

---

**Ronny de Souza Machado**

**Análise da biomecânica tridimensional da marcha em pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com ligamento da patela ipsilateral e contralateral: um estudo coorte retrospectivo**

**São Paulo**

**2024**

---

*Ronny de Souza Machado*

---

**Ronny de Souza Machado**

**Análise da biomecânica tridimensional da marcha em pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com ligamento da patela ipsilateral e contralateral: um estudo coorte retrospectivo**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético.

**Orientador:** Prof. Dr. Marco Kawamura Demange

**São Paulo**

**2024**

---

*Ronny de Souza Machado*

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Machado, Ronny de Souza

Análise da biomecânica tridimensional da marcha em pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com ligamento da patela ipsilateral e contralateral : um estudo coorte retrospectivo / Ronny de Souza Machado; Marco Kawamura Demange, orientador. -- São Paulo, 2024.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2024.

1. Ligamento cruzado anterior 2. Traumatismos do joelho 3. Análise da marcha 4. Ligamento contralateral I. Demange, Marco Kawamura, orient. II. Título.

USP/FM/DBD-170/24

Responsável: Daniela Amaral Barbosa, CRB-8 7533

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meu pais, que não mediram esforços ao longo de suas vidas para proporcionar a melhor educação aos seus filhos.

Dedico a minha esposa Paula Lobo que sempre esteve ao meu lado e me apoiou nessa jornada, que não foi nada fácil.

Dedico aos meus filhos, João Paulo, Teresa e Maria, que aturaram o mau-humor e estresse do seu pai. Mas que sirva de exemplo para seguirem no caminho dos estudos.

Por fim, dedico ao meu sogro, José Lobo, que infelizmente faleceu na pandemia, e sempre me incentivou na busca de conhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso inicialmente minha gratidão a todas as pessoas e instituições, como a clínica LIFE CHEK UP, Hospital HOME e USP que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

Agradeço especialmente a Deus por ter me dado capacidade de realizar este trabalho.

Ao meu Orientador, Dr. Marco Kawamura Demange, que sempre esteve à disposição e pode contribuir com suas críticas e elogios, não apenas para realização do trabalho, mas também para meu futuro em atividades acadêmicas.

Agradeço ao meu irmão Bruno, pela ajuda nesses anos, contribuindo para que conseguisse realizar esse estudo.

Agradeço ao Dr. Paulo lobo, meu grande professor na cirurgia do joelho, que se tornou um amigo. Ao meu amigo e parceiro de cirurgia Dr. José Humberto, que sempre esteve comigo nessa jornada.

Agradeço a todos os pacientes que participaram desse trabalho, sem eles seria impossível a realização do trabalho.

Aos profissionais e estudantes do Instituto de Pesquisa e Ensino do Hospital HOME, em especial ao Professor Marcio Oliveira.

Aos profissionais da clínica LIFE CHECK UP, em especial ao Dr. Moacir Neto e fisioterapeuta Ludmila Goulart, pela contribuição e auxílio na realização do estudo

Agradeço a todos os meus familiares que contribuíram de alguma forma e me permitiram a realização do trabalho.

*Agradecimentos*

---

A todas as pessoas que conheci no decorrer da realização do trabalho e contribuíram de alguma forma para o melhor deste, em especial ao fisioterapeuta Jonhny Hernany.

## NORMALIZAÇÕES ADOTADAS

Esta dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Nomes das estruturas anatômicas: Terminologia Anatômica Internacional da Federative Committee on Anatomical Terminology aprovada em 1998 e traduzida pela Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. 1ed. São Paulo: Editora Manole, 2001.

Vocabulário ortográfico da língua portuguesa, 5ed, 2009, elaborado pela Academia Brasileira de Letras, em consonância com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, promulgado pelo decreto no 6583/2008.

---

**SUMÁRIO**

Lista de Abreviaturas e Siglas

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Abstract

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
2.1	Primário.....	6
2.2	Secundários.....	6
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
3.1	Lesão do ligamento cruzado anterior.....	8
3.1.1	Epidemiologia e fatores de risco.....	8
3.1.2	Mecanismos de lesão.....	9
3.1.3	Quadro clínico e diagnóstico.....	9
3.2	Tratamento da lesão do ligamento cruzado anterior.....	9
3.3	Reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral.....	10
3.4	Análise da marcha.....	12
3.5	Avaliação isocinética do joelho.....	17
<b>4</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
4.1	Desenho do estudo.....	22
4.2	Cenário e população estudada.....	22
4.3	Critérios de seleção.....	22
4.3.1	Critérios de inclusão.....	23
4.3.2	Critérios de exclusão.....	23
4.4	Variáveis.....	24
4.4.1	Desfechos primários.....	24
4.4.2	Desfechos secundários.....	24
4.5	Fontes de dados e medidas.....	24
4.5.1	Técnica de reconstrução com tendão patelar ipsilateral.....	25
4.5.2	Técnica de reconstrução com tendão patelar contralateral.....	26

		<i>Sumário</i>
4.5.2.1	Membro doador.....	27
4.5.2.2	Membro receptor.....	27
4.5.3	Fisioterapia pré-operatória.....	28
4.5.4	Fisioterapia pós-operatória.....	28
4.5.5	Avaliação tridimensional da marcha.....	29
4.5.6	Avaliação isocinética dos joelhos.....	33
4.5.7	Questionários SF-36 e EVA.....	35
4.6	Tamanho amostral.....	36
4.7	Análise estatística.....	36
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
5.1	Avaliação tridimensional da marcha.....	38
5.2	Avaliação Isocinética.....	40
5.3	Avaliação da dor e questionário de qualidade de vida SF-36.....	42
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>65</b>
<b>10</b>	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>78</b>

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ACL</b>	Anterior cruciate ligament
<b>ADM</b>	Amplitude de movimento
<b>ANOVA</b>	Análise de variância
<b>BTB</b>	<i>Bone Tendon Bone</i>
<b>CEP</b>	Comitê de Ética em Pesquisa
<b>cm</b>	Centímetros
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>EVA</b>	Escala Visual Analógica
<b>GC</b>	Grupo contralateral
<b>GControle</b>	Grupo controle
<b>GI</b>	Grupo ipsilateral
<b>H/Q</b>	Hamstring/Quadriceps
<b>HOME</b>	Hospital Ortopédico e Medicina Especializada
<b>I</b>	Isquiotibiais
<b>IMC</b>	Índice de massa corpórea
<b>I/Q</b>	Isquiotibiais/Quadríceps
<b>IKDC</b>	<i>International Knee Documentation Committee</i>
<b>IPE/HOME</b>	Instituto de Pesquisa e Ensino do Hospital HOME
<b>Kg</b>	Quilograma
<b>LCA</b>	Ligamento cruzado anterior
<b>nº</b>	Número
<b>neoLCA</b>	Neo Ligamento cruzado anterior
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro quadrado
<b>Q</b>	Quadríceps
<b>RLCA</b>	Reconstrução do ligamento cruzado anterior
<b>RM</b>	Ressonância magnética
<b>S</b>	Segundos
<b>SF-36</b>	<i>Short form 36</i>
<b>STROBE</b>	<i>Strengthening the Reporting of Observational Studies in</i>

	<i>Epidemiology</i>
<b>TCLE</b>	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
<b>UniCEUB</b>	Centro Universitário de Brasília
<b>VAS</b>	<i>Visual Analog scale</i>
<b>2D</b>	Bidimensional
<b>3D</b>	Tridimensional
°	Graus

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> –	Fases do ciclo da marcha.....	13
<b>Figura 2</b> –	Ilustração dos três planos, sagital, frontal e transversal em que os movimentos do joelho são avaliados e descritos.....	15
<b>Figura 3</b> –	Visão frontal do joelho esquerdo, mostrando a retirada do terço central do ligamento da patela, com plug ósseo, para ser utilizado como enxerto do neoLCA (A). Enxerto do terço central do ligamento da patela, preparado para ser utilizado na reconstrução do LCA, com endobutton BTB (Smith & Nephew Endoscopy, Andover,MA <sup>®</sup> ) (B).....	25
<b>Figura 4</b> –	Imagem artroscópica do intercôndilo do joelho, verificado a rotura completa do LCA a esquerda e o enxerto do neoLCA já fixado no fêmur e na tíbia a direita.....	26
<b>Figura 5</b> –	Câmera de infravermelho utilizada para captura dos movimentos durante a realização da análise da marcha.....	30
<b>Figura 6</b> –	Imagem de um paciente realizando o exame de avaliação da biomecânica tridimensional da marcha após cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ipsilateral, com as placas e marcadores cutâneos posicionados na região posterior de coxa, panturrilhas, coluna lombar, interlinha dos joelhos e trocânteres.....	30
<b>Figura 7</b> –	Visão frontal do paciente capturada pelo sistema utilizado, dos membros inferiores e pelve, antes de começar a realizar a avaliação da marcha, é realizada a checagem do posicionamento e funcionalidade dos marcadores cutâneos.....	31
<b>Figura 8</b> –	Paciente realizando avaliação biomecânica tridimensional da marcha (A). Imagem de uma captação do movimento para avaliação do parâmetro angular no plano sagital (B).....	31
<b>Figura 9</b> –	Os ângulos articulares são definidos por rotações que ocorrem em torno dos três eixos de coordenadas X, Y, Z.....	32
<b>Figura 10</b> –	Fotografia do dinamômetro isocinético Biodex Multi-joint	

	System 4 Pro® (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, USA) utilizado para realização da avaliação de força nos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA.....	34
<b>Figura 11</b>	– Imagem de um paciente que foi submetido a reconstrução do LCA realizando a avaliação isocinética do joelho, com auxílio de um fisioterapeuta da equipe .....	34
<b>Figura 12</b>	– Análise tridimensional da marcha.....	39
<b>Figura 13</b>	– Pico de torque da extensão de joelho.....	41
<b>Figura 14</b>	– Relação isquiotibiais/quadríceps.....	41
<b>Figura 15</b>	– Percepção de dor e qualidade de vida.....	43
<b>Figura 16</b>	– Percepção de dor nos pacientes submetidos à reconstrução do LCA por meio da escala EVA.....	43

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> – Características antropométricas dos pacientes incluídos no estudo.....	38
<b>Tabela 2</b> – Parâmetros cinemáticos avaliados em cada membro inferior dos pacientes incluídos no estudo.....	40
<b>Tabela 3</b> – Avaliação isocinética nos pacientes que foram submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA.....	42

## RESUMO

Machado RS. Análise da biomecânica tridimensional da marcha em pacientes submetidos à reconstrução do ligamento cruzado anterior com ligamento da patela ipsilateral e contralateral: um estudo coorte retrospectivo [Dissertação]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2024.

**Introdução:** A reconstrução do ligamento cruzado anterior restaura a estabilidade da articulação do joelho, porém o risco do não retorno à atividade esportiva no mesmo nível prévio a lesão persiste. Isso pode estar relacionado à biomecânica da marcha alterada que, em alguns casos, persiste após a reconstrução ligamentar. **Objetivo:** Avaliar a biomecânica tridimensional da marcha, por meio de parâmetros cinemáticos, em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto do ligamento da patela ipsilateral e do joelho contralateral, com um ano de pós-operatório e avaliar o desempenho muscular através da avaliação isocinética, e a análise de dois questionários SF-36 e EVA. **Método:** Foi realizado um estudo coorte retrospectivo. Foram selecionados pacientes submetidos a reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto do ligamento da patela ipsilateral (GI) e contralateral (GC) com um ano de pós-operatório. Além disso, foi selecionado um grupo controle (GControle) de pacientes sem lesão. Os pacientes foram submetidos à avaliação da marcha, por meio do sistema “3D gait analysis”, a avaliação isocinética de força e a aplicação do questionário de qualidade de vida e a escala visual análoga para avaliação da dor (EVA). O desfecho primário foi a biomecânica da marcha analisada na avaliação tridimensional. Os desfechos secundários foram os dados da avaliação de força isocinética, o questionário SF-36 e a EVA. **Resultados:** No total foram avaliados setenta e quatro participantes com média de idade de  $28,6 \pm 5,1$  anos, sendo 53 (72%) do sexo masculino. Não houve diferença estatisticamente significativa na avaliação tridimensional da marcha entre os grupos. Os valores dos picos do ângulo de flexão do joelho para os grupos GControle, GI e GC foram respectivamente:  $2,7^\circ \pm 2,1$ ,  $3,6^\circ \pm 2,9$  e  $2,4^\circ \pm 1,8$  ( $p = 0,15$ ). Não houve diferença estatisticamente significativa com relação a simetria da força muscular entre os grupos GI e GC em que a diferença do pico de torque da extensão dos joelhos intragrupo apresentaram valores equivalentes: GI,  $61 \pm 42$  Nm e GC,  $47 \pm 52$  Nm ( $p = 0,1$ ). Um comportamento similar foi encontrado nos valores da relação isquiotibiais/quadríceps: GI,  $17 \pm 13\%$  e GC,  $16 \pm 14\%$  ( $p = 0,55$ ). Além disso, não houve diferença estatística na qualidade de vida (SF36): GI,  $81 \pm 7,9$  e GC,  $82 \pm 11$  ( $p = 0,34$ ) e na percepção da dor (EVA): GI,  $2,5 \pm 2$  e GC,  $1,6 \pm 1,2$  ( $p = 0,11$ ) independente da técnica utilizada. **Conclusões:** O grupo submetido a reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral não apresentou melhores níveis de simetria nem níveis individuais dos membros inferiores com relação aos parâmetros cinemáticos da marcha comparados com o grupo ipsilateral. Além disso, não apresentou melhores níveis de desempenho muscular nem escores nos questionários SF-36 e EVA.

**Palavras-chave:** Ligamento cruzado anterior. Traumatismos do joelho. Análise da marcha. Ligamento contralateral

## ABSTRACT

Machado RS. Analysis of three-dimensional gait biomechanics in patients submitted to anterior cruciate ligament reconstruction with ipsilateral and contralateral patellar ligament: a retrospective cohort study [Dissertation]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2024.

**Introduction:** Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction restores the knee joint stability, but the risk of not returning to sports activity at the same level before the injury persists. This may be related to altered gait biomechanics that, in some cases, remain after ligament reconstruction. **Objective:** Evaluate the gait three-dimensional (3D) biomechanics through kinematic parameters in patients submitted to ACL reconstruction using grafts from the ipsilateral and contralateral knee patellar ligament one year after surgery and evaluate muscle performance through isokinetic assessment and analysis of the quality of life (SF-36) and visual analog scale (VAS) questionnaires. **Method:** A retrospective cohort study was conducted, including patients submitted to ACL reconstruction using grafts from the ipsilateral (GI) and contralateral (GC) knee patellar ligament one year after surgery. In addition, a control group (GControl), including patients with no lesions, was selected. The patients were submitted to gait assessment using the "3D gait analysis" system, isokinetic strength assessment, and SF-36 and VAS questionnaires. The primary outcome was gait biomechanics analyzed in the 3D gait system. Secondary outcomes were data from the isokinetic strength assessment, the SF-36, and VAS questionnaires. **Results:** Seventy-four participants (mean age  $28.6 \pm 5.1$  years) were evaluated, and 53 (72%) were men. No statistically significant difference was observed in the 3D gait analysis among the groups, the values for GControl was  $2.7^\circ \pm 3.6^\circ$ , for GI was  $3.6^\circ \pm 2.9^\circ$  and for GC was  $2.4^\circ \pm 1.8^\circ$  ( $p = 0.15$ ). No statistically significant difference was observed in the muscle performance symmetry between GI and GC groups where the values in the peaks of the flexion angles were equivalent: GI,  $61 \pm 42$  Nm and GC,  $47 \pm 52$  Nm ( $p = 0.1$ ). Similar results were found regarding H/Q ratio: GI,  $17 \pm 13\%$  and GC,  $16 \pm 14\%$  ( $p = 0.55$ ). In addition, no statistical difference was found in the SF-36: GI,  $81 \pm 7.9$  and GC,  $82 \pm 11$  ( $p = 0.34$ ) and VAS: GI,  $2.5 \pm 2$  and GC,  $1.6 \pm 1.2$  ( $p = 0.11$ ), regardless of the technique used. **Conclusions:** The group submitted to ACL reconstruction using grafts from the contralateral knee patellar ligament did not present better symmetry levels or individual levels of the lower limbs regarding the gait kinematic parameters compared to the ipsilateral group. In addition, it did not show better muscle performance levels or higher scores on the SF-36 and VAS questionnaires.

**Keywords:** Anterior cruciate ligament. Knee injuries. Gait analysis. Contralateral ligament.

---

# ***1 INTRODUÇÃO***

---

*Ronny de Souza Machado*

---

## **1 INTRODUÇÃO**

As lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) são uma das mais comuns em praticantes de esporte, tanto recreativo como profissional, podendo levar desde a incapacidade de retorno a atividade esportiva a alterações na qualidade de vida<sup>(1)</sup>. A incidência em praticantes profissionais varia de 0,15% a 3,7%, enquanto nos recreativos de 0,03% a 1,62%<sup>(2)</sup>. O aumento da prática de atividade física elevou a incidência da lesão do LCA, que é estimada, na população geral, de 30 a 78 por 100.000 pessoas<sup>(3)</sup>. O tratamento leva em conta o perfil do paciente, suas pretensões quanto a prática esportiva e os sintomas diários. O tratamento cirúrgico tem como objetivo tanto o retorno à qualidade de vida, quanto o retorno a atividade esportiva nos mesmos níveis pré-lesão. Com relação ao retorno para o esporte, até 80% dos pacientes retomam a atividade desportiva, porém apenas cerca de 55% ao nível pré-lesão<sup>(4)</sup>. O retorno as atividades de vida diária e as atividades esportivas ocorrem, geralmente, quando a amplitude de movimento e a força muscular parecem estar recuperadas. Assimetrias entre membros (operados versus não operados) na mecânica da marcha são comumente relatadas após a cirurgia e tendem a persistir mesmo após serem liberados para retornar ao esporte. Sendo assim, na avaliação da alta do paciente pode acontecer que ele apresente alterações nos padrões funcionais do movimento, mesmo após o período de reabilitação<sup>(5)</sup>.

A análise tridimensional da biomecânica da marcha auxilia na avaliação do desempenho esportivo usando parâmetros cinemáticos lineares e angulares<sup>(6)</sup>. Essa avaliação vem sendo cada vez mais recomendada para identificação de alterações dos parâmetros que possam estar relacionados a um não retorno à atividade esportiva.

Visando aprimorar a reabilitação dos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, vem aumentando os estudos sobre os padrões da marcha nessa população. Um melhor entendimento da biomecânica da marcha poderá melhorar a compreensão das deficiências e orientar na reabilitação. Técnicas de análises mais avançadas permitem um maior detalhamento dos dados e, conseqüentemente, uma melhor orientação. O sistema de coletas de dados biomecânicos tridimensionais (3D), permite uma coleta mais precisa e uma análise dos dados mais fidedigna do que os modelos tradicionais (2D) de análise biomecânica<sup>(7)</sup>. Os parâmetros cinemáticos, como velocidade da marcha, comprimento da passada e ângulos articulares, são obtidos por

sofisticados sistemas optoeletrônicos por meio de câmeras infravermelhas conectadas a um computador, fornecendo dados da funcionalidade da articulação<sup>(8)</sup>. A avaliação dos parâmetros cinemáticos pode auxiliar na identificação os fatores indutores de sobrecarga na articulação. Com estas informações é possível direcionar intervenções clínicas e de reabilitação, de maneira a auxiliar na diminuição dos sintomas de determinado problema existente. Além disso, pode auxiliar na correção dos fatores que podem comprometer o bom resultado de uma cirurgia<sup>(9)</sup>.

A plataforma de força é utilizada para quantificar a força exercida pelo solo, enquanto o sistema de eletromiografia, seja por agulhas ou superfície, registra a atividade muscular. A potência articular e força é calculada por meio da combinação dos dados antropométricos com os dados da avaliação cinemática. Anormalidades residuais do movimento articular e/ou alterações do padrão de contato entre as superfícies, posterior a um procedimento cirúrgico, pode acarretar sobrecarga em determinada região da articulação<sup>(9)</sup>.

A biomecânica alterada da marcha pode afetar adversamente a carga no joelho e contribuir para alterações degenerativas nas articulações. As assimetrias cinemáticas do joelho após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) estão correlacionadas com resultados clínicos ruins<sup>(9)</sup>.

Além da avaliação da marcha, o teste de força isocinética é uma ferramenta valiosa para avaliar o processo de reabilitação, e é considerado um parâmetro para avaliar se o paciente está apto para retorno ao esporte<sup>(10)</sup>. Normalmente, as assimetrias entre a perna operada e a não operada, bem como a relação isquiotibiais/quadríceps (I/Q), são calculadas usando valores máximos de torque<sup>(11)</sup>. Diversos estudos mostram diminuição nos níveis de força desde o pré-operatório até os 6 meses do pós-operatório, com um incremento relevante da força nos estágios posteriores da reabilitação<sup>(12)</sup>.

No exame isocinético do joelho é utilizado velocidades angulares que variam, normalmente, entre 30°/s e 300°/s. Na avaliação do pico de torque utiliza velocidade mais baixa, considerada quando menor que 180°/s, em que a mais utilizada é de 60°/s. Para avaliação de potência utiliza as velocidades entre 180°/s. e 300°/s. A relação agonista/antagonista ou isquiotibiais/quadríceps (I/Q) é uma forma adequada para saber se existe proporção e conseqüentemente o equilíbrio muscular<sup>(13)</sup>.

A reconstrução do LCA vem sendo realizada por diversas técnicas cirúrgicas e tipos de enxertos. A seleção do enxerto ainda permanece controversa em que alguns

---

fatores são considerados, como morbidade do sítio doador, experiência do cirurgião, viabilidade biológica do enxerto e expectativa do paciente<sup>(14)</sup>.

Pode ser utilizado enxertos autólogos ou homólogos. As vantagens do tendão autólogo incluem ausência de respostas imunológicas, incorporação mais rápida do enxerto, alto nível de satisfação, menor nível de frouxidão e custo-benefício<sup>(15)</sup>. O ligamento da patela ipsilateral e o quadruplo dos flexores do joelho são os tendões mais usados nas reconstruções do LCA, ambos com suas vantagens e desvantagens. Pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução com ligamento da patela ipsilateral, segundo alguns autores, tem maior probabilidade de ter alguma morbidade na área doadora, como limitação da mobilidade, perda ou diminuição da sensibilidade, dificuldade de ajoelhar, dor anterior e limitação do ganho de força muscular do quadríceps, decorrente da retirada do enxerto<sup>(16)</sup>. Porém, com base na literatura atual a proporção de complicações do mecanismo extensor após reconstrução do LCA utilizado auto enxerto do ligamento da patela é baixa<sup>(16)</sup>.

Por outro lado, pacientes que utilizam os flexores têm um maior risco de ruptura do enxerto<sup>(17)</sup>. A utilização do enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral é incomum devido à preocupação com a área doadora. A utilização do enxerto do membro contralateral pode diminuir a morbidade no membro lesionado, permitindo que este tenha melhores condições de cicatrização. Se o processo de reabilitação após a cirurgia for mais curto em pacientes com enxertos contralaterais do que em pacientes com enxertos ipsilaterais, ou se as necessidades esportivas do paciente, especialmente do atleta, forem atendidas mais rapidamente, o atleta submetido ao procedimento poderá retornar a prática esportiva o mais breve possível. No entanto, atualmente, as vantagens demonstradas pela utilização dessa técnica são discutíveis. A utilização do ligamento da patela contralateral é incomum devido à preocupação com a área doadora. Porém, quando utiliza o ligamento da patela ipsilateral a reabilitação da área doadora é secundária a do enxerto do LCA. Na reconstrução com a utilização do ligamento da patela contralateral dois diferentes programas de reabilitação são aplicados, um para cada joelho, com objetivo de propiciar uma maior simetria entre os membros e, conseqüentemente, uma possível melhor restauração da biomecânica nos movimentos<sup>(18,19)</sup>.

Contudo, isso ainda precisa ser mais estudado e a análise 3D da marcha associada a avaliação isocinética dos joelhos podem fornecer mais dados para corroborar ou não com esses estudos.

Shelbourne e Klotz<sup>(18)</sup> sugerem que a técnica de reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela contralateral pode proporcionar uma maior simetria dos membros inferiores e retorno as atividades esportivas mais precocemente, sem aumento nas complicações. Porém, a eficácia desta abordagem ainda precisa ser mais bem estudada. Apesar de diversos critérios, como temporais, físicos, funcionais e psicológicos, estarem relacionados ao sucesso da cirurgia de reconstrução do LCA, a utilização da análise 3D da marcha vem ganhando mais importância. Na literatura não existem estudos que relacione os parâmetros biomecânicos com a utilização do enxerto do ligamento da patela contralateral na reconstrução primária do LCA.

A nossa hipótese é que os pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral apresentem uma melhor mobilidade, avaliada por meio dos parâmetros angulares da marcha, associada a um melhor desempenho muscular, com maior simetria dos membros e relação isquiotibiais/quadríceps.

---

## ***2 OBJETIVOS***

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Primário**

Analisar e comparar parâmetros angulares da marcha, simetria dos membros e valores individuais nos membros inferiores, por meio da avaliação biomecânica tridimensional da marcha, em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela ipsilateral e com enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral.

### **2.2 Secundários**

Avaliar força por meio da análise do pico de torque e relação I/Q medidos no exame de dinamometria isocinética.

Avaliar os questionários SF-36 e EVA (escala visual analógica).

---

## ***3 REVISÃO DA LITERATURA***

---

*Ronny de Souza Machado*

---

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Lesão do ligamento cruzado anterior

O ligamento cruzado anterior é um importante restritor da instabilidade anterior e rotação interna do joelho<sup>(20)</sup>. A rotura do LCA é a mais comum lesão ligamentar do joelho, quando se trata apenas de roturas ligamentares completas. É uma lesão de jovens praticantes de atividade física e caracteriza, particularmente, pela instabilidade articular<sup>(21)</sup>.

O tratamento padrão ouro para atletas é a reconstrução cirúrgica. Porém, ainda existem divergências na literatura com relação ao tratamento, principalmente qual tipo de enxerto a ser utilizado, e reabilitação.

##### 3.1.1 Epidemiologia e fatores de risco

Sanders et al.<sup>(22)</sup> descrevem que a faixa etária mais prevalente é entre 19 a 25 anos nos EUA. A incidência é maior em pacientes do sexo feminino e em praticantes de esportes como, basquete, esqui na neve, futebol e futebol americano.

Arendt e Dick<sup>(23)</sup>, descrevem que atletas do sexo feminino tem de 3 a 8 vezes maior chance de romper o LCA, dependendo da atividade esportiva.

Lopes et al.<sup>(24)</sup> descrevem um total de 48.241 de reconstruções do LCA realizadas no Brasil pelo sistema único de saúde no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2014. Uma incidência de cirurgias de 3,49 por 100.000 pessoas/ano.

Os fatores de risco para lesão do LCA podem ser extrínsecos ou intrínsecos. Os extrínsecos são aqueles que podem ser modificados pelo indivíduo, como tipo de calçado, tipo de piso em que o esporte é praticado, força muscular e coordenação neuromuscular<sup>(25)</sup>. Os fatores intrínsecos estão relacionados ao tamanho do ligamento, *slope* tibial, dimensão do sulco intercondilar, ângulo do quadríceps (Ângulo Q), alinhamento do membro inferior e variações hormonais<sup>(26)</sup>.

### **3.1.2 Mecanismos de lesão**

Krosshaug et al.<sup>(27)</sup> descrevem que o mecanismo mais comum de lesão é o trauma torcional, em que o joelho é flexionado em valgo e a perna fica apoiada no solo em rotação externa. Este mecanismo ocorre em uma desaceleração, salto, geralmente, envolvendo mudança de direção.

Beynon e Fleming<sup>(28)</sup> descrevem que 30% das lesões ocorrem por trauma direto, em que ocorre uma hiperextensão ou estresse em valgo do joelho.

### **3.1.3 Quadro clínico e diagnóstico**

O exame físico e a descrição do trauma, geralmente, estabelece o diagnóstico da lesão do LCA. O paciente refere um estalido associado a um derrame após a lesão.

É realizada a inspeção estática, onde é verificado trofismo muscular, derrame articular, alinhamento do membro. Na inspeção dinâmica, é importante a avaliação da marcha desses pacientes<sup>(29)</sup>.

Kariya et al.<sup>(30)</sup>, constataam uma diminuição no torque da musculatura extensora na avaliação de força isocinética, sem modificação na musculatura dos isquiotibiais.

A estabilidade anterior do joelho é, geralmente, avaliada pelo teste de Lachman, o mais sensível para lesão do LCA. O teste da gaveta anterior também é realizado para avaliar a estabilidade. O teste do pivot shift é mais factível nas lesões crônica<sup>(31)</sup>.

O artrômetro KT 1000, é utilizado para medir de maneira objetiva a translação anterior da tibia em relação ao fêmur, avaliando a frouxidão do LCA. Valores maiores que 3 mm, em relação ao membro sadio, é considerado anormal. Nos quadros agudos, seu uso pode ser limitado em virtude do quadro algico e defesa muscular<sup>(32)</sup>.

A ressonância magnética (RM) tem especificidade de 95% e sensibilidade de 86% no diagnóstico da lesão do LCA. A RM permite diferenciar uma lesão parcial ou completa<sup>(33)</sup>.

## **3.2 Tratamento da lesão do ligamento cruzado anterior**

Lorenz e Imhoff<sup>(34)</sup> descreveram que o tratamento conservador é indicado para pacientes com baixa demanda física, sem queixas de instabilidade, sem condições

clínicas ou com lesões associadas. Por outro lado, pacientes com instabilidade clínica e demanda física que proporcione novas entorses, o tratamento cirúrgico é o mais indicado.

A reconstrução do LCA pode ser realizada por meio da técnica intra-articular, extra articular ou combinada. Atualmente, a mais utilizada é a reconstrução intra-articular, em que a reconstrução pode ser realizada por meio de diferentes tipos de enxertos, em que os mais utilizados são os tendões flexores ou isquiotibiais, patelar e quadríceps.

### **3.3 Reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral**

Rubinstein et al.<sup>(35)</sup> avaliam a morbidade do joelho doador contralateral em pacientes submetidos à cirurgia de revisão do LCA utilizando o ligamento da patela como enxerto. Concluem que a amplitude de movimento foi restaurada em todos os pacientes, não houve artrofibrose e os déficits musculares, quantificados por meio da avaliação isocinética, foram restaurados ao longo de um ano. A tendinite patelar encontrada em 55% dos pacientes nos primeiros meses era de caráter intermitente, não restritiva e relacionada a atividade. A gravidade e frequência diminuíram com o passar do tempo.

Shelbourne e Urch<sup>(36)</sup> apresentam um estudo em que 434 pacientes foram submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral e 228 com ligamento da patela ipsilateral. Os resultados indicaram que os pacientes submetidos à reconstrução do LCA ligamento da patela contralateral restauraram a amplitude de movimento e a força muscular mais precoce. Além disso, o retorno as atividades esportivas ocorreram em menor tempo.

Em um estudo com 100 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral e ipsilateral, Mastrokalos et al.<sup>(37)</sup> concluem que não há diferença na morbidade tampouco no retorno a prática esportiva nos grupos.

Em 2006, Shelbourne e Klotz<sup>(38)</sup> associam as vantagens da utilização do ligamento da patela contralateral, com uma reabilitação mais precoce, ocorrendo de forma simultânea para ambos os joelhos, porém de forma separada. Os joelhos apresentam valores semelhantes de amplitude de movimento e força muscular,

---

consequentemente melhor funcionalidade, sendo simétricos, e sem perda da estabilidade.

Em 2015, Shelbourne et al.<sup>(18)</sup> em um estudo com pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral e ipsilateral, avaliam o sítio doador e a funcionalidade dos membros inferiores, através da avaliação da força muscular e amplitude de movimento. Os resultados corroboram com o estudo publicado em 2006, em que os pacientes submetidos à cirurgia com ligamento da patela contralateral apresentaram melhores resultados funcionais, sem aumento de efeitos adversos no sítio doador.

Lobo et al.<sup>(39)</sup> realizam uma revisão sistemática e concluem que a utilização do ligamento da patela contralateral tem resultados positivos com relação ao retorno as práticas esportivas, porém sendo necessário mais estudos.

Em 2021, Sanada et al.<sup>(40)</sup> comparam os desfechos clínicos de retorno ao esporte, taxa de rerrotura e força muscular do joelho em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela contralateral e ipsilateral. Não houve alteração com relação à escala de atividade de Tegner ou índice de rerrotura. Quanto ao tempo de retorno à atividade esportiva, o grupo contralateral retornou em média com 6,5 meses e o grupo ipsilateral com 8 meses. O grupo contralateral indicou melhores parâmetros de força muscular desde o pós-operatório imediato. Porém, a simetria foi atribuída a déficits de força em comparação com a condição pré-operatória no membro doador do enxerto.

Shelbourne et al.<sup>(41)</sup> em 2022, em um estudo com 2.148 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior utilizando enxerto proveniente do ligamento da patela contralateral entre 1995 e 2017, avaliam o tempo e taxa de retorno a amplitude de movimento, estabilidade, força muscular e escores subjetivos em um período de 2 e 5 anos de pós-operatório. Concluem que uma reabilitação adequada e separada para ambos os joelhos, a mobilidade de força muscular é restaurada de forma mais precoce. Além disso, os pacientes podem ter um retorno mais precoce as atividades esportivas e apresentar bons resultados subjetivos a longo prazo.

Fan et al.<sup>(42)</sup> realizam uma revisão sistemática dos resultados clínicos com pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA utilizando autoenxertos com tendão contralateral ou ipsilateral. A reconstrução do LCA utilizando enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral apresentou resultados semelhantes aos

submetidos à cirurgia de reconstrução utilizando enxerto do ligamento da patela ipsilateral.

Vivekanantha et al.<sup>(43)</sup> realizam uma revisão sistemática avaliando o benefício da utilização dos tendões flexores contralaterais para reconstrução do LCA em comparação a utilização dos tendões flexores ipsilateral. Concluem que os autoenxertos de isquiotibiais contralaterais resultam em força muscular comparável aos autoenxertos de isquiotibiais ipsilaterais, com exceção de forças mais fracas dos isquiotibiais no período pós-operatório imediato. Os enxertos de isquiotibiais contralaterais não oferecem nenhum benefício quando comparados às opções ipsilaterais para RLCA primária ou de revisão e devem ser usados apenas em circunstâncias selecionadas, incluindo enxertos de isquiotibiais ipsilaterais insuficientes ou situações em que os autos enxertos de quadríceps ou patela não são ideais.

### **3.4 Análise da marcha**

A marcha humana é uma atividade complexa que compreende uma sequência de eventos cíclicos e repetitivos de movimentos dos membros inferiores. Nesse conjunto de movimentos corporais um membro está em contato com o solo atuando como suporte móvel e o outro avança no ar<sup>(44)</sup>.

O ciclo da marcha é delineado entre o primeiro instante em que o pé estabelece contato inicial com o solo até o ponto subsequente em que o mesmo pé reestabelece o contato com a superfície terrestre. A distância desse contato do mesmo pé é conhecida como passada. Por outro lado, passo é a distância entre o contato de um pé até o próximo contato do pé oposto<sup>(45)</sup>. O ciclo da marcha é dividido em duas fases: apoio – pé encontra-se em contato com o solo, e corresponde, geralmente, a 60% do ciclo e balanço que corresponde a 40% do ciclo e inicia quando o pé sai do solo, o membro avança e encerra quando o pé toca novamente o solo<sup>(44)</sup>.

A fase de apoio é subdividida em<sup>(46)</sup>:

- Duplo apoio inicial: esse período se inicia com os dois pés no solo, em que um pé entra em contato com o solo e vai até que o desprendimento do pé oposto. Compreende ao redor de 12% do ciclo da marcha. Essa fase é constituída por dois eventos, o contato inicial, sendo o exato momento que o pé toca o solo e corresponde a 2% do ciclo, e a resposta à carga que finaliza com o desprendimento do pé oposto do

solo. O objetivo desses dois eventos são a absorção do choque e a estabilidade para recepção do peso corporal,

- Apoio simples: Um único pé está em contato com o solo, e corresponde a 38% do ciclo da marcha. É dividida em : -médio apoio, que tem início com a saída do pé contralateral do solo e continua até que o peso corporal esteja sobre a região anterior do pé apoiado, e o apoio terminal, que tem início com a elevação do calcanhar do pé apoiado e finaliza com contato inicial do pé contralateral<sup>(44)</sup>;

- Duplo apoio terminal: nesse período, o pé que estava na fase de balanço toca o solo e vai até o pé oposto sair do solo, sendo o final da fase de apoio. Nessa fase ocorre o pré-balanço, em que ocorre uma diminuição brusca da carga no membro<sup>(45)</sup>.

A fase de balanço é subdividida em:

- Balanço inicial: inicia quando o pé é desprendido do solo e termina quando o pé em balanço encontra se em oposição ao pé em apoio (60 a 73% do ciclo);

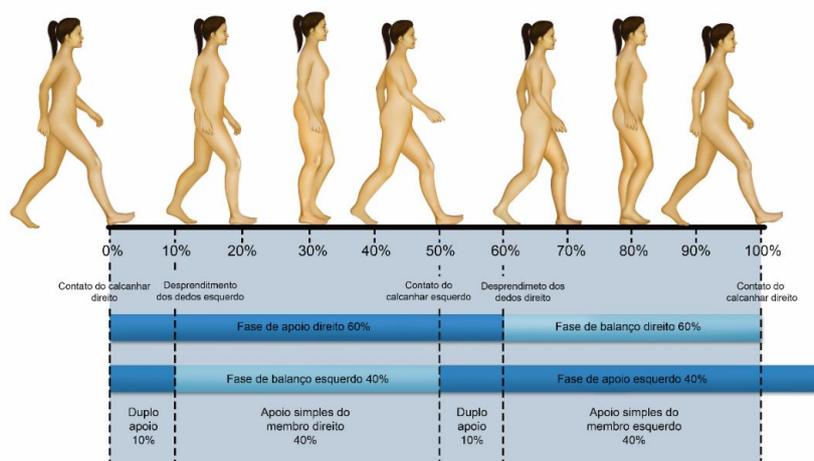
- Balanço médio: termina com o membro inferior em balanço a frente do membro em apoio com a tibia verticalizada em relação ao solo (73 a 87% do ciclo);

- Balanço terminal: termina com o novo contato inicial (87 a 100% do ciclo).

O objetivo do balanço inicial e médio é o avanço do membro inferior de referência e a liberação do pé contralateral do solo<sup>(45)</sup>.

A duração das fases do ciclo da marcha vai depender da velocidade da marcha. Quanto maior a velocidade menor a duração do duplo apoio e maior a do apoio simples (Figura 1).

**Figura 1** – Fases do ciclo da marcha



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

---

O interesse nos padrões reais de movimentos humanos vem desde o século XVII, porém o primeiro registro foi feito por um fotógrafo americano Muybridge, no final do século XIX, em que acionou 24 câmeras sequencialmente, registrando o padrão de um homem correndo<sup>(47)</sup>.

A biomecânica do movimento humano descreve, analisa e avalia o movimento. As variáveis utilizadas na descrição e análise de qualquer movimento podem ser categorizadas em cinemática, dinâmica, antropometria e eletromiografia, sendo possível avaliar a trajetória do movimento, a força envolvida<sup>(47)</sup>.

Cinemática é o estudo dos parâmetros têmporo-espaciais da marcha, sem relacionar as forças que os provocaram. Esses parâmetros, como deslocamentos lineares e angulares, velocidades e acelerações, são obtidos por meio de câmeras infravermelhas sincronizadas<sup>(47)</sup>. Para o cálculo das angulações é necessário adquirir a trajetória tridimensional de marcadores colocados no corpo do sujeito, geralmente, sobre a sua pele, usando três ou mais câmeras. São recolhidas imagens do indivíduo em posição estática e durante o movimento. Posteriormente, estas imagens são processadas pelo sistema computacional e a informação é apresentada. Os ângulos com maior relevância clínica são: rotação pélvica, adução/abdução, flexão/extensão e rotação interna do quadril, flexão/extensão do joelho, dorsiflexão/flexão plantar do tornozelo.

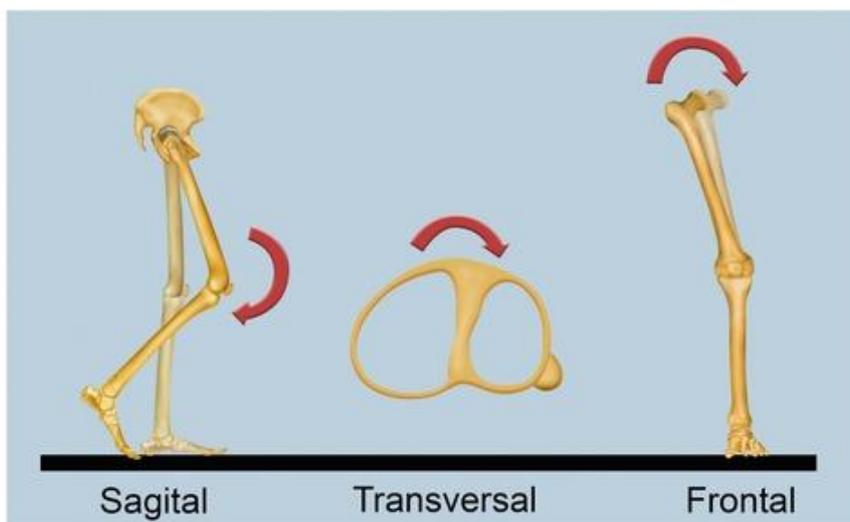
O movimento do joelho é caracterizado por grande amplitude no plano sagital e pequenos arcos de movimentos nos planos coronal e axial. Em termos gerais, a mobilidade sagital é utilizada para a progressão do movimento na fase de apoio e avanço do membro na fase de oscilação. O movimento no plano frontal auxilia o equilíbrio vertical do membro durante a fase de apoio, enquanto o arco de movimento transversal permite ajustes finos do alinhamento articular.

O padrão e amplitude de movimento do joelho ao longo do ciclo da marcha são influenciados pelas demandas funcionais específicas de cada subfase. Um consenso acerca dos padrões motores cinemáticos observados durante a marcha de indivíduos saudáveis foi descrito por Perry<sup>(44)</sup>. Com relação à cinemática do joelho no contato inicial ocorre uma flexão de 5 graus, posteriormente por meio da contração excêntrica do quadríceps a flexão chega a 15 graus. Na fase do apoio terminal, a flexão plantar e a flexão do quadril chegam a 40 graus, sendo mantido até o final do pré-balanço. Durante o balanço inicial a flexão máxima de 60 graus é alcançada<sup>(44)</sup>.

Os parâmetros cinemáticos são calculados nas diferentes fases da marcha, com variações nos valores de acordo com a fase e/ou velocidade da marcha. Estes parâmetros, espaço temporais e cinemáticos, e são considerados bons preditores de disfunção<sup>(48)</sup>.

Na análise tridimensional da marcha os movimentos executados são descritos nos três planos de referência anatômicas (**Figura 2**). Os movimentos realizados no plano sagital são flexão e extensão, no plano frontal de adução e abdução. No plano transversal rotação interna e externa<sup>(49)</sup>. Devido à grande amplitude no plano sagital, o joelho é considerado uma articulação em dobradiça. Os movimentos de abdução e adução são limitados, variando de 5 a 10 graus, pelos estabilizadores estáticos e pela geometria articular. A rotação interna, externa e flexão extensão do joelho possuem amplitudes maiores, podendo chegar a 35 e 150 graus, respectivamente.

**Figura 2** – Ilustração dos três planos, sagital, frontal e transversal em que os movimentos do joelho são avaliados e descritos



**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

A análise da marcha, realizada por simples observação ou análise tridimensional com medição dos ângulos articulares (cinemática) permite ao médico avaliar e projetar procedimentos adaptados às necessidades individuais dos pacientes. Essa avaliação permite fornecer dados objetivos pré-operatórios e pós-operatórios. A inclusão de dados da análise nos planos de tratamento resultou em mudanças cirúrgicas e no tratamento pós-operatório<sup>(50)</sup>.

---

Com o advento da análise tridimensional da marcha permitiu um armazenamento de grande quantidade de dados, determinando com mais precisão a cinemática multiplanar e dimensional. Essas medidas precisas permitem a identificação de diferentes perfis de movimentos, identificando fatores de risco para lesões ortopédicas nos membros inferiores, que por sua vez, auxilia na adoção de medidas clínicas em pacientes que possuem problemas ortopédicos, além de avaliar os efeitos de diferentes tipos de intervenções<sup>(51)</sup>.

Vários autores publicaram séries de casos de pacientes submetidos a cirurgia de reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela ipsilateral, que apresentam recuperação nos padrões de marcha avaliados com 12 meses de pós-operatório<sup>(52-54)</sup>. Por outro lado, existem diversos estudos que concluem que os pacientes não apresentam normalização de alguns parâmetros avaliados independente do período avaliado<sup>(55-57)</sup>.

Webster et al.<sup>(58)</sup> descrevem um estudo com três grupos, um controle, um submetido à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ipsilateral e um terceiro submetido à cirurgia de reconstrução com tendões isquiotibiais, onde comparam alguns parâmetros cinemáticos da marcha, concluindo que existem alterações biomecânicas conforme o sítio doador do enxerto.

Wang et al.<sup>(59)</sup> realizam a análise da marcha de pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA e concluem que com 9 meses de pós-operatório ocorre normalização dos parâmetros avaliados. Associado a isso, concluem que a biomecânica da marcha pós-operatória está diretamente relacionada a área doadora.

Leporace et al.<sup>(60)</sup> descrevem uma revisão sistemática a respeito da coordenação motora durante a marcha em pacientes com lesão de LCA e que foram submetidos à cirurgia de reconstrução de LCA. Estes autores concluem que a marcha dos pacientes submetidos à reconstrução apresenta padrões mais variáveis em relação a pacientes sem lesão ligamentar.

Hart et al.<sup>(61)</sup> avaliam os padrões de marcha em pacientes submetidos à reconstrução do LCA e concluem que alterações na cinemática angular nesses pacientes pode estar relacionada a resultados insatisfatórios no retorno a prática esportiva.

### **3.5 Avaliação isocinética do joelho**

O conceito de exercício isocinético foi introduzido pela primeira vez em 1967 por Hislop e Perrine<sup>(62)</sup>. A avaliação isocinética começou a ser amplamente utilizada nos anos 80 devido ao aumento das evidências que demonstravam sua contribuição na reabilitação de pacientes com lesões nos joelhos<sup>(63)</sup>. A medição da força por meio de sistemas isocinéticos permite a medição quantitativa das forças musculares efetivas em várias posições corporais que são frequentemente comparáveis em condições específicas de diferentes tipos de atividade esportiva.

O aparelho isocinético é um dinamômetro eletromecânico com sistema servomotor, que atualmente se apresenta todo computadorizado. O indivíduo realiza um esforço muscular máximo ou submáximo que se acomoda à resistência do aparelho. A avaliação isocinética utiliza uma velocidade angular fixa pré-definida, que varia de 1°/s a aproximadamente 1000°/s, permitindo a acomodação da resistência por meio da amplitude de movimento. A resistência oferecida pelo aparelho varia de forma a ser sempre igual à força exercida pelo indivíduo, possibilitando, assim, carregar dinamicamente um músculo até sua capacidade máxima em todos os ângulos de movimentação do joelho. A força exercida pelos grupos musculares varia durante o arco de movimento, devido ao seu braço de alavanca que se altera conforme a amplitude do movimento. Tem-se, então, o chamado momento angular de força ou torque<sup>(62)</sup>.

Murray et al.<sup>(64)</sup> desenvolvem um estudo com indivíduos da faixa etária de 20 a 86 anos, e concluem que os pacientes mais velhos tem torque máximo significativamente inferior aos mais jovens. Além disso, a força das contrações isocinéticas são inferiores que as contrações isométricas.

Arvidsson et al.<sup>(65)</sup> avaliam pacientes submetidos à reconstrução do LCA com 5 a 10 anos de pós-operatório e concluem que os resultados excelentes estavam associados a bons resultados musculares dos flexores e extensores do joelho. Por outro lado, resultados funcionais razoáveis estavam relacionados a um déficit da musculatura extensora, porém com força extensora preservada.

Wyatt e Edwards<sup>(66)</sup> avaliam os valores de torque máximo das musculaturas do quadríceps e isquiotibiais nas velocidades angulares 60°/s, 180°/s e 300°/s, em 50 pacientes do sexo masculino e 50 do sexo feminino com idades entre 25 e 34 anos. Os valores de torque diminuíram à medida que a velocidade do exercício aumentou. Os

valores de torque do quadríceps foram significativamente superiores à dos isquiotibiais nas diferentes velocidades dos testes. A proporção entre os valores de torque dos isquiotibiais e o torque do quadríceps aumentaram significativamente à medida que a velocidade do teste aumentou.

Tibone e Antich<sup>(67)</sup> avaliam a biomecânica de 11 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior com ligamento da patela com 2 anos de pós-operatório e concluem que todos permaneceram com déficit significativo de torque do quadríceps. Por sua vez os isquiotibiais eram iguais em força ao membro não operado.

Harter et al.<sup>(68)</sup> descrevem avaliação isocinética de 46 pacientes entre 18 e 49 anos que foram submetidos à reconstrução do LCA. Os pacientes foram agrupados conforme o período de pós-operatório e os pacientes que tiveram um acompanhamento de longo prazo (41 a 101 meses) tiveram déficits musculares significativamente menores que os pacientes com acompanhamento de 24 a 40 meses.

Rosenberg et al.<sup>(69)</sup> avaliam a função do mecanismo extensor em 10 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA em um pós-operatório de 12 a 24 meses. A avaliação isocinética a 60°/s mostrou um déficit médio de 18% do quadríceps em comparação com a extremidade normal.

Lephart et al.<sup>(70)</sup> avaliam 33 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela, autólogo ou homólogo. O torque do quadríceps foi avaliado a 60°/s e 240°/s. Não houve diferença significativa em nenhum dos parâmetros, concluindo que evitar a retirada do terço central do ligamento da patela na reconstrução do LCA para preservar a força e a capacidade funcional do quadríceps pode ser desnecessária.

Brück et al.<sup>(71)</sup> avaliam 37 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução ligamentar com ligamento da patela contralateral, sendo que 22 para reconstrução do LCA. Em um acompanhamento médio de 25,3 meses a avaliação isocinética não mostrou alteração no torque do quadríceps.

Carter e Edinger<sup>(72)</sup> comparam 106 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ou tendões isquiotibiais com 6 meses de pós-operatório. A avaliação isocinética foi avaliada a 180°/s e 300°/s e não foi encontrado diferença estatisticamente significativa independente do sítio doador do

enxerto. Além disso, a maioria dos pacientes não apresentou valores normativos de força ao final do período avaliado.

Järvelä et al.<sup>(73)</sup> avaliam 91 pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela em um período de pós-operatório médio de 7 anos. Dor anterior no joelho, classificada segundo o Comitê Internacional de Documentação do Joelho (IKDC), foi relatada leve em 47 pacientes e moderada em 4 pacientes. Na análise dos fatores preditores, o déficit do torque do quadríceps do joelho operado foi o único fator que apresentou associação significativa com dor anterior do joelho.

Eriksson et al.<sup>(74)</sup> avaliam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com tendões isquiotibiais ipsilateral. No pós-operatório de 6 meses o torque do quadríceps e dos isquiotibiais foi significativamente inferior no membro operado comparado ao não operado.

Beynon et al.<sup>(75)</sup> em um estudo prospectivo e randomizado compararam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela, com tendões isquiotibiais. No pós-operatório de 2 anos, o torque de flexão nos pacientes que utilizaram os isquiotibiais foi significativamente menor.

Gobbi et al.<sup>(76)</sup> avaliam pacientes submetidos à reconstrução do LCA e dividiram em grupos comparáveis do sexo masculino e feminino e que utilizaram tendão isquiotibiais e ligamento da patela. Em ambos os grupos pacientes do sexo feminino apresentam um déficit significativamente maior do pico de torque a 60°/s em flexão e extensão.

Spindler et al.<sup>(77)</sup> realizam uma revisão sistemática baseada em ensaios clínicos randomizados avaliando tendão patelar versus tendões isquiotibiais na reconstrução do LCA. Diferenças objetivas, como avaliação isocinética, não foram detectadas entre os grupos na maioria dos estudos.

Taylor et al.<sup>(78)</sup> avaliam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com terço central do ligamento da patela ou tendões isquiotibiais no período de 2 anos de pós-operatório. Concluiu que os resultados objetivos, subjetivos e funcionais, dentre eles a avaliação isocinética, foram semelhantes, independente do sítio doador.

Karanikas et al.<sup>(79)</sup> correlacionam os achados entre a avaliação isocinética e a cinemática da marcha após a reconstrução do LCA. Os resultados mostraram que pacientes com déficits significativos de força apresentaram alterações nos padrões cinemáticos da marcha.

---

Cavaignac et al.<sup>(80)</sup> comparam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com tendão quadríceps e isquiotibiais. Não houve diferença nos resultados funcionais, incluindo a avaliação isocinética.

Hanada et al.<sup>(81)</sup> em um estudo com pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA concluem que, com 6 meses de pós-operatório o grupo que utilizou os isquiotibiais como enxerto apresentaram melhores torques de flexão e extensão do que o grupo de teve o ligamento da patela. Porém, com 1 ano de pós-operatório não houve diferença com relação à força muscular. Além disso, pacientes com uma melhor força muscular no pré-operatório apresentaram mais rápida recuperação da força muscular.

Arhos et al.<sup>(82)</sup> descrevem que a melhora na simetria de força muscular isolada, não acarreta correção dos padrões cinemáticos da marcha após reconstrução do LCA, em que as intervenções clínicas atuais e treinamento de retorno ao esporte pode não corrigir as alterações no padrão da marcha desses pacientes.

Kellis et al.<sup>(83)</sup> realizam uma revisão sistemática para avaliar a relação isquiotibiais/quadríceps (I/Q) como fator de risco para rotura do LCA. A relação I/Q tem valor limitado para predição de lesão do LCA, sendo necessário outros fatores modificáveis associados.

Severyns et al.<sup>(84)</sup> avaliam a associação do risco de rerrotura, em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com 6 meses de pós-operatório, com déficit na avaliação isocinética. Foi encontrado uma associação positiva entre o déficit dos torques de flexão e extensão realizado a 60°/s com o índice de rerrotura.

Beaudoin et al.<sup>(85)</sup> comparam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com tendões isquiotibiais ipsilateral e contralateral, no pós-operatório de no mínimo 10 anos. Não houve diferença na avaliação isocinética, realizada com velocidade de 60°/s, dos flexores e extensores do joelho.

Esmaeili e Sharifi<sup>(86)</sup> avaliam a relação do pico de torque entre isquiotibiais e quadríceps( I/Q) de 27 jogadores profissionais de basquete masculino e feminino em diferentes velocidades angulares (60°/s,90°/s,120°/s,150°/s,180°/s,240°/s,300°/s) nos membros dominantes e não dominantes. Com o aumento da velocidade angular ocorre a elevação da relação I/Q, porém alteração na velocidade não altera a assimetria bilateral da relação I/Q dos membros dominantes e não dominantes.



## ***4 MÉTODOS***

---

## 4 MÉTODOS

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, sob o parecer 4902967 (**Anexo 1**). Todos os participantes eram voluntários e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (**Anexo 2**), dando ciência de que conheciam os procedimentos a serem realizados e concordavam com os objetivos da pesquisa.

A metodologia utilizada foi registrada na plataforma Brasil com número CAAE 46802321000000023.

### 4.1 Desenho do estudo

Foi realizado um estudo coorte retrospectivo com abordagem quantitativa de caráter descritivo e analítico, com pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior com terço central do ligamento da patela contralateral (GC) e ipsilateral (GI). Os dados do estudo seguiram as diretrizes do *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) *statement* para escrita de estudos observacionais (**Apêndice A**).

### 4.2 Cenário e população estudada

A pesquisa foi realizada no Hospital Ortopédico e Medicina Especializada – HOME, Brasília/DF. Os pacientes foram submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, realizada por uma equipe composta por 3 médicos membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia de Joelho. Os pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, com enxerto proveniente do ligamento da patela do joelho contralateral e ipsilateral, e elegíveis para a pesquisa foram contactados via telefone por uma secretária da equipe e convidados a participar da pesquisa.

### 4.3 Critérios de seleção

Todos os pacientes que realizaram cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ipsilateral e contralateral foram avaliados para elegibilidade, após

12 meses do procedimento, realizado de 2020 a 2022. Além disso, foi selecionada uma amostra de participantes, sem queixas, que foram realizar os testes com objetivo de avaliação da biomecânica, sem apresentar sintomas, denominada grupo controle, em que o pareamento ocorreu de acordo com o nível de atividade exercida e idade.

#### **4.3.1 Critérios de inclusão**

Participantes do grupo controle:

- Sem histórico de cirurgias nos joelhos;
- Sem alterações articulares, tanto em membros inferiores, quanto superiores;
- Sem desvio de eixo anatômico e mecânico;
- Sem alterações na marcha;
- Praticantes de atividade física considerados ativos, de acordo com o questionário internacional de atividade física (**Apêndice B**);
- Capacidade para entender, concordar e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido;

Participantes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA:

- Submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA por uma mesma equipe cirúrgica e composta por três cirurgiões de joelho membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia de Joelho;
- Período pós-operatório com 12 meses;
- Idade de 18 a 40 anos;
- Ambos os sexos;
- Sem história de alterações articulares prévias, independente da articulação;
- Sem histórico de distúrbios da marcha prévios a lesão;
- Capacidade para entender, concordar e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido.

#### **4.3.2 Critérios de exclusão**

Participantes do grupo controle:

- Atletas profissionais nas atividades esportivas praticada;
- Queixa de instabilidade no ato da realização dos exames.

Participantes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA:

- Atletas profissionais nas atividades esportivas praticada;
- Submetido a revisão da reconstrução do LCA;
- Portador de doença reumatológica;
- Foi submetido a meniscectomia, maior que 1/3 terço do menisco, e/ou reparo de lesão condral;
- Com desvio de eixo anatômico e/ou mecânico;
- Com história de lesão articular e/ou muscular no período de seguimento após o procedimento cirúrgico;
- Com queixa de instabilidade no ato da realização dos exames.

#### **4.4 Variáveis**

##### **4.4.1 Desfechos primários**

Foram avaliados os seguintes parâmetros cinemáticos angulares a partir do sistema *3D gait analysis* na plataforma de marcha utilizada no laboratório: pico de flexão dos joelhos; rotação interna dos joelhos; pico de abdução dos joelhos; pico de adução dos quadris. Todas as medidas são calculadas automaticamente pelo sistema da plataforma e sua mensuração ocorre em graus.

##### **4.4.2 Desfechos secundários**

Os desfechos secundários são os valores de pico de torque e a relação isquiotibiais/quadríceps, mensurados na dinamometria isocinética.

Além disso, é mensurado o nível de qualidade de vida pelo *Short Form 36 (SF-36) questionnaire* e a avaliação da dor por meio da escala visual analógica (EVA).

#### **4.5 Fonte de dados e medidas**

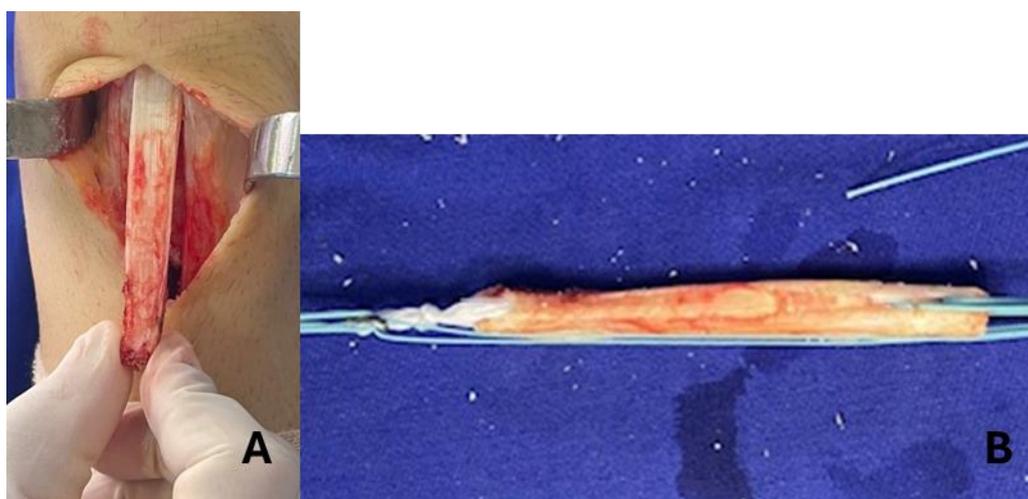
Os pacientes que completaram um ano de pós-operatório de reconstrução do LCA utilizando a técnica com ligamento da patela ipsilateral ou contralateral, que foram elegíveis ao estudo, foram submetidos à cirurgia de avaliação da marcha, por meio do

sistema “3D gait analysis” e avaliação da força isocinética sob supervisão de um único examinador. Além disso, foram aplicados os questionários SF-36 e EVA.

#### 4.5.1 Técnica de reconstrução com tendão patelar ipsilateral

Paciente em decúbito dorsal, é realizado antissepsia, assepsia e colocado garrote em membro inferior a ser operado com manguito pneumático a 350 mmHg. É realizado uma incisão cutânea, medial ao polo superior da patela, até o tubérculo anterior da tíbia. É realizado abertura da bainha do tendão patelar. Com auxílio da serra oscilatória, osteótomo reto e martelo é retirado o enxerto do ligamento da patela com 1 cm de espessura e com 2 plugs ósseos de 2 cm de comprimento x 1 cm de espessura. Com a broca de 2,0 mm, são realizadas três perfurações na porção óssea patelar do enxerto, por onde serão passados fios Ethibond n° 5 (Excel®). É feita uma perfuração na porção tibial, em que será colocado o endobutton BTB (Bone Tendon Bone) (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA®) para fixação do enxerto no fêmur. (**Figura 3**).

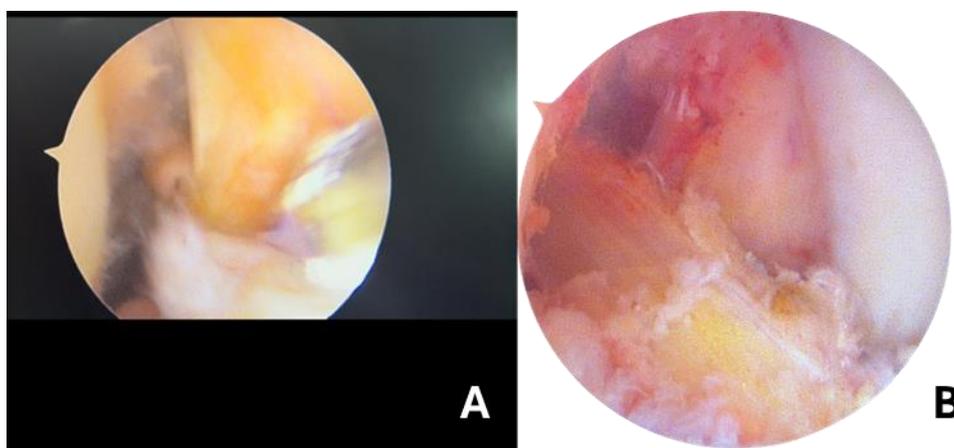
**Figura 3** – Visão frontal do joelho esquerdo, mostrando a retirada do terço central do ligamento da patela, com plug ósseo, para ser utilizado como enxerto do neoLCA (A). Enxerto do terço central do ligamento da patela, preparado para ser utilizado na reconstrução do LCA, com endobutton BTB (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA®) (B).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Os portais anteromedial e anterolateral são feitos para introdução do artroscópio, inspecionado o joelho, verificado lesão do LCA e ressecção dos restos do ligamento. Identificado o footprint femoral, marcado com osteopick. Com o joelho em flexão de 120 graus, é passada a broca 4,5 mm. Realizado medição do túnel femoral e posterior passagem da broca 10 mm, até 0,5 mm da cortical femoral. Determinado túnel tibial, utilizando parâmetros: posterior ao corno anterior do menisco lateral, anterior a espinha tibial e o remanescente do LCA, caso tenha. O fio guia é regulado na angulação do guia em 55 graus e posterior passado a broca 10 mm. O enxerto é passado pelos túneis e fixado no fêmur com endobutton BTB (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA<sup>®</sup>) e na tíbia com parafuso absorvível (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA<sup>®</sup>) 10x25 com joelho em extensão (**Figura 4**). Colocado dreno 3,2 mm. No defeito ósseo patelar é colocado osso esponjoso, retirados dos túneis. Concluindo, é realizado sutura do peritendão patelar com Vicryl 1, sutura do subcutâneo com Vicryl 2.0 e sutura da pele com nylon 2.0, ponto tipo intradérmico.

**Figura 4** – Imagem artroscópica do intercôndilo do joelho, verificado a rotura completa do LCA (A) e o enxerto do neoLCA já fixado no fêmur e na tíbia (B)



**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

#### 4.5.2 Técnica de reconstrução com tendão patelar contralateral

---

#### **4.5.2.1 Membro doador**

O paciente é posicionado em decúbito dorsal, é realizado antissepsia, assepsia e colocado garrote em membro inferior a ser operado com manguito pneumático a 350 mmHg. É realizada incisão cutânea, medial ao pólo superior da patela até o tubérculo anterior da tíbia. É realizada abertura da bainha do tendão patelar. Com auxílio da serra oscilatória, osteótomo reto e martelo é retirado o enxerto do ligamento da patela com 1 cm de espessura e com 2 plugs ósseos de 2 cm de comprimento x 1 cm de espessura. Com a broca de 2,0 mm, são realizadas três perfurações na porção óssea patelar do enxerto, por onde serão passados fios Ethibond nº 5 (Excel<sup>®</sup>).<sup>(87)</sup>. Após a retirada a bainha do tendão é suturada com fio de vycril<sup>®</sup> 1. O local que foi retirada o plug ósseo na patela é preenchido com enxerto ósseo, proveniente do túnel tibial do joelho receptor.

#### **4.5.2.2 Membro receptor**

É realizado os portais anteromedial e anterolateral para introdução do artroscópio, inspecionado o joelho, verificado lesão do LCA e ressecção dos restos do ligamento. Identificado o footprint femoral, marcado com osteopick. Realizada flexão do joelho em 120 graus, passagem da broca 4,5 mm. Realizado medição do túnel femoral e posterior passagem da broca 10 mm, até 0,5 mm da cortical femoral. Determinado túnel tibial, utilizando parâmetros: posterior ao corno anterior do menisco lateral, anterior a espinha tibial e o remanescente do LCA, caso tenha. O fio guia é regulado na angulação do guia em 55 graus e posterior passado a broca 10 mm. O enxerto é passado pelos túneis e fixado no fêmur com endobutton BTB (Smith & Nephew Endoscopy, Andover, MA<sup>®</sup>) e na tíbia com parafuso absorvível 10x25 com joelho em extensão. É utilizado dreno 3,2 mm. No defeito ósseo patelar é colocado osso esponjoso, retirados dos túneis. Concluindo é realizado sutura do peritendão patelar com Vicryl plus 1 (Ethicon), sutura do do subcutâneo com Vicryl plus 2.0 (Ethicon) e sutura da pele com nylon 2.0, ponto tipo intradérmico.

---

### **4.5.3 Fisioterapia pré-operatória**

A fisioterapia pré-operatória teve como objetivo restaurar a simetria dos joelhos, restaurando a amplitude do movimento, diminuindo o processo inflamatório, melhorando o desempenho muscular, a capacidade sensório-motora<sup>(14,18)</sup>.

Exercícios de mobilidade para flexão, extensão e hiperextensão foram iniciados precocemente para possibilitar o restabelecimento da amplitude normal e impedir complicações, como fibrose na fossa intercondilar femoral e reduções excessivas do tônus e trofismo do membro lesionado.<sup>(14,18)</sup>.

Os exercícios resistidos foram realizados, inicialmente, de forma isométrica e por meio de elevações do membro estendido. Após a amplitude ter sido restaurada, foram incluídos exercícios concêntricos e excêntricos em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada. A capacidade sensório-motora também foi incentivada desde o primeiro momento por meio da realização de exercícios, com o objetivo de diminuir o período de latência da condução nervosa, aumentando então a velocidade da resposta neuromuscular e, conseqüentemente, melhorando a funcionalidade dos pacientes, diminuindo o risco de lesões adicionais e agravamento do quadro inicial<sup>(14,18)</sup>.

### **4.5.4 Fisioterapia pós-operatória**

Ainda no hospital, durante o período de internação, foi iniciada a reabilitação pós-operatória, afim de diminuir a dor, o derrame articular, restaurar a mobilidade e recuperação o desempenho muscular. O pós-operatório foi dividido em três períodos: imediato, do dia da cirurgia até o término da primeira semana; intermediário, da segunda semana até a quarta semana, e o tardio, que engloba do primeiro mês até o retorno a atividade física de forma plena. No joelho doador o objetivo foi regeneração da área doadora, e no receptor diminuição do derrame articular, restauração da mobilidade e estímulo a maturação do enxerto<sup>(14,18)</sup>.

Durante o pós-operatório imediato o joelho doador apresentava amplitude de movimento quase normal e exercícios resistidos concêntricos e excêntricos foram estimulados desde o começo. Foi orientado crioterapia e alongamento para melhora do quadro algico no local de retirada do tendão. No joelho receptor foram realizadas atividades para ganho de hiperextensão e flexão quatro vezes por dia. Exercícios

isométricos para prevenir a perda do trofismo foram realizados. Além disso, foi liberado descarga de peso com auxílio de muletas no pós-operatório imediato<sup>(88)</sup>.

No período intermediário, no joelho receptor foi orientado a manutenção de exercícios para ganho de mobilidade passiva e ativa. No joelho doador foi estimulado exercícios com baixa carga e alta repetição.

Após a primeira semana, nos pacientes do grupo contralateral, foram iniciados agachamentos unipodais. Após a flexão completa ser atingida os pacientes iniciaram a realização de exercícios visando ao controle e à coordenação do movimento, associado ao aumento progressivo de carga e retorno simultâneo da simetria bilateral<sup>(14,18)</sup>.

#### **4.5.5 Avaliação tridimensional da marcha**

O sistema “*3D gait analysis*” é uma plataforma de captura de movimento projetada para análise de marcha a partir de uma esteira ergométrica e três câmeras de infravermelho para captura de movimento (**Figura 5**). Durante esse exame foram acoplados ao corpo dos pacientes marcadores retro-refletivos esféricos que são pré-configurados para facilitar o posicionamento. Antes de iniciar a avaliação foi feita uma calibração do sistema da VICON com um bastão que tem os marcadores com uma distância conhecida entre elas para calibrar o sistema. Após isso, os marcadores cutâneos foram colocados nos maléolos, nas interlinhas articulares dos joelhos, nos grandes trocânteres (**Figura 6**). Placas com esses marcadores foram colocadas por meio de fitas adesivas na região posterior das coxas, panturrilhas e na região lombar (**Figura 6**). No tênis do paciente foram colocados três marcadores: um na região posterior alta, outro na região posterior baixa e outro na região mais lateral, formando um triângulo. Após isso, o sistema realiza uma checagem para avaliar se todos os marcadores podem ser detectados e se estão bem-posicionados (**Figura 7**). Após esta checagem inicial o exame é iniciado. É realizado um período de caminhada em velocidade que seja confortável e compatível com velocidades que o paciente costuma caminhar. Depois é iniciado um período de corrida onde a velocidade é determinada com base nos mesmos critérios descritos para a caminhada (**Figura 8**). Durante a caminhada e a corrida, o próprio sistema exige que o paciente permaneça caminhando e/ou correndo até que tenham sido captadas 5000 *frames* em diferentes posições da marcha, nos quais os vários ângulos e velocidades angulares são calculados (**Figura 7**).

**Figura 5** – Câmera de infravermelho utilizada para captura dos movimentos durante a realização da análise da marcha



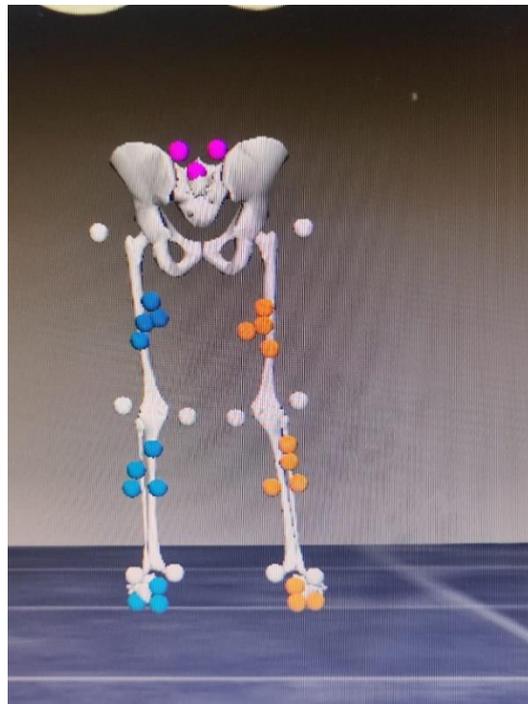
Fonte: Clínica Life check up (2021).

**Figura 6** – Imagem de um paciente realizando o exame de avaliação da biomecânica tridimensional da marcha após cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ipsilateral, com as placas e marcadores cutâneos posicionados na região posterior de coxa, panturrilhas, coluna lombar, interlinha dos joelhos e trocânteres.



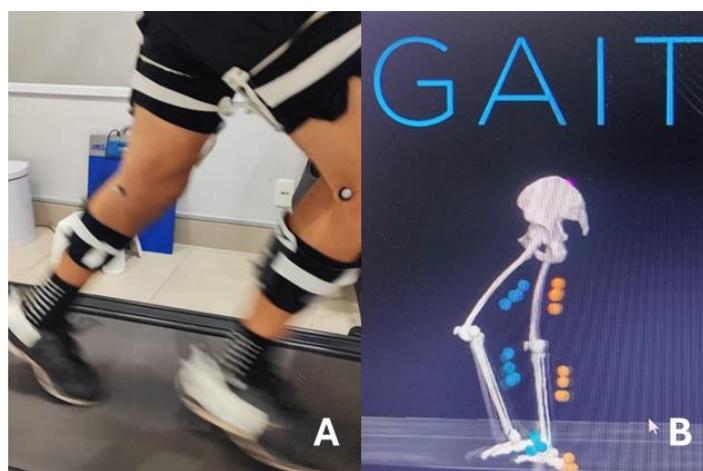
Fonte :Clínica Life check up (2022).

**Figura 7** – Visão frontal do paciente capturada pelo sistema utilizado, dos membros inferiores e pelve, antes de começar a realizar a avaliação da marcha, é realizada a checagem do posicionamento e funcionalidade dos marcadores cutâneos



Fonte: Clínica Life check up (2022).

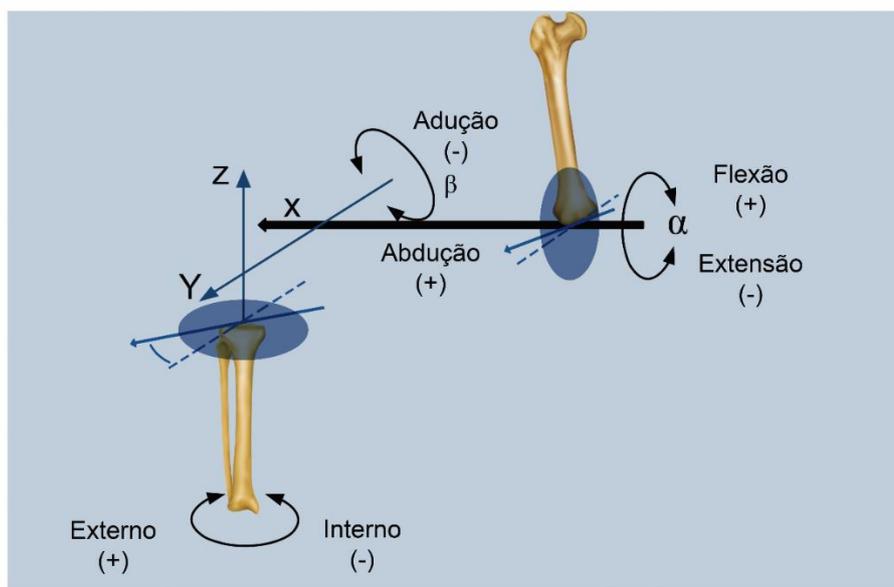
**Figura 8** – Paciente realizando avaliação biomecânica tridimensional da marcha (A). Imagem de uma captura do movimento para avaliação do parâmetro angular no plano sagital (B).



Fonte: Clínica Life check up (2022).

Para o cálculo dos ângulos foi usado o sistema de eixo flutuante descrito por Grood e Suntay<sup>(88)</sup>. Abdução, flexão e rotação externa foram consideradas ângulos positivos tanto para o quadril quanto para o joelho (**Figura 9**).

**Figura 9** – Os ângulos articulares são definidos por rotações que ocorrem em torno dos três eixos de coordenadas X, Y, Z



**Fonte:** Clínica Life check up (2021).

As mensurações dos resultados cinemáticos foram tomadas durante a caminhada na velocidade 5 km/h, confortável para todos os pacientes, na fase de apoio médio.

Nos três grupos (controle, ipsilateral e contralateral) foram avaliados os seguintes parâmetros cinemáticos angulares:

- Pico de flexão dos joelhos: é o quanto o joelho flexiona durante a caminhada ou corrida. Uma significativa diferença entre as pernas na quantidade de flexão do joelho é um bom indicador de um padrão de marcha antálgico (claudicante). Quanto menor o pico de flexão dos joelhos, menor a ativação muscular e maior a possibilidade de claudicar durante a marcha;
- Rotação interna dos joelhos: este é um movimento típico durante a corrida e é acoplado mecanicamente com a rotação interna da tíbia e do quadril. Também é acoplado com abdução de quadril e joelho. Rotação interna excessiva em sobrecarga aumentada para a articulação do joelho;

- Pico de abdução dos joelhos: quando aumenta a abdução dos joelhos, pode resultar em um aumento da sobrecarga na articulação do joelho;
- Pico de adução dos quadris: este movimento é acoplado com rotação interna do quadril e do joelho. Uma quantidade maior do que a normal pode contribuir para o aumento das forças dentro do quadril e articulação do joelho.

Esse aumento também pode forçar o joelho para dentro (valgo) e criar uma posição induzida e excessiva da pronação do pé.

#### **4.5.6 Avaliação isocinética dos joelhos**

Além da análise tridimensional da marcha, os participantes foram submetidos à avaliação de força isocinética. A avaliação do desempenho muscular foi conduzida utilizando o dinamômetro isocinético Biodex Multi-joint System 4 Pro<sup>®</sup> (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, USA) (**Figura 10**), seguindo as diretrizes estabelecidas pelo manual do fabricante<sup>(89)</sup>. Inicialmente, os pacientes realizaram um aquecimento em uma bicicleta ergométrica vertical (Life Fitness modelo 95Ci) para aquecimento, sendo orientados a pedalar durante 10 minutos com uma carga de 50 Watts. A velocidade não foi pré-definida, sendo apenas solicitado que mantivessem um movimento constante e sem esforço significativo. Posteriormente, foram posicionados no equipamento em posição sentada, com o tronco reclinado a 80° e o eixo do dispositivo alinhado com o eixo articular do joelho a ser testado, a partir do epicôndilo lateral do fêmur. Para garantir estabilidade, foram utilizados cintos na pelve, tronco e terço distal da coxa. A plataforma de resistência (unidade de aceitação de força) foi fixada no membro inferior, imediatamente acima do maléolo medial. Após o paciente autorizar o início do exame, informando que entendeu como realiza a avaliação, é iniciado (**Figura 11**).

**Figura 10** – Fotografia do dinamômetro isocinético Biodex Multi-joint System 4 Pro® (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, USA) utilizado para realização da avaliação de força.



**Fonte:** Clínica Life Check up.

**Figura 11** – Imagem de um paciente que foi submetido a reconstrução do LCA realizando a avaliação isocinética do joelho, com auxílio de um fisioterapeuta da equipe



**Fonte:** Clínica Life check up (2021).

---

Após o posicionamento inicial, foi estabelecido o protocolo de teste. A amplitude angular selecionada foi de 90°. O cálculo do peso foi realizado ao final da ADM de extensão, quando, após atingida a posição, solicitava-se aos pacientes o relaxamento completo do membro.

Previamente ao início do teste, os participantes receberam orientações detalhadas sobre cada etapa da avaliação e assistiram a um vídeo que resumia os principais procedimentos. Além disso, realizaram cinco contrações musculares submáximas a 60°/s para se familiarizarem com a resistência isocinética e a velocidade adotada. Após um intervalo de 60 segundos, executaram cinco repetições concêntricas máximas dos quadríceps e isquiotibiais a uma velocidade angular de 60°/s. Durante a execução dos movimentos, foram incentivados a produzir esforço máximo por meio de estímulo verbal moderado do avaliador e feedback visual proporcionado pelo software do dinamômetro. Os pacientes foram instruídos a segurar com as mãos nas cintas em torno do tronco durante o teste.

. A partir destas medidas serão avaliados os seguintes parâmetros:

- Pico de torque de extensão: representa a força muscular máxima desenvolvida em qualquer posição da amplitude de movimento. É obtido em Newton/metro (Nm);
- Relação Isquiotibiais/Quadríceps: representa o percentual de força da musculatura extensora, representada pela musculatura flexora. É calculada dividindo-se os valores de pico de torque do dos isquiotibiais, pelos valores de pico de torque do quadríceps.

#### **4.5.7 Questionários SF-36 e EVA**

As mensurações das escalas: SF-36 e escala analógica da dor, foram realizadas por um único pesquisador, presencialmente após um agendamento com os participantes da pesquisa. Todo o questionário SF-36 foi lido pelo pesquisador e este aguardou a resposta do paciente para passar para a próxima pergunta. Após a completa avaliação do SF-36, foi aplicada a EVA. O pesquisador fez uma explanação completa sobre o funcionamento da escala e depois apresentou uma versão impressa, onde solicitou ao participante que descrevesse a sua percepção de dor.

---

#### 4.6 Tamanho amostral

O tamanho da amostra foi calculado utilizando o software G\*Power versão 3.1.9.7 (Universidade Kiel, Alemanha) levando em consideração os valores de pico de flexão do joelho como desfecho primário. A partir de inferências com base no estudo realizado por Webster et al.<sup>(58)</sup> nós estimamos um tamanho do efeito (*effect size*) médio de 0,38. Considerando um poder do estudo ( $1-\beta$ ) de 80%, um nível de significância de 95% e uma análise de variância (ANOVA One Way) para a média de três grupos, nós alcançamos o número estimado total de 74 participantes.

#### 4.7 Análise estatística

Inicialmente foi realizada uma análise descritiva com os dados expressos pelas medidas de tendência central e de dispersão adequadas para variáveis numéricas. Para avaliar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk e posteriormente aplicados testes paramétricos e/ou não paramétricos conforme as características de distribuição dos dados.

Para testar possíveis diferenças entre os 3 grupos foi utilizada a análise de variância (ANOVA One-Way) com *post hoc* de Tukey. As comparações intergrupos foram realizadas por meio do teste de Mann-Whitney respeitando a distribuição da amostra. As variáveis escalares foram apresentadas em média e desvio padrão. Para comparar o equilíbrio da marcha e da força muscular intergrupos foi calculado o delta de cada variável em módulo.

Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando o  $\alpha$  (erro tipo I) foi  $< 0,05$ . Os dados foram tabulados no software Excel® e posteriormente foram analisados por meio do pacote GraphPad Prism versão 8.3.0.

---

## ***5 RESULTADOS***

## 5 RESULTADOS

A amostra foi composta por 74 pacientes, distribuídos em grupos: controle, ipsilateral (GI) e contralateral (GC). Foram estudados 25 participantes no grupo controle, 25 no GI e 24 no GC. A **Tabela 1** apresenta as características antropométricas de cada grupo.

**Tabela 1** – Características antropométricas dos pacientes incluídos no estudo

Variável	Grupo Controle (n= 25)	Grupo Ipsilateral (n= 25)	Grupo Contralateral (n= 24)	P valor
Gênero Masculino (n/%)	13/52%	20/80%	20/83%	0,03
Idade (anos)	29,5 ±5,3	27,9 ±5,2	28,4 ±5	0,56
Altura (cm)	170 ±7,9*#	176 ±3,2*	175 ±5,4#	0,001
Peso (Kg)	74 ±15,7	77 ±6,8	78 ±8,2	0,52
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	25 ±3,8	25 ±1,9	26 ±1,6	0,54

**Legenda:** Os resultados estão apresentados em média e desvio-padrão ou em valores absolutos e relativos. Para avaliar possíveis diferenças entre os grupos nas variáveis numéricas foi utilizado o Teste ANOVA One-Way com o teste post hoc de Tukey e para analisar as diferenças entre os grupos nas variáveis nominais foi utilizado o Teste  $\chi^2$ . valores de p foram considerados significativos quando  $\alpha < 0,05$ .

\*: diferença estatística entre os grupos controle e ipsilateral; #: diferença estatística entre os grupos controle e contralateral.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

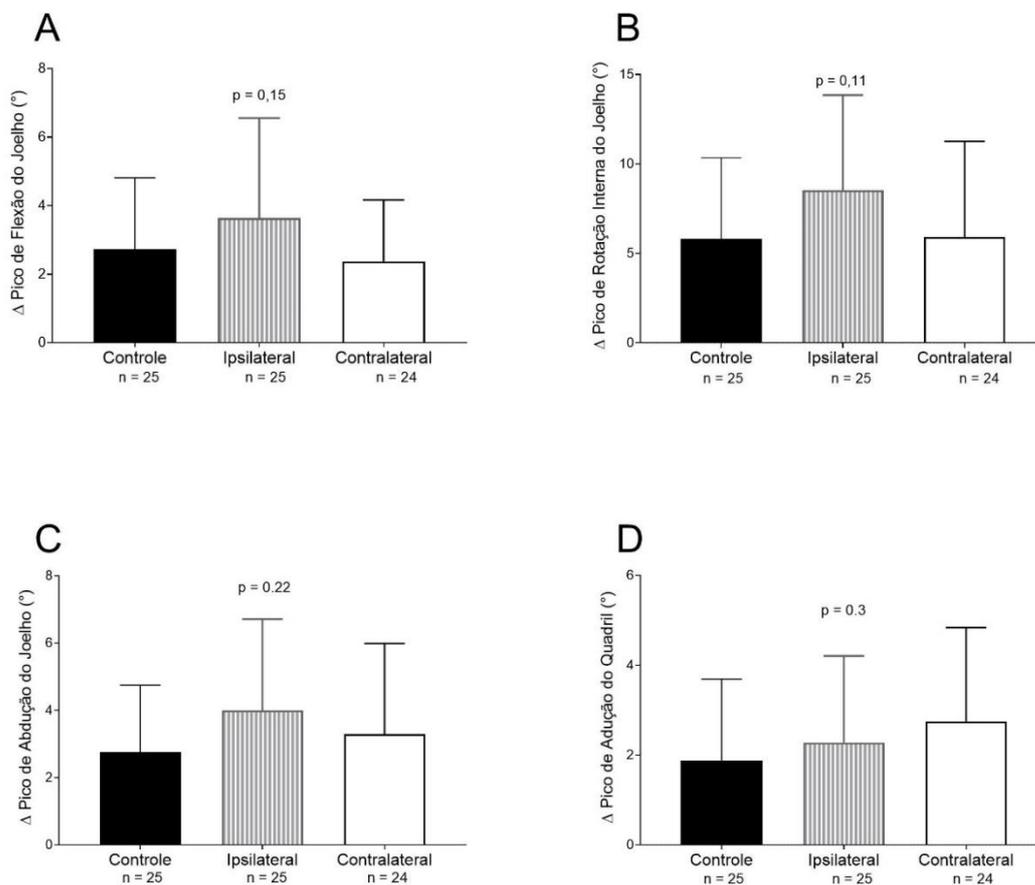
As variáveis antropométricas apresentaram distribuições semelhantes, exceto para as variáveis gênero e altura em que houve diferença estatística. O grupo controle apresentou maior número de pessoas do gênero feminino.

### 5.1 Avaliação tridimensional da marcha

Nossos resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significativas, com relação as simetrias dos membros inferiores, no que diz respeito aos parâmetros avaliados nos picos dos ângulos de flexão, rotação e abdução dos joelhos, bem como

nos picos dos ângulos de adução do quadril intergrupos. Estes resultados estão apresentados na **Figura 12**.

**Figura 12** – Análise tridimensional da marcha



**Legenda:** A figura 12 fornece a análise da simetria dos membros inferiores, avaliando os parâmetros cinemáticos da marcha 3D para os grupos controle, ipsilateral e contralateral. Para comparar o equilíbrio da marcha intergrupos foi calculado o delta intragrupo (membro inferior esquerdo – membro inferior direito) de cada variável em módulo e posteriormente testada a análise de variância (ANOVA One-Way) com *post hoc* de Tukey intergrupos. Não houve diferença estatística entre as variáveis analisadas.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

Nossos resultados não demonstraram diferença estatisticamente significativa nos parâmetros, independente do plano avaliado, sagital, coronal ou axial, demonstrado na **Tabela 2**.

**Tabela 2** – Parâmetros cinemáticos avaliados em cada membro inferior dos pacientes incluídos no estudo

	Controle	Ipsilateral Não Operado	Ipsilateral Operado	Contralateral Doador	Contralateral Receptor	P valor
Flexão Joelho (°)	16 ±4,8	14 ±5,2	13 ±6,2	12 ±5,2	13 ±5,2	0,12
Rotação Joelho (°)	-8 ±4,3	-10 ±9,1	-8 ±10,4	-13 ±6,5	-9 ±3,9	0,06
Abdução Joelho (°)	8 ±2,1	10 ±4,5	9 ±4	9 ±4,2	8 ±3,3	0,37
Adução Quadril (°)	-6 ±2,2	-7 ±2,7	-6 ±2,7	-5 ±2,5	-6 ±4	0,41

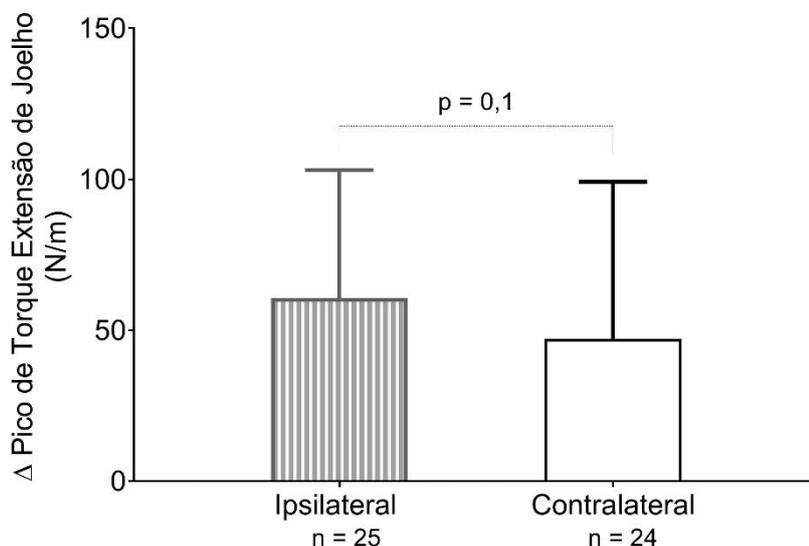
**Legenda:** Os dados estão expressos em média e desvio padrão. Para comparar as diferenças intergrupos foi utilizado o teste ANOVA One Way.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

## 5.2 Avaliação Isocinética

A avaliação da simetria com relação à dinamometria isocinética da força intergrupos não demonstrou diferenças estatisticamente significativas. Estes resultados estão apresentados na **Figura 13**. Além disso, não encontramos diferenças na relação I/Q intergrupos (**Figura 14**).

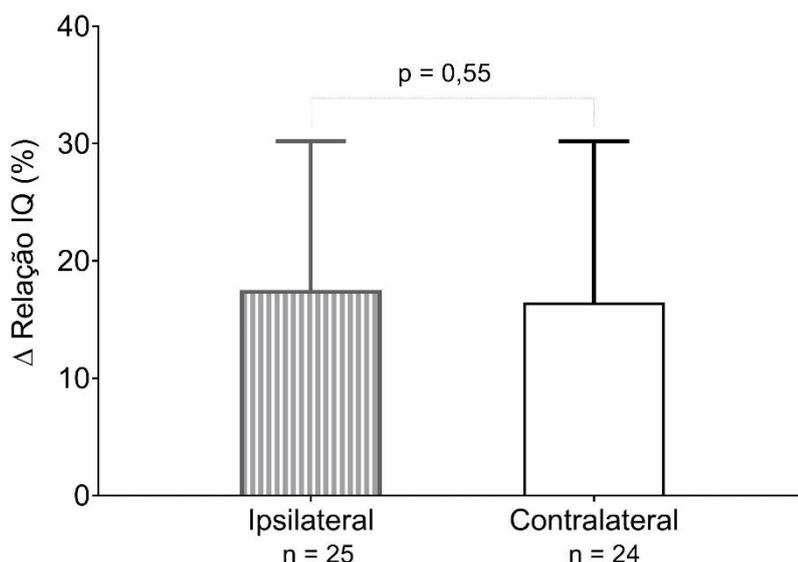
**Figura 13** – Pico de torque da extensão de joelho.



**Legenda:** A figura 13 apresenta os dados de pico de torque da extensão de joelho nos grupos ipsilateral e contralateral. Para comparar o equilíbrio de força intergrupos foi calculado o delta intragrupo (membro inferior esquerdo – membro inferior direito) em módulo e posteriormente a análise intergrupos foi realizada por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença estatística.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

**Figura 14** – Relação isquiotibiais/quadríceps (I/Q).



**Legenda:** A figura 14 apresenta os dados da relação isquiotibial/quadríceps nos grupos ipsilateral e contralateral. Para comparar o equilíbrio de força intergrupos foi calculado o delta intragrupo (membro inferior esquerdo – membro inferior direito) em módulo e posteriormente a análise intergrupos foi realizada por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença estatística.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

Nossos resultados não demonstraram diferença estatisticamente significativa na avaliação isocinética nos membros receptores. A única diferença estatisticamente significativa encontrada foi entre o membro não operado dos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução com enxerto ipsilateral e o membro receptor dos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral, demonstrado na **Tabela 3**.

**Tabela 3** – Avaliação isocinética nos pacientes que foram submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA

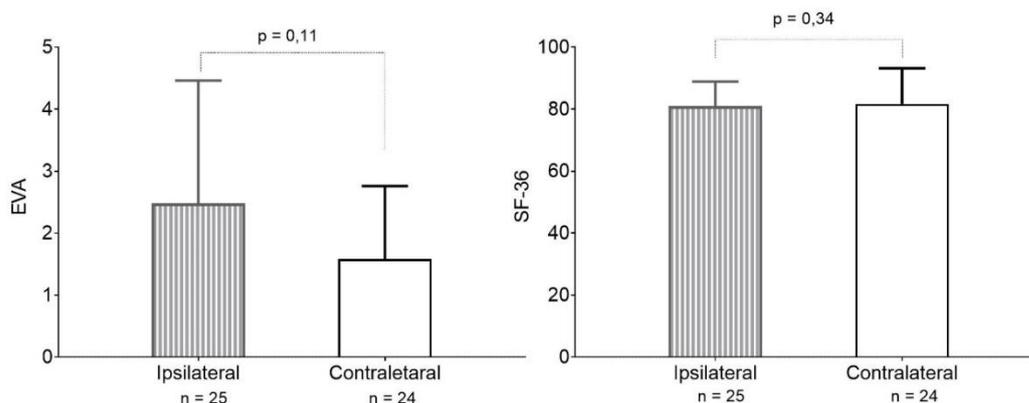
	<b>Ipsilateral Não Operado</b>	<b>Ipsilateral Operado</b>	<b>Contralateral Doador</b>	<b>Contralateral Receptor</b>	<b>P valor</b>
Força de Extensão de Joelho (N/m)	217* ±56	173 ±68	189 ±66	165* ±58	0,02*
Força de Flexão de Joelho (N/m)	118 ±32	108 ±36	106 ±29	101 ±26	0,24
Relação I/Q	0,56 ±0,13	0,65 ±0,16	0,59 ±0,16	0,65 ±0,15	0,09

**Legenda:** Os dados estão expressos em média e desvio padrão. Para comparar as diferenças intergrupos foi utilizado o teste ANOVA One Way com *post hoc* de Tukey. \*resultado estatisticamente significativo.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

### 5.3 Avaliação da dor e questionário de qualidade de vida SF-36

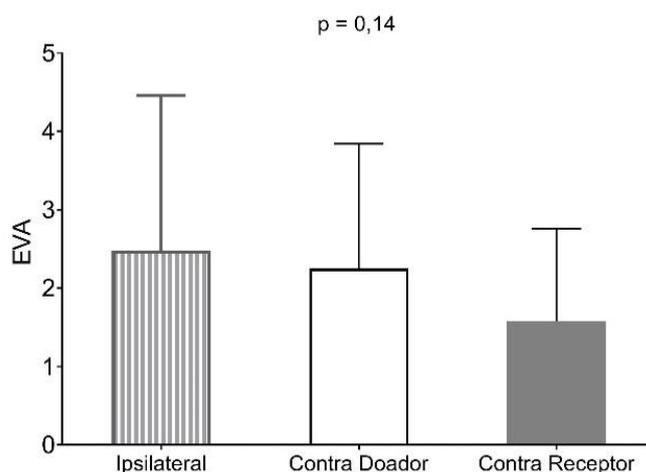
Não houve diferenças intergrupos na percepção de dor e na qualidade de vida. Estes resultados são demonstrados na **Figura 15**.

**Figura 15** – Percepção de dor e qualidade de vida

**Legenda:** A figura 15 apresenta os dados de percepção de dor pela escala visual análoga (EVA) e de qualidade de vida pelo questionário SF-36. Em ambas as variáveis a análise de possíveis diferenças foram analisadas por meio do teste de Mann-Whitney. Não houve diferença estatística.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

Foi realizado avaliação do questionário EVA, nos pacientes do grupo contralateral, nos membros separadamente. Questionando a escala algica em cada joelho. Nossos resultados não mostraram diferença estatisticamente significativa (**Figura 16**).

**Figura 16** – Percepção de dor nos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA por meio da escala EVA

**Legenda.** A figura 16 apresenta os dados de percepção de dor pela escala visual análoga (EVA). A análise de possíveis diferenças foi realizada por meio do teste ANOVA One Way com *post hoc* de Tukey. Não houve diferença estatística.

**Fonte:** Arquivo pessoal do autor.

---

## ***6 DISCUSSÃO***

---

*Ronny de Souza Machado*

---

## 6 DISCUSSÃO

A reconstrução do LCA, independentemente, do enxerto utilizado tem como objetivo restaurar a estabilidade do joelho e permitir que o paciente retorne ao mesmo nível de atividade anterior a lesão. Embora o procedimento tenha tido sucesso na restauração da estabilidade, o paciente pode persistir com alterações na mecânica da marcha.

A análise da biomecânica tridimensional da marcha é um exame de grande relevância a ser realizado durante e após o programa de reabilitação nos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, em que alterações pode auxiliar em estratégias de tratamento. Alterações duradouras nos parâmetros cinemáticos da marcha podem deixar os indivíduos em risco de novas lesões, além de aumentar a sobrecarga na articulação dos joelhos, decorrente das alterações nos parâmetros cinemáticos<sup>(90)</sup>.

Shelbourne et al.<sup>(19,35)</sup> descrevem resultados vantajosos na utilização do enxerto do ligamento da patela contralateral na reconstrução do LCA.

Como é utilizado com frequência no nosso serviço, o ligamento da patela contralateral para reconstrução do LCA, optamos por avaliar alguns parâmetros da marcha, além de outras variáveis, comparando com um grupo de pacientes em que foi utilizado ligamento da patela ipsilateral.

Consideramos relevante a análise comparativa entre parâmetros angulares relacionados dos joelhos, em que alterações podem estar associados alterações no desempenho muscular e a sobrecarga na articulação do joelho. Associado utilizamos a adução de quadril, como parâmetro a ser avaliado, pois uma diminuição na capacidade de adução pode aumentar o varo do joelho e conseqüentemente uma maior sobrecarga no joelho.

Todos os pacientes operados foram submetidos aos protocolos bem estabelecidos de reabilitação pré e pós-operatórias.

Os pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico tinham a média de idade de adultos jovens, faixa etária em que ocorre a maior incidência de lesão do LCA e não apresentavam alterações articulares prévias.

A avaliação dos questionários, tanto de qualidade de vida, como para avaliação de queixa algica, demonstra que o grupo de pacientes do estudo, não apresentam sintomas ou limitações relevantes, um ano após a realização do procedimento cirúrgico.

---

Os critérios de inclusão utilizados tiveram como objetivo tornar mais homogêneo os grupos de pacientes estudados. Em nosso estudo houve diferença com relação ao gênero dos pacientes do grupo controle, que apresentavam mais pacientes do gênero feminino em relação aos grupos dos pacientes operados.

A realização dos exames com um ano de pós-operatório pareceu adequada, pois o período de reabilitação após cirurgia de reconstrução do LCA é recomendado entre 9-12 meses, com função adequado do joelho e retorno aos níveis de atividade similares ao anterior da cirurgia<sup>(91)</sup>.

Nesse estudo foram utilizados sensores 3D para aquisição e quantificação das variáveis cinemáticas de interesse. Tais dispositivos são considerados mais precisos na captura dos dados e, conseqüentemente, nos resultados. A análise tridimensional da marcha permitiu a captura de dados de forma precisa com elevada reprodutibilidade nos três planos de movimento. A amplitude de movimento do joelho é um fator importante na avaliação pós-operatória dos pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução ligamentar. Os parâmetros angulares quantificados forneceram de forma objetiva uma análise comparativa dos efeitos da utilização de diferentes técnicas para reconstrução do LCA.

O presente estudo demonstrou que a despeito da técnica utilizada não há diferença nos parâmetros cinemáticos avaliados após 12 meses de pós-operatório.

Os principais achados desse estudo demonstraram que os pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela, ipsilateral ou contralateral, tiveram os parâmetros cinemáticos restaurados, quando comparados ao grupo controle do estudo.

Não existe na literatura estudo que compare a avaliação de parâmetros da biomecânica da marcha em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com ligamento da patela ipsilateral versus contralateral. Sendo assim, não foi possível realizar comparações com estudos prévios. Além disso, os estudos diferem quanto a fase da marcha avaliada, além de diferentes atividades realizadas durante a avaliação, com salto e descer escadas.

Alguns estudos concluem que os parâmetros cinemáticos da marcha são alterados no pós-operatório imediato e podem levar anos para normalização, sendo assim, a reabilitação adequada e constante é um fator de relevância para tal recuperação<sup>(1)</sup>.

---

Diversos estudos concluem que após um ano de cirurgia, parâmetros relacionados ao plano sagital são restaurados, conclusão relevante, pois alterações de parâmetros no plano sagital, podem estar associados a diminuição da força do quadríceps. Além disso, os parâmetros podem ser restaurados em determinadas fases da marcha, ou em atividades de baixa demanda, e permanecer alterado em atividades de grande demanda, como nos saltos<sup>(92)</sup>.

Leporace et al.<sup>(93)</sup> avaliam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA e realizam avaliação da marcha, no período que variou de 9 a 15 meses de pós-operatório, e concluem que foram mantidas alterações relevantes no plano frontal nas fases do final do apoio e início da fase de balanço

Slater et al.<sup>(94)</sup> realizam uma revisão sistemática em que foram selecionados artigos com três grupos de estudos: participantes saudáveis, o grupo controle, pacientes com deficiência do LCA e pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA. Foram avaliados os parâmetros cinemáticos e cinéticos da marcha. Reduções no pico do ângulo de flexão do joelho, no momento externo de flexão do joelho e no momento externo de adução do joelho estiveram presentes, exceto no grupo controle.

Mudanças nos padrões da marcha foram verificadas em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, mesmo com uma reabilitação adequada. Foi demonstrado que mesmo decorrido um ano após a cirurgia, observa-se que os pacientes exibem variações nos ângulos do joelho durante a marcha. As principais mudanças foram identificadas nas variáveis de abdução/adução e rotação interna do joelho, enquanto não foram registradas alterações significativas no plano sagital.<sup>(95)</sup> Alterações persistentes na mecânica do movimento e na carga articular do joelho podem contribuir para o início precoce e a progressão da osteoartrite do joelho após a cirurgia.

Estudos de padrões de marcha mostraram que após 6 meses de pós-operatório de reconstrução do LCA, a cinemática no plano sagital do membro reconstruído retorna ao nível de indivíduos saudáveis. No entanto, as alterações do plano coronal e axial, continuam alteradas por mais tempo<sup>(96)</sup>.

Alterações nos parâmetros da marcha em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA tanto com enxerto do tendão patelar, quanto dos flexores ou isquiotibiais, foram descritos. Nos pacientes submetidos que utilizaram tendão patelar tiveram uma redução mais significativa no pico de flexão do joelho, concluindo que a alteração no padrão depende da área doadora<sup>(58)</sup>.

---

Diversos parâmetros cinemáticos da marcha são avaliados, e a alteração de alguns podem estar diretamente ligados a sintomas persistentes no pós-operatório. Sendo assim, a identificação desses parâmetros e melhora nos protocolos de reabilitação são fundamentais. O período de reabilitação e manutenção vem sendo discutido, pois a alteração de parâmetros pode persistir por mais de 1 ano<sup>(9)</sup>.

Pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, geralmente, apresentam diminuição do desempenho muscular. É avaliado o pico de torque da musculatura extensora e flexora e a relação dos isquiotibiais/quadríceps (relação I/Q). Apesar de não ser possível generalizar a relação I/Q é considerada convencional entre 50% e 80%<sup>(97)</sup>. Os valores variam de acordo com a velocidade angular e, assim, ela assume valores de 50 a 60% para baixas velocidades (30°/s), e 70-80% para velocidades maiores que 180°/s.

A diminuição no desempenho muscular pode estar relacionada a alguns fatores, como: desuso muscular, inibição reflexa pelo inchaço articular até reabilitação tardia em cadeia cinética aberta minimizando sobrecarga na área doadora.

Nilius et al.<sup>(98)</sup> avaliam pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com um ano de pós-operatório. Concluem que pacientes com alteração na função do quadríceps tem diretamente alterações na avaliação biomecânica.

No nosso estudo não houve diferença estatisticamente significativa, independente da técnica utilizada para reconstrução do LCA, em que a relação I/Q medido na velocidade de 60°

Lephart et al.<sup>(99)</sup> realizam avaliação isocinética, avaliando pico de torque em 60°/s e 240°/s, em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com tendão patelar ipsilateral autólogo e aloenxerto, no total de 33 pacientes em um período de 12 a 24 meses de pós-operatório. Concluem que não existe diferença entre os grupos e que pacientes submetidos a uma reabilitação adequada restabelecem a funcionalidade e desempenho muscular.

Vasconcelos et al.<sup>(100)</sup> avaliam, dentre outras variáveis, o pico de torque em 60°/s e 180°/s, em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA com tendão patelar e isquiotibiais, em um período médio de 8,5 meses de pós-operatório. Foi encontrado um déficit em ambos os grupos, e a 60°/s foi mais significativo no grupo submetido com tendão patelar. O déficit de ambos os grupos em relação ao grupo controle mostra que a alteração no desempenho muscular não é apenas dependente da

---

área doadora, e pode estar relacionada a fatores relacionados a inibição artrogênica do quadríceps.

A reconstrução do LCA utilizando o enxerto do terço central do ligamento da patela contralateral, pode estar associado a melhores padrões de simetria no pós-operatório com menos de 6 meses<sup>(101)</sup>.

Uma limitação do estudo foi a impossibilidade de realização da avaliação tridimensional da marcha antes da lesão ligamentar para avaliação pré-operatória. Contudo, isso pode apresentar menos relevância, pois a partir do momento que o paciente sofre a lesão ligamentar, o padrão de marcha é alterado.

Outro fator limitante é a utilização da análise em apenas uma velocidade de caminhada. As medidas dos parâmetros cinemáticos e os desconfortos clínicos podem ser afetados de acordo com a velocidade<sup>(102)</sup>.

A realização do exame na esteira e a utilização do tênis do paciente para realização do exame biomecânico da marcha, em que cada paciente tem diferentes tênis, pode implicar em alterações nos parâmetros avaliados.

Outro fator de viés, é a diferença do gênero encontrado nos pacientes do grupo controle, visto que diversos estudos encontraram diferenças entre os gêneros nos diversos parâmetros cinemáticos, cinéticos, temporais e espaciais da marcha<sup>(103)</sup>.

Uma das limitações do presente estudo é a ausência de um padrão de normalidade de marcha preestabelecido. Associado um estudo não randomizado prospectivo, não tendo avaliações pré-operatórias. Além disso, o estudo da marcha envolve avaliação de diversos parâmetros em diversas fases, e não se sabe ainda qual melhor se relaciona com as alterações biomecânicas provocadas pela reconstrução do LCA. Leporace et al.<sup>(104)</sup> avaliam a ativação mioelétrica do músculo vasto lateral e bíceps femoral de pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, um ano após a cirurgia, e concluem que mesmo após esse período existe uma alteração da atividade mioelétrica da musculatura do vasto lateral, podendo estar relacionado ao mecanismo de proteção da articulação.

Um dos obstáculos da utilização do enxerto do ligamento da patela do joelho contralateral para cirurgia de reconstrução do LCA é o fator psicológico, pois se o paciente apresenta alguma perda de mobilidade, dor persistente ou inchaço no joelho doador pode levar a um questionamento do porquê operou o joelho que não tinha lesão, podendo afetar a reabilitação e retorno as atividades desportivas.

Novos estudos de avaliação biomecânica da marcha em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução do LCA, devem ser realizados, em que alterações nos padrões angulares, de força, musculares podem estar associados a resultados insatisfatórios. A utilização de sistemas mais modernos e que forneça um maior número de dados, associando atividades musculares no exame, como o da biocinética, podem permitir a captação de alterações que não foi possível com o sistema utilizado para a realização do trabalho.

---

## ***7 CONCLUSÕES***

---

## **7 CONCLUSÕES**

Com base na avaliação dos resultados obtidos a partir da amostra estudada, pode-se concluir que o grupo contralateral não apresentou melhores níveis de simetria e individuais dos membros inferiores com relação aos parâmetros cinemáticos da marcha entre os membros do que o grupo ipsilateral, quando comparados ao final do primeiro de pós-operatório.

As variáveis de desempenho muscular, os questionários SF-36 e a escala EVA não mostraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

---

## **8 REFERÊNCIAS**

---

*Ronny de Souza Machado*

---

**8 REFERÊNCIAS**

1. Kaur M, Ribeiro DC, Theis JC, Webster KE, Sole G. Movement Patterns of the Knee During Gait Following ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med.* 2016;46(12):1869-95.
2. Moses, B; Orchard, J; Orchard, J. Systematic review: annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Research in Sports Medicine,* 2012;20(3-4):157-79.
3. Arnold T, Shelbourne KD. A perioperative rehabilitation program for anterior cruciate ligament surgery. *Phys Sportsmed.* 2000;28(1):31-44.
4. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: An updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sport Med.* 2014;48(21):1543-52.
5. Devita, P.; Hortobagyl, T.; Barrier, J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise, Madison* 1998;30(10):1481-8.
6. Phinyomark A, Petri G, Ibáñez-Marcelo E, Osis ST, Ferber R. Analysis of Big Data in Gait Biomechanics: Current Trends and Future Directions. *J Med Biol Eng. Springer Berlin Heidelberg;* 2018;38(2):244-60.
7. Khandha A, Manal K, Wellsandt E, Capin J, Snyder-Mackler L, Buchanan TS. Gait mechanics in those with/without medial compartment knee osteoarthritis 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res. John Wiley and Sons Inc.;* 2017;35(3):625-33.
8. Ornetti P, Maillefert JF, Laroche D, Morisset C, Dougados M, Gossec L. Gait analysis as a quantifiable outcome measure in hip or knee osteoarthritis: a systematic review. *Joint Bone Spine.* 2010;77(5):421-5.
9. Gao B, Zheng NN. Alterations in three-dimensional joint kinematics of anterior cruciate ligament-deficient and -reconstructed knees during walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010;25(3):222-9.
10. Tourville TW, Jarrell KM, Naud S, Slauterbeck JR, Johnson RJ, Beynonn BD. Relationship between isokinetic strength and tibiofemoral joint space width

- 
- changes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sport Med. Am J Sports Med.* 2014;42(2):302-11.
11. Baumgart C, Schubert M, Hoppe MW, Gokeler A, Freiwald J. Do ground reaction forces during unilateral and bilateral movements exhibit compensation strategies following ACL reconstruction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(5):1385-1394.
  12. Gokeler A, Bisschop M, Benjaminse A, Myer GD, Eppinga P, Otten E. Quadriceps function following ACL reconstruction and rehabilitation: implications for optimisation of current practices. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(5):1163-74.
  13. Terreri ASAP, Greve JMD, Amatuzzi MM. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte.* 2001;7(2):62-6.
  14. Shelbourne KD, Vanadurongwan B, Gray T. Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Contralateral Patellar Tendon Autograft. *Clin Sport Med . Clin Sports Med;* 2007;26(4):549-65.
  15. Wang S, Zhang C, Cai Y, Lin X. Autograft or Allograft? Irradiated or Not? A Contrast Between Autograft and Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis. *Arthroscopy.* 2018;34(12):3258-65.
  16. Trasolini NA, Lan R, Bolia IK, Hill W, Thompson AA, Mayfield CK, et al. Knee Extensor Mechanism Complications After Autograft Harvest in ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2023;11(7):23259671231177665.
  17. Samuelsen BT, Webster KE, Johnson NR, Hewett TE, Krych AJ. Hamstring Autograft versus Patellar Tendon Autograft for ACL Reconstruction: Is There a Difference in Graft Failure Rate? A Meta-analysis of 47,613 Patients. *Clin Orthop Relat Res.* 2017;475(10):2459-68.
  18. Shelbourne KD, Klotz C. What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sci.* 2006;11(3):318-25.
  19. Shelbourne KD, Beck MB, Gray T. Anterior cruciate ligament reconstruction with contralateral autogenous patellar tendon graft: evaluation of donor site strength and subjective results. *Am J Sports Med.* 2015;43(3):648-53.

20. Matsumoto H, Suda Y, Otani T, Niki Y, Seedhom BB, Fujikawa K. Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. *J Orthop Sci.* 2001;6(1):28-32
21. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med.* 2010;363(4):331-42
22. Sanders TL, Maradit Kremers H, Bryan AJ, Larson DR, Dahm DL, Levy BA, StuartMJ, Krych AJ. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. *Am J Sports Med.* 2016;44(6):1502-7.
23. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med.* 1995;23(6):694-701.
24. Lopes T, Simic M, Pappas P. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction in Brazil's public. *Rev Bras Med Esporte.* 2016;22(4):297-301.
25. César GM, Pereira VS, Serrão FV. Influência dos hormônios sexuais na frouxidão e lesão do LCA: revisão bibliográfica. *Fisioter Mov.* 2008;21(3):93-100.
26. Sutton KM, Bullock JM. Anterior cruciate ligament rupture: differences between males and females. *J Am Acad Orthop Surg.* 2013;21(1):41-50.
27. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 2007;35(3):359-67.
28. Beynnon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work. *J Biomech.* 1998;31(6):519-25.
29. AmatuZZi MM. Joelho - Articulação central dos membros inferiores. São Paulo: Roca; 2004. p. 816.
30. Kariya Y, Itoh M, Nakamura T, Yagi K, Kurosawa H. Magnetic resonance imaging and spectroscopy of thigh muscles in cruciate ligament insufficiency. *Acta Orthop Scand.* 1989;60(3):322-5.
31. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(2):154-62.

32. Goodwillie AD, Shah SS, McHugh MP, Nicholas SJ. The effect of postoperative KT-1000 arthrometer score on long-term outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017;45(7):1522-8.
33. Spindler KP, Wright RW. Clinical practice. Anterior cruciate ligament tear. *N Engl J Med.* 2008;359(20):2135-42.
34. Lorenz S, Imhoff AB. Reconstruction of partial anterior cruciate ligament tears. *Oper Orthop Traumatol.* 2014;26(1):56-62.
35. Rubinstein RA Jr, Shelbourne KD, VanMeter CD, McCarroll JC, Rettig AC. Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am J Sports Med.* 1994;22(3):324-7.
36. Shelbourne KD, Urch S. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon graft. *Am J Sports Med.* 2000;28(5):651-8.
37. Mastrokalos DS, Springer J, Siebold R, Paessler HH. Donor site morbidity and return to the preinjury activity level after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral and contralateral patellar tendon autograft: a retrospective, nonrandomized study. *Am J Sports Med.* 2005;33(1):85-93.
38. Shelbourne KD, Klotz C. What I have learned about the ACL: utilizing a progressive rehabilitation scheme to achieve total knee symmetry after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sci.* 2006;11(3):318-25.
39. Lobo JP, Neto ES, Borges JH, Dias LJ, Machado RS, Freitas A. Contralateral patellar tendon autograft in anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Ortop Bras.* 2018;26(2):140-4.
40. Sanada T, Uchiyama E, Iwaso H, Fukai A. Muscle strength after the anterior cruciate ligament reconstruction via contralateral bone-tendon-bone autograft. *J Exp Orthop.* 2021;8(1):86.
41. Shelbourne KD, Benner R, Gray T, Bauman S. Range of Motion, Strength, and Function After ACL Reconstruction Using a Contralateral Patellar Tendon Graft. *Orthop J Sports Med.* 2022;10(11):23259671221138103
42. Fan D, Ma J, Zhang L. Contralateral grafts have comparable efficacy to ipsilateral grafts in anterior cruciate ligament reconstructions: a systematic review. *J Orthop Surg Res.* 2023;18(1):596.
43. Vivekanantha P, Nedaie S, Hassan Z, Abdel Khalik H, Carsen S, Nagai K, et al. Contralateral hamstring autografts do not provide benefit compared to ipsilateral

- 
- hamstring autografts in primary or revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023;31(12):5641-51.
44. Perry J, Thorofare NJ, Gait Analysis: Normal and Pathological Function. JAMA. 1992.
45. Oatis CA. Mechanics and Pathomechanics of Human Movement. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2008.
46. Perry J. Análise de Marcha (Marcha Normal). São Paulo: Manole, v.1, 2005.
47. Winter DA, Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 2009.
48. Györy AN, Chao EY, Stauffer RN. Functional evaluation of normal and pathologic knees during gait. *Arch Phys Med Rehabil.* 1976;57(12):571-7
49. Whittle MW. Gait Analysis an introduction, 4th ed. 2007.
50. Chambers HG, Sutherland DH. A practical guide to gait analysis. *J Am Acad Orthop Surg.* 2002;10(3):222-31.
51. Schurr SA, Marshall AN, Resch JE, Saliba SA. Two-Dimensional video analysis is comparable to 3D motion capture in lower extremity movement assessment. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(2):163-72.
52. Timoney JM, Inman WS, Quesada PM, Sharkey PF, Barrack RL, Skinner HB, et al. Return of normal gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1993;21(6):887-9.
53. Bulgheroni P, Bulgheroni MV, Andrini L, Guffanti P, Giughello A. Gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1997;5(1):14-21
54. Ferber R, Osternig LR, Woollacott MH, Wasielewski NJ, Lee JH. Gait mechanics in chronic ACL deficiency and subsequent repair. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(4):274-85.
55. Devita P, Hortobagyi T, Barrier J, Torry M, Glover KL, Speroni DL, et al. Gait adaptations before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Med Sci Sports Exerc.* 1997;29(7):853-9.
56. Schmalz T, Blumentritt S, Wagner R, Junge R. [Evaluation with biomechanical gait analysis of various treatment methods after rupture of the anterior cruciate ligament]. *Sportverletz Sportschaden.* 1998;12(4):131-7. German.

- 
57. Hooper DM, Morrissey MC, Drechsler WI, Clark NC, Coutts FJ, McAuliffe TB. Gait analysis 6 and 12 months after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(403):168-78.
  58. Webster KE, Wittwer JE, O'Brien J, Feller JA. Gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction are related to graft type. *Am J Sport Med.* 2005;33:247-54.
  59. Wang WM, Cui DP, Zhao DW, Li RX, Liu YP, Yang S. [Gait analysis after anterior cruciate ligament reconstruction with different methods]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2010;90(1):10-4. Chinese
  60. Leporace G, Metsavaht L, Oliveira LP, Nadal J, Batista LA. Coordenação motora durante a marcha após lesões no ligamento cruzado anterior: uma revisão sistemática da literatura, *Rev Bras Ortop.* 2013;48(4):293-9.
  61. Hart HF, Culvenor AG, Collins NJ, Ackland DC, Cowan SM, Machotka Z, Crossley KM. Knee kinematics and joint moments during gait following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016;50(10):597-612.
  62. Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther.* 1967;47(2):114-7.
  63. Davies GJ, Riemann B, Ellenbecker T. Role of isokinetic testing and training after ACL injury and reconstruction. *In: Noyes F., Barber-Westin S. (eds). ACL Injuries in the Female Athlete.* Heidelberg. Springer, Berlin; 2018. p. 567–88.
  64. Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA, Sepic SB. Strength of isometric and isokinetic contractions: knee muscles of men aged 20 to 86. *Phys Ther.* 1980;60(4):412-9.
  65. Arvidsson I, Eriksson E, Häggmark T, Johnson RJ. Isokinetic thigh muscle strength after ligament reconstruction in the knee joint: results from a 5-10 year follow-up after reconstructions of the anterior cruciate ligament in the knee joint. *Int J Sports Med.* 1981;2(1):7-11
  66. Wyatt MP, Edwards AM. Comparison of Quadriceps and Hamstring Torque Values during Isokinetic Exercise. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1981;3(2):48-56.
  67. Tibone JE, Antich TJ. A biomechanical analysis of anterior cruciate ligament reconstruction with the patellar tendon. A two year followup. *Am J Sports Med.* 1988;16(4):332-5.

68. Harter RA, Osternig LR, Standifer LW. Isokinetic evaluation of quadriceps and hamstrings symmetry following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(7):465-8.
69. Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1992;20(5):519-25.
70. Lephart SM, Kocher MS, Harner CD, Fu FH. Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon autograft versus allograft. *Am J Sports Med.* 1993;21(5):738-43.
71. Brück E, Ziring E, Giannadakis C, Gotzen L. [Morbidity after contralateral transplantation of the patellar ligament for cruciate ligament replacement]. *Unfallchirurg.* 1998;101(10):775-8. German.
72. Carter TR, Edinger S. Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy.* 1999;15(2):169-72.
73. Järvelä T, Kannus P, Järvinen M. Anterior knee pain 7 years after an anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone autograft. *Scand J Med Sci Sports.* 2000;10(4):221-7.
74. Eriksson K, Hamberg P, Jansson E, Larsson H, Shalabi A, Wredmark T. Semitendinosus muscle in anterior cruciate ligament surgery: Morphology and function. *Arthroscopy.* 2001;17(8):808-17.
75. Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, et al. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(9):1503-13.
76. Gobbi A, Domzalski M, Pascual J. Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction in male and female athletes using the patellar tendon and hamstring autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12(6):534-9.
77. Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med.* 2004;32(8):1986-95.
78. Taylor DC, DeBerardino TM, Nelson BJ, Duffey M, Tenuta J, Stoneman PD, et al. Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament

- 
- reconstruction: a randomized controlled trial using similar femoral and tibial fixation methods. *Am J Sports Med.* 2009;37(10):1946-57.
79. Karanikas K, Arampatzis A, Brüggemann GP. Motor task and muscle strength followed different adaptation patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2009;45(1):37-45.
80. Cavaignac E, Coulin B, Tscholl P, Nik Mohd Fatmy N, Duthon V, Menetrey J. Is Quadriceps Tendon Autograft a Better Choice Than Hamstring Autograft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? A Comparative Study With a Mean Follow-up of 3.6 Years. *Am J Sports Med.* 2017;45(6):1326-32.
81. Hanada M, Yoshikura T, Matsuyama Y. Muscle recovery at 1 year after the anterior cruciate ligament reconstruction surgery is associated with preoperative and early postoperative muscular strength of the knee extension. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2019;29(8):1759-64.
82. Arhos EK, Capin JJ, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Quadriceps Strength Symmetry Does Not Modify Gait Mechanics After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Rehabilitation, and Return-to-Sport Training. *Am J Sports Med.* 2021;49(2):417-25.
83. Kellis E, Sahinis C, Baltzopoulos V. Is hamstrings-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A systematic and critical review. *J Sport Health Sci.* 2023;12(3):343-58.
84. Severyns M, Plawewski S, Odri GA, Vendeuvre T, Depiesse F, Flez JF, Liguori LA. Correlation of Isokinetic Testing and ACL Failure With the Short Graft Tape Suspension Technique at Six Months. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022;4(2):e585-e590.
85. Beaudoin A, Ogborn D, McRae S, Larose G, Brown H, McCormack R, et al. No differences found in long-term outcomes of a randomized controlled trial comparing ipsilateral versus contralateral hamstring graft in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(11):3718-25.
86. Esmaeili H, Sharifi A. Bilateral asymmetry of hamstring to quadriceps isokinetic torque ratio in different angular velocities in professional basketball players. *Knee.* 2022;37:3-9
87. Shelbourne KD. Mini-open ACL reconstruction using contralateral patellar tendon. *Tech Orthop.* 2005;20(4):353-360.
-

88. Grood ES, Suntay WJ. A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. *J Biomech Eng.* 1983;105(2):136-44.
89. Biodex Medical Systems Inc. Manual de Aplicações/Operações [internet]. NovaYork, 1998. Available from: <https://www.biodex.com/support/manuals>
90. Neal K, Williams JR, Alfayyadh A, Capin JJ, Khandha A, Manal K, et al. Knee joint biomechanics during gait improve from 3 to 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res.* 2022 ;40(9):2025-38.
91. Cronström A, Häger CK, Thorborg K, Ageberg E. Factors Associated With Sports Function and Psychological Readiness to Return to Sports at 12 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Cross-sectional Study. *Am J Sports Med.* 2023;51(12):3112-20.
92. Stergiou N, Ristanis S, Moraiti C, Georgoulis AD. Tibial rotation in anterior cruciate ligament (ACL)-deficient and ACL-reconstructed knees: a theoretical proposition for the development of osteoarthritis. *Sports Med.* 2007;37(7):601-13.
93. Leporace G, Batista LA, Muniz AM, Zeitoune G, Luciano T, Metsavaht L, et al. Classification of gait kinematics of anterior cruciate ligament reconstructed subjects using principal component analysis and regressions modelling. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2012; 2012:6514-7.
94. Slater LV, Hart JM, Kelly AR, Kuenze CM. Progressive Changes in Walking Kinematics and Kinetics After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Review and Meta-Analysis. *J Athl Train.* 2017;52(9):847-60.
95. Butler RJ, Minick KI, Ferber R, Underwood F. Gait mechanics after ACL reconstruction: implications for the early onset of knee osteoarthritis. *Br J Sports Med.* 2009;43(5):366-70.
96. Leporace G, Metsavaht L, Zeitoune G, Marinho T, Oliveira T, Pereira GR, et al. Use spatiotemporal gait parameters to determine return to sports after acl reconstruction. *Acta Ortop Bras.* 2016;24(2):73-6.
97. Rosene JR, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic hamstrings: quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training.* 2001;36(4):378-82.
98. Nilius A, Dewig DR, Johnston CD, Pietrosimone BG, Blackburn JT. Quadriceps composition and function influence downhill gait biomechanics >1 year following

- 
- anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2024; 114:106229.
99. Lephart SM, Kocher MS, Harner CD, Fu FH. Quadriceps strength and functional capacity after anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon autograft versus allograft. *Am J Sports Med*. 1993;21(5):738-43.
100. Vasconcelos RA, Bevilaqua-Grossi D, Shimano AC, Jansen Paccola CA, Salvini TF, Prado CL, et al. Análise da correlação entre pico de torque, desempenho funcional e frouxidão ligamentar em indivíduos normais e com reconstrução do ligamento cruzado. *Rev Bras Ortop*. 2015;44(2):134-42.
101. de Souza Borges JH, Oliveira M, Junior PL, de Souza Machado R, Lima R, Ramos LA, et al. Is contralateral autogenous patellar tendon graft a better choice than ipsilateral for anterior cruciate ligament reconstruction in young sportsmen? A randomized controlled trial. *Knee*. 2022;36:33-43.
102. Lai H, Chen X, Huang W, Xie Z, Yan Y, Kang M, et al. Whether Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Walking at a Fast Speed Show more Kinematic Asymmetries? *Orthop Surg*. 2024;16(4):864-72.
103. Oulze AGL, Oelze M, Silva HR. Análise de variáveis espaço-temporais da marcha: comparação entre homens e mulheres. *Fiep Bulletin*. 2014;77:343-6.
104. Leporace G, Metsavaht L, Pereira GR, Oliveira LP, Crespo B, Batista LA. Knee synergism during gait remain altered one year after acl reconstruction. *Acta Ortop Bras*. 2016;24(3):137-41.

---

## ***9 ANEXOS***

*Ronny de Souza Machado*

---

## ANEXOS

### ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** ANÁLISE BIOMECÂNICA TRIDIMENSIONAL DA MARCHA EM PACIENTES SUBMETIDOS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM DOIS TIPOS DE ENXERTOS: UM ESTUDO TRANSVERSAL

**Pesquisador:** RONNY DE SOUZA MACHADO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 46802321.0.0000.0023

**Instituição Proponente:** INSTITUTO DE PESQUISA E ENSINO HOME - IPE HOME

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.902.967

##### Apresentação do Projeto:

Trata-se de emenda ao projeto em tela, apresentando um novo TCLE.

A pesquisa, segundo o projeto, será realizada por meio de um estudo observacional de corte transversal com abordagem quantitativa e qualitativa de caráter descritivo e analítico. Este estudo seguirá as diretrizes do Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement para escrita de estudos observacionais.

Local da pesquisa: Esta pesquisa é realizada no Hospital Ortopédico e Medicina Especializada - HOME, Brasília/DF. Os pacientes serão submetidos a reconstrução do LCA por uma equipe composta por 3 médicos membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia de Joelho. É uma rotina do HOME acompanhar e avaliar todos os pacientes submetidos a reconstrução do LCA por pelo menos 12 meses. Os pacientes submetidos a reconstrução do LCA e elegíveis para a pesquisa serão contactados via telefone por uma secretária da equipe e serão convidados a participar da pesquisa.

População / Participantes da Pesquisa: Todos os pacientes que tiverem realizado cirurgia de reconstrução do LCA com tendão patelar ipsilateral e contralateral há 12 meses serão avaliados

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB



Continuação do Parecer: 4.902.967

para elegibilidade. Além disso, nós selecionaremos uma amostra de participantes saudáveis denominada grupo controle que será pareada por sexo e idade.

#### Critérios de Inclusão

##### Participantes Saudáveis

- Sem histórico de cirurgias nos joelhos
- Sem alterações articulares independente da articulação;
- Sem desvio de eixo anatômico e mecânico;
- Sem alterações na marcha;

##### Participantes submetidos a reconstrução do LCA

- Submetidos a reconstrução do LCA por uma mesma equipe cirúrgica e composta por 3 cirurgiões de joelho membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia de Joelho;
- Período pós-operatório de 12 meses;
- Idade entre 18 a 40 anos
- Ambos os sexos
- Sem história de alterações articulares prévias, independente da articulação;
- Sem histórico de distúrbios da marcha prévios a lesão;

#### Critérios de exclusão

##### Participantes Saudáveis

- Sem queixa de instabilidade no ato da realização dos exames;
- Que se recusarem a assinar o termo de consentimento livre esclarecido

##### Participantes submetidos a reconstrução do LCA

- Submetido a revisão da reconstrução do LCA;
- Portador de doença reumatológica
- Foi submetido a meniscectomia, maior que 1/3 terço do menisco, e/ou reparo de lesão condral.
- Com desvio de eixo anatômico e/ou mecânico
- Com história de lesão articular e/ou muscular no período de seguimento após o procedimento cirúrgico
- Sem queixa de instabilidade no ato da realização dos exames
- Que se recusarem a assinar o termo de consentimento livre esclarecido

#### Metodologia

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB



Continuação do Parecer: 4.902.967

**Desfechos primários**

Serão avaliados os seguintes marcadores a partir do sistema 3D gaitanalysis: pico de flexão dos joelhos; rotação interna dos joelhos; momento de adução e/ou abdução dos joelhos; momento de adução/ou abdução dos quadris a partir do sistema e pico de pronação dos pés.

**Desfechos secundários**

Os desfechos secundários serão os valores de pico de torque e a relação isquiotibiais/quadríceps, mensurados no isocinético, bem como as suas medidas de correlação com os desfechos primários. Além disso, será mensurado o nível de qualidade de vida pelo Short Form 36 (SF-36) questionnaire e a avaliação da dor por meio da escala visual analógica (EVA).

**Fonte de dados e medidas**

Os pacientes que completarem um ano de pós-operatório de reconstrução do LCA utilizando a técnica com tendão patelar ipsilateral ou contralateral forem elegíveis ao estudo, serão submetidos a avaliação da marcha, por meio do sistema "3D gaitanalysis" e avaliação isocinética sob supervisão de um único examinador. Além disso, serão aplicados o questionário SF-36 e EVA.

**Técnica de Reconstrução com tendão patelar ipsilateral**

Paciente em decúbito dorsal, é realizado antisepsia, assepsia e colocado garrote em membro inferior a ser operado com manguito pneumático a 350 mmHg; Incisão cutânea, medial ao polo superior da patela até o tubérculo anterior da tíbia. É realizada abertura e dissecação da bainha do tendão patelar. É realizado retirada e preparação do enxerto, usando o terço central do tendão patelar com 1 cm de espessura (com fragmentos ósseos de 2cm de comprimento x 1cm de espessura nas extremidades), com o auxílio de serra oscilatória, osteótomo reto e martelo. Com a broca de 2,0mm, são realizadas três perfurações na porção óssea patelar do enxerto, por onde serão passados fios Ethibond nº 5. É realizada uma perfuração na porção tibial, em que será colocado o endobutton BTB para fixação do enxerto no fêmur. É realizado os portais anteromedial e anterolateral para introdução do artroscópio, inspecionado o joelho, verificado lesão do LCA e ressecção dos restos do ligamento. Identificado o footprint femoral, marcado com osteopick. Realizada flexão do joelho em 120 graus, passagem da broca 4,5 mm. Realizado medição do túnel femoral e posterior passagem da broca 10 mm, até 0,5 mm da cortical femoral. Determinado túnel tibial, utilizando parâmetros: posterior ao corno anterior do menisco lateral, anterior a espinha tibial e o remanescente do LCA, caso tenha. O fio guia é passado no guia com 55 graus e posterior passado a broca 10 mm. O enxerto é passado pelos túneis e fixado no fêmur com endobutton

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB

Continuação do Parecer: 4.902.967

BTB e na tibia com parafuso absorvível 10x25 com Joelho em extensão. É utilizado dreno 3,2. No defeito ósseo patelar é colocado osso esponjoso, retirados dos túneis. Concluindo é realizada sutura do peritendão patelar com vicryl 1, sutura do do subcutâneo com vicryl 2.0 e sutura da pele com nylon 2.0, ponto tipo intradérmico.

**Técnica de reconstrução com tendão patelar contralateral****Membro doador**

O paciente é colocado em decúbito dorsal, é realizado antissepsia, assepsia e colocado garrote em membro inferior a ser operado com manguito pneumático a 350 mmHg. É realizada incisão cutânea, medial ao pólo superior da patela até o tubérculo anterior da tibia. Feito abertura e dissecação da bainha do tendão patelar. O enxerto é retirado usando o terço central do tendão patelar com 1 cm de espessura (com fragmentos ósseos de 2cm de comprimento x 1cm de espessura nas extremidades), com o auxílio de serra oscilatória, osteótomo reto e martelo. Após a retirada do enxerto, é feito o fechamento da área doadora com fio de vicryl® 1, incluindo bainha e tendão. É então colocado o enxerto ósseo na falha da patela (proveniente do túnel tibial do joelho receptor).

**Membro receptor**

É realizado os portais anteromedial e anterolateral para introdução do artroscópio, inspecionado o joelho, verificado lesão do LCA e ressecção dos restos do ligamento. Identificado o footprint femoral, marcado com osteopick. Realizada flexão do joelho em 120 graus, passagem da broca 4,5 mm. Realizado medição do túnel femoral e posterior passagem da broca 10 mm, até 0,5 mm da cortical femoral. Determinado túnel tibial, utilizando parâmetros: posterior ao corno anterior do menisco lateral, anterior a espinha tibial e o remanescente do LCA, caso tenha. O fio guia é passado no guia com 55 graus e posterior passado a broca 10 mm. O enxerto é passado pelos túneis e fixado no fêmur com endobutton BTB e na tibia com parafuso absorvível 10x25 com Joelho em extensão. É utilizado dreno 3,2. No defeito ósseo patelar é colocado osso esponjoso, retirados dos túneis. Concluindo é realizada sutura do peritendão patelar com vicryl 1, sutura do do subcutâneo com vicryl 2.0 e sutura da pele com nylon 2.0, ponto tipo intradérmico.

**Avaliação tridimensional da marcha**

O sistema "3D gaitanalysis" é uma plataforma de captura de movimento projetada para análise de marcha a partir de uma esteira ergométrica e três câmeras de infravermelho para captura de movimento. Durante esse exame são acoplados ao corpo dos pacientes marcadores retrorrefletivos

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

Continuação do Parecer: 4.902.967

esféricos que são pré-configurados para facilitar o posicionamento. Antes de iniciar a avaliação será feita uma calibração do sistema da VICON com um bastão que tem os marcadores com uma distância conhecida entre elas para calibrar o sistema. Após isso, os marcadores cutâneos serão colocados nos maléolos, nas interlinhas articulares dos joelhos, nos grandes trocânteres. Placas com esses marcadores serão colocadas através de fitas adesivas na região posterior das coxas, panturrilhas e na região lombar. No ténis do paciente serão colocados três marcadores: um na região posterior alta, outro na região posterior baixa e outro na região mais lateral, formando um triângulo. Após isso, o sistema realizará uma checagem para avaliar se todos os marcadores podem ser detectados e se estão bem posicionados. Após esta checagem inicial o exame será iniciado. Será realizado um período de caminhada em velocidade que seja confortável e compatível com velocidades que o paciente costuma caminhar. Depois será iniciado um período de corrida onde a velocidade será determinada com base nos mesmos critérios descritos para a caminhada. Durante a caminhada e a corrida, o próprio sistema exigirá que o paciente permaneça caminhando e/ou correndo até que tenham sido captadas 5000 frames em diferentes posições da marcha, nos quais os vários ângulos e velocidades angulares serão calculados. Nos três grupos (controle, ipsilateral e contralateral) serão avaliados os seguintes parâmetros:

- Pico de flexão dos joelhos: É o quanto seu joelho flexiona durante a corrida. Uma certa quantidade de flexão é necessária para ajudar a dissipar a "onda de choque". Além disso, uma significativa diferença entre as pernas na quantidade de flexão do joelho é um bom indicador de um padrão de marcha antálgico (claudicante).
- Rotação interna dos joelhos: Este é um movimento típico durante a corrida e é acoplado mecanicamente com a rotação interna da tíbia e do quadril. Também é acoplado com abdução de quadril e joelho. Rotação interna excessiva resulta em um estresse aumentado para a articulação do joelho, a patela e perna.
- Momento de adução e/ou abdução dos joelhos: Se o seu joelho desaba internamente muito rápido, isso pode resultar em um aumento do estresse para a articulação do joelho, a patela e perna. A redução da velocidade de abdução do joelho não é considerada uma medida clinicamente relevante.
- Momento de adução e/ou abdução dos quadris: O quanto o quadril entra em colapso. Este movimento é acoplado com rotação interna do quadril e do joelho. Uma quantidade maior do que a normal de colapso interno pode contribuir para o aumento das forças dentro da pélvis, quadril e articulações do joelho. O aumento do colapso do quadril também pode forçar o joelho para dentro (valgo) e criar uma posição induzida e excessiva da pronação do pé, ou fazer com que ele

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

Continuação do Parecer: 4.902.967

permaneça em pronação por muito tempo.

- Pico de pronação dos pés dos indivíduos: Quanto o pé desaba para dentro quando está correndo. A pronação excessiva do pé pode fazer com que a perna rode internamente, o que pode aumentar as forças de torção no tornozelo e no joelho. A pronação reduzida do pé resulta no aumento do estresse para o corpo. A pronação do pé também está ligada ao colapso interno do joelho e do quadril. Vale ressaltar que todas as variáveis analisadas na 3Dgaitanalysis são contínuas.

#### Avaliação isocinética

Além avaliação tridimensional da marcha, os participantes serão submetidos a avaliação isocinética. A avaliação do desempenho muscular foi realizada com dinamômetro isocinético Biodex Multi-joint System 4 Pro® (Biodex Medical Systems Inc., Shirley, NY, USA), com base na metodologia indicada pelo manual do fabricante (9). Inicialmente, os pacientes foram posicionados em uma bicicleta ergométrica vertical (Life Fitness modelo 95Ci) para aquecimento, sendo orientados a pedalar durante 10 minutos com uma carga de 50 Watts. Não foi pré-determinada a velocidade, apenas solicitou-se que mantivessem o movimento constante e sem esforço significativo. Em seguida, foram acoplados ao equipamento na posição sentada, com o apoio do tronco reclinado à 80° e o eixo do equipamento alinhado ao eixo articular do joelho a ser testado a partir do epicôndilo lateral do fêmur. Para estabilização da posição, foram utilizados cintos na pelve, tronco e terço distal da coxa. A unidade de aceitação de força (plataforma de resistência) foi fixada ao membro inferior, imediatamente superior ao maléolo medial. Após o posicionamento, foi determinado o movimento do teste e calculado o peso do membro a ser testado. A amplitude utilizada foi de 90°. O cálculo do peso foi realizado ao final da ADM de extensão, quando, depois de atingida a posição, solicitava-se aos pacientes o relaxamento completo do membro.

Anteriormente ao início do teste, os participantes foram informados sobre todas as fases da avaliação e assistiram a um vídeo que resumia os principais momentos. Realizaram ainda cinco contrações musculares submáximas à 60o/s com o objetivo de familiarização à resistência isocinética e velocidade adotada. Após 60 segundos de intervalo, realizaram 5 repetições concêntricas máximas de quadríceps e isquiotibiais à velocidade de 60o/s. Durante a realização dos movimentos, foram encorajados a realizar força máxima a partir de estímulo verbal moderado do avaliador e feedback visual proporcionado pelo software do dinamômetro.

O teste teve como padrão a orientação para que os pacientes segurassem com as mãos nas cintas em torno do tronco. A partir destas medidas serão avaliados os seguintes parâmetros:

- Pico de torque (Peak Torque) de extensão: representa a força muscular máxima desenvolvida em

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB



Continuação do Parecer: 4.902.967

qualquer posição da amplitude de movimento. É obtido em Newton/metro (Nm);

• Relação Isquiotibiais/Quadríceps (agonist/antagonistRatio): representa o percentual de força da musculatura extensora, representada pela musculatura flexora. É calculada dividindo-se os valores de torque do grupo muscular mais fraco, isquiotibiais, pelo do grupo mais forte, quadríceps.

#### SF-36 e EVA

As mensurações das escalas: SF 36 e escala analógica da dor, serão realizadas por um único pesquisador, presencialmente após um agendamento com os participantes da pesquisa. Todo o questionário SF-36 será lido pelo pesquisador que aguardará a resposta do paciente para passar para a próxima pergunta. Após a completa avaliação do SF-36, será aplicada a EVA. O pesquisador fará uma explanação completa sobre o funcionamento da escala e depois apresentará uma versão impressa, onde solicitará ao participante que descreva a sua percepção de dor.

#### Viés

Uma limitação do estudo será a impossibilidade de realização da avaliação tridimensional da marcha antes da lesão ligamentar para avaliação da marcha. Além disso, não será possível a realização da avaliação tridimensional da marcha após a lesão ligamentar e pré-operatória. Contudo, isso pode apresentar menos relevância, pois a partir do momento que o paciente sofre a lesão ligamentar, o padrão de marcha é automaticamente alterado. Para minimizar estes e outros possíveis vieses, nós utilizaremos critérios de inclusão bastante restritos.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### Principal

Analisar os padrões de marcha de pacientes submetidos a reconstrução do LCA com tendão patelar ipsilateral e com tendão patelar contralateral.

##### Secundário

Correlacionar a avaliação de força isocinética com as principais variáveis mensuradas na avaliação 3D da marcha dos pacientes.

Não alterados com a emenda.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

##### Riscos

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

Continuação do Parecer: 4.902.967

Os participantes estarão expostos a alguns riscos. Durante os testes de força isocinéticos podem ocorrer lesões musculares ou quedas na avaliação da marcha. Porém, essas intercorrências são infrequentes. Contudo, para minimizar esses riscos, os pacientes serão instruídos cuidadosamente e uma sessão de adaptação aos testes que serão realizados. Além disso, os participantes serão submetidos a um aquecimento de 5 minutos em ciclo ergômetro com uma carga de 50 watts antes das avaliações de força. Como todo estudo com banco de dados, existe o risco de vazamento de informações confidenciais dos pacientes. Para reduzir este risco, os nomes dos pacientes serão substituídos por códigos nas planilhas. Além disso, apenas o pesquisador coordenador do estudo realizará a tabulação dos dados.

**Benefícios**

Os participantes do estudo poderão se beneficiar dos dados ao saberem como está a atual função do seu joelho e serão orientados caso haja de necessidade.

A emenda não altera a avaliação de riscos e benefícios apresentada na submissão do projeto.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

- A pesquisa tem relevância acadêmica, porque os resultados deste trabalho poderão ser apresentados em encontros ou revistas científicas. Entretanto, ele mostrará apenas os resultados obtidos como um todo, sem revelar o nome, instituição a qual pertence ou qualquer informação que esteja relacionada com a privacidade do participante.
- O cronograma está bem elaborado, com previsão de coleta de dados entre 01/08/2021 e 12/08/2022.
- O instrumento para a coleta de dados está bem explicado e tem fundamentação científica.
- O Currículo Lattes do pesquisador está de acordo com a área da pesquisa.

Não se alteram método e procedimentos da pesquisa.

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

De acordo com os dados apresentados pelo pesquisador:

- A Folha de Rosto (FR): está com as informações da pesquisa, do pesquisador responsável, da instituição proponente.
- Foi apresentado novo TCLE, com a alteração das seguintes informações:
  1. Sua participação consistirá em ser submetido(a) a um programade avaliações clínica, física e

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB



Continuação do Parecer: 4.902.967

funcional, com o objetivo de verificar os resultados. Nesse momento serão utilizados instrumentos específicos, como o sistema Vicon para análise de marcha e dinamômetro isocinético - para medir a força muscular. Além disso, pediremos que você responda a um questionário que avalia a sua funcionalidade.

2. Você terá garantido o direito de interromper a qualquer momento sua avaliação. Você permanecerá envolvido com as atividades do projeto cerca de 1 hora.

3. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante a sua realização, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido.

**Recomendações:**

O CEP-UniCEUB ressalta a necessidade de desenvolvimento da pesquisa, de acordo com o protocolo avaliado e aprovado, bem como, atenção às diretrizes éticas nacionais quanto ao às Resoluções nº 446/12 e nº 510/16 CNS/MS concernentes às responsabilidades do pesquisador no desenvolvimento do projeto:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

I - apresentar o protocolo devidamente instruído ao sistema CEP/Conep, aguardando a decisão de aprovação ética, antes de iniciar a pesquisa, conforme definido em resolução específica de tipificação e gradação de risco;

II - desenvolver o projeto conforme delineado;

III - conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;

IV - apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela Conep a qualquer momento; manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;

V - encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto;

VI - elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;

VII - apresentar no relatório final que o projeto foi desenvolvido conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança, interrupção ou a não publicação dos resultados.

Observação: Ao final da pesquisa enviar Relatório de Finalização da Pesquisa ao CEP. O envio de relatórios deverá ocorrer pela Plataforma Brasil, por meio de notificação de evento.

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASÍLIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
BRASÍLIA - UNICEUB

Continuação do Parecer: 4.902.967

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

As alterações no TCLE estão adequadas ao andamento da pesquisa.

O pesquisador deve estar atento às medidas preventivas e às restrições que podem ser impostas à realização das atividades previstas no projeto devido à pandemia de COVID-19.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Emenda previamente avaliada por este CEP, com parecer n. 4.902.967/21, tendo sido homologada na 13ª Reunião Ordinária do colegiado, em 13 de agosto de 2021.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_179235_3_É1.pdf	12/07/2021 21:07:32		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	12/07/2021 21:06:11	RONNY DE SOUZA MACHADO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetodetalhadoronny.docx	11/05/2021 12:29:53	RONNY DE SOUZA MACHADO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostoronny.pdf	11/05/2021 12:26:49	RONNY DE SOUZA MACHADO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

BRASILIA, 17 de Agosto de 2021

Assinado por:  
Marília de Queiroz Dias Jacome  
(Coordenador(a))

Endereço: SEPN 707/907 - Bloco 6, sala 6.205, 2º andar  
Bairro: Setor Universitário CEP: 70.790-075  
UF: DF Município: BRASILIA  
Telefone: (61)3966-1511 E-mail: cep.uniceub@uniceub.br

**ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido**

**Você está sendo convidado para participar da pesquisa: “ANÁLISE DA BIOMECÂNICA TRIDIMENSIONAL DA MARCHA EM PACIENTES SUBMETIDOS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM LIGAMENTO DA PATELA IPSILATERAL E CONTRALATERAL: UM ESTUDO COORTE RETROSPECTIVO”**

Esta será realizado no Hospital Ortopédico e Medicina Especializada - HOME, localizado na SGAS Quadra 613 Conjunto C. O objetivo desta pesquisa é avaliar e comparar a condição clínica, física e funcional dos seus joelhos após a reconstrução do ligamento cruzado anterior. Os resultados a serem obtidos contribuirão para o estabelecimento de uma metodologia mais efetiva para a avaliação, tratamento, alta e retorno ao esporte desse tipo de paciente. Sua participação consistirá em ser submetido(a) a um programa de avaliações clínica, física e funcional, com o objetivo de verificar os resultados. Nesse momento serão utilizados instrumentos específicos, como o sistema Vicon para análise de marcha e dinamômetro isocinético - para medir a força muscular. Além disso, pediremos que você responda a um questionário que avalia a sua funcionalidade. Os procedimentos aos quais você será submetido(a) não lhe causarão mal algum, porém os testes físicos apresentam riscos mínimos de dano físico, e por este motivo, seu direito ao acompanhamento e assistência aos profissionais de saúde será garantido em todas as etapas da pesquisa. Todos os testes possuem como contraindicações a presença de dor, edema, limitação de movimento, em casos de distensão muscular, luxações agudas, fraturas e para pacientes que sofrem de problemas no coração. Você terá garantido o direito de interromper a qualquer momento sua avaliação. Você permanecerá envolvido com as atividades do projeto cerca de 1 hora.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso ao pesquisador responsável pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O investigador responsável é o médico Ronny de Souza Machado (CRM 15440 DF), que poderá ser encontrado no endereço SHIN QI 7 CONJUNTO 17 – LAGO NORTE/DF - CEP 71515170, e por meio do telefone (61) 981017997.

As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgada a identificação de nenhum participante. A pesquisadora estará sempre disponível para esclarecimentos da pesquisa.

Você não terá despesas pessoais em qualquer fase do estudo, bem como não haverá compensação financeira relacionada à sua participação. A pesquisadora afirma seu compromisso de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa. Eu, \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou foram lidas para mim descrevendo o estudo: **“ANÁLISE DA BIOMECÂNICA TRIDIMENSIONAL DA MARCHA EM PACIENTES SUBMETIDOS A RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR COM LIGAMENTO DA PATELA IPSILATERAL E CONTRALATERAL: UM ESTUDO COORTE RETROSCPECTIVO”**. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante a sua realização, sem penalidades, prejuízo ou perda de qualquer benefício que possa ter adquirido.

Se houver alguma consideração ou dúvida referente aos aspectos éticos da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário de Brasília – CEP/UnICEUB, que aprovou esta pesquisa, pelo telefone 3966.1511 ou pelo e-mail cep.uniceub@uniceub.br. Também entre em contato para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante na pesquisa

\_\_\_\_\_  
Data

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido para a participação neste estudo.

Responsável pela pesquisa:

\_\_\_\_\_  
Ronny de Souza Machado

Médico - CRM (15440/DF)

---

## ***10 APÊNDICE***

---

***Ronny de Souza Machado***

## APÊNDICE

APÊNDICE A – *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement*STROBE Statement—Checklist of items that should be included in reports of *cohort studies*

	Item No	Recommendation
<b>Title and abstract</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found
<b>Introduction</b>		
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses
<b>Methods</b>		
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up (b) For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias
Study size	10	Explain how the study size was arrived at
Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) If applicable, explain how loss to follow-up was addressed (e) Describe any sensitivity analyses
<b>Results</b>		
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) Summarize follow-up time (eg, average and total amount)
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures over time
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which confounders were adjusted for and why they were included (b) Report category boundaries when continuous variables were categorized (c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period

---

Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
<b>Discussion</b>		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
<b>Other information</b>		
Funding	22	Give the source of funding and the role of the funders for the present study and, if applicable, for the original study on which the present article is based

---

\*Give information separately for exposed and unexposed groups.

**Note:** An Explanation and Elaboration article discusses each checklist item and gives methodological background and published examples of transparent reporting. The STROBE checklist is best used in conjunction with this article (freely available on the Web sites of PLoS Medicine at <http://www.plosmedicine.org/>, Annals of Internal Medicine at <http://www.annals.org/>, and Epidemiology at <http://www.epidem.com/>). Information on the STROBE Initiative is available at <http://www.strobe-statement.org>.

APÊNDICE B – Questionário internacional de atividade física

– FORMA CURTA –

Nome: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Idade : \_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )  
Você trabalha de forma remunerada: ( ) Sim ( ) Não  
Quantas horas você trabalha por dia: \_\_\_\_\_  
Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_  
De forma geral sua saúde está:  
( ) Excelente ( ) Muito boa ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física em uma semana **NORMAL, USUAL** ou **HABITUAL**. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

**1a.** Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que faça você suar **BASTANTE** ou aumentem **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**1b.** Nos dias em que você faz essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**2a.** Em quantos dias de uma semana normal, você realiza atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que faça você suar leve ou aumentem **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA** ( ) Nenhum

**2b.** Nos dias em que você faz essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta fazendo essas atividades **por dia**?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**3a.** Em quantos dias de uma semana normal você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias \_\_\_\_\_ por **SEMANA**      ( ) Nenhum

**3b.** Nos dias em que você caminha por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gasta caminhando por dia?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**4a.** Estas últimas perguntas são em relação ao tempo que você gasta sentado ao todo no trabalho, em casa, na escola ou faculdade e durante o tempo livre. Isto inclui o tempo que você gasta sentado no escritório ou estudando, fazendo lição de casa, visitando amigos, lendo e sentado ou deitado assistindo televisão.

Quanto tempo por dia você fica sentado em um dia da semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

**4b.** Quanto tempo por dia você fica sentado no final de semana?

horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_