diversos gráficos correspondentes para até 70 voluntários. Podendo-se facilmente expandir a capacidade. O Gráfico 8, ilustra dados brutos e dados filtrados a partir da série temporal de um dos voluntários avaliados, para os movimentos de flexão e extensão do lado não operado.

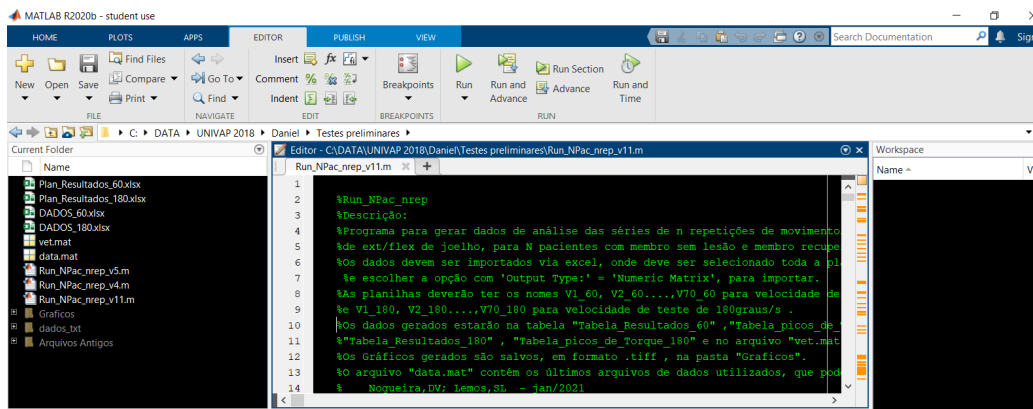
Gráfico 8 - Dados brutos e filtrados, dos movimentos de flexão e extensão do joelho de um dos voluntários avaliados a 60°/s.



Fonte: Elaborado pelo autor

O software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® tem um menu de fácil utilização para escolha de 1 ou mais voluntários para as análises e plotagem dos gráficos. Fornece duas tabelas com as informações dos picos de torque para os movimentos de extensão e flexão, torque máximo (pico de torque), trabalho total e potência máxima para cada série de movimento.

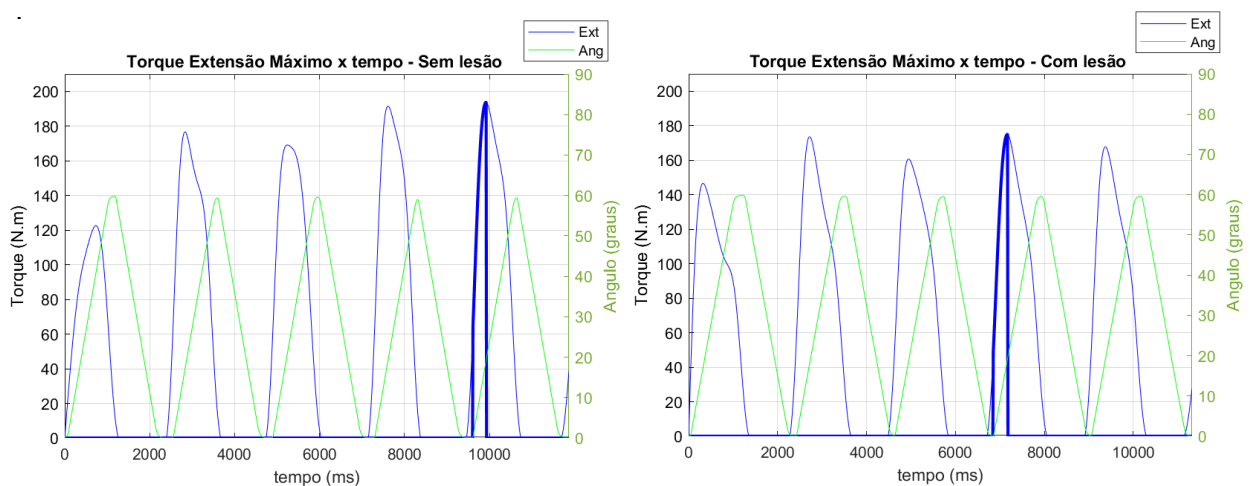
Figura 4 - Tela inicial do Software Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® desenvolvida no programa Matlab.



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise e comparação de diversos indivíduos, permitiu uma observação relevante. Alguns indivíduos, considerando idade, local e protocolos específicos, obtiveram simetria de 90% no período de 6 meses após a reabilitação, tanto para o grupo muscular flexor quanto para o grupo muscular extensor, conforme ilustrado no gráfico 9 e Tabela 2.

Gráfico 9 - Torque muscular extensor do joelho em relação ao tempo para um dos voluntários avaliados após 6 meses de reabilitação do Ligamento Cruzado Anterior



Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 2 - Resultados dos picos de torque para o movimento de Extensão de um dos voluntários avaliados

| <b>Tentativas</b> | <b>Sem Lesão</b> | <b>Com Lesão</b> | <b>Déficit %</b> |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>1</b>          | 122.62           | 146.54           | -19.5            |
| <b>2</b>          | 176.71           | 173.6            | 1.8              |
| <b>3</b>          | 169.15           | 160.65           | 5                |
| <b>4</b>          | 191.52           | 174.92           | 8.7              |
| <b>5</b>          | 183.45           | 167.79           | 8.5              |
| <b>Média</b>      | <b>170.76</b>    | <b>164.7</b>     | <b>0.9</b>       |

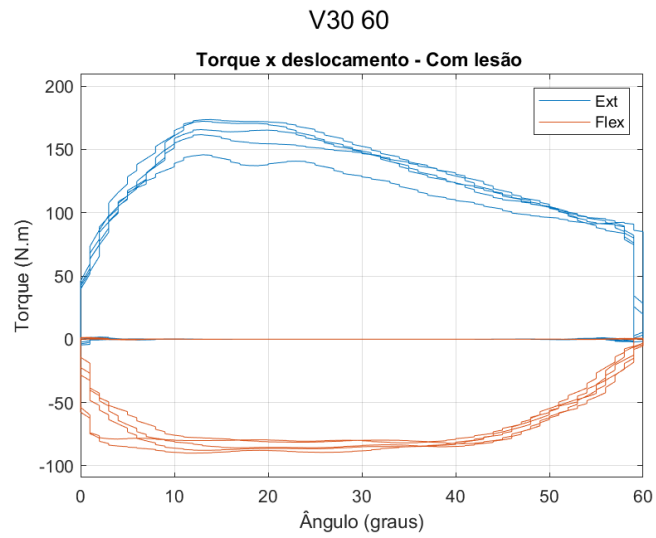
Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados da tabela 2, ilustram os picos de torque de um dos voluntários avaliados para o movimento de extensão. Nota-se que se fosse avaliado individualmente, o pico de torque apresentaria um déficit de -19,5%. O resultado negativo indica que o lado operado poderia ter atingido valores maiores de pico de torque quando comparado com o lado não lesionado. No entanto esse parece ter sido um valor isolado, já que a comparação dos demais picos, permite concluir que os valores foram similares, com diferenças menores do que 10%.

Este resultado permite inferir alguns aspectos importantes: (i) O pico de torque de forma isolada em um teste isocinético não deve ser parâmetro confiável para ser comparado isoladamente; (ii) O software permitiu a visualização e o retorno dos variados picos de torque nas 5 repetições; (iii) alguns indivíduos com 6 meses de PO para reconstrução do ligamento cruzado anterior podem apresentar simetria maior ou igual a 90% entre os lados dependendo principalmente da idade, capacidade de recuperação pós cirúrgica e protocolo utilizado para reabilitação.

Sendo assim, o software de Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética® parece ser uma ferramenta importante, inclusive para comparação individual da performance muscular, já que permite a visualização das diversas tentativas e como o comportamento da performance muscular se deu ao longo de todas as repetições conforme gráfico 10.

Gráfico 10 - Torque muscular extensor e flexor do joelho nas 5 repetições do lado com a cirurgia.



Nota: Em azul a variação do torque extensor e em vermelho o torque flexor.  
Fonte: Elaborado pelo autor

## 7 DISCUSSÃO

A ruptura do ligamento cruzado anterior é uma das lesões mais comumente encontradas na prática clínica da fisioterapia. Nos Estados Unidos, pode afetar cerca de 60 a 70 pessoas a cada 100000 habitantes (RAMBAUD *et al.*, 2016). Conseqüentemente o gasto em saúde é elevado para conduzir a reabilitação desses pacientes até o retorno as atividades de vida diária e a prática esportiva (PARKKARI, *et al.*, 2008). Sendo assim é de grande interesse os estudos que possam esclarecer critérios mais seguros para o retorno as atividades de maneira mais segura quanto possível.

No presente estudo, foram realizados mais de 150 testes isocinéticos em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior com 6 meses de reabilitação após reparo cirúrgico, sendo que 111 destas avaliações foram em atletas amadores das mais diversificadas modalidades esportivas. Cinquenta e nove destes sujeitos responderam ao questionário concordando com utilização dos dados pessoais para acesso a série temporal do teste isocinético realizado. O perfil da amostra estudada, demonstrou que a maioria dos indivíduos eram homens 78%. Esses dados não corroboram o estudo de Grindem *et al.*, 2016. Os autores encontraram 52% da amostra do gênero feminino. No entanto os autores utilizaram para o estudo atletas profissionais e uma amostragem intencional. Sabe-se que no futebol, as mulheres correm duas vezes mais riscos de lesões do LCA (BRITO; SOARES; REBELO, 2009) e isso pode ser explicado principalmente por sua anatomia (pelve mais alargada) e aumento do ângulo Q, lassidão ligamentar (instabilidade articular) especialmente no período menstrual com evidente flutuação hormonal e menor controle neuromuscular (HEWETT *et al.*, 2004). O número menor de mulheres no presente estudo, pode ser explicado por um número menor de atletas amadoras praticando as mais diversificadas atividades esportivas na região.

É importante relatar que, ainda dentro do perfil amostral, 89.8% eram destros (as) e que o lado da lesão, e por conseqüência o lado da cirurgia para reconstrução, apresentou números semelhantes entre os lados, evidenciando que a lateralidade provavelmente não influenciou o lado da lesão para os pacientes avaliados. O estudo de Ruedl *et al.* (2012), observou que, em esquiadoras, o risco de ruptura sem contato

era significativamente maior do lado não dominante. O mesmo acontece para o futebol profissional. Acredita-se que o lado não dominante que serve como base de suporte para chute e o menor controle neuromuscular deste lado podem influenciar esses achados (BRITO; SOARES; REBELO, 2009; HEWETT *et al.*, 2004; RUEDL *et al.*, 2012). Estes dados não corroboram os achados deste estudo, onde não foi observada uma evidência de que a lateralidade influencia o lado da lesão. Acredita-se que o fato a população estudada ser de atletas amadores de diversas modalidades foi um fator significativo na não influência da lateralidade.

A comparação entre o lado com 6 meses de PO e o lado sem intervenção cirúrgica das variáveis da força tais como: (i) Pico de Torque, (ii) Trabalho Total e (iii) Potência Máxima foram significativamente menores do lado da intervenção para os músculos extensores do joelho, enquanto que para o grupo muscular flexor as mesmas variáveis foram semelhantes entre os lados. Este achado poderia constituir um desequilíbrio que não tornaria o atleta apto para o retorno ao esporte de forma segura neste período (GRINDEM *et al.*, 2016). Por tanto, além do tempo no pós cirúrgico, a simetria entre os membros de até 90%, deveria ser um parâmetro a ser considerado. Considerar somente o tempo como variável não deve fazer parte da prática clínica devido a variação na estabilidade e cicatrização, sendo estes contextos individuais (MEREDITH *et al.*, 2020). Pacientes que retornam antes dos 9 meses após a reconstrução do LCA possuem sete vezes mais riscos de sofrerem uma segunda lesão. (BEISCHER *et al.*, 2020). Em contrapartida, aqueles obtiveram simetria do músculo quadríceps e adiaram por no mínimo 9 meses, reduziram em 84% a chance de nova lesão. A cada 1 mês que o retorno ao esporte é adiado a chance de recidiva reduz 51% até o 9º mês. (GRINDEM *et al.* 2016). Uma revisão de escopo mostrou que nos anos de 1986 a 1989 o tempo era o único critério para que o atleta retornasse a prática esportiva. A partir de 1990 o tempo representou cerca de 50% do conjunto de critérios para o retorno do atleta ao esporte. O aumento de carga durante a reabilitação deve respeitar os fatores biológicos como a cicatrização do enxerto e a função neuromuscular do paciente. Cumprir um prazo de 9 meses, juntamente com aplicação de testes funcionais, avaliar a capacidade de realizar atividades que se aproximem ao máximo das demandas do esporte desejado, bem como, a participação no mesmo e o contexto em que o indivíduo se encontra é de suma importância para que se tenha um retorno com menor risco de recidiva (BURGI, 2019).

Conforme resultados obtidos neste estudo, observou-se que os 6 meses de reabilitação foram suficientes para gerar uma simetria de força do grupo muscular flexor. Acredita-se que o atraso no ganho de força para o quadríceps femoral quando comparada aos isquiotibiais, deve-se a uma importante inibição artrogênica deste grupo muscular, que acontece imediatamente no ato cirúrgico. Este é um fator neurofisiológico que provavelmente atrasa o ganho de força do quadríceps em detrimento do grupo muscular flexor, que é menos inibido (SONNERY-COTTET *et al.*, 2019)

É importante observar que a comparação realizada foi em relação ao lado contralateral não operado, que também poderia estar com performance muscular reduzida. Este é um tipo comum de comparação e tem sido utilizada por muitos anos na prática clínica e centros de pesquisas. No entanto, discute-se atualmente que índices de simetria de membro podem superestimar a função do joelho após reconstrução do ligamento cruzado anterior e pode estar relacionado ao segundo risco de lesão do LCA. Essas descobertas levantam preocupações se essas comparações, utilizadas na prática clínica atual, são rigorosas o suficiente para alcançar segurança e retorno bem-sucedido ao esporte (WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017). Além disso, observa-se que a maioria dos estudos fazem essa comparação reportando utilizar dados obtidos do software do próprio equipamento (MEREDITH *et al.*, 2020; KYRITSIS, *et al.*, 2016 WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017). No entanto, uma análise mais aprofundada do comportamento do torque em função do tempo ou amplitude de movimento, permite identificar fenômenos que por vezes podem não aparecer na planilha oferecida pelo equipamento.

O software desenvolvido para a realização desse estudo, permitiu um processamento, visualização, obtenção e interpretação de valores do pico de torque, potência máxima e trabalho total de forma bastante consistente. Durante anos, essa foi uma necessidade dentro da prática clínica e acadêmica. Espera-se que esta ferramenta possa auxiliar clínicos e pesquisadores a um entendimento mais apurado das variáveis obtidas nos exames de dinamometria isocinética.

## 7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que a reabilitação realizada durante 6 meses após a reconstrução do LCA, não foi suficiente para proporcionar a simetria do pico de torque, trabalho total e potência média entre os grupos musculares extensores do joelho considerando que os músculos flexores não apresentaram diferença significativa para estas variáveis

O uso do software como ferramenta de análise e comparação mostrou-se eficiente, pois permitiu uma visualização detalhada dos resultados dos testes realizados bem como a interpretação dos dados. Espera-se que a ferramenta de análise utilizada possa auxiliar a visualização, interpretação e comparação dos dados por clínicos e pesquisadores contribuindo para o processo de reabilitação no pós-cirúrgico para reconstrução do LCA.

Os resultados desse estudo poderão oferecer informações para implementação e readequações de programas que visam restabelecer a função e permitir o retorno ao esporte de forma mais segura.

## REFERÊNCIAS

ASTUR, D. C. *et al.* Lesões do ligamento cruzado anterior e do menisco no esporte: incidência, tempo de prática até a lesão e limitações causadas pelo trauma. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 51, n. 6, p. 652-656, dez. 2016.

BARBALHO, M. S. M. *et al.* O uso da cinesioterapia na reconstrução do ligamento cruzado anterior utilizando cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.9, n.54, p.481-488, jul./ago. 2015.

BEISCHER, Susanne *et al.* Young athletes return too early to knee-strenuous sport, without acceptable knee function after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 26, n. 7, p. 1966-1974, 2018.

BEISCHER, Susanne *et al.* 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**, v. 50, n. 2, p. 83-90, 2020.

BEYNNON, B. *et al.* The Science of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation. **Clin Orthop Relat Res.**, n. 402, p 9-20, 2002.

BITUN, P. B. *et al.* Comparação dos enxertos para reconstrução anatômica do LCA: patelar versus semitendíneo/grácil. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 50-56, fev. 2015.

BRITO, João; SOARES, José; REBELO, António Natal. Prevenção de lesões do ligamento cruzado anterior em futebolistas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, p. 62-69, 2009.

BURGI, C. R. *et al.* Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, p. 1154-1161, 2019.

CAMPBELL, W. C. **Cirurgia Ortopédica de Campbell**. 8. ed. Buenos Aires: Panamericana, 1996, v.4.

CHATRENET, Y.; KERKOUR, K. **Fisioterapia das lesões ligamentares do joelho no atleta**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2002.

WALKER, B. **Lesões no esporte: Uma abordagem anatômica**. São Paulo: Manole, 2011. p. 180-194.

COSMO M. S. *et al.* análise de protocolos de tratamento fisioterapêuticos pós-reconstrução do ligamento cruzado anterior com a utilização do terço médio do tendão patelar. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v.3, n 6, p. 24-29, jul./dez 2005.

DA SILVA, A. A. *et al.* A percepção de atletas amadores de futebol da cidade de Gurinhém-PB sobre possíveis lesões. **Diálogos em Saúde**, v. 1, n. 1, 2019.

Disponível em:

<https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/dialogosemsaude/article/view/196> Acesso em: 22 set. 2021.

DVIR, Z. **Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications**. 1a ed. Singapore: Churchill Livingstone; 1995.

DVIR, Z.; MÜLLER, S. Multiple-joint isokinetic dynamometry: a critical review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 2, p. 587-601, 2020.

MATA, H. T. C. **Estudo Biomecânico da Articulação do Joelho**. 2009. Tese (mestrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009. <http://hdl.handle.net/10216/60508>

GALI, J. C.; ADAD, M. A. H.; MOD, M. S. B. Causas potenciais da recidiva da instabilidade após reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Rev Bras Ortop.**, v. 40, n. 1/2, p. 52-59, jan./fev. 2005.

GRINDEM, H. *et al.* Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. **Br J Sports Med.**, v. 50, n. 13, p. 804-808, 2016. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096031.

GUARATINI, Marcio Innocentini. **Confiabilidade e precisão da media para teste-reteste no dinamômetro isocinético biodex**. 1999. Dissertação (Mestrado em fisioterapia) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

HANSEN, John T.; LAMBERT, David; OPPIDO, Terezinha. **Anatomia clínica de Netter**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

HOPPENFELD, S. **Propedêutica ortopédica: coluna e extremidades**. São Paulo: Atheneu, 2001.

HEWETT, Timothy E.; MYER, Gregory D.; FORD, Kevin R. Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes. **J. Bone Joint Surg. Am.**, v. 86, n. 8, p. 1601-1608, 2004.

KAPANDJI, I. A. **Fisiologia articular**. São Paulo: Manole, 2000.

LAI, C. C. H. *et al.* Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. **Br J Sports Med.**, v. 52, n. 2, p. 128-138, 2018. doi: 10.1136/bjsports-2016-096836.

MEREDITH, Sean J. *et al.* Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. **Orthopaedic journal of sports medicine**, v. 8, n. 6, p.232596712093082-2325967120930829, 2020.

MORAIS, L. M.; FARIA, C. D. C. M. Relação entre força e ativação da musculatura glútea e a estabilização dinâmica do joelho: revisão sistemática da literatura. **Acta Fisiátr.**, v. 24n. 2, p. 105-112, 2017.

MOUTINHO, A. V. Eficácia do protocolo de recuperação acelerada na reconstrução do ligamento cruzado anterior em atletas recreativos de futebol. **Revista Fisioterapia Ser**, v. 2, n.3, 2007.

MULLER, B. *et al.* Return to preinjury sports after anterior cruciate ligament reconstruction is predicted by five independent factors. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.**, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06558-z>

PINHEIRO, A.; SOUSA, C. V. Lesão do Ligamento Cruzado Anterior. **Rev. Port. Ortop. Traum.**, Lisboa, v. 23, n. 4, p. 320-329, dez. 2015.

PUJOL, N. *et al.* Natural history of partial anterior cruciate ligament tears: a systematic literature review. **Orthop Traumatol Surg Res.**, v. 98, n. 8, p. S160-S164, 2012.

RAMBAUD, Alexandre JM *et al.* Criteria for Return to Sport after Anterior Cruciate Ligament reconstruction with lower reinjury risk (CR'STAL study): protocol for a prospective observational study in France. **BMJ open**, v. 7, n. 6, p. e015087, 2017.

RUEDL, Gerhard *et al.* Leg dominance is a risk factor for noncontact anterior cruciate ligament injuries in female recreational skiers. **The American journal of sports medicine**, v. 40, n. 6, p. 1269-1273, 2012.

SHELBOURNE, K. D.; NITZ, P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.**, v. 15, n. 6, p. 256-264, 1992.

SONNERY-COTTET, Bertrand *et al.* Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. **British journal of sports medicine**, v. 53, n. 5, p. 289-298, 2019.

STEFANUTTO, A. S. *et al.* O uso da mobilização passiva contínua na reabilitação de pacientes com fraturas do complexo articular do joelho. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 15, n. 1, p. 19-32, 2011.

STIEVEN-FILHO, E. *et al.* Estudo anatômico das duas bandas do ligamento cruzado anterior com o joelho em 90° de flexão. **Rev. Col. Bras. Cir.**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 5, p. 338-342, out. 2011.

TEMPONI, E. F. *et al.* Lesão parcial do ligamento cruzado anterior: diagnóstico e tratamento. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 9-15, fev. 2015.

THIELE, E. *et al.* Accelerated protocol of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon-normative data **Rev. Col. Bras. Cir.**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 6, p. 504-508, 2009.

UÇAR, M. *et al.* Evaluation of open and closed kinetic chain exercises in rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. **J. Phys. Ther. Sci.**, v. 26, n. 12, p. 1875-1878, 2014.

WELLSANDT, Elizabeth; FAILLA, Mathew J.; SNYDER-MACKLER, Lynn. Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. **Journal of orthopaedic & sports physical therapy**, v. 47, n. 5, p. 334-338, 2017.

YOUNG, S. W. *et al.* Mechanoreceptor Reinnervation of Autografts Versus Allografts After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Orthop. J. Sports Med.**, v. 4, n.10, ID: 2325967116668782, Oct. 2016. Doi:10.1177/2325967116668782.

### REFERENCIAS CONSULTADAS

AQUINO, C. F. *et al.* A utilização da dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. **Revista brasileira de Ciência e Movimento**, v. 15, n. 1, p. 93-100, 2008.

BARBER, S. D. *et al.* Quantitative assessment of functional limitations in normal and anterior cruciate ligament-deficient knees. **Clin Orthop Relat Res.**, p. 204-214.1990.

COHEN, M; ABDALLAH, R. **Lesões nos Esportes**: diagnóstico, prevenção, tratamento. Rio de Janeiro: Revinter, 2003. Não citado

FISCHER, F. *et al.* Higher hamstring-to-quadriceps isokinetic strength ratio during the first post-operative months in patients with quadriceps tendon compared to hamstring tendon graft following ACL reconstruction. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.**, v. 26, p. 418–425, 2018. Não citado

FLAGG, Kala Y *et al.* Current criteria for return to play after anterior cruciate ligament reconstruction: an evidence-based literature review. **Annals of translational medicine**, v. 7, Sup. 7, p. S252, 2019. DOI:10.21037/atm.2019.08.23.

ANATOMIA DO LCA. Ligamento Cruzado Anterior do Joelho. 2012. Disponível em: <http://ligamentocruzadoanterior.com/2012/07/anatomia-do-lca/> Acesso em: 21 maio 2020.

HAMILTON, R Tyler *et al.* Triple-hop distance as a valid predictor of lower limb strength and power. **Journal of athletic training**, v. 43, n. 2, p. 144-51, 2008. DOI:10.4085/1062-6050-43.2.144.

IWAME, T., Matsuura, T. *et al.* Factors correlating with recovery of quadriceps strength after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autografts. **Eur J Orthop Surg Traumatol.**, v. 30, p.307–312, 2020.

FARIAS NETO, Demétrius Corrêa de. Comparação entre o HOP TEST e outros testes utilizados na alta de pacientes com lesão de ligamento cruzado anterior LCA. **Ciência em Movimento**: Reabilitação e Saúde, v. 19, n. 38, p. 11-19, 2017.

NOYES, F.R.; BARBER, S.D.; MANGINE, R.E. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. **Am J Sports Med.**, v.19, n. 5, p. 513-518, 1991.

PADUA, D. A.; DISTEFANO, L. J. Sagittal Plane Knee Biomechanics and Vertical Ground Reaction Forces Are Modified Following ACL Injury Prevention Programs: A Systematic Review. **Sports health**, v. 1, n. 2, p.165-73, 2009. doi:10.1177/1941738108330971.

PECCIN, M. S.; CICONELLI, R.; COHEN, M.. Questionário específico para sintomas do joelho "Lysholm Knee Scoring Scale": tradução e validação para a língua portuguesa. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 14, n. 5, p. 268-272, 2006.

REINKE, E.K. *et al.* Hop tests correlate with IKDC and KOOS at minimum of 2 years after primary ACL reconstruction. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.**, v.19, p. 1806, 2011.

SHAARANI, S. R. *et al.* Effect of prehabilitation on the outcome of anterior cruciate ligament reconstruction. **Am J Sports Med.**, v. 41, n. 9, p. 2117-27, Sep. 2013. DOI: 10.1177/0363546513493594.

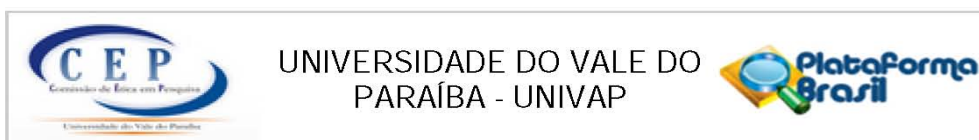
SILVA, Telmo *et al.* Comparação da performance funcional do membro inferior entre jovens futebolistas e jovens não treinados. **Fisioter. Mov.**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 105-112, jan./mar. 2010.

SIQUEIRA, Daniela Abrahão; BARAUNA, Mário Antônio; DIONISIO, Valdeci Carlos. Avaliação funcional do joelho em portadores da síndrome da dor femoropatelar (SDFP): comparação entre as escalas KOS e IKDC. **Rev Bras Med Esporte**, São Paulo, v. 18, n. 6, p. 400-403, Dec. 2012.

SOUSA, Lígia. **Controvérsias no Tratamento de Lesões Meniscais**.2010. Dissertação (Mestrado integrado em Medicina) Universidade do Porto, Porto, 2010.

VASCONCELOS, Rodrigo Antunes de *et al.* Análise da correlação entre pico de torque, desempenho funcional e frouxidão ligamentar em indivíduos normais e com reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 44, n. 2, p. 134-142, 2009.

## ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMEMITÉ DE ÉTICA E PESQUISA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise do Desempenho Físico Funcional e Critérios para o Retorno ao Esporte no Pós-Operatório para Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior

**Pesquisador:** Daniel Vilela Nogueira

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 34609420.0.0000.5503

**Instituição Proponente:** Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.396.269

#### **Apresentação do Projeto:**

O campo de análise da pesquisa é de enorme relevância na área de reabilitação, mostrando fundamental exploração que poderá auxiliar em elaboração de protocolos de tratamento mais efetivos, causando menor desconforto aos pacientes.

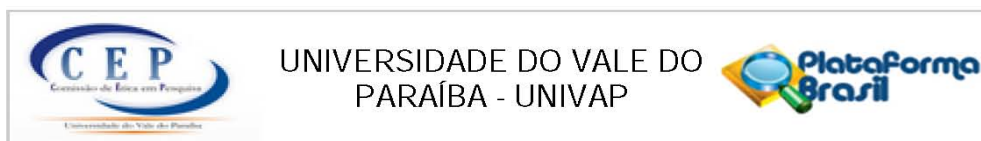
#### **Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo primário: O estudo pretende analisar o desempenho físico funcional no pós-operatório para reconstrução do LCA, criando critérios mais seguros para o retorno ao esporte. Objetivo secundário: Descrito em formato de objetivos específicos, apresenta cada etapa pretendida na análise.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos relacionados aos testes a serem aplicados foram apresentados, bem como as formas de minimizá-los, incluindo o risco de perda de confidencialidade. Os benefícios de ordem clínica e acadêmica foram apresentados. Os dados poderão contribuir com informações sobre dados normativos de pacientes em pós-operatório para reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior. Além disso oferecer dados quantitativos para auxiliar nos critérios de alta e retorno ao esporte de pacientes em pós-operatório para reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior.

**Endereço:** Av. Shishima Hifumi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33  
**Bairro:** Urbanova **CEP:** 12.244-000  
**UF:** SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS  
**Telefone:** (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br



Continuação do Parecer: 4.396.269

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Em resposta à análise ética anteriormente feita por este CEP, foram revistos adequadamente os seguintes pontos: a autorização para acesso aos dados pessoais de contato dos pacientes, participantes da pesquisa, será realizado pela instituição, e não pelo pesquisador diretamente; o TCUD foi encaminhado com as assinaturas da equipe de execução e pesquisadores responsáveis pelo estudo; e por fim no TCLE via Google forms, destinado aos dados coletados anteriormente pela clínica, foi inserido o pedido de acesso aos dados dos participantes, conforme solicitado; e no TCLE dos participantes novos foram inseridas informações sobre o procedimento a ser adotado com os dados obtidos.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatória foram revistos e as alterações necessárias foram realizadas. Não há necessidade de mais ajustes. Todos os apontamentos feitos em análise ao projeto foram atendidas.

#### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Este CEP considera o projeto de pesquisa aprovado

#### **Considerações Finais a critério do CEP:**

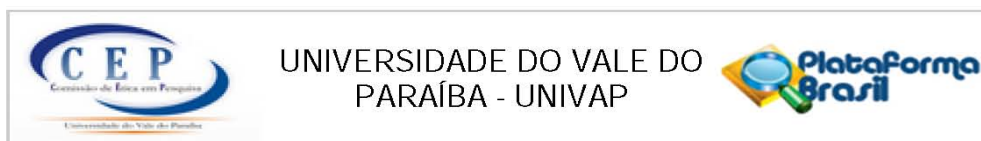
O CEP-Univap alerta que, segundo a Resolução 466/12 (item XI), cabe ao pesquisador "elaborar e apresentar os relatórios parciais e final", sendo esta uma responsabilidade "indelével e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais" (ver modelo no site do CEP-Univap). A Resolução 510/16, no art. 28, V, reforça que cabe ao pesquisador "apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção."

Segundo a carta circular n. 0226/CONEP/CNS, de 2010, o relatório final deve incluir:

- Dados do projeto: Registro CONEP e
- Título do Projeto e Dados dos participantes: total de participantes recrutados, incluídos, selecionados, excluídos, retirados/descontinuados, concluintes (em cada centro, se for o caso, e no total). Ocorrendo participantes retirados/descontinuados, indicar principais razões disto. Ocorrendo "eventos sérios", indicar as condutas adotadas. Se houve pedido de indenização por danos causados por este estudo, indicar qual o dano e conduta tomada.

CEP-Univap - (12) 3947-1111 - <https://www.univap.br/universidade/instituto-de-pesquisa/comites/comissao-de-etica-em-pesquisa-cep.html>

**Endereço:** Av. Shishima Hifumi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33  
**Bairro:** Urbanova **CEP:** 12.244-000  
**UF:** SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS  
**Telefone:** (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br



Continuação do Parecer: 4.396.269

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento  | Arquivo                                       | Postagem               | Autor                     | Situação |
|---|---|------------------------|---------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto                            | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1579337.pdf | 31/10/2020<br>16:35:31 |                           | Aceito   |
| Outros  | link_TCLE_via_participante_on_line.docx       | 31/10/2020<br>16:34:34 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |
| Outros  | tcud_projeto_03.pdf                           | 31/10/2020<br>16:29:40 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |
| Outros  | carta_resposta_ao_cep_03.pdf                  | 31/10/2020<br>16:29:05 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | tcle_4.docx                                   | 31/10/2020<br>16:28:29 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador                 | projeto_detalhado_4_corrigido.docx            | 31/10/2020<br>16:27:54 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |
| Folha de Rosto  | Folha_de_Rosto_Daniel_doc.pdf                 | 27/06/2020<br>20:29:13 | Daniel Vilela<br>Noqueira | Aceito   |

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO JOSE DOS CAMPOS, 12 de Novembro de 2020

Assinado por:  
Mauricio Martins Alves  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Av. Shishima Hifumi, 2911 - Bloco 11 (IP&D), Sala 33  
**Bairro:** Urbanova **CEP:** 12.244-000  
**UF:** SP **Município:** SAO JOSE DOS CAMPOS  
**Telefone:** (12)3947-1111 **Fax:** (12)3947-1149 **E-mail:** cep@univap.br

## ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO ENVIADO VIA GOOGLE FORMS

---

# Análise do Desempenho Físico Funcional e Critérios para o Retorno ao Esporte no Pós-Operatório para Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DO PROJETO: Análise do Desempenho Físico Funcional e Critérios para o Retorno ao Esporte no Pós-Operatório para Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior

PESQUISADOR RESPONSÁVEL PELO PROJETO:

Nome: Prof. Me. Daniel Vilela Nogueira

Telefone para contato: (12) 33027489 ou (12) 991875564

[dano@univap.br](mailto:dano@univap.br)

EQUIPE EXECUTORA

Dr. Mário Oliveira Lima

Luís Felipe Toledo de Oliveira

Fernando Azevedo Carvalho Neto

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa. A seguir, apresentamos todas as informações sobre o estudo. Sua participação é de grande importância para nós. Mas, caso não possa ou não queira participar, ou caso decida desistir depois de assinar, isso não trará nenhum problema a você.

---

O (A) Sr. (ª) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa que tem como tema/título Análise do Desempenho Físico Funcional e Critérios para o Retorno ao Esporte no Pós-Operatório para Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior, de responsabilidade do pesquisador Daniel Vilela Nogueira. Este estudo tem por objetivo analisar a performance muscular (a força) e o desempenho em funções específicas do dia-dia e criar critérios mais seguros para o retorno ao esporte.

Sua participação constituirá em autorizar o acesso as informações (força, força rápida e a resistência da musculatura) dos testes que realizou quando esteve no Laboratório de Biodinâmica da Universidade do Vale do Paraíba, após a sua cirurgia do joelho encaminhado pelo médico que o operou. Serão acessados dados da sua força e resistência muscular na ocasião em que o teste foi realizado.


Garantimos o sigilo e a confidencialidade das informações (sua pessoa e as suas condições não serão expostas). Garantimos ainda as suas informações particulares na pesquisa. Ressaltamos que sempre há risco de quebra de sigilo/confidencialidade durante a realização do estudo. Para minimizar este risco não inserimos dados pessoais tais como nome, data de nascimento, estado civil e endereço.

O estudo não visa tratar de alguma doença e não há despesas com a participação.

Todas as informações nesse estudo serão secretas e apenas os autores terão conhecimento delas. Os autores poderão apresentar ou publicar os resultados desse estudo, mas as informações sobre os participantes não irão aparecer de forma alguma. É permitida a desistência de colaboração nesse estudo, no momento em que desejar, sem ter que explicar o motivo e sem prejuízo para a saúde ou bem-estar, não atrapalhando o entendimento sobre o tema.

Sempre que desejar, você poderá entrar em contato para obter informações sobre este projeto de pesquisa, sobre sua participação ou outros assuntos relacionados à pesquisa, com o(a) pesquisador(a) responsável ou equipe executora pelos telefones (12) 991875564 (12) 981158489 (12).33027489. Você também pode entrar em contato com o CEP – Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), corresponsável por garantir e zelar pelos direitos do participante da pesquisa, pelo telefone (12) 3947-1111, pelo e-mail [cep@univap.br](mailto:cep@univap.br) ou pessoalmente na Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova.

Uma via deste termo estará disponível no link <https://drive.google.com/file/d/1ZM7AdjrewRyNvYn4h8oyhXnhawzkbpQk/view?usp=sharing> devidamente assinada pelo responsável do estudo Professor Daniel Vilela Nogueira e mais duas testemunhas.

**danielvnog@gmail.com** Alternar conta 

\*Obrigatório

E-mail \*

Seu e-mail \_\_\_\_\_

Li o termo e autorizo o acesso aos dados de força e resistência muscular, do teste que realizei no Laboratório de Biodinâmica da Univap após minha cirurgia do Joelho \*

Sim

Não

**Enviar**  Página 1 de 1 Limpar formulário

**ANEXO C - TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS (TCUD)**

Eu, Daniel Vilela Nogueira da Universidade do Vale do Paraíba, **do curso de Fisioterapia da Faculdade de Ciências da Saúde**, no âmbito do projeto de pesquisa intitulado “**Análise do Desempenho Físico Funcional e Critérios para o Retorno ao Esporte no Pós-Operatório para Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior**”, comprometo-me com a utilização dos dados contidos no **banco de dados do dinamômetro isocinético/laboratório de biodinâmica da Univap (dados de força, potência e resistência muscular)** a fim de obtenção dos objetivos previstos, e somente após receber a aprovação do sistema CEP-CONEP.

Comprometo-me a manter a confidencialidade dos dados coletados nos **arquivos do equipamento** bem como com a privacidade de seus conteúdos.

Esclareço que os dados a serem coletados se referem a informações de performance muscular (força, potência e resistência da musculatura) no período de **01/01/2016 a 01/01/2020**.

Declaro entender que é minha a responsabilidade de cuidar da integridade das informações e de garantir a confidencialidade dos dados e a privacidade dos indivíduos que terão suas informações acessadas.

Também é minha a responsabilidade de não repassar os dados coletados ou o banco de dados em sua íntegra, ou parte dele, à pessoas não envolvidas na equipe da pesquisa.

Por fim, comprometo-me com a guarda, cuidado e utilização das informações apenas para cumprimento dos objetivos previstos nesta pesquisa aqui referida. Qualquer outra pesquisa em que eu precise coletar informações serão submetidas a apreciação do CEP/UNIVAP.

Local, \_\_\_\_\_ data, \_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador Responsável

Prof. Me. Daniel Vilela Nogueira

## ANEXO D - REGISTRO SOFTWARE



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL  
DIRETORIA DE PATENTES, PROGRAMAS DE COMPUTADOR E TOPOGRAFIAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

## Certificado de Registro de Programa de Computador

Processo Nº: **BR512021002059-6**

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial expede o presente certificado de registro de programa de computador, válido por 50 anos a partir de 1º de janeiro subsequente à data de 10/05/2021, em conformidade com o §2º, art. 2º da Lei 9.609, de 19 de Fevereiro de 1998.

**Título:** Análise da Performance Muscular na Dinamometria Isocinética

**Data de publicação:** 10/05/2021

**Data de criação:** 03/05/2021

**Titular(es):** DANIEL VILELA NOGUEIRA; SERGIO LUIZ LEMOS

**Autor(es):** MARIO OLIVEIRA LIMA; DANIEL VILELA NOGUEIRA; SERGIO LUIZ LEMOS

**Linguagem:** C; MATLAB

**Campo de aplicação:** SD-06; SD-09

**Tipo de programa:** AP-01; AV-01

**Algoritmo hash:** SHA-512

**Resumo digital hash:**

852576c4d595374b719f05a1beee46173d0aa0bb73a42b2dcb2314b87e086af61274148719cb0ac19e686dbbc41225e2706378571e6031727b99fa69eddb3152

**Expedido em:** 31/08/2021

**Aprovado por:**

Carlos Alexandre Fernandes Silva  
Chefe da DIPTO