



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FACULDADE DE MEDICINA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM FISIOTERAPIA E FUNCIONALIDADE

**DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO**

**RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A  
FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS  
PACIENTES APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

**FORTALEZA**

**2025**

DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO

RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A  
FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS PACIENTES  
APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia e Funcionalidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fisioterapia e Funcionalidade. Linha de pesquisa: Processos de avaliação e intervenção no sistema musculoesquelético nos diferentes ciclos da vida.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Peixoto Leão Almeida

**FORTALEZA**

**2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C35r Castro, David Bruno Braga de.  
Relação do desempenho do salto vertical e horizontal com a força muscular e medidas de desfechos relatadas pelos pacientes após reconstrução do ligamento cruzado anterior / David Bruno Braga de Castro. – 2025.  
93 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia e Funcionalidade, Fortaleza, 2025.  
Orientação: Prof. Dr. Gabriel Peixoto Leão Almeida.
1. Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior. 2. Desempenho Funcional. 3. Força Muscular. 4. Smartphone. I. Título.

CDD 615.82

---

**DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO**

**RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A  
FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS  
PACIENTES APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia e Funcionalidade da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fisioterapia e Funcionalidade. Linha de pesquisa: Processos de avaliação e intervenção no sistema musculoesquelético nos diferentes ciclos da vida.

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Peixoto Leão Almeida

Aprovada em: 13/02/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Nome: Prof. Gabriel Peixoto Leão Almeida (Orientador)

Titulação: Doutor

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Nome: Prof. Pedro Olavo de Paula Lima (Membro interno)

Titulação: Doutor

Instituição: Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Nome: Prof. Wouber Héricksen de Brito Vieira (Membro externo)

Titulação: Doutor

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Dedico essa dissertação à memória de Liduina  
Silva Braga e Maria de Amorim Silva.

Com eterna gratidão e saudade.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ser minha fonte de força, sabedoria e esperança ao longo desta jornada. Sem Sua graça, cada desafio teria sido ainda mais difícil.

Aos meus pais, Evanda Maria Silva Braga e Manoel Cláudio de Castro pelo amor incondicional, pelo apoio incansável e por sempre acreditarem em mim. Vocês são minha base, meu alicerce, e esta conquista também é de vocês.

À minha namorada e futura esposa, Yara Kellen Araújo Eduardo por estar ao meu lado em cada passo, por me fortalecer nos momentos difíceis e, principalmente, por ter me aguentado durante todo o mestrado em minhas longas horas de estudo.

Ao meu orientador, Gabriel Peixoto Leão Almeida pela dedicação, paciência e pelas valiosas contribuições que tornaram este trabalho possível.

Aos professores Márcio Almeida Bezerra e Túlio Luiz Banja Fernandes pela disponibilidade, ajuda e apoio ao longo do projeto, sempre prontos a contribuir com conhecimento e incentivo.

Aos professores participantes da banca examinadora Wouber Héricson de Brito Vieira e Pedro Olavo de Paula Lima pelas observações pertinentes e sugestões enriquecedoras, que contribuíram significativamente para este estudo.

À minha família e amigos pela presença, palavras de encorajamento e apoio em cada etapa dessa trajetória.

Aos meus parceiros de coleta, João Gabriel e Guilherme Antony, e aos meus colegas Wesley Araújo, Saulo de Lima e Lia Neves, pela parceria e auxílio essencial.

Aos meus colegas da turma de mestrado pelas reflexões, críticas, sugestões recebidas e apoio mútuo ao longo dessa caminhada.

Aos meus colegas de trabalho do Centro Universitário Christus pela compreensão, incentivo e apoio ao longo desse período desafiador.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*“Neurons that fire together, wire together”*

## DESCRIÇÃO DA DISSERTAÇÃO PARA LEIGOS

A reconstrução do ligamento cruzado anterior é uma opção de tratamento amplamente recomendada para pessoas que apresentam instabilidade no joelho e que desejam retornar à participação esportiva. O processo de reabilitação após reconstrução do ligamento até o retorno à participação esportiva envolve um período bastante prologado que dura em média 9 meses e a progressão do tratamento deve ser individualizada. Testes para avaliação da função física são recomendados para acompanhar a evolução e fazem parte da decisão final sobre o retorno ao esporte no mesmo nível antes da lesão. Avaliações de força muscular, capacidade funcional, desempenho em testes de saltos e prontidão psicológica são as mais utilizadas nas avaliações desses pacientes durante o processo de retorno ao esporte. Aparentemente, a aprovação nessa bateria de testes parece resultar em uma menor taxa de ruptura do enxerto. Com isso, é fundamental que os clínicos compreendam a respeito de quais testes devem ser utilizados para oferecer um processo de retorno ao esporte mais seguro.

Os achados do primeiro estudo identificaram correlações positivas fortes entre os saltos verticais e horizontais, o que sugere que ambos os saltos podem ser utilizados na prática clínica. Correlações de moderada a boa também foram encontradas entre os saltos (vertical e horizontal) com a força muscular de extensão do joelho. Entretanto, apenas o salto horizontal apresentou moderada a boa correlação com a força muscular de flexão do joelho, enquanto o salto vertical apresentou fraca correlação com a força muscular de flexão do joelho. Outro aspecto importante é que os saltos horizontais apresentaram moderada a boa correlação positiva com a capacidade funcional do joelho e prontidão psicológica, enquanto o salto vertical apresentou correlação moderada a boa com a prontidão psicológica. O segundo estudo encontrou que o salto vertical avaliado com o aplicativo *My Jump Lab* apresentou excelente confiabilidade e validade com a plataforma de força (padrão-ouro) em pacientes que passaram por cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior, além de ser uma ferramenta fácil de transportar e manusear.

Essa pesquisa é importante porque mostra qual a relação dos saltos verticais com os testes que já são aplicados na prática clínica, além de facilitar o processo de avaliação do desempenho desses saltos através de um aplicativo no celular, o que tornar mais acessível e conveniente para utilização na prática clínica. A reunião desses achados pode levar à implementação de estratégias para otimizar o processo de avaliação para retorno ao esporte após reconstrução do ligamento cruzado anterior.

## RESUMO

A reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA) é uma opção de tratamento amplamente recomendada para pessoas que apresentam instabilidade no joelho e que desejam retornar à participação esportiva (RPE). Avaliações de força muscular, desempenho em testes de saltos e prontidão psicológica estão inclusas na bateria de testes utilizados nas avaliações desses pacientes que estão no processo de retorno à participação esportiva. Este estudo, foi composto por dois produtos científicos. O primeiro produto investigou a relação entre o desempenho nos testes de salto vertical e horizontal com a força muscular e medidas de desfechos relatadas pelos pacientes. O desempenho dos saltos verticais tem sido uma alternativa aos saltos horizontais na avaliação de retorno ao esporte por detectarem melhor os déficits na articulação do joelho, porém, esses achados precisam ser melhores elucidados. O segundo produto teve como objetivo verificar a confiabilidade e validade de um aplicativo móvel (*My Jump Lab*) para avaliação do desempenho nos saltos verticais. A amostra dos dois produtos foi composta por pessoas que passaram por cirurgia de RLCA, de ambos os sexos e que estivessem entre 6 e 24 meses de pós-operatório. Oitenta participantes realizaram as avaliações dos saltos verticais e horizontais, força muscular de quadríceps e isquiotibiais com o dinamômetro isocinético, prontidão psicológica avaliada pelo *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale* (ACL-RSI) e função subjetiva do joelho avaliada pelo *International Knee Documentation Committee* (IKDC). Os resultados do primeiro produto mostraram uma forte correlação entre a altura dos saltos verticais com a distância nos saltos horizontais. Além disso, os saltos verticais (altura do salto e índice de força reativa) apresentaram correlação de moderada a boa com a força de extensores de joelho e fraca correlação com a força de flexores de joelho, enquanto que os saltos horizontais (distância do salto) apresentaram moderada a boa correlação com a força dos extensores e flexores. Quando avaliada a correlação dos saltos (verticais e horizontais) com as medidas de desfechos relatadas pelos pacientes, os resultados variaram de fraca a boa correlação. No segundo produto, o aplicativo *My Jump Lab* apresentou excelente confiabilidade teste-reteste e correlações muito forte para os desfechos de altura do salto, índice de força reativa e índice de simetria entre os membros comparado com a plataforma de força. Quanto a validade de constructo, as correlações da plataforma de força e do *My Jump Lab* com o IKDC e ACL-RSI variaram de fraca a boa. Nossos achados demonstram que os saltos verticais e horizontais apresentam forte correlações entre si ( $r = 0.715-0.758$ ,  $p < 0.001$ ), moderada a boa correlação com a força muscular de extensão do joelho ( $r = 0.470-0.652$ ,  $p < 0.001$ ) e fraca a boa correlação com as medidas de desfechos relatadas pelos pacientes. Além disso, o aplicativo *My Jump Lab*

é uma opção válida e confiável para avaliação da altura, índice de força reativa e índice de simetria entre os membros dos saltos verticais em relação a plataforma de força e pode ser utilizado na prática clínica.

**Palavras-chave:** Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior; Desempenho Funcional; Força Muscular; Smartphone.

## ABSTRACT

Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR) is a widely recommended treatment option for individuals with knee instability who wish to return to sports participation (RTP). Muscle strength assessments, performance in jump tests, and psychological readiness are included in the battery of tests used to evaluate patients undergoing the return-to-sport process. This study consisted of two scientific products. The first product investigated the relationship between performance in vertical and horizontal jump tests, muscle strength, and patient-reported outcome measures. Vertical jump performance has been an alternative to horizontal jumps in return-to-sport evaluations, as it better detects deficits in the knee joint; however, these findings need further clarification. The second product aimed to assess the reliability and validity of a mobile application (My Jump Lab) for evaluating vertical jump performance. The sample for both products consisted of individuals who underwent ACLR surgery, from both genders, and who were between 6- and 24-months post-surgery. Eighty participants underwent evaluations of vertical and horizontal jumps, quadriceps and hamstring muscle strength using an isokinetic dynamometer, psychological readiness assessed by the Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale (ACL-RSI), and knee subjective function assessed by the International Knee Documentation Committee (IKDC). The results of the first product showed a strong correlation between vertical jump height and horizontal jump distance. Additionally, vertical jumps (jump height and reactive strength index) showed moderate to good correlations with quadriceps strength and weak correlations with hamstring strength, while horizontal jumps (jump distance) showed moderate to good correlations with both quadriceps and hamstring strength. When the correlation between jumps (vertical and horizontal) and patient-reported outcome measures was assessed, the results ranged from weak to good correlations. In the second product, the My Jump Lab app demonstrated excellent test-retest reliability and very strong correlations for jump height outcomes, reactive strength index, and symmetry index between limbs compared to the force platform. As for construct validity, the correlations between the force platform and My Jump Lab with the IKDC and ACL-RSI ranged from weak to good. Our findings demonstrate that vertical and horizontal jumps show strong correlations with each other ( $r = 0.715-0.758$ ,  $p < 0.001$ ), moderate to good correlation with knee extensor strength ( $r = 0.470-0.652$ ,  $p < 0.001$ ), and weak to good correlation with patient-reported outcome measures. Furthermore, the My Jump Lab app is a valid and reliable option for evaluating jump height, reactive strength index, and symmetry index between limbs in vertical jumps compared to the force platform and can be used in clinical practice.

**Keywords:** Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; Functional Performance; Muscle Strength; Smartphone.

## LISTA DE FIGURAS

### **PRODUTO 1: RELAÇÃO DA PERFORMANCE DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS PACIENTES APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Figura 1 – <i>Single hop for distance</i> (A) e <i>crossover hop for distance</i> (B).....	27
Figura 2 – <i>Single leg vertical jump</i> (A) e do <i>single leg drop jump</i> (B).....	39
Figura 3 – Posicionamento no dinamômetro isocinético.....	30
Figura 4 – Fluxograma de recrutamento, exclusões e inclusão dos participantes.....	31

### **PRODUTO 2: VALIDADE E CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE DO APLICATIVO MY JUMP LAB NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL EM ÍNDIVIDUOS QUE PASSARAM POR RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Figura 1 – <i>Single leg vertical jump</i> (A) e <i>single leg drop jump</i> (B).....	51
Figura 2 – Distância entre o smartphone e a plataforma de força.....	53
Figura 3 – Fluxograma de recrutamento, exclusões e inclusão dos participantes.....	54
Figura 4 – Nível de concordância (Bland-Altman) com limites de concordância de 95% (linhas azuis) e a diferença média (linha preta) entre os dois avaliadores no aplicativo <i>My Jump Lab</i> para o SLVJ e SLDJ de ambas as pernas.....	56
Figura 5 – Gráficos de dispersão apresentando uma relação entre os métodos da plataforma de força e do <i>My Jump Lab</i> para a avaliação da altura do salto do salto e índice de força reativa.....	58
Figura 6 – Gráficos de dispersão apresentando uma relação entre os métodos da plataforma de força e do <i>My Jump Lab</i> para a avaliação do índice de simetria entre os membros da altura do salto e do índice de força reativa.....	59
Figura 7 – Nível de concordância (Bland-Altman) com limites de concordância de 95% (linhas azuis) e a diferença média (linha preta) entre a plataforma de força e o aplicativo <i>My Jump Lab</i> para o SLVJ e SLDJ do membro lesionado.....	60

## LISTA DE TABELAS

### **PRODUTO 1: RELAÇÃO DA PERFORMANCE DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS PACIENTES APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Tabela 1 – Características dos participantes.....	32
Tabela 2 – Características das variáveis coletadas.....	33
Tabela 3 – Índice de simetria entre os membros dos saltos verticais e horizontais.....	34
Tabela 4 – Correlação entre os saltos verticais e saltos horizontais.....	34
Tabela 5 – Correlação entre os saltos verticais e horizontais e a força muscular no isocinético.....	35
Tabela 6 – Correlação dos saltos e força muscular com os desfechos autorreportados pelos pacientes.....	36

### **PRODUTO 2: VALIDADE E CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE DO APLICATIVO MY JUMP LAB NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL EM INDIVÍDUOS QUE PASSARAM POR RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Tabela 1 – Características dos participantes da confiabilidade e validade.....	55
Tabela 2 – Confiabilidade teste-reteste para o desfecho performance no salto vertical.....	56
Tabela 3 – Características das variáveis coletadas dos participantes da validade.....	57
Tabela 4 – Correlação entre o aplicativo <i>My Jump Lab</i> e a plataforma de força com desfechos autorreportados pelos pacientes.....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL-RSI	<i>Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale</i>
CCI	Coeficiente de correlação intraclasse
CHD	<i>Crossover hop for distance</i>
DP	Desvio padrão
EPM	Erro padrão de medida
GRAAS	<i>Guidelines of Reporting Reliability and Agreement Studies</i>
IC	Intervalo de confiança
IFR	Índice de força reativa
IKDC	<i>International Knee Documentation Committee</i>
IMC	Índice de massa corporal
ISM	Índice de simetria entre os membros
LAMH	Laboratório de Análise do Movimento Humano
LCA	Ligamento cruzado anterior
ML	Membro lesionado
MMD	Mínima mudança detectável
MNL	Membro não lesionado
PT	Pico de torque
RLCA	Reconstrução do ligamento cruzado anterior
RPE	Retorno à participação esportiva
SHD	<i>Single hop for distance</i>
SLDJ	<i>Single leg drop jump</i>
STROBE	<i>Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology</i>
SLVJ	<i>Single leg vertical jump</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	18
Definição e epidemiologia da lesão do ligamento cruzado anterior.....	18
Retorno à participação esportiva e risco de uma segunda lesão .....	18
Desempenho nos testes de salto após reconstrução do ligamento cruzado anterior.....	19
Avaliação do salto vertical através de dispositivos móveis .....	20
Implicações para a realização do nosso estudo .....	21
PRODUTO 1 .....	22
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MÉTODOS.....	25
2.1 Tipo de pesquisa .....	25
2.2 População e amostra .....	25
2.3 Coleta de dados.....	26
2.4 Medidas de desfechos autorreportadas .....	27
2.5 Salto horizontal.....	27
2.6 Salto vertical .....	28
2.7 Análise plataforma de força .....	29
2.8 Força muscular .....	30
2.9 Análise estatística .....	31
3 RESULTADOS.....	31
4 DISCUSSÃO.....	36
5 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS .....	40
PRODUTO 2 .....	47
1 INTRODUÇÃO.....	48
2 MÉTODOS.....	49
2.1 Delineamento do estudo .....	49
2.2 População e amostra .....	49
2.3 Coleta de dados.....	50
2.4 Medidas de desfechos autorreportadas .....	50
2.5 Salto vertical .....	51
2.6 Padrão de referência: plataforma de força.....	52
2.7 Teste índice: aplicativo <i>My Jump Lab</i> .....	52
2.8 Confiabilidade .....	53

2.9 Validade .....	53
2.10 Análise Estatística.....	53
3 RESULTADOS.....	54
3.1 Confiabilidade teste-reteste .....	56
3.2 Validade do critério.....	57
3.3 Validade do constructo.....	60
4 DISCUSSÃO .....	61
5 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS .....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	69
REFERÊNCIAS .....	71
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O MESTRADO .....	75
APÊNDICES .....	77
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) .....	77
APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO – PESQUISA LCA .....	79
APÊNDICE C – RESUMO VISUAL (INFOGRÁFICO).....	81
APÊNDICE D – CARD PARA DIVULGAÇÃO DO ESTUDO PARA O PÚBLICO LEIGO.....	82
.....	83
ANEXOS.....	84
ANEXO A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO JOELHO – INTERNATIONAL KNEE DOCUMENTATION COMMITTEE (IKDC) .....	84
ANEXO B – ESCALA PARA MEDIR A PRONTIDÃO PSICOLÓGICA – ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT-RETURN TO SPORT AFTER INJURY (ACL-RSI).....	87
ANEXO C – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA .....	88
ANEXO D – STRENGTHNING THE REPORTING OF OBSERVATIONAL STUDIES IN EPIDEMIOLOGY (STROBE).....	91
ANEXO E – GUIDELINES OF REPORTING RELIABILITY AND AGREEMENT STUDIES (GRRAS).....	93

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### **Definição e epidemiologia da lesão do ligamento cruzado anterior**

O ligamento cruzado anterior (LCA) é constituído por dois feixes funcionais – anteromedial e posterolateral - com origem na face posteromedial do côndilo femoral lateral e inserção anterior à eminência intercondilar da tibia (SIEGEL; VANDENAKKER-ALBANESE; SIEGEL, 2012). O feixe anteromedial é responsável pela estabilização da translação anterior excessiva da tibia, enquanto que o feixe posterolateral fornece estabilidade rotacional da tibia, além de limitar o estresse em varo e valgo com o joelho em extensão total (HASSEBROCK et al., 2020; MARIESWARAN et al., 2018; SEPÚLVEDA et al., 2017).

As lesões do LCA apresentam maior incidência em praticantes de esportes de pivô, saltos, aceleração e desaceleração como futebol, handebol, vôlei e basquete (VAN MELICK et al., 2016), e atinge aproximadamente 85 por 100.000 indivíduos com idade entre 16 e 39 anos (DIERMEIER et al., 2021). Além disso, as rupturas do LCA possuem incidência de 68,6 por 100.000 pessoas ao ano (SANDERS et al., 2016), sendo aproximadamente 70% a 75% ocorrendo por trauma indireto (BODEN; SHEEHAN, 2022; WETTERS et al., 2016). O mecanismo de lesão ocorre principalmente pela entorse do joelho, com o pé fixo ao solo e o fêmur em rotação interna e adução e a tibia em abdução (DAUTY et al., 2022).

Estima-se que as taxas de cirurgia de reconstrução do LCA (RLCA) estejam entre 21,7 e 37,1 por 100.000 habitantes no mundo (LONGO et al., 2021), sendo considerada por muitos o padrão-ouro de tratamento (SANDERS et al., 2016; SHEA et al., 2015), tendo como objetivo restaurar a estabilidade e biomecânica do joelho, permitir o retorno às atividades pré-lesão e melhorar a qualidade de vida dos pacientes (MÅNSSON; KARTUS; SERNERT, 2011). Além disso, a RLCA tem sido amplamente recomendada para pessoas com instabilidade e que desejam retornar à participação esportiva (RPE) (DRIGNY et al., 2022; MEREDITH et al., 2021; REIJMAN et al., 2021).

### **Retorno à participação esportiva e risco de uma segunda lesão**

O retorno à participação esportiva (RPE) é um dos principais objetivos na RLCA, sendo caracterizado pelo alcance do nível pré-lesão do esporte (MEREDITH et al., 2021). Em média, 4 em cada 5 atletas retornam para algum esporte após a cirurgia. No entanto, apenas 2 em cada 3 conseguem retornar ao nível pré-lesão e apenas 55% retornam para o nível competitivo (ARDERN et al., 2014).

Até o começo dos anos 90, o tempo era o único parâmetro adotado para liberar

atletas para o RPE (KOTSIFAKI et al., 2023). Uma revisão de escopo identificou que 42% dos estudos usaram o tempo como único critério para liberação desses atletas (BURGI et al., 2019). Entretanto, embora seja necessário um tempo mínimo de pós-operatório para permitir a recuperação biológica do enxerto, o processo de RPE deve apresentar uma progressão baseada em critérios (KAPLAN; WITVROUW, 2019; KOTSIFAKI et al., 2023). A literatura relata que o uso de testes de força, exame clínico, critérios de desempenho, testes de salto e relatos de pacientes tem sido comumente utilizado como critérios de RPE (BURGI et al., 2019; TURK et al., 2023).

Apesar da recomendação do uso de testes para RPE, ainda existem uma divergência quanto ao risco de uma segunda lesão do LCA. Duas meta-análises (HURLEY et al., 2022; WEBSTER; HEWETT, 2019) e uma revisão sistemática (ASHIGBI; BANZER; NIEDERER, 2020) concluíram que passar em uma combinação de testes reduz o risco de ruptura do enxerto (ASHIGBI; BANZER; NIEDERER, 2020; HURLEY et al., 2022; WEBSTER; HEWETT, 2019), mas não da lesão do LCA contralateral (HURLEY et al., 2022). Em contrapartida, Losciale e colaboradores (LOSCIALE et al., 2019) não encontraram uma associação estatisticamente significativa entre passar nos critérios de RPE e risco de uma segunda lesão.

### **Desempenho nos testes de salto após reconstrução do ligamento cruzado anterior**

Os testes de salto têm sido comumente empregados na avaliação de pacientes após RLCA e são projetados para avaliar o desempenho funcional do joelho lesionado com ampla utilização no cenário clínico (DAVIES; MYER; READ, 2020; EBERT et al., 2021; KOTSIFAKI et al., 2021), podendo apresentar indicadores prognósticos para retorno ao esporte importantes relacionados ao joelho em indivíduos após RLCA (WEST et al., 2023). Entretanto, o desempenho durante saltos verticais e horizontais não medem os mesmos aspectos relacionados à função do joelho (KOTSIFAKI et al., 2021).

Os saltos horizontais (*single hop*, *timed hop*, *triple hop* e *crossover hop*) foram projetados para detectar alterações na função dos membros inferiores e fornecem medidas de resultados confiáveis e válidas com base no desempenho para pacientes após RLCA (NOYES; BARBER; MANGINE, 1991; REID et al., 2007). Pesquisas sugerem que a utilização de apenas dois dos quatro testes é suficiente para obtenção de resultados consistentes (DAVIES; MYER; READ, 2020). O *single hop for distance* e o *crossover hop for distance* são os testes mais bem avaliados para uso em pacientes que passaram por RLCA, exibindo excelente confiabilidade intraavaliador e suporte para validade de constructo e responsividade (BERG et al., 2022).

Apesar de existirem correlações estatisticamente significantes entre o desempenho

nos saltos horizontais com a força muscular do joelho (FITZGERALD et al., 2001; NAGAI et al., 2020; SUEYOSHI et al., 2017), um estudo recente questionou se a distância avaliada no salto horizontal seria a melhor métrica para avaliar a função do joelho, uma vez que, durante a realização do salto, a articulação do joelho contribui pouco (12,9%) durante a fase de propulsão, enquanto no salto vertical, a contribuição da articulação é cerca de 34,1% (KOTSIFAKI et al., 2021). Apesar dos pacientes apresentarem um índice de simetria entre os membros (ISM) de 97% na distância dos saltos (KOTSIFAKI et al., 2022a), medir apenas essa variável seria insuficiente para avaliar completamente a função do joelho após a RLCA (KOTSIFAKI et al., 2020).

Com isso, os saltos verticais avaliados principalmente através da sua altura, também apresentam correlações significativas com a força extensora do joelho (FISCHER et al., 2017; LAUDNER et al., 2015). No entanto, a altura do salto vertical pode ser mais sensível em relação ao ISM quando comparada a distância no salto horizontal (KOTSIFAKI et al., 2021). Pacientes que realizaram a avaliação da altura do salto no *single leg vertical jump* e *single leg drop jump*, apresentaram simetria de 83% e 77%, respectivamente (KOTSIFAKI et al., 2022b). Logo, estudos sugerem que avaliar o desempenho no salto vertical, como por exemplo no *single leg vertical jump*, é importante para progressão da reabilitação e retorno à participação esportiva (BERG et al., 2022).

### **Avaliação do salto vertical através de dispositivos móveis**

Diferentes dispositivos são utilizados para medir a altura dos saltos verticais (SLVJ e SLDJ), sendo a plataforma de força considerada o padrão-ouro para essa avaliação (BOGATAJ et al., 2020a; WHITMER et al., 2015). Todavia, embora as plataformas de força sejam consideradas o padrão ouro para esse tipo de medição, o acesso limitado, o custo, a portabilidade e as restrições de tempo as tornam inadequadas para avaliação no ambiente clínico (BOGATAJ et al., 2020a; CASTAGNA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2024).

Em decorrência do seu alto custo, aplicativos móveis como o *My Jump Lab* se torna uma alternativa econômica (GENÇOĞLU et al., 2023; WHITELEY et al., 2023) e portátil (GENÇOĞLU et al., 2023) ao equipamento de laboratório tradicional, tornando-o acessível e conveniente para utilização na prática clínica. Além da fácil portabilidade desses dispositivos, eles apresentam uma alta consistência e validade quase perfeitas (GENÇOĞLU et al., 2023) em diferentes populações tais como jovens e adultos ativos recreativamente (HAYNES et al., 2019), idosos (CRUVINEL-CABRAL et al., 2018), crianças (BOGATAJ et al., 2020a) e atletas de elite de vôlei de praia (MEDEIROS et al., 2024).

Entretanto, em indivíduos que passaram por RLCA, apenas um estudo (WHITELEY et al., 2023) com uma amostra de 51 participantes, avaliou a validade do *My Jump Lab* com a plataforma de força, porém não realizou a validade de constructo com a força muscular do joelho, capacidade funcional e prontidão psicológica. Outros dois estudos (LEE et al., 2018; O'CONNOR et al., 2020) realizaram a validade de constructo com as medidas de desfechos relatadas pelos pacientes, porém ambos avaliaram o desempenho nos saltos verticais através da plataforma de força.

### **Implicações para a realização do nosso estudo**

Apenas 6,4% dos fisioterapeutas brasileiros relataram usar todas as cinco medidas mais frequentemente recomendadas na literatura para determinar a prontidão para RPE após RLCA (força do quadríceps e isquiotibiais, desempenho durante testes funcionais, pontuação em questionários funcionais e prontidão psicológica) (AQUINO et al., 2021). Com isso, a compreensão do fisioterapeuta acerca do processo de avaliação durante a recuperação de pacientes que passaram por cirurgia do LCA é fundamental para que o mesmo tenha um retorno mais seguro à prática esportiva. A literatura sustenta o uso de uma bateria de testes que incluem a avaliação da força muscular, exame clínico, critérios de desempenho, testes de salto e relatos de pacientes. Com isso, a realização e interpretação dos resultados desses testes devem ser analisados com cautela. Compreender quais testes devem ou não serem realizados no momento da avaliação de retorno ao esporte é um diferencial no processo de tomada de decisão. Além disso, buscar estratégias de avaliações mais acessível e de fácil manuseio ajuda os clínicos a realizarem essas avaliações e monitorarem dentro do ambiente clínico.

Esse conhecimento pode auxiliar na implementação de estratégias que otimizem os resultados clínicos nessa população, portanto, o objeto deste estudo é compreender a relação entre o desempenho dos pacientes na altura do salto e índice de força reativa do *single leg vertical jump* e *single leg drop jump* com a distância do *single hop for distance* e *crossover hop for distance*, força muscular de quadríceps e isquiotibiais, capacidade funcional autorreportada e prontidão psicológica. Além disso, o objetivo do nosso segundo produto é validar e verificar a confiabilidade do aplicativo *My Jump Lab* em pessoas que passaram por reconstrução do LCA, a fim de implementar a utilização desse instrumento na prática clínica.

## PRODUTO 1

### RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR, CAPACIDADE FUNCIONAL E PRONTIDÃO PSICOLÓGICA APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

#### RESUMO

**OBJETIVO:** Identificar as correlações do desempenho do salto vertical com o salto horizontal, força muscular de quadríceps e isquiotibiais e medidas de desfechos relatadas em pacientes que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior.

**DESENHO:** Estudo transversal.

**LOCAL:** Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

**PARTICIPANTES:** Indivíduos de ambos os sexos que passaram por RLCA independentemente do tipo de enxerto e que estivessem entre 6 e 24 meses de pós-operatório.

**DESFECHOS:** Avaliação do desempenho dos saltos verticais – *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ), e saltos horizontais – *single hop for distance* (SHD) e *crossover hop for distance* (CHD); força muscular de quadríceps e isquiotibiais avaliada pelo dinamômetro isocinético a 60°/s; capacidade funcional do joelho avaliada pelo *International Knee Documentation Committee* (IKDC); prontidão psicológica avaliada pelo *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale* (ACL-RSI).

**RESULTADOS:** Oitenta participantes pós-RLCA, com tempo médio de pós-operatório de 12 ± 4,6 meses. Foram encontradas correlações positivas fortes do SLVJ com o SHD ( $r = 0.758$ ) e o CHD ( $r = 0.718$ ), além de forte correlação do SLDJ com o SHD ( $r = 0.715$ ) e moderada a boa correlação com o CHD ( $r = 0.691$ ). A relação entre o desempenho dos saltos (vertical e horizontal) com a força muscular extensora do joelho apresentou moderada a boa correlação, variando entre 0.574 a 0.652. Enquanto a relação com a força de flexores de joelho apresentou fraca correlação com o SLVJ ( $r = 0.397$ ) e SLDJ ( $r = 0.393$ ), e moderada a boa correlação com o SHD ( $r = 0.533$ ) e CHD ( $r = 0.607$ ). Para os desfechos autorreportados pelos pacientes, apenas o ACL-RSI apresentou moderada a boa correlação com o SLVJ ( $r = 0.470$ ) e SLDJ ( $r = 0.413$ ). Entretanto, a correlação dos dois saltos horizontais foi classificada como moderada a boa com o IKDC e ACL-RSI.

**CONCLUSÃO:** Os resultados deste estudo indicam que o desempenho nos saltos verticais, como a altura do salto, tem uma relação positiva forte com a distância nos saltos horizontais. Além disso, as correlações do salto horizontal com a força de extensão e flexão de joelho foram maiores em relação ao salto vertical. Para os desfechos relatados pelos pacientes, os saltos

horizontais apresentaram melhores correlações com o IKDC e ACL-RSI, enquanto os saltos verticais apresentaram moderada a boa correlação apenas com o ACL-RSI.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior; Desempenho Funcional; Força Muscular.

## 1 INTRODUÇÃO

As rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) afetam participantes de esportes que envolvem movimentos de aterrissagem e pivô, com mais de 200.000 rupturas ocorrendo anualmente (GOKELER; DINGENEN; HEWETT, 2022; MUSAHL; KARLSSON, 2019). A reconstrução do LCA (RLCA) é uma opção de tratamento que tem apresentado um aumento na incidência de 21,7 para 33,6 por 100.000 habitantes, sendo amplamente recomendada para pessoas com instabilidade e que desejam retornar à participação esportiva (RPE) (DRIGNY et al., 2022; LONGO et al., 2021; MEREDITH et al., 2021; REIJMAN et al., 2021; SANDERS et al., 2016).

O processo de RPE envolve um período de tempo prolongado e deve apresentar uma progressão baseada em critérios (KAPLAN; WITVROUW, 2019; MUSAHL et al., 2022) que incluem testes de saltos, capacidade funcional, prontidão psicológica e simetria de força muscular isocinética de quadríceps e isquiotibiais maior ou igual a 90% (ARDERN et al., 2016; SIMONSSON et al., 2024; TURK et al., 2023). Além disso, as baterias de testes que incluem testes de força e de saltos são recomendadas (VAN MELICK et al., 2016) e sua aprovação parece resultar em uma menor taxa de ruptura do enxerto (HURLEY et al., 2022).

Os testes de salto têm sido comumente empregados na avaliação de pacientes após RLCA e são projetados para avaliar o desempenho funcional do joelho lesionado com ampla utilização no cenário clínico (DAVIES; MYER; READ, 2020; EBERT et al., 2021; KOTSIFAKI et al., 2021), podendo apresentar indicadores prognósticos para retorno ao esporte (WEST et al., 2023). Atualmente, a utilização do salto horizontal para avaliar a função do joelho em pessoas que passaram por RLCA tem sido questionada (KOTSIFAKI et al., 2021, 2022a). A contribuição da articulação do joelho após RLCA durante a propulsão para o desempenho no salto horizontal é de apenas 13% enquanto a do salto vertical é de 34% (KOTSIFAKI et al., 2021). Além disso, atletas que alcançam uma simetria satisfatória no salto horizontal ( $\geq 97\%$ ) ainda exibem déficits de simetria de 83% quando avaliado pelo salto vertical (KOTSIFAKI et al., 2022b), sendo sugerido que os saltos horizontais não sejam utilizados para avaliação da função do joelho no processo de reabilitação e retorno ao esporte (KOTSIFAKI et al., 2023).

Entretanto, o joelho foi responsável por 64% do trabalho na fase de aterrissagem do salto horizontal (KOTSIFAKI et al., 2021). Enquanto nos saltos verticais, o joelho contribuiu com apenas 34% do trabalho na fase de aterrissagem (KOTSIFAKI et al., 2021). Destacamos ainda que os dois estudos (KOTSIFAKI et al., 2022a, 2022b) foram conduzidos com a mesma população, totalizando apenas 26 pessoas que passaram por RLCA, e como critérios de inclusão deveriam ter simetria de força de quadríceps e saltos horizontais  $> 90\%$ . É possível que pessoas

quem atinjam pontos de cortes para alta na força de quadríceps (STRAUB et al., 2022) e salto horizontal (BRINLEE et al., 2022), reprovem em outras medidas de avaliação (KOTSIFAKI et al., 2022b), e Kotsifaki e colaboradores (KOTSIFAKI et al., 2021) conduziram o estudo com 20 participantes fisicamente ativos e sem lesões no joelho. Além disso, por mais que maiores déficits de simetria entre os membros sejam encontrados no salto vertical comparado ao salto horizontal após um ano de RLCA (GIRDWOOD et al., 2024; WANG et al., 2024), o salto horizontal tem sido associado com maior taxa de retorno ao esporte, melhor função autorreportada e menor risco de osteoartrite do joelho após RLCA (WEST et al., 2023).

Dessa forma, esse estudo teve como objetivo identificar as correlações do desempenho do salto vertical com o salto horizontal, e de ambos os saltos com a função do joelho mensurado pela força muscular de quadríceps e isquiotibiais, e medidas de desfechos específicos do joelho relacionadas ao paciente, em indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior.

## **2 MÉTODOS**

### **2.1 Tipo de pesquisa**

Foi desenvolvido um estudo transversal conduzido no Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará (UFC), entre junho de 2024 à novembro de 2024. Os dados foram reportados de acordo com a diretriz *Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology* (STROBE) (VON ELM et al., 2014).

O estudo seguiu as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institucional da instituição do primeiro autor (Universidade Federal do Ceará) com o seguinte número: 6.846.530.

### **2.2 População e amostra**

A amostra do estudo foi composta por indivíduos de ambos os sexos que passaram por RLCA independentemente do tipo de enxerto e que estivessem aptos para realizar os testes de retorno ao esporte. Estudos anteriores identificaram que diferentes tipos de enxertos não afetam o desempenho nos testes de salto e força muscular (SUEYOSHI et al., 2017). Foram incluídos indivíduos com pelo menos 18 anos de idade e que praticassem qualquer esporte que envolvesse desaceleração, salto ou giro, como basquete, vôlei, futebol, handebol, que estivessem entre 6 e 24 meses de pós-operatório. Selecionamos pacientes a partir do sexto mês pois é o primeiro ponto de tempo sugerido para RTS e a partir desse período, atletas apresentam

mecânica alterada no salto (COSTLEY et al., 2023; GRAHAM et al., 2023) e na força muscular (CRISTIANI et al., 2019). Além disso, a avaliação de pacientes até o vigésimo quarto mês foi determinado com base na literatura anterior através da avaliação da força muscular do quadríceps e função, que ainda podem apresentar assimetrias em 2 anos de pós-operatório (CURRAN et al., 2020). Indivíduos com lesões concomitantes como lesões meniscais, degeneração da cartilagem e outras lesões ligamentares já tratadas foram aceitos. Foram excluídos do estudo, os participantes que apresentassem as seguintes condições: dor no joelho no momento da avaliação (dor > 2/10 que impedisse ou prejudicasse o desempenho no teste); lesões graves associadas, como fraturas de membro inferior; cirurgia na coluna; entorse de tornozelo aguda (ALBANO et al., 2020; LEE et al., 2018).

### 2.3 Coleta de dados

Os participantes foram solicitados a preencherem uma ficha de avaliação composta por características clínicas e antropométricas. Posteriormente, foram aplicados dois questionários: o *International Knee Documentation Committee (IKDC)* e o *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale (ACL-RSI)*. Após essa primeira etapa, foi realizado um aquecimento de cinco minutos em uma bicicleta ergométrica. Três avaliadores cegos entre si foram responsáveis pela avaliação do salto vertical (DBBC), salto horizontal (JGBC) e força muscular (GAMS). Em seguida, os participantes foram randomizados em relação a sequência dos saltos e membro inferior avaliado. Códigos de randomização foram gerados para início do teste pelo salto horizontal (*single hop for distance* e *crossover hop for distance*) ou salto vertical (*single leg vertical jump* e *single leg drop jump*), e para início com membro lesionado ou membro não lesionado. A randomização foi feita por um pesquisador não envolvido na pesquisa através do *Software Random Allocation 2.0*. Por fim, foi realizado o teste de força muscular do quadríceps e isquiotibiais através de um dinamômetro isocinético.

Foram realizadas oito capacitações (duas reuniões teóricas e seis práticas), para toda a equipe envolvida na coleta da pesquisa. O pesquisador principal realizou treinamentos para manuseio dos equipamentos de avaliação da força muscular (Biodex Multi-Joint System Pro, Biodex Medical System, Shirley, Nova York, EUA), plataforma de forma para análise do salto vertical (Bertec-Model FP4060-08-1000, COLUMBUS, OH, EUA, frequência de amostragem de 500 Hz) e avaliação dos testes de salto horizontal com uma faixa de 6 metros de comprimento por 15 centímetros de largura. Foram coletados 9 participantes (18 joelhos) saudáveis, que realizaram a avaliação dos testes de saltos e força muscular, para treinamento e ajustes dos procedimentos antes do início da pesquisa.

## 2.4 Medidas de desfechos autorreportadas

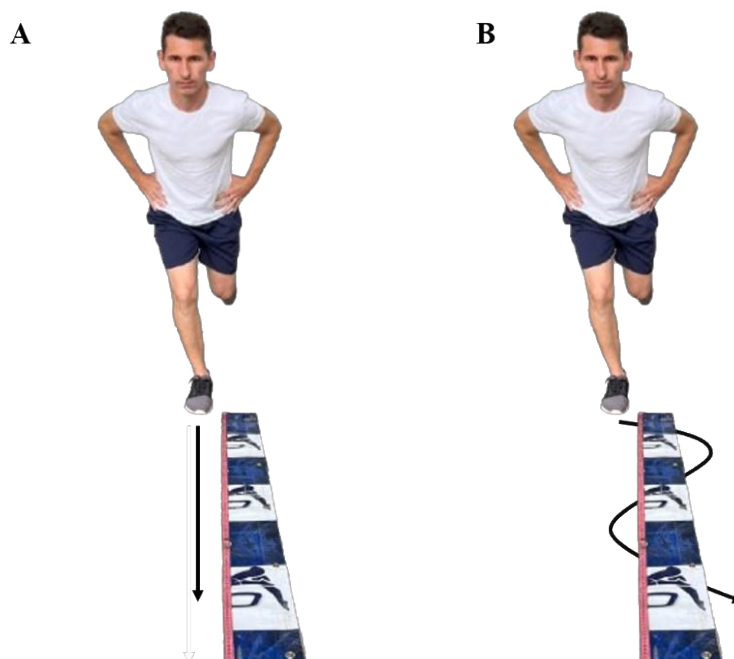
O IKDC é um questionário composto por 10 itens subdivididos em 3 domínios: sintomas, função e atividade esportiva. A maior pontuação está relacionada à melhor função do joelho (HEFTI et al., 1993).

O ACL-RSI contém 12 itens que são subdivididos em 3 domínios: emoções, desempenho e avaliação de risco de re-lesão. Maiores pontuações indicam uma melhor resposta psicológica para retorno ao esporte (WEBSTER; FELLER; LAMBROS, 2008).

Ambos os questionários apresentam uma pontuação que varia de 0 a 100 e que foram adaptados culturalmente e validados para a população do português brasileiro (METSAVAHT et al., 2010; SILVA et al., 2018).

## 2.5 Salto horizontal

A utilização de apenas dois dos quatro testes de salto horizontal é suficiente para obtenção de resultados consistentes (DAVIES; MYER; READ, 2020). Com isso, utilizamos dois testes de salto horizontal unipodal: *single hop for distance* (SHD) e *crossover hop for distance* (CHD) (Figura 1). Esses dois testes parecem ser capazes de detectar melhor as mudanças na função física do joelho (REID et al., 2007) e demonstraram suficiente confiabilidade intraavaliador, validade de constructo e responsividade (BERG et al., 2022), além de apresentarem melhor correlação entre si (TAYLOR et al., 2020).



**Figura 1.** Single hop for distance (A) e crossover hop for distance (B).

Os participantes foram instruídos a realizarem três saltos para familiarização com os testes, com descanso de dois minutos entre os saltos. Para a execução do SHD, os participantes foram instruídos a ficar em uma perna, com as mãos nos quadris e pular horizontalmente o mais longe possível, aterrissando com a mesma perna e mantendo por pelo menos dois segundos para configurar uma aterrissagem bem sucedida (KOTSIFAKI et al., 2021, 2022a). Em seguida, para execução do CHD, os participantes também foram instruídos a ficar em uma perna, com as mãos nos quadris e realizar três saltos consecutivos cruzando uma faixa com espessura de 15 centímetros, aterrissando o mais longe possível e mantendo por pelo menos dois segundos a aterrissagem final (LOGGERSTEDT et al., 2012; NOYES; BARBER; MANGINE, 1991). A distância do salto (cm) foi medida a partir da linha inicial até a região do calcâneo na posição de aterrissagem (AGEBERG; CRONSTRÖM, 2018).

Os dados foram coletados em ambas as pernas, onde duas repetições foram obtidas para calcular a média entre elas. Caso houvesse uma diferença maior do que 10% entre as duas medidas, o teste era repetido. Os desfechos avaliados foram a média da distância dos dois saltos válidos e o índice de simetria entre os membros (ISM). O cálculo do ISM foi realizado através da relação do desempenho do membro lesionado (ML) pelo membro não lesionado (MNL) e multiplicado por 100 ( $[ML/MNL]*100$ ) (WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017).

## 2.6 Salto vertical

Foram realizados dois saltos verticais: *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ) (Figura 2). Os participantes foram instruídos a realizarem três saltos para familiarização com os testes e descanso de dois minutos entre os saltos. Para a execução do SLVJ, os participantes foram instruídos a começarem a partir de uma posição ereta e ficar em uma perna antes de se moverem, com as mãos nos quadris, para limitar possíveis variações na postura durante o salto que pudessem afetar a avaliação final (ARAGÓN, 2000; KOTSIFAKI et al., 2022b). Em seguida, foram solicitados a pularem verticalmente com esforço máximo e aterrissarem na mesma perna. Para a execução do SLDJ, os participantes foram instruídos a começarem de um degrau de altura de 15 centímetros, posicionado a 10 centímetros da borda da plataforma de força, sob a perna testada, com as mãos nos quadris. Em seguida, foram solicitados a caírem do degrau e, ao atingir o solo, pularem imediatamente o mais alto possível, gastando o mínimo de tempo possível no solo (KOTSIFAKI et al., 2022b). Duas tentativas foram realizadas com um descanso passivo de dois minutos (STANTON; WINTOUR; KEAN,

2017). O salto mais alto foi considerado para análise (BOGATAJ et al., 2020). Dados da altura do salto do SLVJ e SLDJ, e o índice de força reativa (IFR) do SLDJ foram extraídos para análise. O ISM para altura do salto e IFR foi calculado através da relação do desempenho do membro lesionado (ML) pelo membro não lesionado (MNL) e multiplicado por 100 (WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017).



**Figura 2.** *Single leg vertical jump (A) e single leg drop jump (B).*

## 2.7 Análise plataforma de força

Utilizamos uma plataforma de força (Bertec®-Model FP4060-08-1000) que foi conectada a um computador equipado com o software *Data Acquisition System Laboratory – DasyLab®* versão 11 (National Instruments, Dublin, Irlanda) e filtrados usando um filtro passa-baixa Butterworth de quarta ordem de 10 Hz (Y) implementado no software com um código customizado (DATALOG GmbH, Moenchengladbach, Germany), para análise da altura do salto e índice de força reativa.

A altura do salto do SLVJ e do SLDJ foi calculada através do tempo de voo, por meio da seguinte fórmula: altura do salto =  $g * \text{tempo de voo}^2 / 8$  (EYTHORSOTTIR et al., 2024). O cálculo da altura do salto através do tempo de voo é um método confiável (PÉREZ-CASTILLA; GARCÍA-RAMOS, 2018). O tempo de voo foi caracterizado como o intervalo correspondente à fase aérea do salto. O início do salto foi determinado a partir do momento em que os valores de força registrados na plataforma atingiram zero, até o primeiro registro de força indicando o contato dos pés com o solo (MEDEIROS et al., 2024). O IFR no SLDJ, foi calculada através da altura do salto (cm) pelo tempo de contato (s) na plataforma (HIROHATA et al., 2022).

## 2.8 Força muscular

Utilizamos um dinamômetro isocinético (Biodex Multi-Joint System Pro, Biodex Medical System, Shirley, Nova York, EUA), considerado padrão-ouro (PAUL; NASSIS, 2015) para avaliação da força muscular de quadríceps e isquiotibiais. O posicionamento foi realizado da seguinte forma: participante sentado na cadeira com a fossa poplíteica posicionada a 2 centímetros do final do assento; o quadril posicionado a 85°, com o eixo do movimento do aparelho alinhado com a linha intercondilar do joelho e o braço de alavanca mantidos a 2 centímetros acima do maléolo lateral. Foram utilizados cintos para estabilização do tronco, abdômen e coxa do membro avaliado. Após o posicionamento, os limites da amplitude de movimento de extensão e flexão máximas, seguidas do teste de posição inicial adequada do joelho a 90° de flexão e pesagem do membro teste foram estabelecidos (Figura 3) (ALMEIDA; ALBANO; MELO, 2019; MENZER et al., 2017).



**Figura 3.** Posicionamento no dinamômetro isocinético.

O protocolo consistiu em 5 repetições concêntricas com intensidade máxima à 60°/s (ALBANO et al., 2020; ALMEIDA; ALBANO; MELO, 2019). Incentivos verbais contínuos foram dados para maximizar o desempenho durante o teste (RENDOS et al., 2019). Foram coletados os seguintes dados expressos no dinamômetro isocinético: valores de pico de torque

(PT) e índice de simetria entre os membros (ISM) (ALBANO et al., 2020). O cálculo do ISM foi realizado através da divisão do resultado do membro lesionado (ML) pelo membro não lesionado (MNL) e multiplicado por 100 ( $[(ML/MNL)*100]$ ) (WELLSANDT; FAILLA; SNYDER-MACKLER, 2017).

## 2.9 Análise estatística

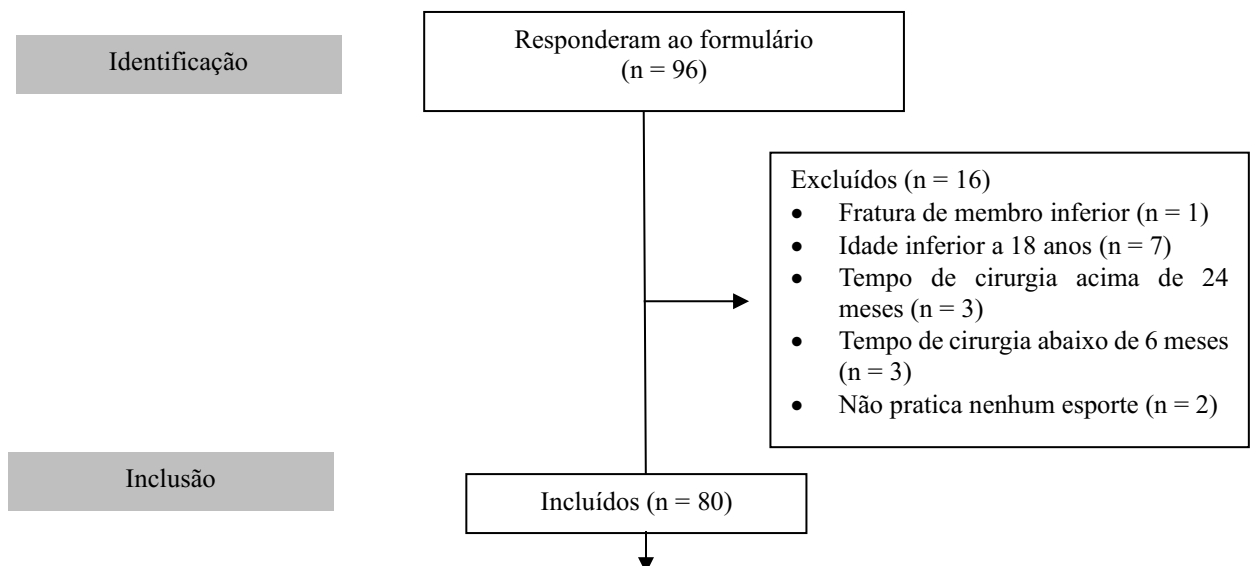
Foi utilizado o software SPSS versão 24.0 para *Windows* (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, IL, EUA) para realizar as análises estatísticas, com nível de significância  $p \leq 0,05$ . A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk.

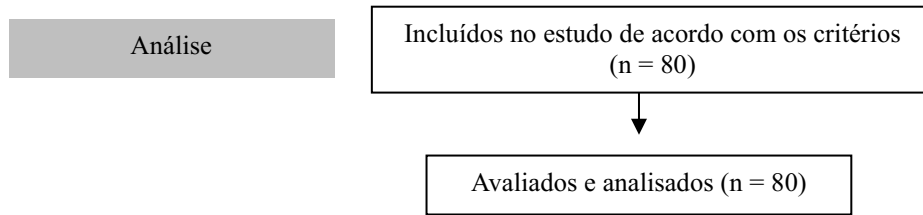
As comparações da altura do salto e índice de força reativa dos saltos verticais, a distância dos saltos horizontais e a força muscular de quadríceps e isquiotibiais do membro lesionado versus membro não lesionado foram analisadas pelo teste t-pareado de *student*.

A correlação entre o salto vertical e o salto horizontal, a força muscular e as medidas de desfechos autorreportadas foram analisadas utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, com a seguinte interpretação:  $> 0.90$ , muito forte;  $0.70-0.89$ , forte;  $0.40-0.69$ , moderada a boa;  $0.10-0.39$ , fraca; e  $< 0.10$ , nenhuma (SCHOBER; BOER; SCHWARTE, 2018).

## 3 RESULTADOS

Foram recrutados 96 participantes com RLCA no presente estudo. Desses, 16 foram excluídos pelos seguintes motivos: idade inferior a 18 anos (7), tempo de pós-operatório abaixo de 6 meses (3), tempo de pós-operatório acima de 24 meses (3), fratura de membro inferior (1) e nenhuma prática esportiva (2) (Figura 4).





**Figura 4.** Fluxograma de recrutamento, exclusões e inclusão dos participantes.

Foram avaliados 80 participantes (15 mulheres e 65 homens) com RLCA, com duração média de pós-operatório de  $12,1 \pm 4,6$ . O esporte mais praticado entre os participantes foi o futebol (62,5%) e o enxerto mais utilizado foi do tendão dos flexores (93,8%). Todas as outras variáveis referentes aos dados demográficos dos participantes são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características dos participantes.

Variáveis	Participantes pós-RLCA n = 80
Idade, anos	$28.9 \pm 7.4$ (18-50) <sup>a</sup>
Gênero, n (%)	
Masculino	65 (81.3)
Feminino	15 (18.8)
Estatura (m)	$1.73 \pm 8$ (1.57-1.94) <sup>a</sup>
Massa corporal (kg)	$78.9 \pm 13.5$ (54-118) <sup>a</sup>
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$26.1 \pm 3.7$ (18.8-38.1) <sup>a</sup>
Tipo de enxerto, n (%)	
Tendão dos flexores	75 (93,8)
Tendão patelar	3 (3.8)
Tendão quadriciptal	2 (2.5)
Tempo de pós-operatório (meses)	$12.1 \pm 4.6$ (6-24) <sup>a</sup>
Esporte mais praticado, n (%)	
Futebol	50 (62.5)
Vôlei	7 (8.8)
Basquete	6 (7.5)
Outras modalidades	17 (21.3)
IKDC	$56.5 \pm 18.1$ (12.5-95.8) <sup>a</sup>
ACL-RSI	$80.8 \pm 11.9$ (49.4-100) <sup>a</sup>

RLCA, reconstrução do ligamento cruzado anterior; n, participantes; <sup>a</sup> Reportado como média  $\pm$  desvio padrão (mínimo-máximo); IMC, índice de massa corporal; IKDC, *International Knee Documentation Committee*; ACL-RSI, *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale*.

O membro lesionado apresentou uma diminuição estatisticamente significativa para altura do salto no SLVJ e SLDJ, e índice de força reativa no SLDJ. Para os saltos horizontais, o membro lesionado também apresentou uma diminuição estatisticamente significativa na distância do SHD e CHD. Para a força muscular, o membro lesionado apresentou déficit estatisticamente significativo na força dos extensores e flexores de joelho avaliado pelo dinamômetro isocinético (Tabela 2).

**Tabela 2.** Características das variáveis coletadas.

Variáveis	Média ± DP	Diferença média (IC 95%)	p
Altura do single leg vertical jump, cm			
Membro lesionado	10.8 ± 4.3	-2.7 (-3.2 à -2.1)	< 0.001
Membro não lesionado	13.5 ± 3.7		
ISM	79.1 ± 18.4		
Altura do single leg drop jump, cm			
Membro lesionado	10.2 ± 4.0	-2.3 (-2.9 à -1.7)	< 0.001
Membro não lesionado	12.5 ± 3.7		
ISM	81.4 ± 20.9		
IFR do single leg drop jump, cm/s			
Membro lesionado	22.1 ± 11.3	-6.5 (-8.5 à -4.6)	< 0.001
Membro não lesionado	28.7 ± 11.6		
ISM	78.7 ± 27.3		
Distância do single hop for distance, cm			
Membro lesionado	98.8 ± 32.1	-14.3 (-18.5 à -10.0)	< 0.001
Membro não lesionado	113.1 ± 26.4		
ISM	87.0 ± 18.7		
Distância do crossover hop for distance, cm			
Membro lesionado	290.0 ± 99.2	-39.1 (-50.2 à -28.0)	< 0.001
Membro não lesionado	329.2 ± 86.1		
ISM	87.4 ± 17.2		
Isocinético para extensão de joelho, Nm			
Membro lesionado	176.0 ± 49.2	-51.3 (-61.5 à -41.1)	< 0.001
Membro não lesionado	227.3 ± 50.4		
ISM	78.6 ± 18.3		
Isocinético para flexão de joelho, Nm			
Membro lesionado	97.5 ± 26.72	-11.8 (-15.4 à -8.2)	< 0.001
Membro não lesionado	109.4 ± 27.2		
ISM	89.7 ± 14.5		

DP, desvio padrão; IC, intervalo de confiança; p, valor de p; IFR, índice de força reativa; ISM, índice de simetria

entre os membros.

O ISM da altura dos saltos verticais foi menor (SLVJ = 79.1%; SLDJ = 81.4%) em relação a distância dos saltos horizontais (SHD = 87%; CHD = 87.4%) (Tabela 3). A diferença média entre o ISM dos saltos verticais e saltos horizontais podem ser encontradas na Tabela 3. Além disso, em relação a força muscular, o ISM para os extensores de joelho foi de 78.6%, enquanto para os flexores de joelho foi de 89.7% (Tabela 2).

**Tabela 3.** Índice de simetria entre os membros dos saltos verticais e horizontais.

Variáveis	Diferença média (IC 95%)	p
ISM da altura do SLVJ x distância do SHD e CHD		
Single leg vertical jump x Single hop for distance	-7.8 (-10.8 à -4.8)	< 0.001
Single leg vertical jump x Crossover hop for distance	-8.2 (-11.6 à -4.9)	< 0.001
ISM da altura do SLDJ x distância do SHD e CHD		
Single leg drop jump x Single hop for distance	-5.5 (-9.2 à -1.8)	< 0.004
Single leg drop jump x Crossover hop for distance	-6.0 (-9.9 à -2.0)	< 0.003

ISM, índice de simetria entre os membros; SLVJ, *single leg vertical jump*; SLDJ, *single leg drop jump*; SHD, *single hop for distance*; CHD, *crossover hop for distance*; DP, desvio padrão; IC, intervalo de confiança; p, valor de p.

Foi encontrada uma forte correlação entre o SLVJ com o SHD ( $r = 0,758$ ,  $p < 0.001$ ) e o CHD ( $r = 0.718$ ,  $p < 0.001$ ). O SLDJ apresentou uma forte correlação com o SHD ( $r = 0.715$ ;  $p < 0.001$ ) e moderada a boa correlação com o CHD ( $r = 0.691$ ;  $p < 0.001$ ). Além disso, apenas a correlação entre os saltos verticais (SLVJ e SLDJ) foi classificada como muito forte ( $r = 0.915$ ,  $p < 0.001$ ). Para a distância entre os dois saltos horizontais, a correlação foi classificada como forte ( $r = 0.873$ ;  $p < 0.001$ ) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Correlação entre os saltos verticais e saltos horizontais.

Variáveis	r	p	Interpretação
Altura do salto (cm) x Distância do salto (cm)			
Single leg vertical jump x Single hop for distance	0.758	< 0.001	forte
Single leg vertical jump x Crossover hop for distance	0.718	< 0.001	forte
Altura do salto (cm) x Altura do salto (cm)			
Single leg vertical jump x Single leg drop jump	0.915	< 0.001	muito forte
Altura do salto (cm) x Distância do salto (cm)			
Single leg drop jump x Single hop for distance	0.715	< 0.001	forte

Single leg drop jump x Crossover hop for distance Distância do salto (cm) x Distância do salto (cm)	0.691	< 0.001	moderada a boa
Single hop for distance x Crossover hop for distance	0.873	< 0.001	forte

r, correlação de Pearson; p, valor de p.

Quando realizada as correlações entre as variáveis dos saltos com a força muscular, a altura do SLVJ e SLDJ, e o índice de força reativa do SLDJ, apresentou correlação fraca com a força muscular dos flexores de joelho. Em relação a força de extensores de joelho, as correlações foram classificadas de moderada a boa para altura do salto no SLVJ ( $r = 0.574$ ;  $p < 0.001$ ), SLDJ ( $r = 0,598$ ;  $p < 0.001$ ) e índice de força reativa do SLDJ ( $r = 0.470$ ;  $p < 0.001$ ) (Tabela 5). Além disso, as correlações da distância dos saltos horizontais com a força muscular dos extensores e flexores de joelho foram classificadas de moderada a boa (Tabela 5).

**Tabela 5.** Correlação entre os saltos verticais e horizontais e a força muscular no isocinético.

Variáveis	r	p	Interpretação
Altura do SLVJ x Força muscular			
Extensão de joelho	0.574	< 0.001	moderada a boa
Flexão de joelho	0.397	< 0.001	fraca
Altura do SLDJ x Força muscular			
Extensão de joelho	0.598	< 0.001	moderada a boa
Flexão de joelho	0.393	< 0.001	fraca
IFR do SLDJ x Força muscular			
Extensão do joelho	0.470	< 0.001	moderada a boa
Flexão do joelho	0.276	0.013	fraca
Distância do SHD x Força muscular			
Extensão de joelho	0.652	< 0.001	moderada a boa
Flexão de joelho	0.533	< 0.001	moderada a boa
Distância do CHD x Força muscular			
Extensão de joelho	0.616	< 0.001	moderada a boa
Flexão de joelho	0.607	< 0.001	moderada a boa

SLVJ, *single leg vertical jump*; SLDJ, *single leg drop jump*; IFR, índice de força reativa; SHD, *single hop for distance*; CHD, *crossover hop for distance*; r, correlação de Pearson; p, valor de p.

A altura do salto no SLVJ e SLDJ apresentou fraca correlação com o IKDC. Com o ACL-RSI, a correlação foi classificada como moderada a boa com o SLVJ ( $r = 0.470$ ;  $p < 0.001$ ) e SLDJ ( $r = 0.413$ ;  $p < 0.001$ ). O índice de força reativa do SLDJ apresentou fraca correlação com ambos os questionários (Tabela 6).

A distância do salto no SHD apresentou moderada a boa correlação positiva com o IKDC ( $r = 0.562$ ;  $p < 0.001$ ) e ACL-RSI ( $r = 0.590$ ;  $p < 0.001$ ). No CHD, a correlação também foi classificada como moderada a boa com o IKDC ( $0.475$ ;  $p < 0.001$ ) e ACL-RSI ( $r = 0.611$ ;  $p < 0.001$ ) (Tabela 6).

**Tabela 6.** Correlação dos saltos e força muscular com os desfechos autorreportados pelos pacientes.

Variáveis	IKDC	ACL-RSI
SLVJ – altura do salto	0.392**	0.470**
SLDJ – altura do salto	0.345**	0.413**
SLDJ – índice de força reativa	0.380**	0.398**
SHD – distância do salto	0.562**	0.590**
CHD – distância do salto	0.475**	0.611**

SLVJ, *single leg vertical jump*; SLDJ, *single leg drop jump*; IKDC, *International Knee Documentation Committee*; ACL-RSI, *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale*; \*\*, estatisticamente significante a nível de  $p < 0,01$ .

#### 4 DISCUSSÃO

Os objetivos do presente estudo foram determinar as relações entre os saltos verticais com os saltos horizontais e de ambos os saltos com as medidas de função do joelho amplamente utilizadas na avaliação de RPE, tais como a força muscular, função autorreportada e prontidão psicológica pós-RLCA, descritos em estudos anteriores (ARDERN et al., 2016; TURK et al., 2023). Foram encontradas correlações positivas fortes do *single leg vertical jump* (SLVJ) com *single hop for distance* (SHD) e *crossover hop for distance* (CHD), além de forte correlação do *single leg drop jump* (SLDJ) com o SHD e moderada a boa correlação com o CHD. A relação entre o desempenho dos saltos com a força muscular extensora do joelho apresentou moderada a boa correlação, enquanto a relação com os flexores de joelho com os saltos verticais apresentou fraca correlação. Para os desfechos relatados pelos pacientes, apenas o ACL-RSI apresentou boa correlação com os saltos verticais.

A literatura prévia sugere que os saltos verticais detectam melhores assimetrias em pacientes pós-RLCA (KOTSIFAKI et al., 2022b; WANG et al., 2024; ZARRO et al., 2021), enquanto a simetria na distância do salto horizontal mascara déficits durante a fase de propulsão da articulação do joelho (KOTSIFAKI et al., 2021, 2022a). Além disso, Wang e colaboradores (WANG et al., 2024), sugerem que medir apenas a distância do salto horizontal pode ser insuficiente no processo de retorno ao esporte. Entendendo que os saltos verticais e horizontais apresentam demandas diferentes, não podemos afirmar qual é o melhor para ser utilizado no

processo de RPE. Além disso, encontramos melhores correlações do salto horizontal com a força muscular de extensão e flexão do joelho, capacidade funcional e prontidão psicológica, além de correlações fortes entre os saltos verticais e horizontais. Nossos resultados desafiam a recomendação de Kotsifaki e colaboradores (KOTSIFAKI et al., 2023), que não recomendam o uso dos saltos horizontais. Além disso, reforçamos que ambos os saltos (vertical e horizontal) podem ser implementados na prática clínica.

É importante destacar que as medidas de avaliação do salto vertical e horizontal apresentam altas correlações entre si com valores variando entre 0.67 a 0.74 (MAULDER; CRONIN, 2005; NEGRETE; BROPHY, 2000; SWEARINGEN et al., 2011). Nossos resultados corroboram com esses achados, em que uma correlação positiva forte foi encontrada entre o SLVJ com o SHD ( $r = 0.758$ ) e o CHD ( $r = 0.718$ ), e o SLDJ com o SHD ( $r = 0.715$ ). A interpretação dos nossos achados foi baseada nas hipóteses da iniciativa *Consensus-based Standards for the selection of health Measurement Instruments* (COSMIN) (PRINSEN et al., 2018) e literatura atual (URHAUSEN et al., 2022), que consideram correlação  $\geq 0.70$  como forte suficiente para alcançar validade de critério entre dois instrumentos.

O índice de força reativa (IFR) durante o SLDJ foi significativamente menor no membro envolvido do que no membro não envolvido (diferença média = -6.5; IC 95%, -8.5 à -4.6) em pacientes pós-RLCA, corroborando com estudos anteriores (HIROHATA et al., 2022; KING et al., 2018; MAESTRONI et al., 2024). Foram evidenciados déficits residuais durante o SLDJ (DUTAILLIS et al., 2024), com assimetrias de 20% a 30% para o IFR (KING et al., 2018; KOTSIFAKI et al., 2022b; READ et al., 2023). Em nossos achados, encontramos também uma assimetria considerável (21,3%). A justificativa em relação a esses déficits residuais pode ser devido ao IFR ser uma das últimas variáveis de desempenho a se recuperar após a RLCA, quando comparado a outros parâmetros, como força muscular, altura do salto, distância do salto e capacidade de mudança de direção (KOTSIFAKI et al., 2022b). Em decorrência desses achados, o IFR talvez possa ser um melhor marcador de progressão durante a reabilitação, uma vez que detecta melhor as assimetrias entre os membros.

Uma revisão sistemática com meta-análise (WANG et al., 2024) identificou que indivíduos pós-RLCA apresentavam valores mais baixos no ISM no SLVJ comparado ao SHD no período de 12 a 18 meses. Entretanto, quando comparados entre 6 e 12 meses, 12 a 24 meses e após 24 meses, não foi encontrado diferença no ISM entre os saltos verticais e horizontais. O ISM para o SHD e CHD encontrados em nosso estudo foi de 87% e 87,4%, respectivamente, sendo superiores ao ISM encontrado no SLVJ (79,1%) e SLDJ (81,4%). Uma vez que nossa amostra foi composta por pacientes com média de pós-operatório de  $12 \pm 4,6$  meses, encontrar

diferenças entre os ISM dos saltos verticais e horizontais parece ser comum. Entretanto, é importante salientar que usar o ISM pode subestimar déficits de desempenho e, portanto, deve ser analisado com cautela quando usado como um critério para retorno ao esporte após RLCA (GOKELER et al., 2017).

Diretrizes clínicas recomendam uma força de quadríceps que apresente um nível de simetria maior que 90%, uma vez que maiores níveis de assimetria foram associados a um maior risco de segunda lesão (GRINDEM et al., 2016). Encontramos uma assimetria considerável na força de quadríceps (21,4%) que são semelhantes aos encontrados em pesquisas anteriores (CURRAN et al., 2020; KOBAYASHI et al., 2004). É possível encontrar boas correlações dos saltos verticais (BIRCHMEIER et al., 2019; EBERT et al., 2021; FISCHER et al., 2017; KUWIK et al., 2024; LAUDNER et al., 2015) e saltos horizontais (CINAR-MEDENI et al., 2015; EBERT et al., 2021; NAGAI et al., 2020; PUA et al., 2015; SUEYOSHI et al., 2017) com a força de extensão do joelho. Esses achados corroboram com nossos resultados, onde encontramos moderada a boa correlação do SLVJ ( $r = 0.574$ ), SLDJ ( $r = 0.598$ ), SHD ( $r = 0.652$ ) e CHD ( $r = 0.616$ ) com a força de extensão. Além disso, nossas descobertas estão de acordo com as hipóteses proposta pela iniciativa COSMIN (PRINSEN et al., 2018) e literatura atual (BERG et al., 2022; URHAUSEN et al., 2022), com correlações  $\geq 0.50$ .

A função do joelho após RLCA também pode ser avaliada através das medidas de desfechos autorreportados pelos pacientes (WEBSTER et al., 2018). Função subjetiva normalizada do joelho e prontidão psicológica adequada avaliada pelo IKDC e ACL-SRI, respectivamente, são alguns dos critérios necessários para retorno ao esporte, estando associadas a uma maior taxa de retorno após RLCA (ARDERN et al., 2013; KOTSIFAKI et al., 2023). Quando associada essas medidas de desfechos relatadas pelos pacientes com o desempenho nos testes de salto, correlações entre 0.30 a 0.50 são consideradas adequadas (BERG et al., 2022; PRINSEN et al., 2018). Duas revisões sistemáticas (BERG et al., 2022; LOSCIALE et al., 2020) encontraram fraca a moderada correlação entre o IKDC e os saltos horizontais. Esses achados confrontam nossos resultados, onde encontramos moderada a boa correlação entre o IKDC e o SHD ( $r = 0.562$ ) e CHD ( $r = 0.475$ ). Correlações mais altas foram encontradas para o salto vertical (SLVJ) com o IKDC ( $r = 0.50$ ) e ACL-RSI ( $r = 0.40$ ) (BERG et al., 2022). Em nosso estudo, a correlação do ACL-RSI com o SLVJ ( $r = 0.470$ ) e SLDJ ( $r = 0.413$ ) apresentou resultados semelhantes a estudos anteriores (BERG et al., 2022; EBERT et al., 2021; LEE et al., 2018).

O estudo atual foi conduzido em um ambiente de laboratório, com uma amostra composta principalmente por homens, com enxerto dos flexores e praticantes de futebol, o que

pode limitar a extrapolação dos resultados para outras populações submetidas a RLCA. Além disso, nós não controlamos o processo de reabilitação, o que pode repercutir diretamente em variações no desempenho dos saltos dentro da amostra. Outra limitação é que não acompanhamos os pacientes após as avaliações, logo, não conseguimos prever sobre o risco de uma nova lesão. Estudos prospectivos são necessários para auxiliar os clínicos a tomar decisões sobre quando retornar os pacientes ao seu esporte após a cirurgia de RLCA.

## **5 CONCLUSÃO**

Os resultados deste estudo indicam que o desempenho nos saltos verticais avaliado através de uma plataforma de força tem uma relação positiva e forte com a distância nos saltos horizontais. As correlações do salto horizontal com a força de extensão e flexão de joelho foram maiores em relação ao salto vertical. Além disso, para os desfechos relatados pelos pacientes, os saltos horizontais apresentaram melhores correlações (moderada a boa) com o IKDC e ACL-RSI, enquanto os saltos verticais apresentaram moderada a boa correlação apenas com o ACL-RSI. As descobertas deste estudo podem ser úteis para os clínicos ao longo de um protocolo de reabilitação para pacientes pós-RLCA.

## REFERÊNCIAS

- AGEBERG, E.; CRONSTRÖM, A. Agreement between test procedures for the single-leg hop for distance and the single-leg mini squat as measures of lower extremity function. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 10, p. 1-7, 2018.
- ALBANO, T. R. et al. Clinical decision algorithm associated with return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Athletic Training**, v. 55, n. 7, p. 691-698, 2020.
- ALMEIDA, G. P. L.; ALBANO, T. R.; MELO, A. K. P. Hand-held dynamometer identifies asymmetries in torque of the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, p. 2494-2501, 2019.
- ARAGÓN, L. F. Evaluation of four vertical jump tests: Methodology, reliability, validity, and accuracy. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, v. 4, n. 4, p. 215-228, 2000.
- ARDERN, C. L. et al. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 14, p. 853-864, 2016.
- ARDERN, C. L. et al. A systematic review of the psychological factors associated with returning to sport following injury. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 17, p. 1120-1126, 2013.
- BERG, B. et al. What tests should be used to assess functional performance in youth and young adults following anterior cruciate ligament or meniscal injury? A systematic review of measurement properties for the OPTIKNEE consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 24, p. 1454-1464, 2022.
- BIRCHMEIER, T. et al. Reactive strength index and knee extension strength characteristics are predictive of single-leg hop performance after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 5, p. 1201-1207, 2019.
- BOGATAJ, Š. et al. Validity, reliability, and usefulness of My Jump 2 App for measuring vertical jump in primary school children. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, p. 3708, 2020.
- BRINLEE, A. W. et al. ACL reconstruction rehabilitation: clinical data, biologic healing, and criterion-based milestones to inform a return-to-sport guideline. **Sports Health**, v. 14, n. 5, p. 770-779, 2022.
- CINAR-MEDENI, O. et al. Core stability, knee muscle strength, and anterior translation are correlated with postural stability in anterior cruciate ligament-reconstructed patients. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 94, n. 4, p. 280-287, 2015.
- COSTLEY, J. A. et al. Vertical jump impulse deficits persist from six to nine months after ACL reconstruction. **Sports Biomechanics**, v. 22, n. 1, p. 123-141, 2023.

CRISTIANI, R. et al. Only one patient out of five achieves symmetrical knee function 6 months after primary anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, p. 3461-3470, 2019.

CURRAN, M. T. et al. A cross-sectional examination of quadriceps strength, biomechanical function, and functional performance from 9 to 24 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 10, p. 2438-2446, 2020.

DAVIES, W. T.; MYER, G. D.; READ, P. J. Is it time we better understood the tests we are using for return to sport decision making following ACL reconstruction? A critical review of the hop tests. **Sports Medicine**, v. 50, p. 485-495, 2020.

DRIGNY, J. et al. Knee strength symmetry at 4 months is associated with criteria and rates of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 65, n. 4, p. 101646, 2022.

DUTAILLIS, B. et al. Vertical jump testing following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 26, p. S124, 2024.

EBERT, J. R. et al. Knee extensor strength, hop performance, patient-reported outcome and inter-test correlation in patients 9–12 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 30, p. 176-184, 2021.

EYTHORSOTTIR, I. et al. The Battle of the Equations: A Systematic Review of Jump Height Calculations Using Force Platforms. **Sports Medicine**, p. 1-21, 2024.

FISCHER, F. et al. Isokinetic extension strength is associated with single-leg vertical jump height. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 11, p. 2325967117736766, 2017.

GIRDWOOD, M. A. et al. Hop to it! A systematic review and longitudinal meta-analysis of hop performance after ACL reconstruction. **Sports Medicine**, p. 1-13, 2024.

GOKELER, A.; DINGENEN, B.; HEWETT, T. E. Rehabilitation and return to sport testing after anterior cruciate ligament reconstruction: where are we in 2022?. **Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation**, v. 4, n. 1, p. e77-e82, 2022.

GOKELER, A. et al. A critical analysis of limb symmetry indices of hop tests in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a case control study. **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 103, n. 6, p. 947-951, 2017.

GRAHAM, M. C. et al. Relationship between quadriceps strength and knee joint power during jumping after ACLR. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 3, p. 23259671231150938, 2023.

GRINDEM, H. et al. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 13, p. 804-808, 2016.

- HEFTI, F. et al. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. HEFTI, F. et al. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 1, n. 3-4, p. 226-234, 1993., v. 1, n. 3-4, p. 226-234, 1993.
- HIROHATA, K. et al. Reactive strength index during single-limb vertical continuous jumps after anterior cruciate ligament reconstruction: cross-sectional study. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 150, 2022.
- HURLEY, E. T. et al. Return to play testing following anterior cruciate reconstruction – A systematic review & meta-analysis. **The Knee**, v. 34, p. 134-140, 2022.
- KAPLAN, Y.; WITVROUW, E. When is it safe to return to sport after ACL reconstruction? Reviewing the criteria. **Sports Health**, v. 11, n. 4, p. 301-305, 2019.
- KING, E. et al. Whole-body biomechanical differences between limbs exist 9 months after ACL reconstruction across jump/landing tasks. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 28, n. 12, p. 2567-2578, 2018.
- KOBAYASHI, A. et al. Muscle performance after anterior cruciate ligament reconstruction. **International Orthopaedics**, v. 28, p. 48-51, 2004.
- KOTSIFAKI, A. et al. Single leg hop for distance symmetry masks lower limb biomechanics: time to discuss hop distance as decision criterion for return to sport after ACL reconstruction?. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 5, p. 249-256, 2022a.
- KOTSIFAKI, A. et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 9, p. 490-498, 2022b.
- KOTSIFAKI, A. et al. Vertical and horizontal hop performance: contributions of the hip, knee, and ankle. **Sports Health**, v. 13, n. 2, p. 128-135, 2021.
- KOTSIFAKI, R. et al. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. **British Journal of Sports Medicine**, v. 57, n. 9, p. 500-514, 2023.
- KUWIK, P. et al. Assessing the relationship of psychological sport readiness, single-leg vertical jump, and non-sagittal single-leg hops to quadriceps strength after anterior cruciate ligament reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 19, n. 8, p. 942, 2024.
- LAUDNER, K. et al. Relationship between isokinetic knee strength and jump characteristics following anterior cruciate ligament reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 10, n. 3, p. 272, 2015.
- LEE, D. W. et al. Single-leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 25, n. 6, p. 1016-1026, 2018.

- LOGGERSTEDT, D. et al. Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 10, p. 2348-2356, 2012.
- LONGO, U. G. et al. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction surgery in Italy: A 15-year nationwide registry study. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 2, p. 223, 2021.
- LOSCIALE, J. M. et al. Hop testing lacks strong association with key outcome variables after primary anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 511-522, 2020.
- MAESTRONI, L. et al. Single leg drop jump is affected by physical capacities in male soccer players following ACL reconstruction. **Science and Medicine in Football**, v. 8, n. 3, p. 201-211, 2024.
- MAULDER, P.; CRONIN, J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. **Physical Therapy in Sport**, v. 6, n. 2, p. 74-82, 2005.
- MEDEIROS, A. I. A. et al. Validity and reliability of My Jump 2® app to measure the vertical jump on elite women beach volleyball players. **PeerJ**, v. 12, p. e17387, 2024.
- MENZER, H. et al. The utility of objective strength and functional performance to predict subjective outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 12, p. 2325967117744758, 2017.
- MEREDITH, S. J. et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. **Journal of ISAKOS**, v. 6, n. 3, p. 138-146, 2021.
- METSAVAHT, L. et al. Translation and cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form: validity and reproducibility. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1894-1899, 2010.
- MUSAHL, V. et al. Current trends in the anterior cruciate ligament part II: evaluation, surgical technique, prevention, and rehabilitation. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 30, n. 1, p. 34-51, 2022.
- MUSAHL, V.; KARLSSON, J. Anterior cruciate ligament tear. **New England Journal of Medicine**, v. 380, n. 24, p. 2341-2348, 2019.
- NAGAI, T. et al. Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 28, p. 816-822, 2020.
- NEGRETE, R.; BROPHY, J. The relationship between isokinetic open and closed chain lower extremity strength and functional performance. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 9, n. 1, p. 46-61, 2000.

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

PAUL, D. J.; NASSIS, G. P. Testing strength and power in soccer players: the application of conventional and traditional methods of assessment. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 6, p. 1748-1758, 2015.

PÉREZ-CASTILLA, A.; GARCÍA-RAMOS, A. Evaluation of the most reliable procedure of determining jump height during the loaded countermovement jump exercise: Take-off velocity vs. flight time. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 2025-2030, 2018.

PRINSEN, C. A. C. et al. COSMIN guideline for systematic reviews of patient-reported outcome measures. **Quality of Life Research**, v. 27, p. 1147-1157, 2018.

PUA, Y. H. et al. Associations of isokinetic knee steadiness with hop performance in patients with ACL deficiency. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 23, p. 2185-2195, 2015.

READ, P. J. et al. Residual deficits in reactive strength after anterior cruciate ligament reconstruction in soccer players. **Journal of Athletic Training**, v. 58, n. 5, p. 423-429, 2023.

REID, A. et al. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. **Physical Therapy**, v. 87, n. 3, p. 337-349, 2007.

REIJMAN, M. et al. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. **BMJ**, v. 372, 2021.

RENDOS, N. K. et al. Variations in verbal encouragement modify isokinetic performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 3, p. 708-716, 2019.

SANDERS, T. L. et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 1502-1507, 2016.

SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018.

SILVA, L. O. et al. Translation, cross-adaptation and measurement properties of the Brazilian version of the ACL-RSI Scale and ACL-QoL Questionnaire in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, n. 2, p. 127-134, 2018.

SIMONSSON, R. et al. Rehabilitation and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Clinics in Sports Medicine**, v. 43, n. 3, p. 513-533, 2024.

STANTON, R.; WINTOUR, S. A.; KEAN, C. O. Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 5, p. 518-523, 2017.

STRAUB, R. K. et al. Confidence to return to play after acl reconstruction: an evaluation of quadriceps strength symmetry and injury mechanism in male athletes. **Sports Health**, v. 14, n. 5, p. 758-763, 2022.

SUEYOSHI, T. et al. Single-leg hop test performance and isokinetic knee strength after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 11, p. 2325967117739811, 2017.

SWEARINGEN, J. et al. Correlation of single leg vertical jump, single leg hop for distance, and single leg hop for time. **Physical Therapy in Sport**, v. 12, n. 4, p. 194-198, 2011.

TAYLOR, J. B. et al. The single-leg vertical hop provides unique asymmetry information in individuals after anterior cruciate ligament reconstruction. **Clinical Biomechanics**, v. 80, p. 105107, 2020.

TURK, R. et al. Return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction requires evaluation of > 2 functional tests, psychological readiness, quadriceps/hamstring strength, and time after surgery of 8 months. Arthroscopy: **The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 39, n. 3, p. 790-801. e6, 2023.

URHAUSEN, A. P. et al. Measurement properties for muscle strength tests following anterior cruciate ligament and/or meniscus injury: what tests to use and where do we need to go? A systematic review with meta-analyses for the OPTIKNEE consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 24, p. 1422-1431, 2022.

VAN MELICK, N. et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 24, p. 1506-1515, 2016.

VON ELM, E. et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. **International Journal of Surgery**, v. 12, n. 12, p. 1495-1499, 2014.

WANG, L. et al. Limb symmetry index of single-leg vertical jump vs. Single-leg hop for distance after ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. **Sports Health**, v. 16, n. 5, p. 851-861, 2024.

WEBSTER, K. E. et al. Factors associated with psychological readiness to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 46, n. 7, p. 1545-1550, 2018.

WEBSTER, K. E.; FELLER, J. A.; LAMBROS, C. Development and preliminary validation of a scale to measure the psychological impact of returning to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. **Physical Therapy in Sport**, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2008.

WELLSANDT, E.; FAILLA, M. J.; SNYDER-MACKLER, L. Limb symmetry indexes can overestimate knee function after anterior cruciate ligament injury. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 47, n. 5, p. 334-338, 2017.

WEST, T. J. et al. Unilateral tests of lower-limb function as prognostic indicators of future knee-related outcomes following anterior cruciate ligament injury: a systematic review and meta-analysis of 13 150 adolescents and adults. **British Journal of Sports Medicine**, v. 57, n. 13, p. 855-863, 2023.

ZARRO, M. J. et al. Single-leg vertical hop test detects greater limb asymmetries than horizontal hop tests after anterior cruciate ligament reconstruction in NCAA division 1 collegiate athletes. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 16, n. 6, p. 1405, 2021.

## PRODUTO 2

### VALIDADE E CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE DO APLICATIVO MY JUMP LAB NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL EM ÍNDIVIDUOS QUE PASSARAM POR RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

#### RESUMO

**OBJETIVO:** Verificar a confiabilidade teste-reteste e a validade de critério do aplicativo *My Jump Lab* com a plataforma de força (padrão-ouro) e validade de constructo com os desfechos relatados pelos pacientes no desempenho do salto vertical em indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA).

**DESENHO:** Estudo de transversal de confiabilidade e validade.

**LOCAL:** Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará (UFC).

**PARTICIPANTES:** Indivíduos de ambos os sexos que passaram por RLCA independentemente do tipo de enxerto e que estivessem entre 6 e 24 meses de pós-operatório.

**DESFECHOS:** Avaliação do desempenho no salto através da plataforma de força e o aplicativo *My Jump Lab* utilizando o *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ); capacidade funcional do joelho avaliada pelo *International Knee Documentation Committee* (IKDC); prontidão psicológica avaliada pelo *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale* (ACL-RSI).

**RESULTADOS:** Foram incluídos 18 joelhos sem histórico de lesão para verificar a confiabilidade teste-reteste e 80 participantes pós-RLCA, com  $12,1 \pm 4,6$  meses de pós-operatório para verificar a validade. O *My Jump Lab* apresentou excelente confiabilidade para altura do SLVJ e SLDJ e índice de força reativa (IFR) no SLDJ. A avaliação da altura do SLVJ e SLDJ, IFR do SLDJ e o índice de simetria entre os membros (ISM) avaliada pelo *My Jump Lab* apresentou correlação muito forte com a plataforma de força ( $r = 0.972 - 0.982$ ). A altura do SLVJ e SLDJ apresentou moderada a boa validade de constructo com o ACL-RSI no aplicativo e plataforma de força. O ISM da altura do salto no SLVJ avaliada pelo *My Jump Lab* apresentou moderada a boa correlação com o IKDC e o ACL-RSI, assim como na plataforma de força. Enquanto no SLDJ, o ISM apresentou fraca correlação com ambos os questionários.

**CONCLUSÃO:** O aplicativo *My Jump Lab* é uma opção válida e confiável para avaliar o desempenho do salto vertical em pacientes que passaram por cirurgia de RLCA e pode substituir a plataforma de força no ambiente clínico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior; Desempenho Funcional; Smartphone.

## 1 INTRODUÇÃO

As rupturas do ligamento cruzado anterior (LCA) são lesões sérias e representam um fardo significativo para a saúde tanto para a população geral quanto em atletas de elite, com uma taxa de incidência de 68,6 por 100.000 pessoas-ano (DELLA VILLA et al., 2021; GRINDEM et al., 2016; MONTALVO et al., 2019). A reconstrução do LCA (RLCA) é considerada por muitos o padrão-ouro (SANDERS et al., 2016; SHEA et al., 2015) e tem sido amplamente recomendada para pessoas com instabilidade e que desejam retornar à participação esportiva (RPE) (DRIGNY et al., 2022; MEREDITH et al., 2021; REIJMAN et al., 2021).

O desempenho nos testes de saltos verticais, como altura do salto e índice de força reativa, e as medidas de simetria dos membros são métricas importantes para os clínicos monitorarem durante a reabilitação após a RLCA e tem sido comumente empregados no processo de RPE (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015; EBERT et al., 2021; WHITELEY et al., 2023). Além disso, o desempenho no salto vertical tem apresentado correlações de moderada a forte para medidas de desfechos relatadas pelos pacientes (LEE et al., 2018).

Vários dispositivos estão disponíveis para medir as características do salto vertical como por exemplo, as plataformas de força (padrão-ouro) (BOGATAJ et al., 2020a; WHITMER et al., 2015) e gravações de vídeos através de aplicativos de celulares (CARLOS-VIVAS et al., 2018; HAYNES et al., 2019; STANTON; WINTOUR; KEAN, 2017; WHITELEY et al., 2023). Embora as plataformas de força sejam consideradas o padrão ouro para esse tipo de medição, o acesso limitado, o custo, a portabilidade e as restrições de tempo as tornam inadequadas para avaliação em campo (BOGATAJ et al., 2020a; CASTAGNA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2024).

Nesse contexto, os aplicativos para dispositivos móveis, como por exemplo o aplicativo *My Jump Lab* (GENÇOĞLU et al., 2023; SHARP; CRONIN; NEVILLE, 2019) têm surgidos como ferramentas alternativas potenciais a equipamentos de laboratório caros (SILVA et al., 2021). A principal vantagem é que esses dispositivos são facilmente portáteis e apresentam alta consistência e validade quase perfeita (GENÇOĞLU et al., 2023) em diferentes populações tais como jovens e adultos ativos recreativamente (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015; CARLOS-VIVAS et al., 2018; HAYNES et al., 2019), idosos (CRUVINEL-CABRAL et al., 2018), crianças (BOGATAJ et al., 2020a) e atletas de elite de vôlei de praia (MEDEIROS et al., 2024). Entretanto, apenas um estudo (WHITELEY et al., 2023) avaliou a validade do *My Jump Lab* na população de RLCA, mas sua amostra foi de apenas 51 participantes e eles não realizaram a validade de constructo com os desfechos

relatados pelos pacientes.

Portanto, esse estudo teve como objetivo verificar a confiabilidade teste-reteste e a validade de critério do aplicativo *My Jump Lab* com a plataforma de força (padrão-ouro) e validade de constructo com os desfechos relatados pelos pacientes no desempenho do salto vertical em indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior.

## **2 MÉTODOS**

### **2.1 Delineamento do estudo**

Foi conduzido um estudo transversal de confiabilidade teste-reteste e validade prospectivamente. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Análise do Movimento Humano (LAMH) do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará (UFC) entre junho de 2024 à novembro de 2024. Os resultados foram reportados seguindo o *Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS)* (KOTTNER et al., 2011).

O estudo seguiu as diretrizes estabelecidas na Declaração de Helsinque e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institucional da instituição do primeiro autor (Universidade Federal do Ceará) com o seguinte número: 6.846.530.

### **2.2 População e amostra**

Foram recrutados indivíduos de ambos os sexos sem histórico de lesão no joelho, entre 19 a 23 anos para verificar a confiabilidade do procedimento de avaliação com o aplicativo *My Jump Lab*.

Para validação, foram recrutados indivíduos de ambos os sexos que passaram por RLCA independentemente do tipo de enxerto e que estivessem aptos para realizar os testes de retorno ao esporte. Estudos anteriores identificaram que diferentes tipos de enxertos não afetam o desempenho nos testes de salto e força muscular (SUEYOSHI et al., 2017). Foram incluídos indivíduos com pelo menos 18 anos de idade e que praticassem qualquer esporte que envolvesse desaceleração, salto ou giro, como basquete, vôlei, futebol, handebol, que estivessem entre 6 e 24 meses de pós-operatório. Selecionamos pacientes a partir do sexto mês pois é o primeiro ponto de tempo sugerido para RPE e a partir desse período, atletas apresentam mecânica alterada no salto (COSTLEY et al., 2023; GRAHAM et al., 2023) e na força muscular (CRISTIANI et al., 2019). Além disso, a avaliação de pacientes até o vigésimo quarto mês foi determinado com base na literatura anterior através da avaliação da força muscular do quadríceps e função, que ainda podem apresentar assimetrias em 2 anos de pós-operatório (CURRAN et al., 2020). Indivíduos com lesões concomitantes como lesões meniscais,

degeneração da cartilagem e outras lesões ligamentares já tratadas foram aceitos desde que essas condições não interferissem no desempenho no teste ou no esporte. Foram excluídos do estudo, os participantes que apresentassem as seguintes condições: dor no joelho no momento da avaliação (dor > 2/10 que impedisse ou prejudicasse o desempenho no teste); lesões graves associadas, como fraturas de membro inferior; cirurgia na coluna; entorse de tornozelo aguda (ALBANO et al., 2020; LEE et al., 2018).

### 2.3 Coleta de dados

Os participantes foram solicitados a preencher uma ficha de avaliação com características clínicas, antropométricas e socioeconômica. Os questionários *International Knee Documentation Committee* (IKDC) e o *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport After Injury Scale* (ACL-RSI) foram aplicados no processo de validação nos participantes com RLCA.

Antes da avaliação do desempenho no salto vertical, os participantes realizaram um aquecimento de cinco minutos em uma bicicleta ergométrica. Em seguida, o desempenho no *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ), respectivamente, foi avaliada pelo aplicativo *My Jump Lab* (teste índice) e plataforma de força (padrão-ouro) (Bertec-Model FP4060-08-1000, COLUMBUS, OH, EUA, frequência de amostragem de 500 Hz), simultaneamente. Um pesquisador não envolvido no estudo realizou a randomização dos membros lesionados e não lesionados, através do *Software Random Allocation 2.0*.

Foram realizadas oito capacitações (duas reuniões teóricas e seis práticas), para toda a equipe envolvida na coleta da pesquisa. O pesquisador principal realizou treinamentos para manuseio da plataforma de força e aplicativo *My Jump Lab*. Dois pesquisadores cegos entre si analisaram os dados na plataforma de força e aplicativo *My Jump Lab*.

### 2.4 Medidas de desfechos autorreportadas

O IKDC é um questionário que avalia a função, sintomas e nível de atividade física e esportiva, possui 10 itens, a pontuação total varia de 0 (pior pontuação) a 100 (melhor pontuação) (HEFTI et al., 1993).

O ACL-RSI é um questionário utilizado para avaliar a prontidão psicológica, possui 12 itens subdivididos em três domínios: emoções, desempenho e avaliação de risco, cada item é avaliado de 0 a 10. A pontuação total do questionário varia de 0 a 100. O valor 0 indica a pior e 100 a melhor pontuação (WEBSTER; FELLER; LAMBROS, 2008).

Todos os questionários foram traduzidos, adaptados culturalmente e validados para o português brasileiro (METSVAHT et al., 2010; SILVA et al., 2018).

## 2.5 Salto vertical

Foram realizados dois saltos verticais: *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ) (Figura 1). Os participantes foram instruídos a realizarem três saltos para familiarização com os testes e descanso de dois minutos entre os saltos. Para a execução do SLVJ, os participantes foram instruídos a começarem a partir de uma posição ereta e ficar em uma perna antes de se moverem, com as mãos nos quadris, para limitar possíveis variações na postura durante o salto que pudessem afetar a avaliação final (ARAGÓN, 2000; KOTSIFAKI et al., 2022b). Em seguida, foram solicitados a pularem verticalmente com esforço máximo e aterrissarem na mesma perna. Para a execução do SLDJ, os participantes foram instruídos a começarem de um degrau de altura de 15 centímetros, posicionado a 10 centímetros da borda da plataforma de força, sob a perna testada, com as mãos nos quadris. Em seguida, foram solicitados a caírem do degrau e, ao atingir o solo, pularem imediatamente o mais alto possível, gastando o mínimo de tempo possível no solo (KOTSIFAKI et al., 2022b). Duas tentativas foram realizadas com um descanso passivo de dois minutos (STANTON; WINTOUR; KEAN, 2017). O salto mais alto foi considerado para análise (BOGATAJ et al., 2020). Dados da altura do salto do SLVJ e SLDJ, e o índice de força reativa (IFR) do SLDJ foram extraídos para análise. O ISM para altura do salto e IFR foi calculado através da relação do desempenho do membro lesionado (ML) pelo membro não lesionado (MNL) e multiplicado por 100 (KYRITSIS et al., 2016).



**Figura 1.** *Single leg vertical jump* (A) e *single leg drop jump* (B).

## 2.6 Padrão de referência: plataforma de força

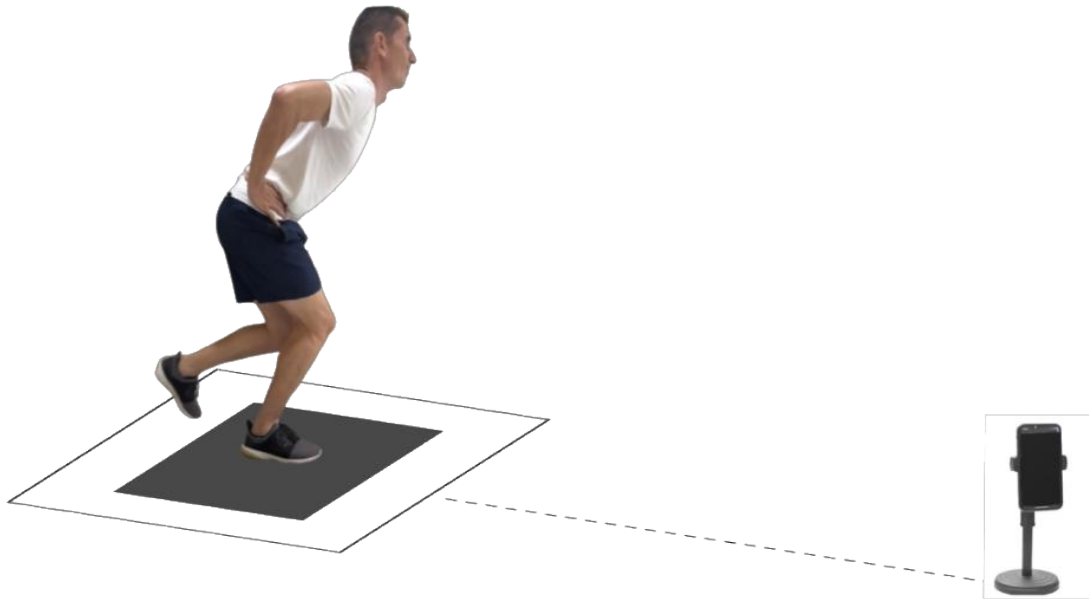
Utilizamos uma plataforma de força (Bertec®-Model FP4060-08-1000) que foi conectada a um computador equipado com o software *Data Acquisition System Laboratory – DasyLab®* versão 11 (National Instruments, Dublin, Irlanda) e filtrados usando um filtro passa-baixa Butterworth de quarta ordem de 10 Hz (Y) implementado no software com um código customizado (DATALOG GmbH, Moenchengladbach, Germany), para análise da altura do salto e índice de força reativa.

A altura do salto do SLVJ e do SLDJ foi calculada através do tempo de voo, por meio da seguinte fórmula: altura do salto =  $g * \text{tempo de voo}^2 / 8$  (EYTHORS DOT TIR et al., 2024). O cálculo da altura do salto através do tempo de voo é um método confiável (PÉREZ-CASTILLA; GARCÍA-RAMOS, 2018). O tempo de voo foi caracterizado como o intervalo correspondente à fase aérea do salto. O início do salto foi determinado a partir do momento em que os valores de força registrados na plataforma atingiram zero, até o primeiro registro de força indicando o contato dos pés com o solo (MEDEIROS et al., 2024). Além disso, os indivíduos foram instruídos a pularem e manterem as pernas esticadas até a aterrissagem para garantir que os cálculos do tempo de voo não fossem manipulados ao dobrar os joelhos para cima. O IFR no SLDJ, foi calculado através da altura do salto (cm) pelo tempo de contato (s) na plataforma (HIROHATA et al., 2022).

## 2.7 Teste índice: aplicativo *My Jump Lab*

Os dados cinemáticos dos participantes durante os saltos foram registrados a partir do aplicativo *My Jump Lab*, através de um smartphone (iPhone 11) a uma taxa de amostragem de 240 Hz e resolução de  $1.920 \times 1.080$  pixels. O smartphone foi posicionado a mais ou menos 1,5 metros de distância da plataforma de força, com suas lentes próxima ao solo, em um tripé com altura de 18 centímetros, para verificar a distância do solo aos pés dos participantes, no plano frontal do indivíduo (Figura 2).

Para calcular a altura do salto, o aplicativo utiliza uma equação simples  $1/8 gt^2$ , onde (t) é o tempo de voo. O tempo de voo foi determinado pelo intervalo entre a decolagem e o pouso que é definido pelo usuário ao assistir aos dados gravados (MEDEIROS et al., 2024). O IFR no SLDJ, foi calculado através da altura do salto (cm) pelo tempo de contato (s) (HIROHATA et al., 2022). O tempo de contato foi determinado pelo intervalo entre o pouso descendo do caixote e a decolagem, que é definido pelo usuário ao assistir aos dados gravados. O cálculo do ISM foi realizado da seguinte equação:  $([ML/MNL]*100)$  (KYRITSIS et al., 2016).



**Figura 2.** Distância entre o smartphone e a plataforma de força.

## 2.8 Confiabilidade

A confiabilidade teste-reteste do aplicativo *My Jump Lab* para os desfechos altura do salto e índice de força reativa foi avaliada por um pesquisador (DBBC), com intervalo de 2-3 dias entre as medidas.

## 2.9 Validade

A validade de critério foi avaliada por dois pesquisadores independentes e cegos entre si (DBBC e GAMS). Um avaliador (GAMS) foi responsável pela avaliação no aplicativo *My Jump Lab* e outro avaliador (DBBC) pela avaliação na plataforma de força. A validade do critério foi analisada com a correlação entre os resultados da altura do salto, IFR e ISM no *My Jump Lab* com a plataforma de força. A validade do constructo foi analisada pela correlação entre os resultados da altura do salto e do ISM no aplicativo e plataforma de força com a pontuação dos questionários IKDC e ACL-RSI.

## 2.10 Análise Estatística

Foi utilizado o software SPSS versão 24.0 para *Windows* (Statistical Package for the Social Sciences Inc., Chicago, IL, EUA) para realizar as análises estatísticas. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk.

A confiabilidade do aplicativo *My Jump Lab* para avaliação da altura do salto do SLVJ e SLDJ e índice de força reativa do SLDJ, foram analisadas pelo coeficiente de correlação intraclasse ( $CCI_{2,1}$ ) por meio da concordância absoluta, interpretado como: valores  $< 0,69$

indica confiabilidade fraca, entre 0,70–0,79 indica confiabilidade razoável, entre 0,80–0,89 indica boa confiabilidade e 0,90–1,0 indica excelente confiabilidade (ALMEIDA et al., 2017).

A concordância foi avaliada pelo erro padrão de medição (EPM) e pela mínima mudança detectável (MMD). O EPM foi calculado pela multiplicação do desvio padrão (DP) da média da altura pela raiz quadrada de 1 menos o CCI ( $DP \text{ diferenças} \times \sqrt{1 - CCI}$ ). A MMD foi calculada usando a equação  $MMD = 1,96 \times \sqrt{2} \times EPM$  (ALMEIDA; ALBANO; MELO, 2019).

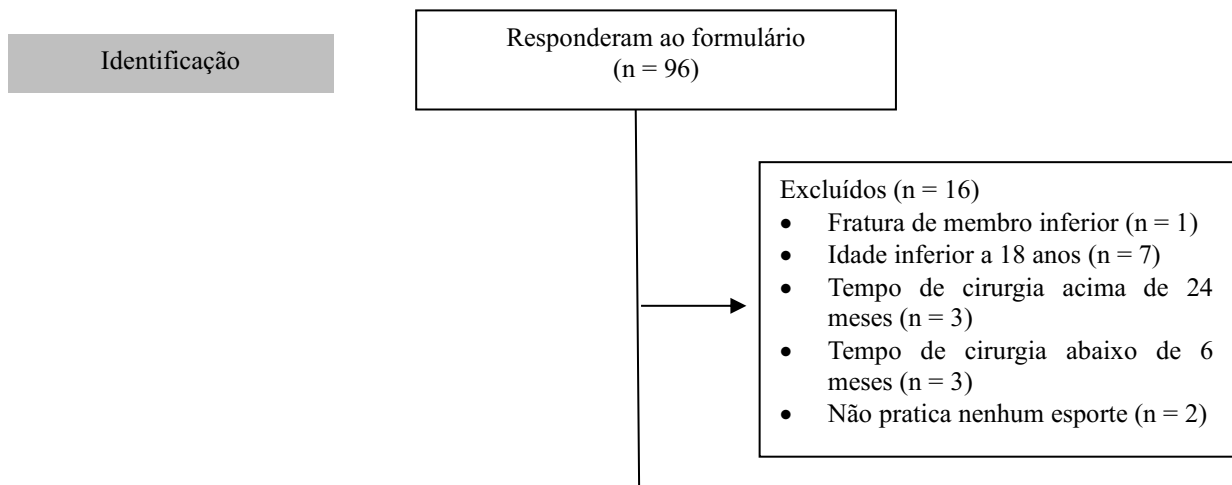
Utilizamos o gráfico de Bland-Altman para medir a diferença média entre a plataforma de força e o aplicativo *My Jump Lab* e a diferença média dos dois avaliadores no aplicativo. O gráfico de Bland-Altman forneceu o viés entre os métodos e seu limite de concordância com um intervalo de confiança (IC) de 95%.

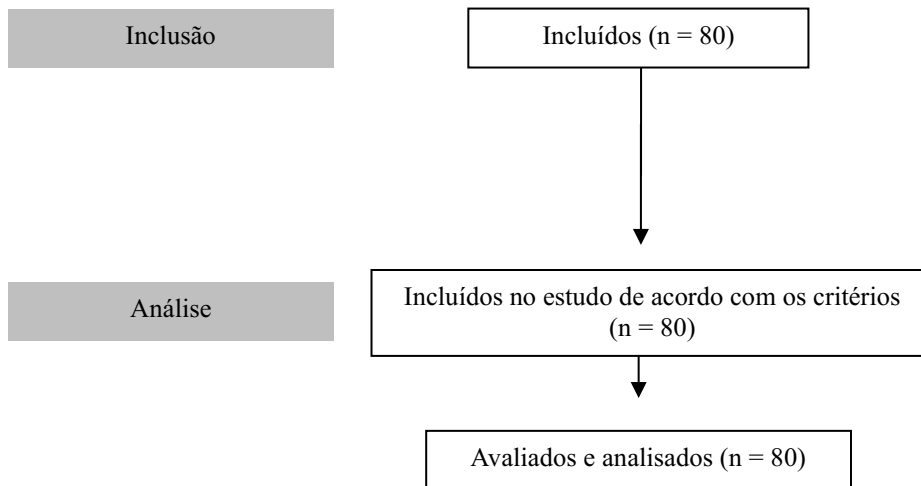
As comparações da altura do salto e índice de força reativa entre o membro lesionado versus membro não lesionado do aplicativo e da plataforma de força foram analisadas pelo test t-pareado de *student*.

A validade do critério e construto foi analisada usando o coeficiente de correlação de Pearson, sendo interpretado como:  $> 0.90$ , muito forte;  $0.70\text{--}0.89$ , forte;  $0.40\text{--}0.69$ , moderada a boa;  $0.10\text{--}0.39$ , fraca; e  $< 0.10$ , nenhuma (SCHOBER; BOER; SCHWARTE, 2018). Gráficos de dispersão foram apresentados para verificar a relação entre a plataforma de força e o *My Jump Lab* na avaliação do desempenho dos saltos.

### 3 RESULTADOS

Foram recrutados 105 participantes no presente estudo, sendo 9 sem lesão no joelho (18 joelhos) para a etapa de confiabilidade e 96 pessoas com RLCA para etapa de validade. Dos 96 participantes com RLCA, 16 foram excluídos pelos seguintes motivos: idade inferior a 18 anos (7), tempo de pós-operatório abaixo de 6 meses (3), tempo de pós-operatório acima de 24 meses (3), fratura de membro inferior (1) e nenhuma prática esportiva (2) (Figura 3).





**Figura 3.** Fluxograma de recrutamento, exclusões e inclusão dos participantes.

Foram avaliados 9 participantes (2 mulheres e 7 homens) sem lesão no joelho, com idade média de  $21 \pm 1,5$  anos, para realizar a etapa de confiabilidade teste-reteste. Para o processo de validade, 80 participantes que passaram por RLCA foram avaliados, com uma duração média de pós-operatório de  $12,1 \pm 4,6$ . O esporte mais praticado entre os participantes foi o futebol (62,5%). Todas as outras variáveis referentes aos dados demográficos dos participantes são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características dos participantes da confiabilidade e validade.

Variáveis	Participantes confiabilidade	Participantes validade
	n = 9	n = 80
Idade (anos)	$21 \pm 1,5^a$	$28.9 \pm 7.4^a$
Sexo (%)	77.8 male	81.3 male
Estatura (m)	$1.73 \pm 9,2^a$	$1.73 \pm 8^a$
Massa corporal (kg)	$82.2 \pm 25.5^a$	$78.9 \pm 13.5^a$
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$27 \pm 7.7^a$	$26.1 \pm 3.7^a$
Enxerto (%)	-	93.8 tendão flexor
Tempo de pós-operatório (meses)	-	$12.1 \pm 4.6^a$
Esporte mais praticado (%)	-	62.5 futebol
IKDC		$80.8 \pm 11.9^a$
ALC-RSI		$56.5 \pm 18.1^a$

n, participantes; <sup>a</sup> Reportado como média  $\pm$  desvio padrão; IMC, índice de massa corporal; IKDC, *International Knee Documentation Committee*; ACL-RSI, *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale*.

### 3.1 Confiabilidade teste-reteste

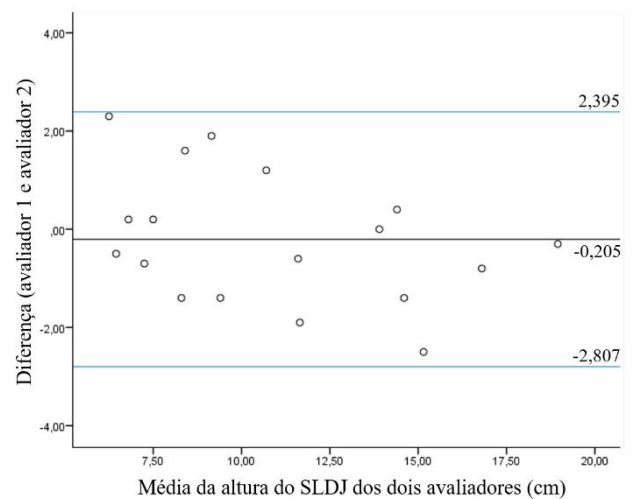
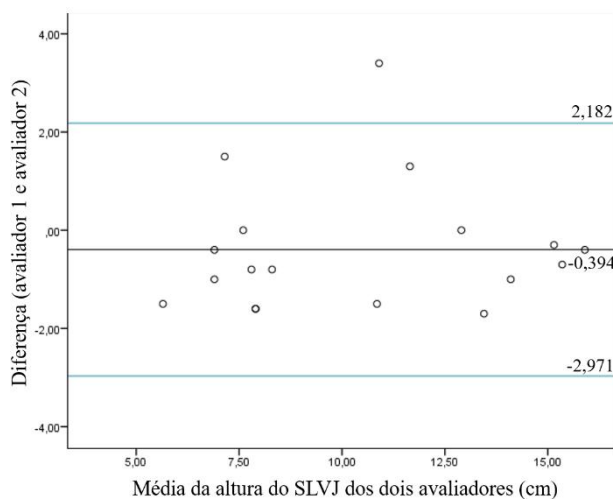
No total, 18 joelhos sem lesão foram analisados para verificar a confiabilidade teste-reteste, com um total 36 saltos analisados através do aplicativo. O aplicativo *My Jump Lab* apresentou excelente confiabilidade para altura do salto no SLVJ e SLDJ (ICC = 0,962 e ICC = 0,971, respectivamente) e índice de força reativa no SLDJ (ICC = 0,932) (Tabela 2).

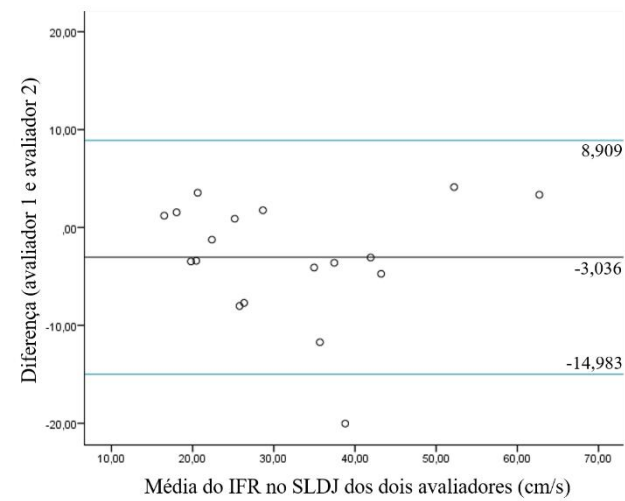
**Tabela 2.** Confiabilidade teste-reteste para o desfecho performance no salto vertical.

Variáveis	Média ± DP	CCI	(IC 95%)	EPM	MMD
Single leg vertical jump					
Altura do salto, cm	10.1 ± 3.5	0,962	(0,899-0,986)	0.68	1.89
Single leg drop jump					
Altura do salto, cm	10.6 ± 3.7	0,971	(0,923-0,989)	0.63	1.75
Índice de força reativa, cm/s	30.1 ± 12.9	0,932	(0,801-0,975)	3.36	9.32

DP, desvio padrão; CCI, coeficiente de correlação intraclassa; IC, intervalo de confiança; EPM, erro padrão de medida; MMD, mínima mudança detectável.

A Figura 4 mostra os resultados da análise de concordância através do gráfico Bland-Altman entre os dois avaliadores, utilizando o aplicativo *My Jump Lab*. Não observamos nenhum viés sistemático nas variáveis. A diferença entre os avaliadores apresentou valores aceitáveis.





**Figura 4.** Nível de concordância (Bland-Altman) com limites de concordância de 95% (linhas azuis) e a diferença média (linha preta) entre os dois avaliadores no aplicativo *My Jump Lab* para o SLVJ e SLDJ de ambas as pernas.

### 3.2 Validade do critério

Para análise da validade, 320 saltos foram analisados através do aplicativo. O membro lesionado apresentou uma diminuição estatisticamente significativa para altura do salto e IFR avaliado através da plataforma de força e do aplicativo *My Jump Lab* (Tabela 3).

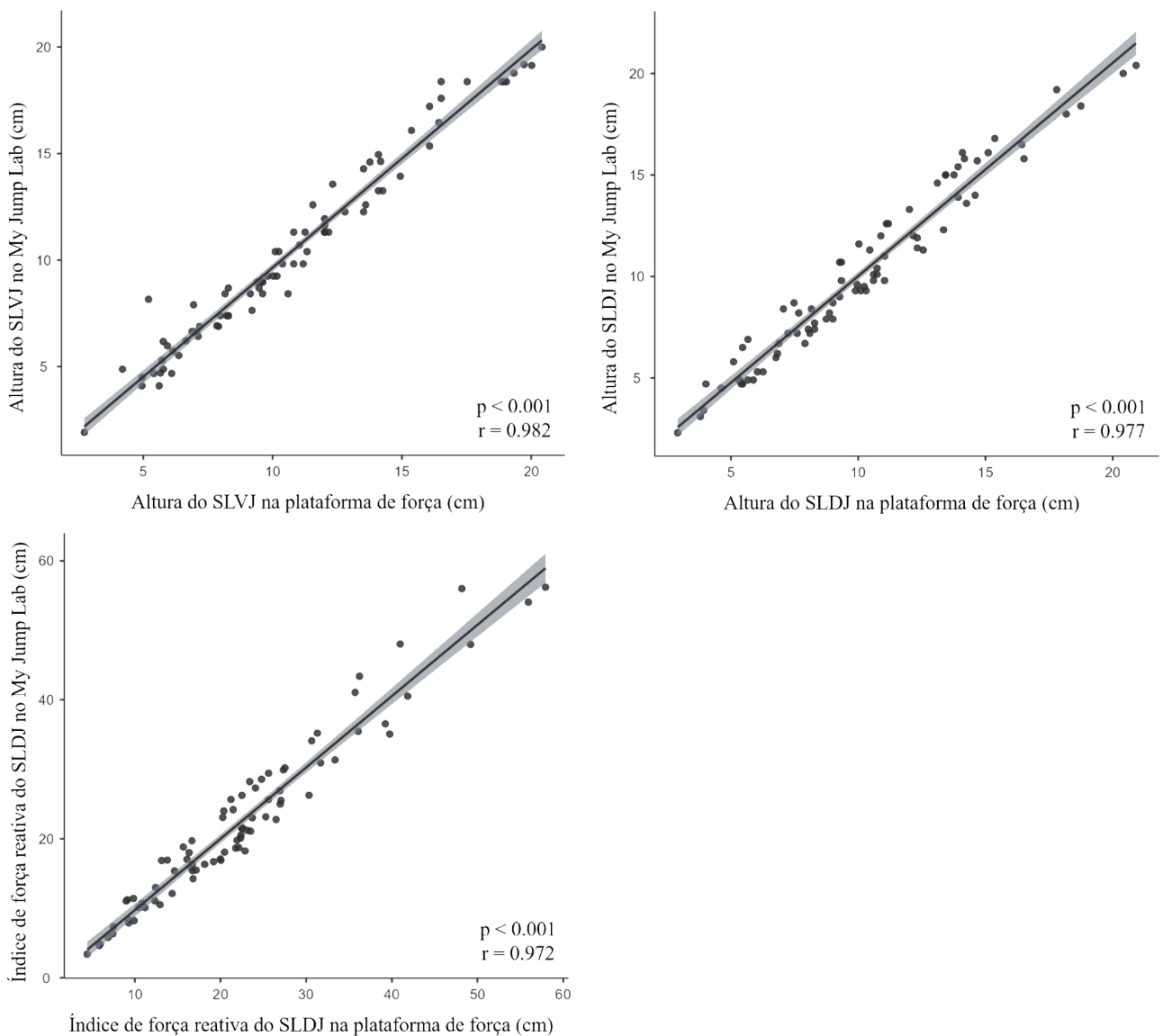
**Tabela 3.** Características das variáveis coletadas dos participantes da validade.

Variáveis	Média ± DP	Diferença média (IC 95%)	p
Plataforma de força para altura do SLVJ, cm			
Membro lesionado	10.8 ± 4.3	-2.7 (-3.2 à -2.1)	< 0.001
Membro não lesionado	13.5 ± 3.7		
ISM (%)	79.1 ± 18.4		
Plataforma de força para altura do SLDJ, cm			
Membro lesionado	10.2 ± 4.0	-2.3 (-2.9 à -1.7)	< 0.001
Membro não lesionado	12.5 ± 3.7		
ISM (%)	81.4 ± 20.9		
Plataforma de força para IFR do SLDJ, cm/s			
Membro lesionado	22.1 ± 11.3	-6.5 (-8.5 à -4.6)	< 0.001
Membro não lesionado	28.7 ± 11.6		
ISM (%)	78.7 ± 27.3		
My Jump Lab para altura do SLVJ, cm			
Membro lesionado	10.4 ± 4.5	-2.7 (-3.3 à -2.1)	< 0.001
Membro não lesionado	13.2 ± 3.9		
ISM (%)	78.1 ± 19.4		
My Jump Lab para altura do SLDJ, cm			

Membro lesionado	10.2 ± 4.3		
Membro não lesionado	12.6 ± 4.1	-2.4 (-3.0 à -1.8)	< 0.001
ISM (%)	80.6 ± 21.1		
My Jump Lab para IFR do SLDJ, cm/s			
Membro lesionado	22.2 ± 11.9		
Membro não lesionado	29.1 ± 12.9	-6.9 (-8.9 à 5.0)	< 0.001
ISM (%)	77.5 ± 26.3		

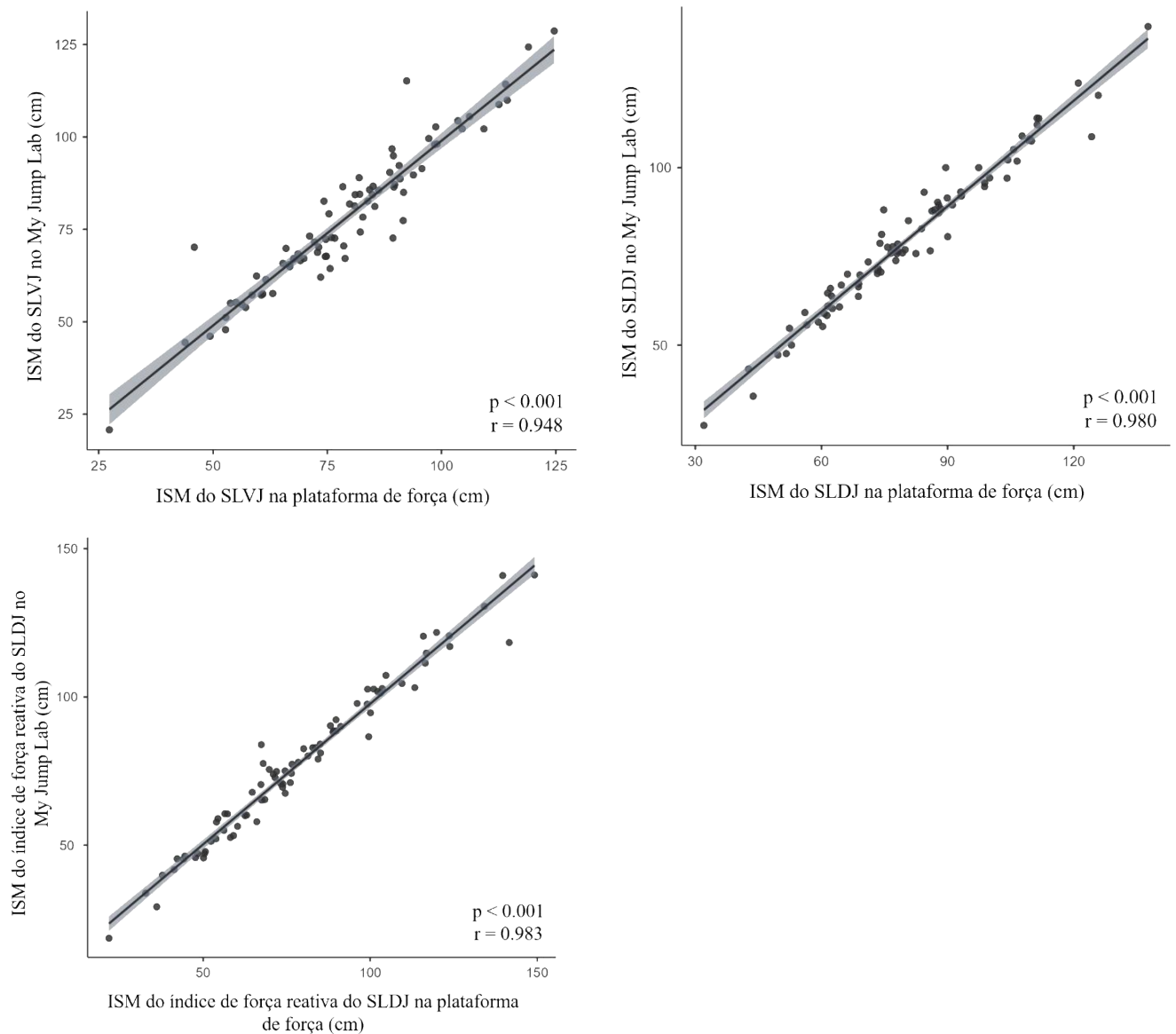
SLVJ, *single leg vertical jump*; SLDJ, *single leg drop jump*; ISM, índice de simetria entre os membros; IFR, índice de força reativa; DP, desvio padrão; IC, intervalo de confiança; p, valor de p.

A altura do salto do SLVJ e SLDJ, e o índice de força reativa do SLDJ avaliada pelo aplicativo *My Jump Lab* apresentou correlação muito forte com a altura do salto do SLVJ ( $r = 0.982$ ,  $p < 0.001$ ) e SLDJ ( $r = 0.977$ ,  $p < 0.001$ ) e índice de força reativa do SLDJ ( $r = 0.972$ ,  $p < 0.001$ ) avaliada pela plataforma de força (Figura 5).



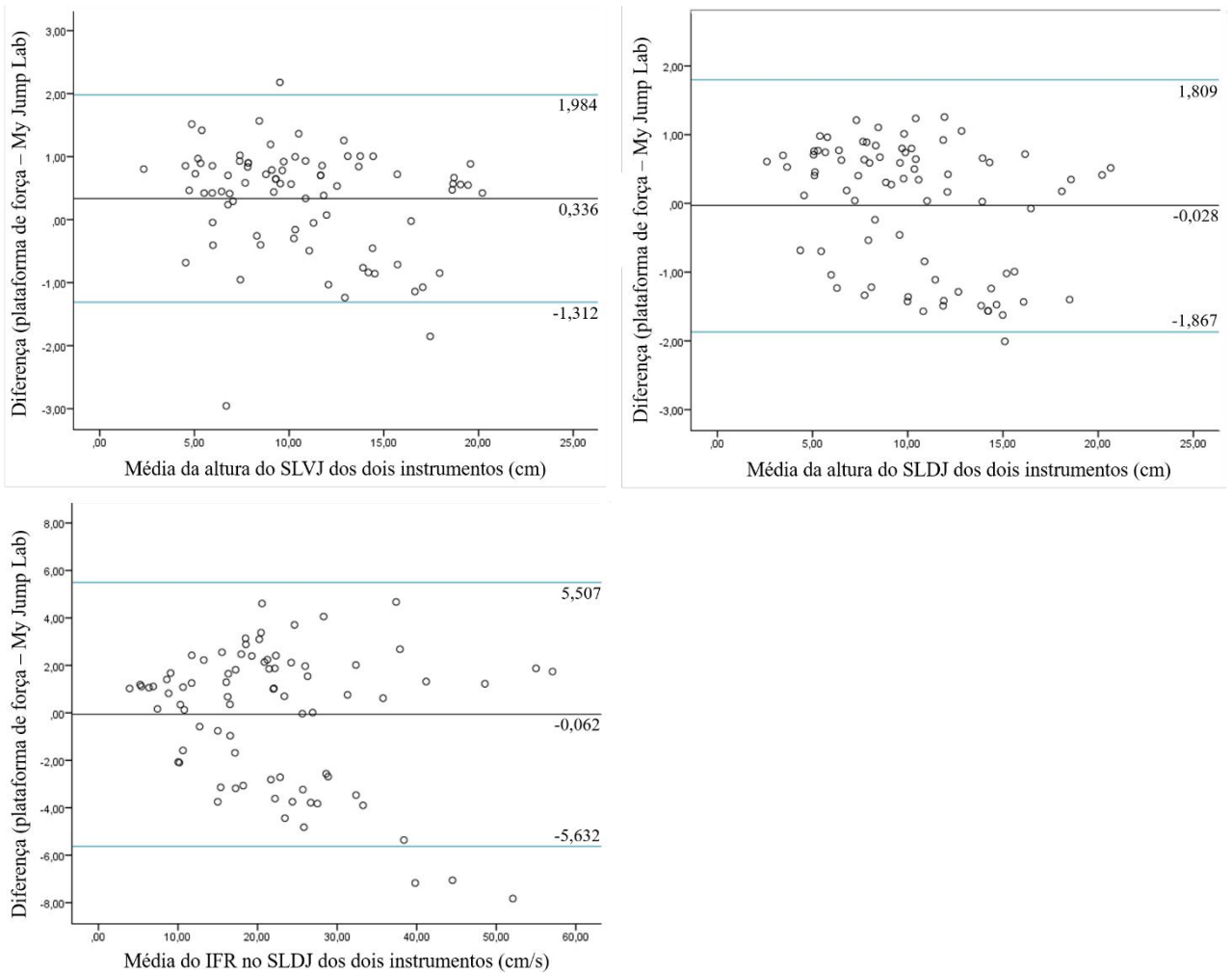
**Figura 5.** Gráficos de dispersão apresentando uma relação entre os métodos da plataforma de força e do *My Jump Lab* para a avaliação da altura do salto do salto e índice de força reativa.

Para o ISM da altura dos dois saltos e do índice de força reativa no SLDJ, o *My Jump Lab* também apresentou correlação muito forte com a plataforma de força (Figura 6).



**Figura 6.** Gráficos de dispersão apresentando uma relação entre os métodos da plataforma de força e do *My Jump Lab* para a avaliação do índice de simetria entre os membros da altura do salto e do índice de força reativa.

A análise de concordância entre a plataforma de força e o aplicativo *My Jump Lab* é mostrada na Figura 7. Nossa análise não revelou nenhum viés sistemático nos resultados obtidos de nenhum dos métodos.



**Figura 7.** Nível de concordância (Bland-Altman) com limites de concordância de 95% (linhas azuis) e a diferença média (linha preta) entre a plataforma de força e o aplicativo *My Jump Lab* para o SLVJ e SLDJ do membro lesionado.

### 3.3 Validade do constructo

A altura do salto no *My Jump Lab* apresentou moderada a boa correlação positiva com o IKDC ( $r = 0,412$ ,  $p < 0,001$ ) e ACL-RSI ( $r = 0,480$ ,  $p < 0,001$ ) no SLVJ, enquanto que a altura do salto do SLDJ apresentou fraca correlação com o IKDC ( $r = 0,377$ ,  $p < 0,001$ ) e moderada a boa correlação com o ACL-RSI ( $r = 0,423$ ,  $p < 0,001$ ). Foi encontrado uma correlação de moderada a boa para o ISM do SLVJ e uma fraca correlação no SLDJ, com os dois questionários (Tabela 4).

Na plataforma de força, a altura do salto do SLVJ e SLDJ apresentou fraca correlação com o IKDC e moderada a boa correlação positiva com o ACL-RSI. Para o ISM, foi encontrada uma correlação de moderada a boa com o IKDC ( $r = 0,455$ ,  $p < 0,001$ ) e ACL-RSI ( $r = 0,467$ ,  $p < 0,001$ ) no SLVJ e uma fraca correlação no SLDJ com os dois questionários (Tabela 4).

**Tabela 4.** Correlação entre o aplicativo *My Jump Lab* e a plataforma de força com desfechos autorreportados pelos pacientes.

<b>Performance do salto (altura, cm)</b>	<b>IKDC</b>	<b>ACL-RSI</b>
My Jump Lab – SLVJ	0.412**	0.480**
My Jump Lab – SLDJ	0.377**	0.423**
ISM – My Jump Lab SLVJ	0.433**	0.446**
ISM – My Jump Lab SLDJ	0.307**	0.226*
Plataforma de força – SLVJ	0.392**	0.470**
Plataforma de força – SLDJ	0.345**	0.413**
ISM – Plataforma de força SLVJ	0.455**	0.467**
ISM – Plataforma de força SLDJ	0.284*	0.252*

SLVJ, *single leg vertical jump*; SLDJ, *single leg drop jump*; ISM, índice de simetria entre os membros; IKDC, *International Knee Documentation Committee*; ACL-RSI, *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale*; \*, estatisticamente significativa a nível de  $p < 0,05$ ; \*\*, estatisticamente significativa a nível de  $p < 0,01$ .

#### 4 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar a confiabilidade teste-reteste e validade do aplicativo *My Jump Lab* no desempenho de dois saltos verticais. A avaliação da altura do salto e IFR do SLVJ e SLDJ demonstrou excelente confiabilidade teste-reteste e o aplicativo é válido quando comparado a plataforma de força (padrão-ouro) para pessoas que passaram por RLCA. Além disso, a altura do salto no SLVJ e SLDJ demonstrou moderada a boa validade de constructo com o ACL-RSI no aplicativo e plataforma de força. O ISM da altura do salto no SLVJ avaliada pelo *My Jump Lab* apresentou moderada a boa correlação com o IKDC e o ACL-RSI, assim como na plataforma de força. Enquanto no SLDJ, o ISM apresentou fraca correlação com ambos os questionários.

O aplicativo *My Jump Lab* tem se mostrado um instrumento confiável para avaliação do desempenho do salto em adultos e jovens saudáveis e ativos fisicamente (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ; GLAISTER; LOCKEY, 2015; BOGATAJ et al., 2020a; BROOKS; BENSON; BRUCE, 2018; CHOW; KONG; PUN, 2023; STANTON; WINTOUR; KEAN, 2017), atletas de futsal (SILVA et al., 2024) e futebol (BARBALHO et al., 2021), jogadoras de basquete (STOJILJKOVIĆ et al., 2024), diversas modalidades esportivas (GALLARDO-FUENTES et al., 2016; PENG et al., 2024; TAN; WENG ONN; MONTALVO, 2024) e em pessoas que passaram por RLCA (WHITELEY et al., 2023). Corroborando com esses achados, o presente estudo encontrou excelente confiabilidade teste-reteste para altura do salto SLVJ (CCI = 0.962) e SLDJ (CCI = 0.971) e índice de força reativa do SLDJ (CCI =

0.932), com adequados níveis de EPM e MMD.

A validade do *My Jump Lab* com a plataforma de força para avaliação do desempenho no salto tem sido preferencialmente analisada em relação à altura do salto (DRILLER et al., 2017; MEDEIROS et al., 2024; PENG et al., 2024; PLAKOUTSIS et al., 2023; SOARES et al., 2023) e o índice de força reativa (BISHOP et al., 2022; HAYNES et al., 2019; WHITELEY et al., 2023). Essas variáveis fornecem informações clinicamente relevantes adicionais sobre a capacidade de desempenho de quem passou por cirurgia do LCA (WHITELEY et al., 2023). Os achados da presente pesquisa demonstram que o *My Jump Lab* é um instrumento válido (comparado a plataforma de força) para avaliação da altura do salto e índice de força reativa, apresentando correlações positiva muito forte. Por isso, podemos recomendar seu amplo uso na prática clínica para avaliação do salto vertical em pessoas que passaram por RLCA.

O ISM  $\geq 90\%$  é uma medida utilizada como critério de evolução e alta após RLCA. Apenas quatro estudos (BARBALHO et al., 2021; PENG et al., 2024; STOJILJKOVIĆ et al., 2024; WHITELEY et al., 2023) avaliaram a simetria entre os membros dos participantes, sendo Whiteley e colaboradores (WHITELEY et al., 2023) os únicos a avaliarem em pacientes após RLCA. Nossas descobertas são consistentes com resultados anteriores (BARBALHO et al., 2021; STOJILJKOVIĆ et al., 2024), demonstrando alta validade ao comparar o aplicativo *My Jump Lab* com a plataforma de força. Além disso, o aplicativo *My Jump Lab* tem um bom desempenho na classificação correta de pacientes usando um ISM de 90% ao medir a altura do salto e o índice de força reativa (WHITELEY et al., 2023).

Medidas de resultados relatados pelos pacientes avaliam diferentes domínios da saúde a partir da própria percepção do paciente (PRODRROMIDIS et al., 2024). Uma revisão sistemática (BERG et al., 2022) presumiu que as correlações entre variáveis do desempenho dos saltos e os resultados relatados pelos pacientes deveriam ser entre  $r = 0,30-0,50$ . O'Connor e colaboradores (O'CONNOR et al., 2020) não encontraram relação entre a altura do salto e o ISM no SLVJ e SLDJ com os scores do ACL-RSI. Por outro lado, Lee e colaboradores (LEE et al., 2018) encontraram uma moderada correlação com o IKDC e forte correlação com o ACL-RSI, no SLVJ. Ambos os estudos avaliaram os saltos através da plataforma de força. Em nossos achados, a altura do salto do SLVJ e SLDJ apresentou fraca correlação com o IKDC ( $r = 0.392$ ) e moderada a boa correlação com o ACL-RSI ( $r = 0.470$ ) na plataforma de força, e moderada a boa correlação com o IKDC ( $r = 0,412$ ) e ACL-RSI ( $r = 0,480$ ) no SLVJ, quando avaliado pelo aplicativo *My Jump Lab*. Além disso, esse foi o primeiro estudo que verificou a validade de constructo do aplicativo *My Jump Lab* com as medidas de resultados relatados pelos pacientes.

Em decorrência do alto custo de instrumentos padrão-ouro, como a plataforma de força (SILVA et al., 2021), aplicativos móveis como o *My Jump Lab* se torna uma alternativa econômica (GENÇOĞLU et al., 2023; WHITELEY et al., 2023) e portátil (GENÇOĞLU et al., 2023) ao equipamento de laboratório tradicional, tornando-o acessível e conveniente para utilização na prática clínica. Sua alta validade e confiabilidade o tornam uma ferramenta confiável para avaliar o desempenho nos saltos (GENÇOĞLU et al., 2023; SHARP; CRONIN; NEVILLE, 2019).

O estudo atual foi conduzido em um ambiente de laboratório, com uma amostra composta principalmente por homens, com enxerto dos flexores e praticantes de futebol, o que pode limitar a extrapolação dos resultados para outras populações submetidas a RLCA. Além disso, nós não controlamos o processo de reabilitação, o que pode repercutir diretamente em variações no desempenho dos saltos dentro da amostra.

## **5 CONCLUSÃO**

A avaliação do desempenho do salto vertical pelo aplicativo *My Jump Lab* é confiável e válida comparada a plataforma de força (padrão-ouro) em pacientes que passaram por cirurgia de reconstrução do LCA. O ISM da altura do salto e índice de força reativa pelo *My Jump Lab* apresentou excelente validade com a plataforma de força. A validade de constructo do aplicativo variou de fraca a boa com as medidas de resultados relatados pelos pacientes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. P. L.; ALBANO, T. R.; MELO, A. K. P. Hand-held dynamometer identifies asymmetries in torque of the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 27, p. 2494-2501, 2019.
- ALMEIDA, G. P. L. et al. Reliability and validity of the hip stability isometric test (HipSIT): a new method to assess hip posterolateral muscle strength. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 47, n. 12, p. 906-913, 2017.
- ARAGÓN, L. F. Evaluation of four vertical jump tests: Methodology, reliability, validity, and accuracy. **Measurement in Physical Education and Exercise Science**, v. 4, n. 4, p. 215-228, 2000.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C.; GLAISTER, M.; LOCKEY, R. A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 15, p. 1574-1579, 2015.
- BARBALHO, M. et al. Assessing interlimb jump asymmetry in young soccer players: the my jump 2 APP. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 16, n. 1, p. 19-27, 2021.
- BERG, B. et al. What tests should be used to assess functional performance in youth and young adults following anterior cruciate ligament or meniscal injury? A systematic review of measurement properties for the OPTIKNEE consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 24, p. 1454-1464, 2022.
- BISHOP, C. et al. Validity and reliability of strategy metrics to assess countermovement jump performance using the newly developed my jump lab smartphone application. **Journal of Human Kinetics**, v. 83, p. 185, 2022.
- BOGATAJ, Š. et al. Concurrent validity and reliability of my jump 2 app for measuring vertical jump height in recreationally active adults. **Applied Sciences**, v. 10, n. 11, p. 3805, 2020a.
- BOGATAJ, Š. et al. Validity, reliability, and usefulness of My Jump 2 App for measuring vertical jump in primary school children. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, p. 3708, 2020b.
- BROOKS, E. R.; BENSON, A. C.; BRUCE, L. M. Novel technologies found to be valid and reliable for the measurement of vertical jump height with jump-and-reach testing. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 10, p. 2838-2845, 2018.
- CARLOS-VIVAS, J. et al. Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 58, n. 3, p. 227-232, 2016.
- CASTAGNA, C. et al. Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 761-768, 2013.

CHOW, G. C. C.; KONG, Y. H.; PUN, W. Y. The concurrent validity and test-retest reliability of possible remote assessments for measuring countermovement jump: My jump 2, HomeCourt & Takei vertical jump meter. **Applied Sciences**, v. 13, n. 4, p. 2142, 2023.

CRUVINEL-CABRAL, R. M. et al. The validity and reliability of the “My Jump App” for measuring jump height of the elderly. **PeerJ**, v. 6, p. e5804, 2018.

COSTLEY, J. A. et al. Vertical jump impulse deficits persist from six to nine months after ACL reconstruction. **Sports Biomechanics**, v. 22, n. 1, p. 123-141, 2023.

DELLA VILLA, F. et al. High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an updated longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 55, n. 23, p. 1350-1357, 2021.

DRIGNY, J. et al. Knee strength symmetry at 4 months is associated with criteria and rates of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 65, n. 4, p. 101646, 2022.

DRILLER, M. et al. Assessing a smartphone application to measure counter-movement jumps in recreational athletes. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 12, n. 5, p. 661-664, 2017.

EBERT, J. R. et al. Knee extensor strength, hop performance, patient-reported outcome and inter-test correlation in patients 9–12 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 30, p. 176-184, 2021.

EYTHORSDOTTIR, I. et al. The Battle of the Equations: A Systematic Review of Jump Height Calculations Using Force Platforms. **Sports Medicine**, p. 1-21, 2024.

GALLARDO-FUENTES, F. et al. Intersession and intrasession reliability and validity of the My Jump app for measuring different jump actions in trained male and female athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 2049-2056, 2016.

GENÇOĞLU, C. et al. Validity and reliability of “My Jump app” to assess vertical jump performance: a meta-analytic review. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 20137, 2023.

GRAHAM, M. C. et al. Relationship between quadriceps strength and knee joint power during jumping after ACLR. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 3, p. 23259671231150938, 2023.

GRINDEM, H. et al. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 13, p. 804-808, 2016.

HAYNES, T. et al. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2019.

HEFTI, F. et al. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. HEFTI, F. et al.

Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 1, n. 3-4, p. 226-234, 1993., v. 1, n. 3-4, p. 226-234, 1993.

HIROHATA, K. et al. Reactive strength index during single-limb vertical continuous jumps after anterior cruciate ligament reconstruction: cross-sectional study. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 14, n. 1, p. 150, 2022.

KOTSIFAKI, A. et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 9, p. 490-498, 2022.

KOTTNER, J. et al. Guidelines for reporting reliability and agreement studies (GRRAS) were proposed. **International Journal of Nursing Studies**, v. 48, n. 6, p. 661-671, 2011.

KYRITSIS, P. et al. Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 15, p. 946-951, 2016.

LEE, D. W. et al. Single-leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 25, n. 6, p. 1016-1026, 2018.

MEDEIROS, A. I. A. et al. Validity and reliability of My Jump 2® app to measure the vertical jump on elite women beach volleyball players. **PeerJ**, v. 12, p. e17387, 2024.

MEREDITH, S. J. et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. **Journal of ISAKOS**, v. 6, n. 3, p. 138-146, 2021.

METSAVAHT, L. et al. Translation and cross-cultural adaptation of the Brazilian version of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form: validity and reproducibility. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1894-1899, 2010.

MONTALVO, A. M. et al. "What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?" A systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 16, p. 1003-1012, 2019.

O'CONNOR, R. F. et al. No relationship between strength and power scores and anterior cruciate ligament return to sport after injury scale 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 78-84, 2020.

PENG, Y. et al. Reliability and validity of "My Jump 2" application for countermovement jump free arm and interlimb jump symmetry in different sports of professional athletes. **PeerJ**, v. 12, p. e17658, 2024.

PÉREZ-CASTILLA, A.; GARCÍA-RAMOS, A. Evaluation of the most reliable procedure of determining jump height during the loaded countermovement jump exercise: Take-off velocity vs. flight time. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 2025-2030, 2018.

PLAKOUTSIS, G. et al. reliability and validity of the portable KForce Plates for measuring

countermovement jump (CMJ). **Applied Sciences**, v. 13, n. 20, p. 11200, 2023.

PRODROMIDIS, A. D. et al. Patient-Reported Outcome Measures Used on Patients With Anterior Cruciate Ligament Injury. **Cureus**, v. 16, n. 7, 2024.

REIJMAN, M. et al. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. **BMJ**, v. 372, 2021.

SANDERS, T. L. et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 1502-1507, 2016.

SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018.

SHARP, A. P.; CRONIN, J. B.; NEVILLE, J. Using smartphones for jump diagnostics: A brief review of the validity and reliability of the my jump app. **Strength & Conditioning Journal**, v. 41, n. 5, p. 96-107, 2019.

SHEA, K. G. et al. The American Academy of Orthopaedic Surgeons evidence-based guideline on management of anterior cruciate ligament injuries. **The Journal of Bone and Surgery**, v. 97, n. 8, p. 672-674, 2015.

SILVA, J. C. et al. Reliability and validity of My Jump 2® app to measure the vertical jump in visually impaired five-a-side soccer athletes. **PeerJ**, v. 12, p. e18170, 2024.

SILVA, L. O. et al. Translation, cross-adaptation and measurement properties of the Brazilian version of the ACL-RSI Scale and ACL-QoL Questionnaire in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 22, n. 2, p. 127-134, 2018.

SILVA, R. et al. Validity and reliability of mobile applications for assessing strength, power, velocity, and change-of-direction: A systematic review. **Sensors**, v. 21, n. 8, p. 2623, 2021.

SOARES, D. et al. Validity and reliability of My Jump 2 app for jump performance in Judo players. **The Open Sports Sciences Journal**, v. 16, n. 1, 2023.

STANTON, R.; WINTOUR, S. A.; KEAN, C. O. Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 5, p. 518-523, 2017.

STOJILJKOVIĆ, N. et al. Validity and reliability of the My Jump 2 app for detecting interlimb asymmetry in young female basketball players. **Frontiers in Sports and Active Living**, v. 6, p. 1362646, 2024.

TAN, E. C. H.; ONN, S. W.; MONTALVO, S. Measuring Vertical Jump Height With Artificial Intelligence Through a Cell Phone: A Validity and Reliability Report. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 38, n. 9, p. e529-e533, 2024.

WEBSTER, K. E.; FELLER, J. A.; LAMBROS, C. Development and preliminary validation of a scale to measure the psychological impact of returning to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery. **Physical Therapy in Sport**, v. 9, n. 1, p. 9-15, 2008.

WHITELEY, I. et al. The MyJump App is a Valid Method of Assessing and Classifying Limb Symmetry During Recovery from Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 18, n. 5, p. 1156, 2023.

WHITMER, T. D. et al. Accuracy of a vertical jump contact mat for determining jump height and flight time. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 877-881, 2015.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação foi dividida em dois produtos que investigaram o processo de avaliação de retorno ao esporte em pacientes que passaram por cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA). Os achados reforçam e ampliam o conhecimento acerca dos principais testes que são utilizados na prática clínica e a relação direta entre eles, além de apoiar o uso de recursos mais viáveis no processo de avaliação, como a utilização de um aplicativo móvel.

O primeiro produto identificou correlações positivas dos saltos verticais com os saltos horizontais. Além disso, os pacientes apresentaram um menor índice de simetria no *single leg vertical jump* (SLVJ) e *single leg drop jump* (SLDJ). Tanto os saltos verticais quanto os saltos horizontais apresentaram moderada a boa correlação com a força dos extensores de joelho. Para as medidas de desfechos relatadas pelos pacientes, apenas o *Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale* (ACL-RSI) apresentou boa correlação com o SLVJ e SLDJ. Entretanto, a correlação dos dois saltos horizontais foi classificada como moderada a boa com o *International Knee Documentation Committee* (IKDC) e ACL-RSI.

O segundo produto evidenciou uma excelente confiabilidade teste-reteste do aplicativo *My Jump Lab* para os desfechos de altura do salto para o SLVJ (CCI = 0.962; IC 95%, 0.899-0.986) e SLDJ (CCI = 0.971; IC 95%, 0.923-0.989), e índice de força reativa do SLDJ (CCI = 0.932; IC 95%, 0.801-0.975). Além disso, quando comparado a plataforma de força (padrão-ouro), o aplicativo *My Jump Lab* apresentou correlações muito forte para a altura do salto do SLVJ e SLDJ, índice de força reativa do SLDJ e índice de simetria entre os membros dos dois saltos. Quanto a validade de constructo, o aplicativo variou de fraca a boa correlação com o IKDC e ACL-RSI.

A reunião desses achados pode levar à implementação de estratégias para otimizar o processo de avaliação para retorno ao esporte após RLCA, possuindo implicações relevantes no âmbito científico, clínico e social. No âmbito científico, a presente dissertação contribuiu para a investigação das relações entre os principais testes de retorno ao esporte além da implementação de um dispositivo móvel no processo de avaliação. No âmbito clínico, o fácil acesso e manuseio aos recursos utilizados, como o aplicativo, podem otimizar o processo de avaliação dos pacientes, uma vez que, a dificuldade em transportar ou obter uma plataforma de força é financeiramente difícil. Ademais, no âmbito social, clubes e profissionais que não tem acesso a equipamentos sofisticados e financeiramente mais caros, poderão fazer uso do

aplicativo, tornando-o mais rentável e assim, continuar ajudando os pacientes que precisam passar pelas baterias de testes de retorno ao esporte.

Contudo, conclui-se que pesquisas futuras possam ser realizadas para aperfeiçoar ainda mais o processo de avaliação de retorno ao esporte. Outras investigações podem ser realizadas, como por exemplo, a avaliação cinemática dos saltos verticais para compreender o trabalho realizado por cada articulação do membro superior ou até mesmo, a validação do aplicativo *My Jump Lab* para populações mais específicas que passaram por RLCA.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, C. F. et al. Current clinical practice and return-to-sport criteria after anterior cruciate ligament reconstruction: a survey of Brazilian physical therapists. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 25, n. 3, p. 242-250, 2021.
- ARDERN, C. L. et al. 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. **British Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 21, p. 1543-1552, 2014.
- ASHIGBI, E. Y. K.; BANZER, W.; NIEDERER, D. Return to Sport Tests' Prognostic Value for Reinjury Risk after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 52, n. 6, p. 1263-1271, 2020.
- BERG, B. et al. What tests should be used to assess functional performance in youth and young adults following anterior cruciate ligament or meniscal injury? A systematic review of measurement properties for the OPTIKNEE consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 24, p. 1454-1464, 2022.
- BODEN, B. P.; SHEEHAN, F. T. Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. **Journal of Orthopaedic Research®**, v. 40, n. 3, p. 531-540, 2022.
- BOGATAJ, Š. et al. Concurrent validity and reliability of my jump 2 app for measuring vertical jump height in recreationally active adults. **Applied Sciences**, v. 10, n. 11, p. 3805, 2020a.
- BOGATAJ, Š. et al. Validity, reliability, and usefulness of My Jump 2 App for measuring vertical jump in primary school children. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 10, p. 3708, 2020b.
- BURGI, C. R. et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 18, p. 1154-1161, 2019.
- CASTAGNA, C. et al. Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 761-768, 2013.
- CRUVINEL-CABRAL, R. M. et al. The validity and reliability of the “My Jump App” for measuring jump height of the elderly. **PeerJ**, v. 6, p. e5804, 2018.
- DAUTY, M. et al. Anatomical and neuromuscular factors associated to non-contact anterior cruciate ligament injury. **Journal of Clinical Medicine**, v. 11, n. 5, p. 1402, 2022.
- DAVIES, W. T.; MYER, G. D.; READ, P. J. Is it time we better understood the tests we are using for return to sport decision making following ACL reconstruction? A critical review of the hop tests. **Sports Medicine**, v. 50, p. 485-495, 2020.
- DIERMEIER, T. A. et al. Treatment after ACL injury: panther symposium ACL treatment consensus group. **British Journal of Sports Medicine**, v. 55, n. 1, p. 14-22, 2021.

DRIGNY, J. et al. Knee strength symmetry at 4 months is associated with criteria and rates of return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. **Annals of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 65, n. 4, p. 101646, 2022.

EBERT, J. R. et al. Knee extensor strength, hop performance, patient-reported outcome and inter-test correlation in patients 9–12 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 30, p. 176-184, 2021.

FISCHER, F. et al. Isokinetic extension strength is associated with single-leg vertical jump height. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 11, p. 2325967117736766, 2017.

FITZGERALD, G. K. et al. Hop tests as predictors of dynamic knee stability. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 31, n. 10, p. 588-597, 2001.

GENÇOĞLU, C. et al. Validity and reliability of “My Jump app” to assess vertical jump performance: a meta-analytic review. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 20137, 2023.

HASSEBROCK, J. D. et al. Knee ligament anatomy and biomechanics. **Sports medicine and Arthroscopy Review**, v. 28, n. 3, p. 80-86, 2020.

HAYNES, T. et al. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2019.

HURLEY, E. T. et al. Return to play testing following anterior cruciate reconstruction – A systematic review & meta-analysis. **The Knee**, v. 34, p. 134-140, 2022.

KAPLAN, Y.; WITVROUW, E. When is it safe to return to sport after ACL reconstruction? Reviewing the criteria. **Sports Health**, v. 11, n. 4, p. 301-305, 2019.

KOTSIFAKI, A. et al. Measuring only hop distance during single leg hop testing is insufficient to detect deficits in knee function after ACL reconstruction: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 54, n. 3, p. 139-153, 2020.

KOTSIFAKI, A. et al. Single leg hop for distance symmetry masks lower limb biomechanics: time to discuss hop distance as decision criterion for return to sport after ACL reconstruction?. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 5, p. 249-256, 2022a.

KOTSIFAKI, A. et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 56, n. 9, p. 490-498, 2022b.

KOTSIFAKI, A. et al. Vertical and horizontal hop performance: contributions of the hip, knee, and ankle. **Sports Health**, v. 13, n. 2, p. 128-135, 2021.

KOTSIFAKI, R. et al. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. **British Journal of Sports Medicine**, v. 57, n. 9, p. 500-514, 2023.

- LAUDNER, K. et al. Relationship between isokinetic knee strength and jump characteristics following anterior cruciate ligament reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 10, n. 3, p. 272, 2015.
- LEE, D. W. et al. Single-leg vertical jump test as a functional test after anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 25, n. 6, p. 1016-1026, 2018.
- LONGO, U. G. et al. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction surgery in Italy: A 15-year nationwide registry study. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 2, p. 223, 2021.
- LOSCIALE, J. M. et al. The association between passing return-to-sport criteria and second anterior cruciate ligament injury risk: a systematic review with meta-analysis. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 2, p. 43-54, 2019.
- MÅNSSON, O.; KARTUS, J.; SERNERT, N. Health-related quality of life after anterior cruciate ligament reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 19, p. 479-487, 2011.
- MARIESWARAN, M. et al. A review on biomechanics of anterior cruciate ligament and materials for reconstruction. **Applied Bionics and Biomechanics**, v. 2018, n. 1, p. 4657824, 2018.
- MEDEIROS, A. I. A. et al. Validity and reliability of My Jump 2® app to measure the vertical jump on elite women beach volleyball players. **PeerJ**, v. 12, p. e17387, 2024.
- MEREDITH, S. J. et al. Return to sport after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Injury Return to Sport Consensus Group. **Journal of ISAKOS**, v. 6, n. 3, p. 138-146, 2021.
- NAGAI, T. et al. Hop tests can result in higher limb symmetry index values than isokinetic strength and leg press tests in patients following ACL reconstruction. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 28, p. 816-822, 2020.
- NOYES, F. R.; BARBER, S. D.; MANGINE, R. E. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 19, n. 5, p. 513-518, 1991.
- O'CONNOR, R. F. et al. No relationship between strength and power scores and anterior cruciate ligament return to sport after injury scale 9 months after anterior cruciate ligament reconstruction. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 48, n. 1, p. 78-84, 2020.
- REID, A. et al. Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. **Physical Therapy**, v. 87, n. 3, p. 337-349, 2007.
- REIJMAN, M. et al. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. **BMJ**, v. 372, 2021.

- SANDERS, T. L. et al. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: a 21-year population-based study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 1502-1507, 2016.
- SEPÚLVEDA, F. et al. Anterior cruciate ligament injury: return to play, function and long-term considerations. **Current Sports Medicine Reports**, v. 16, n. 3, p. 172-178, 2017.
- SHEA, K. G. et al. The American Academy of Orthopaedic Surgeons evidence-based guideline on management of anterior cruciate ligament injuries. **The Journal of Bone and Surgery**, v. 97, n. 8, p. 672-674, 2015.
- SIEGEL, L.; VANDENAKKER-ALBANESE, C.; SIEGEL, D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 22, n. 4, p. 349-355, 2012.
- SUEYOSHI, T. et al. Single-leg hop test performance and isokinetic knee strength after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 11, p. 2325967117739811, 2017.
- TURK, R. et al. Return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction requires evaluation of > 2 functional tests, psychological readiness, quadriceps/hamstring strength, and time after surgery of 8 months. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 39, n. 3, p. 790-801. e6, 2023.
- VAN MELICK, N. et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 24, p. 1506-1515, 2016.
- WEBSTER, K. E.; HEWETT, T. E. What is the evidence for and validity of return-to-sport testing after anterior cruciate ligament reconstruction surgery? A systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 49, p. 917-929, 2019.
- WEST, T. J. et al. Unilateral tests of lower-limb function as prognostic indicators of future knee-related outcomes following anterior cruciate ligament injury: a systematic review and meta-analysis of 13 150 adolescents and adults. **British Journal of Sports Medicine**, v. 57, n. 13, p. 855-863, 2023.
- WETTERS, N. et al. Mechanism of injury and risk factors for anterior cruciate ligament injury. **Operative Techniques in Sports Medicine**, v. 24, n. 1, p. 2-6, 2016.
- WHITELEY, I. et al. The MyJump App is a Valid Method of Assessing and Classifying Limb Symmetry During Recovery from Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v. 18, n. 5, p. 1156, 2023.
- WHITMER, T. D. et al. Accuracy of a vertical jump contact mat for determining jump height and flight time. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 4, p. 877-881, 2015.

## ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O MESTRADO

Ao longo do mestrado, participei do Grupo de Pesquisa em Joelho e Esporte (GPJE) e da preceptoria no Projeto de Assistência e Prevenção das Lesões de Joelho (PAPO-Joelho) vinculado à Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Federal do Ceará. No PAPO-Joelho fui responsável por supervisionar e orientar discentes do curso de Fisioterapia no atendimento de pessoas com disfunções no joelho. No GPJE participei como autor e co-autor das seguintes submissões científicas, respectivamente:

1. "Criterion and Construct Validity of Knee Extensors and Flexors Muscle Strength Using Portable Dynamometer following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction" – The Knee
2. "Effect of Equalized and Non-Equalized Resistance Training Volumes on Pain and Disability in Patients with Patellofemoral Pain: A Systematic Review with Meta-Analyses" – Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (JOSPT)

Participei como ouvinte do XI Congresso Brasileiro de Fisioterapia Esportiva e IX Congresso Internacional da Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva (SONAFE) e do V Simpósio de Fisioterapia Esportiva no Futebol em novembro de 2023 e tive nove trabalhos aprovados para apresentação, dos quais dois foram como autor principal e os outros sete como co-autor. Segue abaixo os trabalhos que foram apresentados por mim no congresso:

1. Validade e confiabilidade do dinamômetro isométrico MEDeor® para avaliação da força de quadríceps e isquiotibiais após reconstrução do LCA;
2. Pivot-agility test: reprodutibilidade, validade e acurácia para alta após reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Além disso, o trabalho intitulado como: “Fatores preditores para a qualidade de vida após reconstrução do ligamento cruzado anterior: um estudo coorte prospectivo” que fui como co-autor, foi premiado com o 2ª lugar entre todos os trabalhos científicos apresentados no Congresso da SONAFE (2023).

Participei da organização do VII Simpósio de Reabilitação do Joelho e I Fórum do Grupo de Pesquisa em Joelho e Esporte em março de 2024, onde também ministrei a palestra intitulada como: Testes de Desempenho nas Lesões de LCA.

Participei como ouvinte do II Congresso Nordestino da Abrafito e I Congresso Norte-Nordeste da Abrafito em outubro de 2024 e tive três trabalhos aprovados para apresentação, dos quais um foi como autor principal e os outros dois como co-autor. Segue abaixo o trabalho que foi apresentado por mim no congresso:

1. Volume de treino resistido equalizado e não-equalizado na dor patelofemoral: revisão sistemática com meta-análise

Em novembro de 2024, ministrei uma palestra intitulada como: “Exercícios isométricos na reabilitação do ligamento cruzado anterior”, organizada pela UniAteneu.

Fiz parte de 7 bancas de TCC com os seguintes temas:

1. “Avaliação do comprometimento da articulação do ombro em praticantes de Cross training em um box da cidade de Fortaleza” (Unichristus);
2. “Repercussão da flexibilidade da articulação do quadril em padrões dolorosos em praticantes de ballet clássico” (Unichristus);
3. “Os exercícios isométricos possuem efeitos adicionais quando comparado aos exercícios isotônicos em pacientes com dor subacromial?: Ensaio Controlado Aleatorizado” (Unichristus);
4. “Exercícios isométricos e isotônicos para melhora da dor e função na osteoartrite de joelho: Ensaio Controlado Aleatorizado” (Unichristus);
5. “Atuação da Fisioterapia na condromalácia patelar em atletas: uma revisão integrativa” (UniAteneu);
6. “Tradução, adaptação cultural, validação e responsividade da versão em português brasileiro do questionário *Knee Injury Osteoarthritis Outcome Score for Children* (KOOS-Child)’ (Universidade Federal do Ceará – UFC);
7. “Análise da força de propulsão, biomecânica do salto e *react strength index* em corredores de rua” (Universidade Federal do Ceará – UFC).

Ademais, sou docente do Curso de Fisioterapia do Centro Universitário Christus (Unichristus) desde agosto de 2023 até os dias atuais, ministrando atualmente as seguintes disciplinas: Avaliação Funcional, Fisioterapia Esportiva, Clínica Integrada I. Entretanto, já ministrei as disciplinas de Exames Complementares, Cinesioterapia, Fisioterapia Baseada em Evidências e Fisioterapia Trauma-ortopédica.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa. Sua participação é importante, porém, você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e faça qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam esclarecidos. Este estudo pretende avaliar a saúde de indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior.

Para tanto, peço autorização para que você participe deste estudo.

Ao participar desta pesquisa, primeiramente, você será convidado(a) a preencher uma ficha de avaliação sobre suas características clínicas e antropométricas. Em seguida, serão coletados três questionários para avaliar a função subjetiva do joelho, o nível de confiança e a cinesiofobia. Após, serão realizados quatro testes de salto: dois de salto horizontal e dois de salto vertical. Também será coletada a força da sua musculatura do joelho.

Essa amostra pertence a você e ficará sob nossa guarda durante o período necessário para realizar a pesquisa. Lembramos que a sua participação é voluntária, você tem a liberdade de não querer participar, e pode desistir, em qualquer momento, mesmo após ter iniciado a resposta dos questionários, sem nenhum prejuízo para você.

Haverá risco mínimo para você ao participar dessa pesquisa. Poderá sentir um pequeno desconforto ou dor durante os testes de salto e mensuração da força muscular. Qualquer constrangimento será evitado mantendo-se o sigilo da sua pessoa.

As informações serão utilizadas em trabalhos, divulgadas em congressos ou publicadas em revistas científicas, sem permitir que você seja identificado. Acredita-se que o benefício desse estudo é conhecer possíveis relações dos testes de salto vertical e horizontal com a força muscular, prontidão psicológica e função física do joelho, para retorno ao esporte.

Você poderá ter acesso às informações e poderá tirar dúvidas sobre este trabalho em qualquer momento. Você terá a liberdade de desistir de participar mesmo que já tenha iniciado os testes. Caso o Sr(a), aceite participar da pesquisa NÃO receberá pagamento ou gratificação pela participação no estudo. Este termo será realizado em duas vias, permanecendo uma com o senhor(a) e outra com o pesquisador.

Caso haja dúvidas, entrar em contato com o pesquisador responsável:

Nome: David Bruno Braga de Castro  
 Instituição: Universidade Federal do Ceará  
 Endereço: Rua Major Weyne, 1440 – Bairro Rodolfo Teófilo – Departamento de Fisioterapia.  
 Telefone para contato: (85) 98929-7728

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00)

horas de segunda a sexta-feira).

O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos, RG: \_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do participante da pesquisa

Assinatura

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do pesquisador

Assinatura

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome da testemunha

Assinatura

(Caso paciente não saiba ler)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome do profissional que aplicou o TCLE

Assinatura

## APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO – PESQUISA LCA

DATA DA AVALIAÇÃO: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_\_\_

AVALIADOR: \_\_\_\_\_

RANDOMIZAÇÃO: \_\_\_\_\_

### 1. COLETA DE INFORMAÇÕES GERAIS:

Nome Completo:			
Endereço:			
Telefone:		Celular:	
Idade:	Peso:	Altura:	IMC:
Etilismo: ( ) Sim ( ) Não		Tabagismo: ( ) Sim ( ) Não	
Nível de Escolaridade:		Profissão:	
Atividade Física: ( ) Sim ( ) Não		Modalidade(s):	
Tempo de Prática:		Frequência / Duração:	

### 2. COLETA DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS:

Dominância (Qual perna você prefere para chutar uma bola): ( ) Direito ( ) Esquerdo
Membro lesionado mais recente: ( ) Direito ( ) Esquerdo
Membro contralateral lesionado: ( ) Sim ( ) Não
Há quanto tempo você operou o joelho?
Mecanismo de lesão: ( ) Direto ( ) Indireto
Qual enxerto utilizado no procedimento cirúrgico?
Lesões associadas: ( ) Menisco ( ) Ligamento Cruzado Posterior ( ) Ligamento Colateral Medial ( ) Ligamento Colateral Lateral ( ) Nenhuma
Retornou ao esporte no mesmo nível ou superior ao nível pré-lesão? ( )

Retornou ao esporte no nível inferior ao nível pré-lesão? ( )

Não retornou ao esporte? ( )

Se não retornou, tem intenção de voltar? ( ) Sim ( ) Não

### FICHA DE COLETA DOS DADOS

**Paciente:** \_\_\_\_\_ **Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Sexo:** ( ) M ( ) F

**Membro lesionado:** ( ) Direito ( ) Esquerdo **Peso:** \_\_\_\_\_

**Comprimento da perna:** Direita \_\_\_\_\_ Esquerda \_\_\_\_\_

### FORÇA MUSCULAR - DINAMÔMETRO ISOCINÉTICO

	ML	MNL	DÉFICIT
<b>PT Extensão</b>			
<b>PT Flexão</b>			

PT = pico de torque; I/Q = isquiotibiais/quadríceps; ML = membro lesionado; MNL = membro não lesionado

### HOP TEST

	ML			MNL			ISM
	1°	2°	Média	1°	2°	Média	
<b>Simples</b>							
<b>Cruzado</b>							


ML = membro lesionado; MNL = membro não lesionado; ISM = índice de simetria entre os membros

### VERTICAL JUMP TEST – MY JUMP LAB

	ML		MNL	
	SLVJ	SLDJ	SLVJ	SLDJ
<b>Altura do salto</b>				
<b>Tempo de voo</b>				
<b>Energia</b>				
<b>Velocidade de decolagem</b>				
<b>Índice de força reativa</b>				

ML = membro lesionado; MNL = membro não lesionado; SLVJ = single leg vertical jump; SLDJ, single leg drop jump.

## APÊNDICE C – RESUMO VISUAL (INFOGRÁFICO)




### VALIDADE E CONFIABILIDADE DO APLICATIVO MY JUMP LAB NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL EM INDIVÍDUOS QUE PASSARAM POR RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

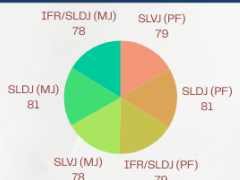
#### OBJETIVOS

Verificar a confiabilidade e a validade do aplicativo My Jump Lab com a plataforma de força e os desfechos relatados pelos pacientes no desempenho do salto vertical em indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA).

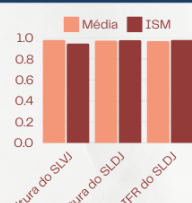
#### MÉTODOS E PARTICIPANTES

Estudo realizado com 80 participantes que praticavam esportes como futebol, vôlei e basquete, que foram submetidos a cirurgia de RLCA, para avaliar o desempenho no salto vertical, através do My Jump (MJ) e da plataforma de força (PF).





**O índice de simetria entre os membros (ISM) foi menor que 90%** para altura do single leg vertical jump (SLVJ) e single leg drop jump (SLDJ) e índice de força reativa (IFR) no SLDJ.




**Foram encontradas correlações muito forte** entre o My Jump Lab e a plataforma de força, para os desfechos de altura do salto, IFR e ISM, dos dois saltos verticais avaliados.

#### O aplicativo My Jump Lab


é um instrumento válido e confiável quando comparado a plataforma de força (padrão-ouro), para avaliar o desempenho no salto vertical em participantes que passaram por cirurgia de RCLA.

#### PRÁTICA CLÍNICA

Considerando o alto custo de instrumentos padrão-ouro, como a plataforma de força, aplicativos móveis como o My Jump Lab se torna uma alternativa econômica e portátil ao equipamento de laboratório tradicional, tornando-o acessível e conveniente para utilização na prática clínica



A correlação do aplicativo variou de fraca a boa com as medidas de resultados relatados pelos pacientes.




### RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR, CAPACIDADE FUNCIONAL E PRONTIDÃO PSICOLÓGICA APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

#### OBJETIVOS

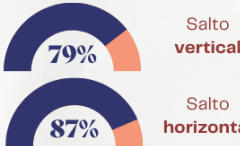
Identificar as correlações do desempenho do salto vertical com o salto horizontal, força muscular de quadríceps e isquiotibiais e medidas de desfechos relatadas em pacientes que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA).

#### MÉTODOS E PARTICIPANTES

Estudo realizado com 80 participantes que praticavam esportes como futebol, vôlei e basquete, que foram submetidos a cirurgia de reconstrução do LCA, para avaliar o desempenho nos saltos (vertical e horizontal), força muscular e desfechos autorreportados.




#### Índice de simetria entre os membros (ISM)



O ISM foi maior nos saltos horizontais – single hop for distance (SHD) e crossover hop for distance (CHD).

#### Salto vertical x salto horizontal

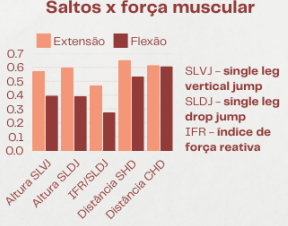


**Foram encontradas correlações positivas e fortes** entre o SLVJ e o SHD e CHD e entre o SLDJ e o SHD. A relação entre o SLDJ e CHD foi classificada de moderada a boa

#### O desempenho nos saltos verticais

apresenta uma relação positiva e forte com os saltos horizontais. Além disso, maiores correlações foram encontradas entre os saltos (vertical e horizontal) e a força muscular de extensão do joelho.

#### Salto x força muscular



Foram encontradas melhores correlações das variáveis dos saltos com a força muscular de **extensão** do joelho.

Os saltos horizontais apresentaram melhores correlações com a capacidade funcional e prontidão psicológica, em relação aos saltos verticais.


#### PRÁTICA CLÍNICA

As descobertas deste estudo podem ser úteis para os clínicos ao longo de um protocolo de reabilitação para pacientes pós-RLCA.

## APÊNDICE D – CARD PARA DIVULGAÇÃO DO ESTUDO PARA O PÚBLICO LEIGO

**RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTÓ VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR E MEDIDAS DE DESFECHOS RELATADAS PELOS PACIENTES APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

Discente: David Bruno Braga de Castro  
Orientador: Prof. Dr. Gabriel Peixoto Leão Almeida




### AS RUPTURAS DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA)



são lesões sérias e representam um fardo significativo para a saúde tanto para a população geral quanto para atletas de elite.

Uma bateria de testes, com avaliação no desempenho dos saltos, força muscular, capacidade funcional e prontidão psicológica são recomendadas para um retorno ao esporte mais seguro.



Os testes de saltos têm sido comumente empregados na avaliação de pacientes após reconstrução do LCA e são projetados para avaliar o desempenho funcional do joelho lesionado com ampla utilização no cenário clínico.

A compreensão do **Fisioterapeuta** acerca do processo de avaliação durante a recuperação de pacientes que passaram por **cirurgia do LCA** é fundamental para que o mesmo tenha um retorno mais seguro à **prática esportiva**.


@ppgfisioufc | @papojoelho

**RELAÇÃO DO DESEMPENHO DO SALTÓ VERTICAL E HORIZONTAL COM A FORÇA MUSCULAR, CAPACIDADE FUNCIONAL E PRONTIDÃO PSICOLÓGICA APÓS RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

PRODUTO 1





**OBJETIVOS DO ESTUDO**

Identificar as correlações do desempenho do salto vertical com o salto horizontal, força muscular de quadríceps e isquiotibiais, capacidade funcional do joelho e prontidão psicológica em pacientes que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior.



@ppgfisioufc | @papojoelho

**RESULTADOS**

-  Foram encontradas correlações positivas forte entre os saltos verticais e saltos horizontais.
-  A simetria entre os membros no salto vertical foi menor (79%) em relação ao salto horizontal (87%).
-  A relação entre o desempenho dos saltos (vertical e horizontal) com a força muscular de extensão do joelho apresentou moderada a boa correlação.
-  A relação entre os saltos verticais com a prontidão psicológica apresentou moderada a boa correlação, enquanto que os saltos horizontais apresentaram moderada a boa correlação com a capacidade funcional e prontidão psicológica.

@ppgfisioufc | @papojoelho

VALIDADE E CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE DO APLICATIVO MY JUMP LAB NO DESEMPENHO DO SALTO VERTICAL EM INDIVÍDUOS QUE PASSARAM POR RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

PRODUTO 2



OBJETIVOS DO ESTUDO

Verificar a confiabilidade teste-reteste e a validade de critério do aplicativo My Jump Lab com a plataforma de força (padrão-ouro) no desempenho do salto vertical em indivíduos que passaram por reconstrução do ligamento cruzado anterior (RLCA).

@ppgfisioufc | @papajoelho



RESULTADOS

- ✓ O My Jump Lab apresentou excelente confiabilidade teste-reteste para altura do salto vertical e índice de força reativa.
- ✓ A avaliação da altura dos saltos verticais, índice de força reativa e o índice de simetria entre os membros avaliada pelo My Jump Lab apresentou correlação muito forte com a plataforma de força.
- ✓ A altura dos saltos apresentou moderada a boa validade de constructo com a prontidão psicológica no aplicativo e plataforma de força.

@ppgfisioufc | @papajoelho

# QUAIS AS NOSSAS CONCLUSÕES?



PRODUTO 1

O desempenho nos saltos tem uma relação positiva forte com a distância nos saltos horizontais. Logo, reforçamos que ambos os saltos (vertical e horizontal) podem ser implementados na prática clínica.



PRODUTO 2

O aplicativo My Jump Lab é uma opção válida e confiável para avaliar o desempenho do salto vertical em pacientes que passaram por cirurgia de RLCA e pode substituir a plataforma de força no ambiente clínico.



## ANEXOS

**ANEXO A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO JOELHO –  
INTERNATIONAL KNEE DOCUMENTATION COMMITTEE (IKDC)**

As respostas devem ser graduadas no mais alto nível de atividade que você acha que pode executar sem sintomas significativos, mesmo que você não esteja realizando-as regularmente.

SINTOMAS

1. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem sentir dor significativa no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude da dor no joelho

2. Desde sua lesão ou durante as últimas quatro semanas, com que frequência você tem sentido dor?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nunca												Constantemente

3. Se você tiver dor, qual a intensidade?

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sem dor												Pior dor imaginável

4. Desde a sua lesão ou durante as quatro últimas semanas, quão rígido ou inchado esteve seu joelho?

- Nem um pouco
- Pouco

- Moderado
- Muito
- Extremamente

5. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem que cause inchaço significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do inchaço no joelho

6. Desde a sua lesão ou durante as últimas quatro semanas seu joelho já travou?

Sim

Não

7. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode realizar sem falseio significativo no joelho?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)
- Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)
- Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)
- Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)
- Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do falseio no joelho

ATIVIDADES ESPORTIVAS

8. Qual é o mais alto nível de atividade física que você pode participar de forma regular?

- Atividade muito vigorosa (como saltar ou girar o tronco como no basquete ou futebol)

Atividade vigorosa (como realizar exercícios físicos intensos como surfe, jogar vôlei ou tênis)

Atividade moderada (como realizar exercícios físicos moderados na academia, correr ou trotar)

Atividade leve (como andar, realizar trabalhos domésticos ou jardinagem)

Incapaz de realizar qualquer uma das atividades acima em virtude do joelho

9. Quanto o seu joelho afeta a sua habilidade de:

		Sem Dificuldade	Fácil	Moderado	Difícil	Incapaz
a	Subir escadas					
b	Descer escadas					
c	Ajoelhar de frente					
d	Agachar					
e	Sentar com os joelhos dobrados					
f	Levantar-se de uma cadeira					
g	Correr para frente					
h	Saltar e aterrissar com a perna lesionada					
i	Frear e acelerar rapidamente					

FUNÇÃO

10. Em uma escala de 0 a 10 (sendo 10 normal e 0 incapaz de realizar suas atividades diárias), como você avaliaria o seu joelho?

Funcionalidade anterior a lesão no joelho:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não consegue executar nenhuma atividade da vida diária												Sem limitações nas atividades da vida diária

Funcionalidade atual do joelho:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Não consegue executar nenhuma atividade da vida diária												Sem limitações nas atividades da vida diária

**ANEXO B – ESCALA PARA MEDIR A PRONTIDÃO PSICOLÓGICA – ANTERIOR  
CRUCIATE LIGAMENT-RETURN TO SPORT AFTER INJURY (ACL-RSI)**

**Instruções:** Responda as questões abaixo de acordo com o nível de atividade e esporte que você praticava antes da lesão. Responda a cada pergunta marcando um X no número entre os dois extremos que melhor descreve sua condição atual.

1. Você está confiante que seu desempenho esportivo está no mesmo nível antes da lesão?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
2. Você acha que terá a mesma lesão no joelho ao praticar seu esporte?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
3. Você se sente apreensivo ao praticar seu esporte?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
4. Você está confiante que não sentirá instabilidade (falseio) no seu joelho ao praticar seu esporte?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
5. Você está confiante que pode praticar seu esporte sem qualquer preocupação com o joelho?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
6. Você se sente frustrado em ter que se preocupar com seu joelho durante sua prática esportiva?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
7. Você sente medo de lesionar novamente seu joelho durante a prática esportiva?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
8. Você está confiante que seu joelho pode se manter estável com o peso do seu corpo sobre ele?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
9. Você tem medo de acidentalmente lesionar seu joelho durante a prática esportiva?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
10. Você evitou praticar sua atividade esportiva por medo de passar mais uma vez por cirurgia ou reabilitação?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
11. Você está confiante sobre sua capacidade de realizar bem sua prática esportiva?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente
12. Você se sente tranquilo (relaxado) para praticar sua modalidade esportiva?												
De modo nenhum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Extremamente

## ANEXO C – APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ PROPESQ - UFC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Relação do desempenho no salto vertical e salto horizontal com a força muscular, prontidão psicológica, capacidade funcional e retorno ao esporte em indivíduos após reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Pesquisador:** DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 78440124.2.0000.5054

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 6.846.530

#### Apresentação do Projeto:

As lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) apresentam maior risco em indivíduos que são expostos a esportes coletivos de alta intensidade, com cenários de mudança de direção ou aterrissagem. Será conduzido um estudo transversal seguindo as recomendações do Strengthening the Reporting of Observational Studies in epidemiology (STROBE). Características antropométricas, demográficas e clínicas serão coletadas, assim como a pontuação dos questionários International Knee documentation Committee Subjective Knee, Anterior Cruciate Ligament-Return to Sport after Injury Scale e Tampa Scale for Kinesiophobia e dos testes de desempenho de salto vertical e horizontal e de força no dinamômetro isocinético. Os dados serão analisados utilizando o Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versão 24.0 com nível de significância  $p < 0,05$ . As relações entre as variáveis serão realizadas através do teste Coeficiente Linear de Pearson ou Spearman.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral

Verificar a relação da performance do salto vertical e salto horizontal com a força muscular de quadríceps e isquiotibiais, prontidão psicológica, capacidade funcional autorreportada, cinesiofobia e retorno ao esporte de indivíduos que passaram por RLCA.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Poderá sentir um pequeno desconforto ou dor durante os testes de salto e mensuração da força muscular. Qualquer constrangimento será evitado mantendo-se o sigilo da sua pessoa.

Benefícios:

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE **Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

Conhecer possíveis relações dos testes de salto vertical e horizontal com a força muscular, prontidão psicológica e função física do joelho, para retorno ao esporte

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de um estudo com desenho transversal que será realizado no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Ceará (UFC). Os dados serão reportados de acordo com o guideline Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE).

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

Todos os termos foram apresentados.

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

Projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2277622.pdf	05/04/2024 21:47:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Mestrado.pdf	05/04/2024 21:45:59	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	05/04/2024 21:41:34	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_TCLE.pdf	05/04/2024 21:41:19	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
Folha de Rosto	David_Folha_de_Rosto_assinado.pdf	09/02/2024 15:25:11	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_assinado_assinado_assinado.pdf	09/02/2024 15:24:58	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito

Outros	Carta_de_Apreciacao_CEP_assinado_assinado.pdf	06/02/2024 19:16:40	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_dos_Pesquisadores_assinado_assinado.pdf	06/02/2024 19:14:30	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito
Orçamento	Orcamento_assinado.pdf	06/02/2024 10:24:27	DAVID BRUNO BRAGA DE CASTRO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**UF:** CE

**Telefone:** (85)3366-8344

**Município:** FORTALEZA

**CEP:** 60.430-275

**E-mail:** comepe@ufc.br

FORTALEZA, 24 de Maio de 2024

---

**Assinado por:**  
**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
**(Coordenador(a))**

**ANEXO D – STRENGTHENING THE REPORTING OF OBSERVATIONAL STUDIES  
IN EPIDEMIOLOGY (STROBE)**

	<b>Item No</b>	<b>Recommendation</b>	<b>Page No</b>
<b>Title and abstract</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract	22
		(b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found	22-23
<b>Introduction</b>			
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported	24-25
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses	25
<b>Methods</b>			
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper	25
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection	25-27
Participants	6	(a) Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants	25-27
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable	27-31
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	27-31
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	31
		(b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions	-
		(c) Explain how missing data were addressed	-
		(d) If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy	-
		(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	31-32
		(b) Give reasons for non-participation at each stage	31
		(c) Consider use of a flow diagram	31-32
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders	32
		(b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest	-
Outcome data	15*	Report numbers of outcome events or summary measures	-
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	33-34
		(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	36
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	38-39
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence	38-39
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results	38-39
<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.

**ANEXO E – GUIDELINES OF REPORTING RELIABILITY AND AGREEMENT  
STUDIES (GRRAS)**

<b>Section</b>	<b>Item #</b>	<b>Checklist item</b>	<b>Reported on page #</b>
Title/Abstract	1	Identify in title or abstract that interrater/intrarater reliability or agreement was investigated.	Yes – Page 47
Introduction	2	Name and describe the diagnostic or measurement device of interest explicitly.	Yes – Page 52
	3	Specify the subject population of interest.	Yes – Page 49-50
	4	Specify the rater population of interest (if applicable).	Yes – Page 49-50
	5	Describe what is already known about reliability and agreement and provide a rationale for the study (if applicable).	Yes – Page 48-49
Methods	6	Ex plain how the sample size was chosen. State the determined number of raters, subjects/objects, and replicate observations.	Partially met – Page 50
	7	Describe the sampling method.	No
	8	Describe the measurement/rating process (e.g. time interval between repeated measurements, availability of clinical information, blinding).	Yes – Page 50-53
	9	State whether measurements/ratings were conducted independently.	Yes – Page 50
	10	Describe the statistical analysis.	Yes – Page 53-54
Results	11	State the actual number of raters and subjects/objects which were included and the number of replicate observations which were conducted.	Partially met – Page 54-56
	12	Describe the sample characteristics of raters and subjects (e.g. training, experience).	Partially met – Page 50
	13	Report estimates of reliability and agreement including measures of statistical uncertainty.	Yes – Page 56-57
Discussion	14	Discuss the practical relevance of results.	Yes – Page 61-63
Auxiliary material	15	Provide detailed results if possible (e.g. online).	No