



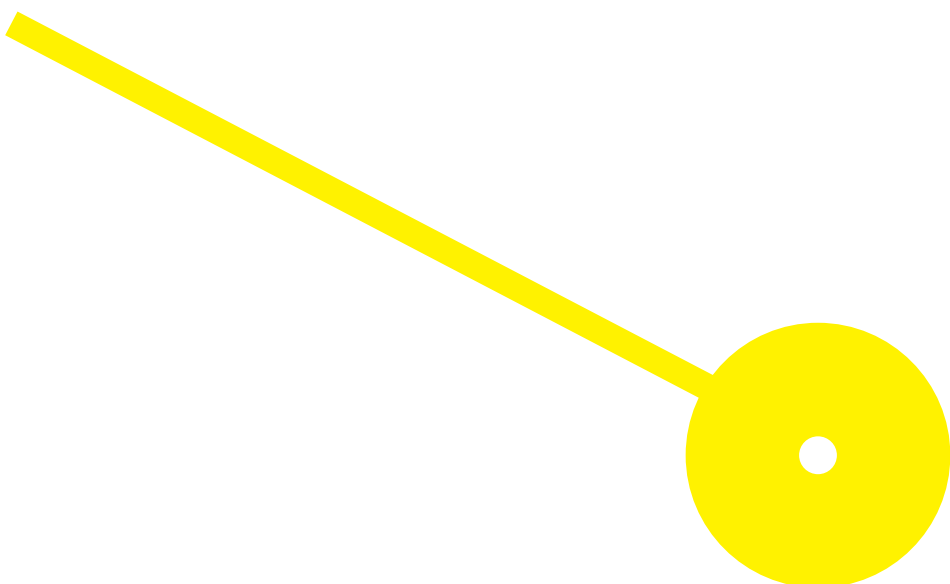
MESTRADO

MESTRADO EM FISIOTERAPIA – OPÇÃO DESPORTO

Dinamometria Isocinética e Single Hop Test pós Ligamentoplastia com excerto Osso Tendão Osso e Semitendinoso

Ricardo Ribeiro da Silva

09/2024





**ESCOLA
SUPERIOR
DE SAÚDE**

**Dinamometria Isocínética e Single Hop Test pós Ligamentoplastia com excerto Osso
Tendão Osso e Semitendinoso**

Autor

Ricardo Ribeiro da Silva

Orientador(es)

Professor Doutor Paulo de Carvalho, E2S|IPP – RISE-Health|T.Bio – CIAFEL|FADEUP

Professor Daniel Caetano, E2S|IPP – ATC de Fisioterapia

Professor Doutor António Mesquita Montes, E2S|IPP – CIR

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Fisioterapia** – Área de Especialização em **Desporto** pela Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Paulo de Carvalho. Uma referência e um dos professores que muito me inspirou desde a licenciatura, pela sua praticabilidade na transferência de conhecimento, visão crítica e desenvolvimento científico, e que sempre se disponibilizou e incentivou-me a dar este passo.

Ao Professor Doutor António Mesquita Montes. Pela amizade, cooperação e disponibilidade.

Ao Professor Luís Daniel Caetano. Pela orientação, opiniões e críticas.

À Mariana e aos filhos, por toda paciência e compreensão, pela disponibilidade e amor.

Resumo

Introdução: A reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) tipicamente utiliza dois tipos de excertos, osso tendão osso (OTO) ou tendão do semitendinoso/gracilis (ST). Durante o processo de reabilitação as avaliações mais comuns são a dinamometria isocinética e Single Hop Test (SHT). **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi perceber as diferenças entre os dois excertos nestas avaliações e se existem correlações entre as mesmas.

Métodos: O estudo é classificado como observacional analítico, sendo que 16 indivíduos submetidos a ligamentoplastia do LCA há 8-48 meses foram divididos em dois grupos (OTO e ST), e foram avaliados com dinamómetro isocinético os movimentos de extensão e flexão a 60º/s e 180º/s e SHT. Foram utilizados os testes de Mann-Whitney para verificar a existência de diferenças entre os grupos e os testes de Pearson e Spearman para verificar a existência de correlações entre as variáveis, com um nível de significância de 0,05.

Resultados: Para o membro lesado, o grupo ST apresenta valores estatisticamente significativos superiores na extensão tanto a 60º/s como a 180º/s no Peak Torque ($p=0,042$ e $p=0,031$ respetivamente) e Total Work ($p=0,028$ e $p=0,019$ respetivamente). Verificaram-se correlações significativas positivas entre o SHT e PT/BW (Peak Torque/Body Weight) no membro lesado, forte no caso da extensão a 60º/s ($r=0,656$; $p=0,006$) e moderada a 180º/s ($r=0,535$; $p=0,033$), e moderada entre o SHT e o PT no membro lesado na extensão tanto a 60º/s ($r=0,578$; $p=0,019$) como a 180º/s ($r=0,516$; $p=0,041$).

Conclusão: Para o membro lesado, o grupo com excerto ST apresenta valores superiores na dinamometria isocinética (PT e Total Work). Verificaram-se correlações positivas entre a dinamometria isocinética e SHT.

Palavras-chave: Cirurgia LCA; Salto; Dinamómetro isocinético; Atletas;

Abstract

Introduction: Anterior cruciate ligament (LCA) reconstruction typically uses two types of autografts, bone tendon bone (OTO) or semitendinosus/gracilis tendon (ST). During the rehabilitation process, the most common evaluations are isokinetic dynamometry and Single Hop Test (SHT). **Objectives:** The aim of this study was to understand the differences between the two autografts in these evaluations and whether there are correlations between them.

Methods: The study is classified as analytical observational study, and 16 individuals who underwent ACL ligamentoplasty 8–48 months ago were divided into two groups (OTO and ST), and the extension and flexion movements at 60°/s and 180°/s and SHT were evaluated with an isokinetic dynamometer. The Mann–Whitney test was used to verify the existence of differences between the groups, and the Pearson and Spearman tests were used to verify the existence of correlations between the variables, with a significance level of 0.05.

Results: For the injured limb, the ST group presents statistically significant higher values in extension at both 60°/s and 180°/s in Peak Torque ($p=0.042$ and $p=0.031$ respectively) and Total Work ($p=0.028$ and $p=0.019$ respectively). Significant positive correlations were found between the SHT and PT/BW (Peak Torque/Body Weight) in the injured limb, strong in the case of extension at 60°/s ($r=0.656$; $p=0.006$) and moderate at 180°/s ($r=0.535$; $p=0.033$), and moderate between the SHT and PT in the injured limb at extension both at 60°/s ($r=0.578$; $p=0.019$) and at 180°/s ($r=0.516$; $p=0.041$).

Conclusion: For the injured limb, the group with ST autograft presents higher values in isokinetic dynamometry (PT and Total Work). Positive correlations were found between isokinetic dynamometry and SHT.

Keywords: ACL reconstruction; Jump; Isokinetic Dynamometer; Athletes

Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Métodos.....	3
2.1.	Desenho do estudo.....	3
2.2.	Participantes.....	4
2.3.	Considerações éticas.....	4
2.4.	Instrumentos.....	5
2.4.1.	Questionário de caracterização.....	5
2.4.2.	Esfigmomanómetro digital.....	5
2.4.3.	Balança digital e estadiómetro.....	5
2.4.4.	Bicicleta ergométrica.....	5
2.4.5.	Dinamómetro isocinético Biodex System Pro 3®.....	5
2.5.	Procedimentos.....	6
2.5.1.	Estudo piloto.....	6
2.5.2.	Caracterização da amostra.....	6
2.5.1.	Medição da frequência cardíaca e pressão arterial.....	6
2.5.2.	Medição de peso e estatura.....	6
2.5.3.	Aquecimento na bicicleta ergométrica.....	6
2.5.4.	Testes funcionais.....	7
2.5.5.	Dinamometria Isocinética.....	7
2.6.	Procedimentos estatísticos.....	9
3.	Resultados.....	10
3.1.	Seleção e caracterização.....	10
3.2.	Outcomes do estudo.....	11
4.	Discussão.....	21
5.	Conclusão.....	24
6.	Referências Bibliográficas.....	24
	Figura 1 – Posicionamento do paciente no dinamómetro.....	8
	Figura 2 – Diagrama da amostra. RLCA – Reconstrução Ligamento Cruzado Anterior.....	10

Tabela 1 - Caracterização da amostra	11
Tabela 2 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de extensão a 60º/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; º – graus; J – Joule..	12
Tabela 3 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de flexão a 60º/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; º – graus; J – Joule.	13
Tabela 4 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de extensão a 180º/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; º – graus; J – Joule..	14
Tabela 5 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de flexão a 180º/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; º – graus; J – Joule.	16
Tabela 6 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria do Single Hop Test. SHT – Single Hop Test; LSI– Rácio de simetria de membros.	17
Tabela 7 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de extensão a 60º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros.....	17
Tabela 8 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de flexão a 60º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros.....	18
Tabela 9 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de extensão a 180º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros.....	19

Tabela 10 – Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de flexão a 180º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros.....20

Anexos:

Anexo 1 – Checklist Strobe

Lista de Abreviaturas:

LCA- Ligamento Cruzado Anterior

ST – Semitendinoso/Gracilis

OTO – Osso Tendão Osso

PT – Peak Torque

LSI – Rácio de Simetria de Membros

SHT – Single Hop Test

CIR – Centro de Investigação em Reabilitação

MI – Membro Inferior

END – Escala Numérica da Dor

IMC – Índice de Massa Corporal

PT/BW – Peak Torque/Body Weight

1. Introdução

A lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) é uma das mais frequentes lesões ligamentares (Allende et al., 2024, Mikkelsen et al., 2000), comum em desportos de contacto, que envolvam saltos e mudanças de direção, (Grindem et al., 2016, Magnusson et al., 2020, San Jose et al., 2023) representando 46 lesões por cada 100000 indivíduos na Alemanha (Jia et al., 2024, Kohn et al., 2020). A incidência de lesão duplica em indivíduos do sexo feminino (Magaña-Ramírez et al., 2024). É estimado que 1 em cada 60 atletas tenha esta lesão ao longo da sua vida enquanto atleta e que 94% dessas lesões passem por uma reconstrução cirúrgica do mesmo ligamento (Tummala et al., 2024). Esta lesão está associada a uma diminuição da qualidade de vida, aumentando o risco de osteoartrite em 10 vezes (Magnusson et al., 2020), sendo a lesão mais cara a reabilitar e estando também associada a longos períodos de incapacidade (Mikkelsen et al., 2000).

São bem conhecidos os fatores de risco para a rutura do LCA, como piso com maior aderência (Olsen et al., 2003), tipo de calçado (Lambson et al., 1996), mudanças de direção com velocidade (Hewett et al., 2005), nível desportivo (Myklebust et al., 1998), alteração do controlo neuromuscular (Hewett et al., 2005), entre outros. Estima-se também que a lesão do LCA tenha uma contribuição genética de cerca de 69% (Magnusson et al., 2020), e que o risco desta lesão aumenta entre 20% a 140% se um irmão gémeo teve lesão do LCA (Magnusson et al., 2020).

É recomendado a indivíduos entre os 20 e 30 anos serem tratados de forma cirúrgica, bem como a indivíduos acima dos 40 anos que pretendam manter uma vida ativa e que tenham instabilidade nas atividades de vida diária (Cinque et al., 2017). Esta recomendação vem na tentativa de prevenir lesão meniscal (no caso de lesão isolada do LCA) ou cartilagem, em indivíduos com instabilidade da articulação, estando esta associada a uma degeneração mais rápida da articulação do joelho (Cinque et al., 2017, Jia et al., 2024). Para além disso, em relação ao seu custo-efetividade, o tratamento cirúrgico representará aproximadamente 65% do valor despendido no tratamento conservador (Mather et al., 2013).

A grande necessidade de intervenção cirúrgica, relembra a importância de perceber as diferenças entre os tipos de excertos utilizados e o seu respetivo impacto a nível funcional (Allende et al., 2024, Hetsroni et al., 2024, Tummala et al., 2024). No processo de tomada de decisão acerca do tipo de excerto a ser utilizado, dever-se-ia ter em conta as comorbidades não só da própria lesão,

mas também do local dador do excerto e as repercussões que cada tipo de cirurgia apresenta (Nyland et al., 2016).

Tipicamente, os excertos autólogos utilizados são do tendão semitendinoso/gracilis (ST) ou do tendão rotuliano, conhecido como osso tendão osso (OTO), (Engelen-van Melick et al., 2013, Hetsroni et al., 2024, Kaarre et al., 2024, Mouarbes et al., 2019, Timmins et al., 2016, Tummala et al., 2024) e menos comum do tendão quadricipital (Kaarre et al., 2024, Mouarbes et al., 2019). O excerto OTO apresenta como comorbilidades dor anterior do joelho, dificuldade a ajoelhar, possibilidade de fratura da rótula ou rutura do tendão (Dave et al., 2024, Nyland et al., 2016). O excerto ST apresenta como comorbilidades menos dor do local dador comparando com o OTO e menor incidência de osteoartrite (Mouarbes et al., 2019). Para além das comorbilidades já referidas, com qualquer um dos excertos poderá existir um compromisso da função neuromuscular (Nyland et al., 2016), como o *Peak Torque* (PT), *Total Work* ou taxa de produção de força (Engelen-van Melick et al., 2013, Nielsen et al., 2020, Sueyoshi et al., 2017).

Um ponto importante no processo de reabilitação é o momento de alta e retorno à participação desportiva sem limitações. Após a sua reabilitação, vários estudos demonstram a possibilidade de os indivíduos apresentarem bons resultados clínicos e funcionais (amplitude de movimento, níveis de força, etc) após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA), permitindo regressar ao mesmo nível competitivo anterior à lesão, ou próximo dele (Allende et al., 2024, Timmins et al., 2016, Tummala et al., 2024). Ao mesmo tempo, outros, indicam que 81% a 91,9% dos indivíduos que realizaram a reconstrução do LCA voltam a praticar desporto mas apenas 51,5% a 55% volta ao mesmo nível competitivo (Arderm et al., 2014, Korkoman et al., 2023, Nyland et al., 2016).

Nesse momento de alta, um fator impactante é o medo de recidiva e de reiniciar o processo de reabilitação (Nyland et al., 2016). Para minimizar esse risco e existir mais certezas no processo de tomada de decisão, é necessário possuir informações e dados atuais do individuo acerca do estado físico, mental, condicionamento geral, entre outros fatores (Nyland et al., 2016). Existe evidência de que uma reabilitação inadequada, combinada com uma alta prematura ou avaliação não objetiva poderá limitar a performance desportiva e aumentar o risco de recidiva. Contudo, ainda existe heterogeneidade dos protocolos de reabilitação e de alta na literatura científica (Kotsifaki et al., 2023).

Está preconizada a restrição de atividades baseado no tempo pós-cirúrgico, respeitando o processo biológico de cicatrização, e a avaliação do estado funcional do indivíduo através de

baterias de testes (Grindem et al., 2016). Nesta avaliação devem ser incluídos testes de força (medições isocinéticas concêntricas e excêntricas dos músculos quadríceps e isquiotibiais) e testes funcionais, onde se destacam os testes de salto (*Hop Test*) (Engelen-van Melick et al., 2013, Fitzgerald et al., 2001, Grindem et al., 2016).

O rácio de simetria de membros (LSI) é o critério mais utilizado (Engelen-van Melick et al., 2013, Grindem et al., 2016, San Jose et al., 2023) para avaliar se um teste é considerado normal ou anormal, comparando o lado lesionado com o lado não envolvido. Este valor é expresso em percentagem (lesionado/não envolvido * 100 = LSI) e a referência para considerar o teste normal é valor igual ou maior a 80% e valor igual ou maior a 85% (Engelen-van Melick et al., 2013, Fitzgerald et al., 2001).

O objetivo da reabilitação, para além do controlo inflamatório, dor e amplitude de movimento, é restabelecer a força do membro inferior e a estabilidade dinâmica sem interferir no processo de cicatrização do excerto. Deste modo, a escolha dos exercícios e a progressão dos mesmos irá ser diferente tendo em conta o tipo de excerto utilizado (Escamilla et al., 2012).

Considerando que existe uma alteração da estrutura do local dador (aparelho extensor ou aparelho flexor), e que os tipos de exercícios serão adaptados a cada um, o objetivo deste estudo foi comparar as diferenças entre os dois principais tipos de excertos (ST e OTO) na dinamometria isocinética a 60º/s e 180º/s e no *Single Hop Test* (SHT) e perceber se existe correlação entre a dinamometria isocinética e SHT. Os critérios de alta após reabilitação da reconstrução do LCA acabam por se basear nos valores de LSI nas avaliações de força e testes funcionais. Existindo uma correlação entre as duas avaliações, poderemos assumir aquela que for mais económica e de mais fácil aplicação.

2. Métodos

2.1. Desenho do estudo

O estudo é classificado como observacional, visto ser utilizado para descrever o estado de uma população, e transversal, uma vez que fornece resultados da população alvo num momento preciso, tendo por base as *guidelines* STROBE (anexo 1).

Este é um estudo analítico, utilizado para avaliar se existe uma relação entre variáveis, permitindo a criação de hipóteses de associação, ainda que não possa ser estabelecida uma relação forte de causa-efeito.

2.2. Participantes

O estudo foi realizado no Centro de Investigação em Reabilitação (CIR) entre abril e junho de 2023 e incluiu uma amostra de atletas (n = 16) de vários ramos desportivos submetidos a Reconstrução do LCA (ST ou OTO).

A amostra foi escolhida com base no preenchimento de um questionário on-line (divulgado através de um link nas redes sociais e clínicas) que permitiu caracterizar a amostra e selecionar os participantes mediante critérios de seleção.

Os critérios de inclusão para o estudo foram: história de lesão do ligamento cruzado anterior; ter realizado a respetiva ligamentoplastia utilizando enxerto do Feixe duplo do semitendinoso e gracilis (excerto ST) ou do Tendão Rotuliano (excerto OTO); encontrar-se no período pós-operatório entre 3 meses e 5 anos e ter idade compreendida entre 18 e 35 anos.

Foram orientados a não realizar atividade física nas 24 horas que antecederam os testes, para que houvesse descanso suficiente pré-avaliação e aconselhados a usarem roupas que permitam o livre movimento do membro inferior (MI). Participantes que reportaram sintomatologia dolorosa maior que 2/10 na Escala Numérica da Dor (END) no decorrer do teste foram excluídos por questões de segurança e para controlar o enviesamento dos resultados.

A amostra deste estudo é por conveniência não probabilística, uma vez que os participantes integram o estudo de forma voluntária.

2.3. Considerações éticas

Todos os indivíduos foram informados das condições, objetivos e metodologia da investigação. Foram também informados da possibilidade de não participação ou desistência em qualquer momento, sem nenhuma penalização por este facto. Após confirmação da sua participação voluntária foi assinado o consentimento informado segundo o protocolo da Declaração de Helsínquia.

A aprovação do estudo pela comissão de ética foi concedida pela Comissão de Ética da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto (Processo nº 1137/23).

A recolha, tratamento e armazenamento de dados pessoais cumprirá o Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento e do Conselho Europeu e a Lei Portuguesa 58/2019. Desta forma, foram garantidos o anonimato e a confidencialidade dos dados uma vez que os investigadores principais atribuíram um código ao participante e aos dados relativos aos questionários

aplicados. Por outro lado, os dados pessoais (nome, contacto telefónico e correio eletrónico) somente foram utilizados pelos investigadores principais em caso de necessidade de contacto com os participantes.

Antes da participação, todos os participantes leram e assinaram o Consentimento Informado.

2.4. Instrumentos

2.4.1. Questionário de caracterização

Foi utilizado um questionário para selecionar e caracterizar a amostra, onde foram apurados dados gerais da amostra e dados específicos da lesão, processo cirúrgico e consequente reabilitação.

2.4.2. Esfigmomanómetro digital

Foi utilizado um esfigmomanómetro digital para medir a pressão arterial e frequência cardíaca em repouso dos sujeitos da pesquisa, modelo OMRON M2, com um erro de 1 mm/Hg e 1 bpm.

2.4.3. Balança digital e estadiómetro

Para registo do peso e da estatura, foram utilizados uma balança digital e um estadiómetro, respetivamente, modelo Fitness Scale 7850, com um erro de 100g e 0,5 cm, respetivamente.

2.4.4. Bicicleta ergométrica

Para aquecimento dos pacientes, utilizou-se uma bicicleta ergométrica, modelo Monark (E928).

2.4.5. Dinamómetro isocinético Biodex System Pro 3®

O dinamómetro isocinético Biodex System 3 Pro® é um equipamento que permite mensurar objetiva e quantitativamente o desempenho muscular, avaliando parâmetros físicos da função muscular, como força, trabalho, potência e resistência.

Todos os sistemas isocinéticos são baseados no princípio de que o braço de alavanca se move a uma velocidade angular pré-determinada em graus/segundo ($^{\circ}/s$), por maior que seja a força no giro, ou no momento, aplicada pelo participante. Se este aplicar mais força, o aparelho aumenta sua resistência de forma correspondente e mantém o movimento dentro da velocidade pré-determinada.

Todos os equipamentos utilizados encontravam-se calibrados, de modo a permitir a obtenção de registos fidedignos. A dinamometria isocinética é o *gold standard* para a avaliação de força após Reconstrução do LCA e já foi demonstrado que é um instrumento válido e fiável (ICC=0,81-0,97) (Brosky et al., 1999).

2.5. Procedimentos

2.5.1. Estudo piloto

Para preparar os procedimentos e antecipar dificuldades que poderiam surgir no decorrer do estudo, foi realizado um estudo piloto com dois indivíduos.

2.5.2. Caracterização da amostra

Previamente ao início da preparação para avaliação da dinamometria isocinética, foram recolhidas informações gerais dos participantes e identificação das características dos mesmos. As informações obtidas foram registadas num segundo questionário predefinido na plataforma Excel, de modo a facilitar a posterior análise estatística.

2.5.1. Medição da frequência cardíaca e pressão arterial

O registo da pressão arterial e frequência cardíaca foi feito com recurso a um esfigmomanómetro digital e teve por objetivo verificar se os pacientes se encontravam em condições cardiovasculares para realização do teste. Foi realizado com o paciente sentado, e com o membro a ser avaliado relaxado e apoiado.

2.5.2. Medição de peso e estatura

O participante encontrou-se descalço e em pé, com os pés juntos e virados para frente, ombros relaxados e membros superiores ao longo do corpo. Para registo da estatura, foi solicitado ao participante a realização de uma inspiração máxima, seguida de apneia, para então se realizar a leitura.

2.5.3. Aquecimento na bicicleta ergométrica

Após o preenchimento das informações gerais e medidas da pressão arterial, frequência cardíaca, peso e estatura, os pacientes foram posicionados na bicicleta ergométrica para aquecimento.

O tempo de aquecimento foi de 5 minutos. Não foi pré-determinada a velocidade, apenas se solicitou aos participantes que mantivessem o movimento constante. Os participantes realizaram o aquecimento com uma percepção subjetiva de esforço entre os valores 4 e 5 avaliado através da escala de Borg Modificada.

2.5.4. Testes funcionais

Para a realização dos testes funcionais, foi necessária a colocação prévia de uma fita métrica colada ao chão, assim como a colocação de uma linha de referência do ponto de partida (0 metros), num piso regular e não escorregadio.

Procedeu-se à realização do SHT, que consiste num salto horizontal unipodal, com recepção ao solo com a mesma perna. A medição da distância percorrida foi calculada desde a linha de partida até à linha do calcâneo.

Foi realizada uma demonstração prévia do procedimento por um dos investigadores, na qual foi referida que estaria autorizado a recorrer ao movimento dos membros superiores. Primeiramente, cada indivíduo efetuou três repetições para treino, seguido de três séries de três repetições para cada membro inferior, alternadamente, com um período de descanso entre séries de um minuto. Para análise estatística, foi realizada a média das três tentativas. Em todos os momentos de avaliação os indivíduos foram incentivados a realizar a maior distância possível, sem abdicar de uma recepção ao solo estável (manter o equilíbrio por dois segundos). Caso a repetição do teste não fosse válida pelo recurso de qualquer tipo de compensação que tenha sido mencionada, foi pedido aos participantes que repetissem o salto, após novo período de repouso. O SHT é um teste válido e fiável, sendo *gold standard* para avaliar a função do joelho após reconstrução do LCA (ICC=0,86-0,95) (Almangoush & Herrington, 2014).

2.5.5. Dinamometria Isocinética

Após 5 minutos de descanso, sucedeu-se a realização do exame isocinético. Em primeiro lugar, foram inseridos os dados dos voluntários no programa, nomeadamente: nome completo, altura, peso corporal, género, membro dominante, membro lesado e identificação do exame (número atribuído ao teste), assim como selecionado o protocolo concêntrico/concêntrico (con/con) para

movimentos de flexão e extensão do joelho, com 5 repetições à velocidade angular de 60°/s e 7 repetições à velocidade angular de 180°/s. O teste foi iniciado pelo membro inferior não lesado e, só depois, foi realizado ao membro sujeito à reconstrução do LCA (Başdelioğlu et al., 2019). Entre séries ocorreu um período de repouso com duração de, aproximadamente, 90 segundos (Güzel et al., 2022).

Para uma correta execução do teste, é necessário que o indivíduo permaneça na posição de sentado na cadeira do dinamômetro isocinético, de modo que o ângulo de flexão das coxofemorais seja 85° (Güzel et al., 2022). De forma a isolar os movimentos de análise do teste, ou seja, movimentos de extensão e flexão do joelho, procedeu-se à estabilização do tronco (através de duas fitas cruzadas), da cintura, do terço médio da coxa e ao nível da articulação tibiotársica (colocada 3 a 5 cm acima do maléolo medial da tibia). (Güzel et al., 2022) Seguidamente, foi alinhado o côndilo lateral do fêmur com o eixo do braço de alavanca do aparelho, definindo a amplitude de movimento desde os 0° até, aproximadamente, 90° (Güzel et al., 2022).



Figura 1 - Posicionamento do paciente no dinamômetro

O cálculo do peso do membro e do aparelho foi realizado de forma a obter a correção da gravidade (*gravity effect torque*) a 30° de flexão do joelho, quando, depois de atingida a posição, solicitava-se aos participantes o relaxamento completo do membro (Carvalho, 2010).

O *gravity effect torque* é efetuado pelo dinamómetro e registado pelo software. Este é adicionado aos movimentos contra a gravidade e subtraído aos movimentos assistidos pela gravidade, como por exemplo, no joelho, os quadríceps trabalham contra a gravidade e os isquiotibiais são assistidos pela gravidade. Por conseguinte, é adicionado à extensão e subtraído à flexão para compensar o efeito da gravidade. Ao fazer isto, é dado um valor de binário não enviesado (Carvalho, 2010).

Antes de iniciar o teste, os atletas executaram três repetições submáximas prévias para se adaptar ao equipamento. Durante a realização do mesmo, o indivíduo deve expressar a máxima intenção de produção de força em todos os ângulos do movimento da articulação. Durante o teste, os participantes foram ainda orientados a colocar as mãos cruzadas à frente do peito, de forma a isolar o grupo muscular alvo de avaliação, minimizando o trabalho de músculos que interferissem nos resultados.

Os parâmetros de dinamometria isocinética recolhidos foram:

- *Peak Torque; PT/BW; Time to PT; Angle of PT; Total Work; Ago/Antag Ratio; Acceleration Time; Deceleration Time*

2.6. Procedimentos estatísticos

Todas as informações obtidas no questionário, testes funcionais, assim como os valores dos parâmetros do exame isocinético de cada participante, foram organizados num documento Excel e exportados para o programa Software Predictive Analytics Software Statistic 28 (SPSS versão 28) para análise estatística do estudo, com um nível de significância de 0,05.

Como estatística descritiva, foi determinada a média e desvio padrão das variáveis em estudo, bem como medianas e percentis 25 e 75. Foi utilizado o teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade das variâncias. No caso da comparação entre os grupos, como um dos grupos tinha um "n" menor que 10, optou-se por utilizar estatística não paramétrica.

Na estatística inferencial foi utilizado o teste de Mann-Whitney para comparar os grupos nos outcomes de estudo. Para estabelecer correlações entre as variáveis do isocinético e do SHT, foi aplicada a correlação de Pearson para quando ambas seguissem a normalidade, e a correlação de Spearman quando pelo menos uma das variáveis não seguiu a normalidade. A força das correlações foi também analisada baseada nas *guidelines* do *British Medical Journal*, com a significância do coeficiente de correlação de 0-0,19 de muito fraca, 0,2-0,39 de fraca, 0,4-0,59 de moderada, 0,6-0,79 de forte e 0,8-1,0 de muito forte.

3. Resultados

3.1. Seleção e caracterização

Durante o processo de recolha da amostra foram identificados, através da aplicação de um questionário, 33 possíveis participantes. Dos 33 indivíduos identificados, 17 foram excluídos por apresentarem pelo menos um dos seguintes critérios de exclusão: apresentar dor no joelho aquando da resposta ao questionário e/ou realização do teste; lesões e/ou cirurgia nos joelhos ou associadas aos mesmos, prévio à lesão que gerou o quadro clínico atual; ter sido sujeito a ligamentoplastia do LCA em ambos os joelhos. Desta forma, restaram 16 indivíduos, divididos em dois grupos (excerto OTO com 6 indivíduos e excerto ST com 10 indivíduos), constituindo a amostra final.

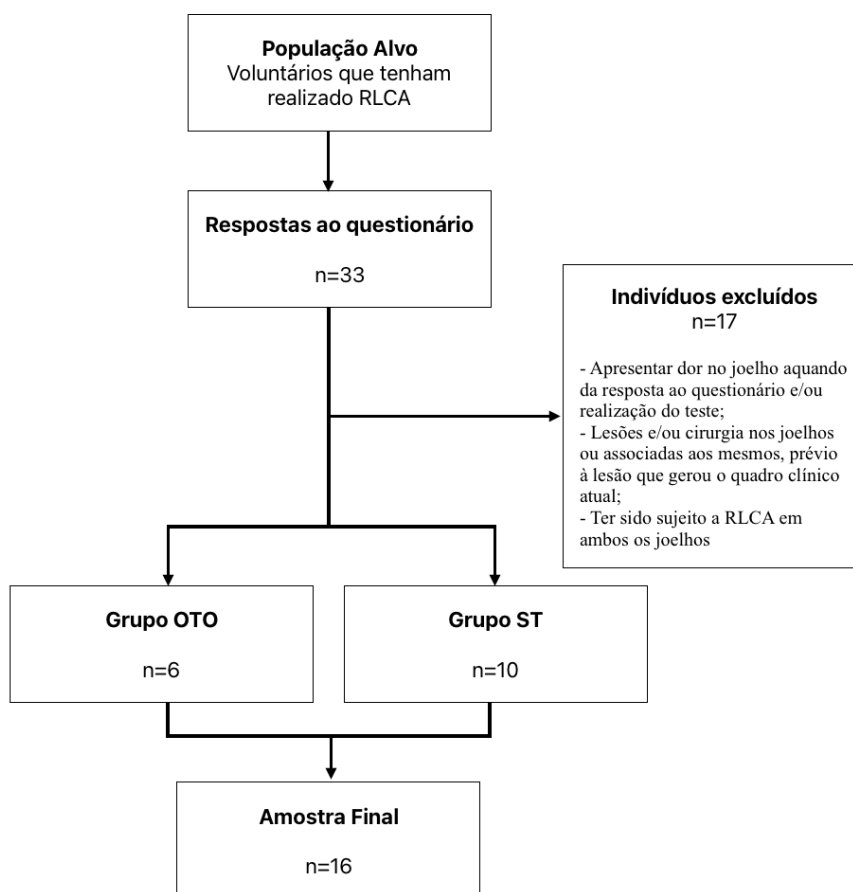


Figura 2 – Diagrama da amostra. RLCA – Reconstrução Ligamento Cruzado Anterior

A dimensão da amostra final foi de 16 participantes, 50% do sexo masculino e 50% do sexo feminino, estando a idade compreendida entre os 20 e 29 anos ($23,18 \pm 2,48$). Em relação às medidas antropométricas avaliadas, a altura dos participantes variou entre 161,00 cm e 185,00 cm ($173,18 \pm 2,4$ cm); os valores do peso variaram entre 49 Kg e 81 Kg ($69,09 \pm 10,76$ Kg), e por último, os valores de Índice de Massa Corporal (IMC) variaram entre 18,20 Kg/m² e 25,90 Kg/m² ($22,92 \pm 2,51$ Kg/m²). Relativamente ao tempo pós-operatório aquando da realização das avaliações, verificou-se uma variação dos valores entre 3 e 48 meses pós-cirurgia (média: $20,91 \pm 12,86$ meses). No que diz respeito ao período em que cada participante realizou fisioterapia na fase pós-cirúrgica, os valores variam entre 3 e 9 meses ($6,36 \pm 1,63$ meses) (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização da amostra

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	20	29	23,18	2,48
Altura (cm)	161	185	173,18	2,4
Peso (Kg)	49	81	69,09	10,76
IMC (Kg/m ²)	18,2	25,9	22,92	2,51
Tempo pós-operatório (meses)	8	48	20,91	12,86
Tempo de reabilitação (meses)	3	9	6,36	1,63

3.2. Outcomes do estudo

Verificou-se que das 64 variáveis em estudo da dinamometria isocinética, 49 apresentaram uma distribuição normal ($p > 0,05$), enquanto as restantes 15 variáveis não apresentaram distribuição normal ($p < 0,05$). No teste funcional do SHT, as variáveis de estudo apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$).

Na comparação entre grupos apenas 5 variáveis em estudo (2 na dinamometria isocinética a 60°/s e 3 na dinamometria isocinética a 180°/S) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Estas variáveis foram o PT e Total Work no movimento de extensão do membro lesado tanto a 60°/s ($p = 0,042$ no PT e $p = 0,028$ no Total Work) como a 180°/S ($p = 0,031$ no PT e $p = 0,019$ no Total Work), e na desaceleração do movimento de flexão a 180°/s do membro não lesado

($p=0,007$), sendo significativamente maior no grupo ST em comparação com o grupo OTO em todas estas variáveis. Contudo, apesar de existir uma diferença significativa entre grupos no PT, quando analisada a variável de PT/BW, esta diferença não foi significativa. Nas restantes variáveis também não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos com excerto OTO e ST.

Tabela 2 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de extensão a 60°/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; ° – graus; J – Joule.

Dinamometria isocinética de extensão a 60°/s	ST	OTO	Comparação entre grupos (valor de prova)
PT não lesado (Nm)	206,100 [156,650; 222,900]	176,100 [135,750; 210,350]	0,313
PT lesado (Nm)	167,500 [142,250; 211,200]	140,150 [96,125; 155,025]	0,042
PT/BW não lesado (%)	281,450 [249,775; 296,225]	281,650 [221,225; 324,275]	1,00
PT/BW lesado (%)	236,550 [229,000; 292,725]	218,450 [157,35; 256,95]	0,118
Time PT não lesado (ms)	385,000 [320,000; 412,5]	410,000 [315,000; 490,000]	0,611
Time PT lesado (ms)	340,000 [272,500; 400,000]	380,000 [340,000; 495,000]	0,199
Angle PT não lesado (°)	62,000 [57,250; 68,250]	56,000 [49,500; 62,000]	0,152
Angle PT lesado (°)	65,000 [62,750; 69,250]	65,000 [58,000; 69,000]	0,746
Total work não lesado (J)	854,900 [634,975; 962,675]	776,900 [681,050; 826,550]	0,310

Total work lesado (J)	748,950 [643,575; 1021,900]	639,600 [523,750; 649,500]	0,028
Ago/antag rácio não lesado (%)	49,000 [43,450; 52,325]	54,650 [48,425; 61,794]	0,118
Ago/antag rácio lesado (%)	47,500 [45,600; 52,775]	56,550 [50,825; 71,548]	0,073
Acc não lesado (ms)	30,000 [20,000; 32,5]	30,000 [17,500; 40,000]	0,824
Acc lesado (ms)	30,000 [20,000; 42,500]	20,000 [17,5; 47,500]	0,361
Des não lesado (ms)	60,000 [50,000; 135,000]	60,000 [57,500; 70,000]	0,943
Des lesado (ms)	80,000 [45,000; 130,000]	50,000 [40,000; 62,500]	0,167
LSI (%)	92,750 [79,750; 100,825]	79,050 [67,600; 91,425]	0,099

Tabela 3 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de flexão a 60°/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; ° – graus; J – Joule.

Dinamometria isocinética de Flexão a 60°/s	ST	OTO	Comparação entre grupos (valor de prova)
PT não lesado (Nm)	100,200 [77,925; 107,550]	84,200 [81,175; 112,350]	0,854
PT lesado (Nm)	82,400 [72,725; 102,825]	78,850 [64,100; 86,800]	0,492
PT/BW não lesado (%)	139,050 [123,450; 149,225]	138,150 [134,250; 167,975]	0,562
PT/BW lesado (%)	120,950 [111,025; 142,300]	123,550 [110,150; 130,750]	0,713
Time PT não lesado (ms)	520,000	430,000	0,217

	[307,500; 720,000]	[260,000; 475,000]	
Time PT lesado (ms)	420,000	380,000	0,883
	[320,000; 495,000]	[345,000; 470,000]	
Angle PT não lesado (°)	31,500	20,000	0,082
	[17,250; 40,250]	[9,000; 24,500]	
Angle PT lesado (°)	23,000	27,000	0,531
	[16,500; 35,500]	[20,500; 41,000]	
Total work não lesado (J)	521,450	472,700	0,371
	[429,150; 634,950]	[440,450; 542,600]	
Total work lesado (J)	446,600	430,000	0,594
	[371,100; 620,750]	[361,8000; 469,600]	
Acc não lesado (ms)	40,000	40,000	0,266
	[37,500; 52,500]	30,000; 40,000]	
Acc lesado (ms)	40,000	35,000	0,991
	[20,000; 45,000]	[30,000; 42,500]	
Des não lesado (ms)	195,000	170,000	0,656
	[105,000; 270,000]	[37,500; 252,500]	
Des lesado (ms)	90,000	125,000	0,726
	[82,500; 222,500]	[52,500; 167,500]	
LSI (%)	95,150	79,800	0,093
	[82,650; 97,300]	[75,025; 92,275]	

Tabela 4 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de extensão a 180°/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; ° – graus; J – Joule.

Dinamometria isocinética de extensão a 180°/s	ST	OTO	Comparação entre grupos (valor de prova)
PT não lesado (Nm)	137,150	115,000	0,093
	[114,600; 152,650]	[94,850; 128,975]	
PT lesado (Nm)	118,600	98,950	0,031
	[106,625; 143,275]	[72,025; 108,300]	

PT/BW não lesado (%)	195,500 [179,200; 205,850]	188,150 [154,700; 201,325]	0,444
PT/BW lesado (%)	175,250 [164,825; 198,300]	150,300 [117,850; 186,000]	0,118
Time PT não lesado (ms)	170,000 [147,500; 180,000]	160,000 [145,000; 175,000]	0,668
Time PT lesado (ms)	170,000 [150,000; 232,500]	160,000 [150,000; 205,000]	0,699
Angle PT não lesado (°)	59,500 [55,500; 63,250]	56,000 [48,500; 62,500]	0,454
Angle PT lesado (°)	55,000 [52,250; 61,250]	63,000 [54,000; 66,500]	0,152
Total work não lesado (J)	874,750 [753,125; 1005,300]	747,500 [666,600; 825,050]	0,129
Total work lesado (J)	781,750 [683,600; 994,950]	681,200 [519,950; 695,850]	0,019
Ago/antag rácio não lesado (%)	56,300 [54,225; 65,125]	63,800 [55,825; 72,531]	0,428
Ago/antag rácio lesado (%)	58,050 [53,200; 59,925]	64,050 [52,325; 71,673]	0,313
Acc não lesado (ms)	60,000 [40,000; 60,000]	45,000 [37,500; 60,000]	0,259
Acc lesado (ms)	50,000 [40,000; 60,000]	50,000 [37,500; 52,500]	0,748
Des não lesado (ms)	105,000 [100,00; 137,500]	110,000 [107,500; 122,500]	0,564
Des lesado (ms)	125,000 [107,500; 132,500]	110,000 [107,500; 110,00]	0,078
LSI (%)	95,350 [83,825; 99,350]	90,350 [71,700; 93,600]	0,124

Tabela 5 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria isocinética de flexão a 180º/s. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros; Nm – Newton-metro; ms – milissegundos; º – graus; J – Joule.

Dinamometria isocinética de flexão a 180º/s	ST	OTO	Comparação entre grupos (valor de prova)
PT não lesado (Nm)	82,850 [70,225; 90,300]	65,600 [60,150; 88,025]	0,492
PT lesado (Nm)	68,800 [58,500; 85,075]	60,100 [49,600; 64,300]	0,147
PT/BW não lesado (%)	118,600 [105,350; 125,650]	105,600 [100,425; 131,757]	0,562
PT/BW lesado (%)	100,050 [93,400; 110,925]	95,400 [85,175; 99,700]	0,220
Time PT não lesado (ms)	225,000 [197,500; 295,000]	240,000 [135,000; 255,000]	0,573
Time PT lesado (ms)	225,000 [190,00; 269,250]	210,000 [135,000; 275,000]	0,574
Angle PT não lesado (º)	30,000 [18,500; 41,750]	20,000 [9,500; 33,000]	0,265
Angle PT lesado (º)	28,000 [21,750; 36,250]	29,000 [17,000; 38,000]	1,000
Total work não lesado (J)	620,300 [482,600; 675,300]	487,100 [470,050; 617,100]	0,310
Total work lesado (J)	501,250 [439,300; 620,625]	429,200 [409,050; 464,100]	0,129
Acc não lesado (ms)	75,000 [57,500; 100,000]	60,000 [47,500; 72,500]	0,219
Acc lesado (ms)	60,000 [57,500; 82,500]	80,000 [60,000; 87,500]	0,250
Des não lesado (ms)	155,000 [135,000; 170,000]	115,000 [97,500; 127,500]	0,007

Des lesado (ms)	115,000 [107,500; 150,000]	140,000 [117,500; 185,000]	0,225
LSI (%)	90,200 [81,075; 95,225]	82,350 [76,525; 90,575]	0,313

Tabela 6 - Média e medianas das variáveis em estudo e a respetiva comparação entre grupos na dinamometria do Single Hop Test. SHT - Single Hop Test; LSI - Rácio de simetria de membros.

Avaliação SHT	ST	OTO	Comparação entre grupos (valor de prova)
Não lesado	1,475 [1,403; 1,673]	1,550 [1,328; 1,690]	0,896
Lesado	1,355 [1,178; 1,508]	1,480 [1,188; 1,755]	0,581
LSI	90,450 [78,800; 99,600]	99,300 [89,650; 103,225]	0,220

Analisando os dados das correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis da dinamometria isocinética do movimento de extensão a 60º/s e o SHT, verificou-se que existiu correlação significativa positiva e forte entre o PT/BW e o SHT no membro lesado ($r=0,656$; $p=0,006$). Verificou-se ainda correlação significativa positiva e moderada entre as variáveis PT e SHT no membro lesado ($r=0,578$; $p=0,019$) e Angle PT e SHT no membro não lesado ($r=0,534$; $p=0,040$).

Tabela 7 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de extensão a 60º/s e teste funcional SHT. PT - Peak Torque; PT/BW - Peak Torque Bodyweight; Ago/antag - Agonista/antagonista; Acc - Aceleração; Des - Desaceleração; LSI - Rácio de simetria de membros.

Dinamometria isocinética de extensão a 60º/s	Single Hop não lesado	Single Hop lesado	Single Hop LSI
PT	0,245 $p=0,360$	0,578 $p=0,019$	
PT/BW	0,113 $p=0,677$	0,656 $p=0,006$	

Time PT	-0,498 p=0,059	-0,294 p=0,287
Angle PT	0,534 p=0,040	0,267 p=0,336
Total Work	0,193 p=0,491	0,386 p=0,156
Racio_Ago/Antag	-0,059 p=0,829	-0,291 p=0,275
Acc	-0,375 p=0,152	-0,066 p=0,807
Des	0,492 p=0,053	0,092 p=0,735
LSI		0,255 p=0,341

Analisando os dados das correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis da dinamometria isocinética do movimento de flexão a 60º/s e o SHT, verificou-se que existiu correlação significativa positiva e moderada entre o PT/BW e o SHT no membro lesado ($r=0,568$; $p=0,022$).

Tabela 8 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de flexão a 60º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros.

Dinamometria isocinética de flexão a 60º/s	Single Hop não lesado	Single Hop lesado	Single Hop LSI
PT	0,274 p=0,304	0,469 p=0,067	
PT/BW	0,145 p=0,592	0,568 p=0,022	
Time PT	-0,113 p=0,688	-0,204 p=0,466	
Angle PT	-0,072 p=0,799	-0,038 p=0,892	

Total Work	0,235 p=0,399	0,451 p=0,092
Acc	0,202 p=0,454	0,003 p=0,991
Des	0,206 p=0,445	0,139 p=0,609
LSI		-0,156 p=0,563

Analisando os dados das correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis da dinamometria isocinética do movimento de extensão a 180°/s e o SHT, verificou-se que existiu correlação significativa positiva e moderada entre o PT e o SHT ($r=0,516$; $p=0,041$), bem como entre o PT/BW e o SHT ($r=0,535$; $p=0,033$) no membro lesado. No membro não lesado apenas foi encontrada correlação positiva moderada entre as variáveis de desaceleração e SHT ($r=0,541$; $p=0,030$).

Tabela 9 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de extensão a 180°/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI – Rácio de simetria de membros.

Dinamometria isocinética de extensão a 180°/s	Single Hop não lesado	Single Hop lesado	Single Hop LSI
PT	0,412 p=0,113	0,516 p=0,041	
PT/BW	0,370 p=0,158	0,535 p=0,033	
Time PT	-0,127 p=0,652	-0,143 p=0,611	
Angle PT	0,397 p=0,143	0,174 p=0,534	
Total Work	0,252 p=0,365	0,414 p=0,125	
Racio_Ago/Antag	-0,131 p=0,629	-0,252 p=0,346	

Acc	-0,365 p=0,165	-0,082 p=0,762
Des	0,541 p=0,030	-0,139 p=0,608
LSI		0,448 p=0,082

Analisando os dados das correlações de Pearson e Spearman entre as variáveis da dinamometria isocinética do movimento de flexão a 180º/s e o SHT, verificou-se que existiu correlação significativa positiva e moderada entre o PT/BW e o SHT no membro lesado ($r=0,513$; $p=0,042$).

Tabela 10 - Correlação de Pearson e Spearman entre as variáveis do isocinético no movimento de flexão a 180º/s e teste funcional SHT. PT – Peak Torque; PT/BW – Peak Torque Bodyweight; Ago/antag – Agonista/antagonista; Acc – Aceleração; Des – Desaceleração; LSI– Rácio de simetria de membros.

Dinamometria isocinética	Single Hop não lesado	Single Hop lesado	Single Hop LSI
de flexão a 180º/s			
PT	0,318 p=0,231	0,399 p=0,125	
PT/BW	0,236 p=0,379	0,513 p=0,042	
Time PT	-0,180 p=0,522	0,164 p=0,560	
Angle PT	-0,013 p=0,965	0,164 p=0,559	
Total Work	0,208 p=0,458	0,376 p=0,167	
Acc	-0,018 p=0,948	0,043 p=0,874	
Des	0,101 p=0,709	0,374 p=0,154	
LSI			-0,269 p=0,314

4. Discussão

Apenas existem diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes excertos (ST e OTO) nas variáveis Peak Torque e Total Work na extensão do joelho tanto a 60º/s como a 180º/s, com melhores resultados no excerto ST. Existem correlações positivas entre as variáveis do membro lesado do isocinético e o SHT do membro lesado tanto a 60º/s como a 180º/s.

A força dos músculos quadricíptes e isquiotibiais são comumente avaliados durante contrações máximas isométricas ou contração isocinéticas, e reportado o LSI (Grindem et al., 2016, San Jose et al., 2023, Undheim et al., 2015). Nos resultados deste estudo o LSI encontrou-se sempre perto de 80% em todas as variáveis estudadas. A referência para considerar o teste normal é valor igual ou maior a 80% e valor igual ou maior a 85% (Engelen-van Melick et al., 2013, Fitzgerald et al., 2001). Não foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre os LSI da dinamometria isocinética e do SHT. Schmitt et al. (2012) relata que o lado contralateral (não lesado) pode ser significativamente mais fraco que o grupo controlo com indivíduos sem lesão. Posto isto, é necessária cautela ao assumir o lado não lesado como “normal” pois o período pré e pós cirúrgico poderá causar atrofia do membro contralateral, apresentando valores inferiores (Almangoush & Herrington, 2014). Assim, avaliar apenas o LSI poderá ser discutível (Almangoush & Herrington, 2014, Cronström et al., 2021) e poder enviesar a comparação entre membros.

Na comparação entre grupos, foram recolhidas 64 variáveis na dinamometria isocinética, no entanto, apenas 5 apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Esta diferença favoreceu o excerto ST em relação ao excerto OTO no PT e Total Work do movimento de extensão a 60º/s e a 180º/s. Contudo, apesar de existir uma diferença significativa entre grupos no PT, quando analisada a variável de PT/BW, esta diferença já não foi encontrada. O PT/BW é expresso em % do torque máximo dividido pelo peso corporal do indivíduo (Carvalho, 2010).

Outro parâmetro a ter em conta na avaliação da função neuromuscular é a taxa de produção de força. Existem autores que utilizam intervalos de tempo de 0-100ms e 0-200ms para mensurar o torque máximo nesse mesmo intervalo (Nielsen et al., 2020). O Time to PT representa o tempo em ms desde o início da contração até ao torque máximo, sendo que Carvalho (2010) define-o como “um indicador da capacidade muscular em desenvolver torque rapidamente”. Apesar da produção de força máxima poder estar restabelecida, a força explosiva poderá estar em défice e

ser um fator importante na redução do risco de lesão (Nielsen et al., 2020, Turpeinen et al., 2020). Neste estudo, ao analisar esta variável não existiram diferenças significativas entre os diferentes excertos. De realçar que o PT ocorre maioritariamente a >300ms e que a lesão do LCA ocorre a <50ms, por isso, justifica-se utilizar a avaliação dos 0-100ms e 0-200ms. Ainda assim, quanto mais rápida for a produção de força menor o risco de lesão (Koga et al., 2010, Krosshaug et al., 2007, Nielsen et al., 2020, Turpeinen et al., 2020). Em contraste, neste estudo, analisando os dados de Time to PT dos movimentos a 180º/s, observamos que 75% dos indivíduos obtiveram valores abaixo dos 232ms (ST) e 205ms (OTO) na extensão e 269ms (ST) e 275ms (OTO) na flexão.

Maiores assimetrias de força do quadríceps e/ou isquiotibiais poderão estar relacionadas com piores outcomes a nível funcional (Abourezk et al., 2017, Ithurburn et al., 2018, San Jose et al., 2023). Neste estudo para avaliar uma componente mais funcional do joelho foi utilizado o SHT que continua a ser ao longo dos anos um método válido e fiável para avaliar a função do joelho após a reconstrução do LCA (Almangoush & Herrington, 2014, Bolgia & Keskula, 1997, Brosky et al., 1999, Ithurburn et al., 2018, Reid et al., 2007). Sendo que a diferença mínima detetável no LSI do SHT varia de 8 a 13% (Ithurburn et al., 2018, Reid et al., 2007), o resultado deste estudo, ainda que sem uma diferença estatisticamente significativa, revela uma diferença de 9% entre o LSI do SHT do excerto ST (90%) comparando com o excerto OTO (99%), sempre acima dos valores de referência.

O facto de a média do tempo pós-cirúrgico da amostra ser de aproximadamente 20 meses e no mínimo de 8 meses, faz com que as diferenças entre os tipos de excerto possam ser atenuadas. Segundo San Jose et al. (2023), Nielsen et al. (2020) e Turpeinen et al. (2020) poderão existir diferenças na força máxima após reconstrução do LCA dos 3 aos 9 meses de recuperação, e a partir desse ponto vários autores afirmam que não existem diferenças nas avaliações do isocinético nos vários tipos de excertos a longo prazo. (Allende et al., 2024, Timmins et al., 2016, Tummala et al., 2024)

Para o membro lesado foram encontradas correlações positivas entre as variáveis do isocinético e SHT tanto a 60º/s como a 180º/s. A correlação significativa mais forte foi na extensão a 60º/s entre o PT/BW e o SHT. Nas restantes avaliações a variável PT/BW mostrou correlações positivas e moderadas com o SHT. Existiu também correlação positiva e moderada entre o PT e o SHT nos movimentos de extensão a 60º/s e 180º/s. Estes resultados vão de encontro ao estudo de Sueyoshi et al. (2017), que analisou as correlações entre *Hop Tests* e as variáveis PT,

PT/BW, *Total Work* e *Total Work/Body weight* a 180º/s e 300º/s, onde também verificaram correlações positivas, sem diferenças entre os dois tipos de excerto. Em contraste, Xergia et al. (2015) verificou que existiram correlações entre o LSI do SHT e o LSI de variáveis do isocinético avaliadas, enquanto que neste estudo isso não se verificou. O mesmo aconteceu no estudo de Nagai et al. (2020), que demonstrou não existir correlação entre o LSI do SHT e o LSI das variáveis do isocinético avaliadas. Como tal, parece ainda não existir consenso na literatura acerca destas correlações (Kollock et al., 2015, Nagai et al., 2020, Sueyoshi et al., 2017, Xergia et al., 2015). É de extrema importância continuar a realizar este tipo de estudos e verificar se existem ou não correlações entre as variáveis do isocinético e os *Hop Tests*, pois nestes últimos o custo da sua realização é praticamente nulo em comparação com a dinamometria isocinética e revelam maior praticidade na sua execução.

Este estudo apresenta limitações. A amostra, apesar de ser homogénea no nível de atividade física, pratica diferentes desportos. O reduzido tamanho amostral não permite extrapolar os resultados para uma maior população, reduzindo a validade externa do estudo. Tendo a lesão do LCA como fator de risco o género, a análise e interpretação dos resultados deveria ser separada por esse critério, mas devido à amostra reduzida tal não foi possível. No momento de avaliação poderiam ter sido incluídos mais testes funcionais para perceber se existiriam um maior número de correlações entre as variáveis. Dessa forma, a avaliação funcional também teria sido enriquecida.

5. Conclusão

Apenas existem diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes excertos (ST e OTO) nas variáveis *Peak Torque* e *Total Work* na extensão do joelho tanto a 60º/s como a 180º/s, com melhores resultados no excerto ST. Existem correlações positivas entre as variáveis do membro lesado do isocinético e o SHT do membro lesado tanto a 60º/s como a 180º/s. A correlação com maior significado estatístico foi no movimento de extensão a 60º/s da variável PT/BW com o SHT. Nas restantes avaliações a variável PT/BW mostrou correlações positivas e moderadas com o SHT. Existiu também correlação positiva e moderada entre o PT e o SHT nos movimentos de extensão a 60º/s e 180º/s. Não foi encontrada correlação do LSI entre as variáveis de dinamometria isocinética e o SHT.

6. Referências Bibliográficas

- Abourezk, M. N., Ithurburn, M. P., McNally, M. P., Thoma, L. M., Briggs, M. S., Hewett, T. E., Spindler, K. P., Kaeding, C. C., & Schmitt, L. C. (2017). Hamstring Strength Asymmetry at 3 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Alters Knee Mechanics During Gait and Jogging. *American Journal of Sports Medicine*, 45(1), 97-105. <https://doi.org/10.1177/0363546516664705>
- Allende, F., Allahabadi, S., Sachdev, D., Gopinath, V., Saad Berreta, R., LaPrade, R. F., & Chahla, J. (2024). Comparing Clinical Outcomes and Knee Stability in Remnant- Preserving ACL Reconstruction Versus Standard ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 3635465231225984. <https://doi.org/10.1177/03635465231225984>
- Almangoush, A., & Herrington, L. (2014). Functional Performance Testing and Patient Reported Outcomes following ACL Reconstruction: A Systematic Scoping Review. *Int Sch Res Notices*, 2014, 613034. <https://doi.org/10.1155/2014/613034>
- Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2014). 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*, 48(21), 1543-1552. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093398>
- Başdelioğlu, K., Meriç, G., Pündük, Z., Akseki, D., Atik, A., & Sargın, S. (2019). Outcomes of isokinetic tests and functional assessment of anterior cruciate ligament reconstruction: Transtibial versus single anatomic femoral tunnel technique. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 53(2), 86-91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aott.2019.01.004>

- Bolgia, L. A., & Keskula, D. R. (1997). Reliability of lower extremity functional performance tests. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(3), 138-142. <https://doi.org/10.2519/jospt.1997.26.3.138>
- Brosky, J. A., Jr., Nitz, A. J., Malone, T. R., Caborn, D. N., & Rayens, M. K. (1999). Intrarater reliability of selected clinical outcome measures following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 29(1), 39-48. <https://doi.org/10.2519/jospt.1999.29.1.39>
- Carvalho, P. (2010). A Avaliação Isocinética-Joelho. 1, 26-28.
- Cinque, M. E., Chahla, J., Moatshe, G., DePhillipo, N. N., Kennedy, N. I., Godin, J. A., & LaPrade, R. F. (2017). Outcomes and Complication Rates After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Are Similar in Younger and Older Patients. *Orthop J Sports Med*, 5(10), 2325967117729659. <https://doi.org/10.1177/2325967117729659>
- Cronström, A., Tengman, E., & Häger, C. K. (2021). Risk Factors for Contra-Lateral Secondary Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(7), 1419-1438. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01424-3>
- Dave, U., Ofa, S. A., Ierulli, V. K., Perez-Chaumont, A., & Mulcahey, M. K. (2024). Both Quadriceps and Bone-Patellar Tendon-Bone Autografts Improve Postoperative Stability and Functional Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthrosc Sports Med Rehabil*, 6(2), 100919. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2024.100919>
- Engelen-van Melick, N., van Cingel, R. E., Tijssen, M. P., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. (2013). Assessment of functional performance after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of measurement procedures. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(4), 869-879. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-2030-6>
- Escamilla, R. F., Macleod, T. D., Wilk, K. E., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2012). Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 42(3), 208-220. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.3768>
- Fitzgerald, G. K., Lephart, S. M., Hwang, J. H., & Wainner, R. S. (2001). Hop tests as predictors of dynamic knee stability. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 31(10), 588-597. <https://doi.org/10.2519/jospt.2001.31.10.588>
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 804-808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096031>
- Güzel, N., Yılmaz, A. K., Genç, A. S., Karaduman, E., & Kehribar, L. (2022). Pre- and Post-Operative Hamstring Autograft ACL Reconstruction Isokinetic Knee Strength Assessments of Recreational Athletes. *J Clin Med*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/jcm12010063>
- Hetsroni, I., Mann, G., Arami, E., van Stee, M., Marom, N., & Ohana, N. (2024). Young men undergoing anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft and anteromedial drilling outperform at 5- to 10-year follow-up in terms of graft stability and activity levels compared to those undergoing reconstruction with hamstring autograft and transtibial drilling. *J isakos*, 9(4), 540-548. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2024.04.001>
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt, R. S., Jr., Colosimo, A. J., McLean, S. G., van den Bogert, A. J., Paterno, M. V., & Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in

- female athletes: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Ithurburn, M. P., Altenburger, A. R., Thomas, S., Hewett, T. E., Paterno, M. V., & Schmitt, L. C. (2018). Young athletes after ACL reconstruction with quadriceps strength asymmetry at the time of return-to-sport demonstrate decreased knee function 1 year later. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(2), 426–433. <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4678-4>
- Jia, Z., Greven, J., Hildebrand, F., Kobbe, P., & Eschweiler, J. (2024). Conservative treatment versus surgical reconstruction for ACL rupture: A systemic review. *J Orthop*, 57, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2024.05.026>
- Kaarre, J., Herman, Z. J., Drain, N. P., Ramraj, R., Smith, C. N., Nazzal, E. M., Hughes, J. D., Lesniak, B. P., Irrgang, J. J., Musahl, V., & Sprague, A. L. (2024). Strength symmetry after autograft anterior cruciate ligament reconstruction. *J isakos*, 9(1), 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.jisako.2023.09.010>
- Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Iwasa, J., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2010). Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2218–2225. <https://doi.org/10.1177/0363546510373570>
- Kohn, L., Rembeck, E., & Rauch, A. (2020). [Anterior cruciate ligament injury in adults : Diagnostics and treatment]. *Orthopade*, 49(11), 1013–1028. <https://doi.org/10.1007/s00132-020-03997-3> (Verletzung des vorderen Kreuzbandes beim Erwachsenen : Diagnostik und Therapie.)
- Kollock, R., Van Lunen, B. L., Ringleb, S. I., & Oñate, J. A. (2015). Measures of functional performance and their association with hip and thigh strength. *J Athl Train*, 50(1), 14–22. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.49>
- Korkoman, A. J., Aljadaan, B., Alqarni, A., Alshomrany, A. A., Almuawi, A. N., Alhalafi, A. F., Alshahrani, A. N., Alqahtani, M. M., & Althunayan, K. (2023). Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Among Physically Active Adults. *Cureus*, 15(6), e39850. <https://doi.org/10.7759/cureus.39850>
- Kotsifaki, R., Korakakis, V., King, E., Barbosa, O., Maree, D., Pantouveris, M., Bjerregaard, A., Luomajoki, J., Wilhelmsen, J., & Whiteley, R. (2023). Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 57(9), 500–514. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-106158>
- Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B. P., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J. R., Hewett, T. E., & Bahr, R. (2007). Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 359–367. <https://doi.org/10.1177/0363546506293899>
- Lambson, R. B., Barnhill, B. S., & Higgins, R. W. (1996). Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 24(2), 155–159. <https://doi.org/10.1177/036354659602400206>
- Magaña-Ramírez, M., Gallardo-Gómez, D., Álvarez-Barbosa, F., & Corral-Pernía, J. A. (2024). What exercise programme is the most appropriate to mitigate anterior cruciate ligament injury risk in football (soccer) players? A systematic review and network meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(4), 234–242. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.02.001>

- Magnusson, K., Turkiewicz, A., Hughes, V., Frobell, R., & Englund, M. (2020). High genetic contribution to anterior cruciate ligament rupture: Heritability -69. *British Journal of Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102392>
- Mather, R. C., 3rd, Koenig, L., Kocher, M. S., Dall, T. M., Gallo, P., Scott, D. J., Bach, B. R., Jr., & Spindler, K. P. (2013). Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. *Journal of Bone and Joint Surgery (American Volume)*, *95*(19), 1751-1759. <https://doi.org/10.2106/jbjs.L.01705>
- Mikkelsen, C., Werner, S., & Eriksson, E. (2000). Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *8*(6), 337-342. <https://doi.org/10.1007/s001670000143>
- Mouarbes, D., Menetrey, J., Marot, V., Courtot, L., Berard, E., & Cavaignac, E. (2019). Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis of Outcomes for Quadriceps Tendon Autograft Versus Bone-Patellar Tendon-Bone and Hamstring-Tendon Autografts. *American Journal of Sports Medicine*, *47*(14), 3531-3540. <https://doi.org/10.1177/0363546518825340>
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *8*(3), 149-153. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00185.x>
- Nagai, T., Schilaty, N. D., Laskowski, E. R., & Hewett, T. E. (2020). 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*, *28*(3), 816-822. <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05513-3>
- Nielsen, J. L., Arp, K., Villadsen, M. L., Christensen, S. S., & Aagaard, P. (2020). Rate of Force Development Remains Reduced in the Knee Flexors 3 to 9 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Medial Hamstring Autografts: A Cross-Sectional Study. *American Journal of Sports Medicine*, *48*(13), 3214-3223. <https://doi.org/10.1177/0363546520960108>
- Nyland, J., Mattocks, A., Kibbe, S., Kalloub, A., Greene, J. W., & Caborn, D. N. (2016). Anterior cruciate ligament reconstruction, rehabilitation, and return to play: 2015 update. *Open Access J Sports Med*, *7*, 21-32. <https://doi.org/10.2147/oajsm.S72332>
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *13*(5), 299-304. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00329.x>
- Reid, A., Birmingham, T. B., Stratford, P. W., Alcock, G. K., & Giffin, J. R. (2007). Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy*, *87*(3), 337-349. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060143>
- San Jose, A. T., Maniar, N., Timmins, R. G., Beerworth, K., Hampel, C., Tyson, N., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2023). Explosive hamstrings strength asymmetry persists despite maximal hamstring strength recovery following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autografts. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *31*(1), 299-307. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07096-y>

- Schmitt, L. C., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *42*(9), 750–759. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4194>
- Sueyoshi, T., Nakahata, A., Emoto, G., & Yuasa, T. (2017). Single-Leg Hop Test Performance and Isokinetic Knee Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes. *Orthop J Sports Med*, *5*(11), 2325967117739811. <https://doi.org/10.1177/2325967117739811>
- Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). Biceps Femoris Architecture and Strength in Athletes with a Previous Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(3), 337–345. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000783>
- Tummala, S. V., Vij, N., Glatcke, K. E., Vaughn, J., Brinkman, J. C., Winters, J., Brennan, A., Salehi, H., Zhao, S., Chhabra, A., Tokish, J. M., & Menzer, H. (2024). Hamstring Tendon Autograft Is Associated With Increased Knee Valgus Moment After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Biomechanical Analysis. *American Journal of Sports Medicine*, *52*(5), 1220–1228. <https://doi.org/10.1177/03635465241233705>
- Turpeinen, J. T., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J., Jordan, M. J., & Aagaard, P. (2020). Contractile rate of force development after anterior cruciate ligament reconstruction—a comprehensive review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *30*(9), 1572–1585. <https://doi.org/10.1111/sms.13733>
- Undheim, M. B., Cosgrave, C., King, E., Strike, S., Marshall, B., Falvey, É., & Franklyn-Miller, A. (2015). Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(20), 1305–1310. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093962>
- Xergia, S. A., Pappas, E., & Georgoulis, A. D. (2015). Association of the Single-Limb Hop Test With Isokinetic, Kinematic, and Kinetic Asymmetries in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health*, *7*(3), 217–223. <https://doi.org/10.1177/1941738114529532>

Anexos

Anexo 1 – Checklist Strobe

STROBE Statement—checklist of items that should be included in reports of observational studies

	Item No.	Recommendation	Page No.	Relevant text from manuscript
Title and abstract	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used term in the title or the abstract (b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was found		
Introduction				
Background/rationale	2	Explain the scientific background and rationale for the investigation being reported		
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified hypotheses		
Methods				
Study design	4	Present key elements of study design early in the paper		
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up, and data collection		
Participants	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of cases and controls <i>Cross-sectional study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants (b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case		
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give diagnostic criteria, if applicable		
Data sources/ measurement	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement). Describe comparability of assessment methods if there is more than one group		
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of bias		
Study size	10	Explain how the study size was arrived at		

Continued on next page

1

Quantitative variables	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were chosen and why		
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used to control for confounding (b) Describe any methods used to examine subgroups and interactions (c) Explain how missing data were addressed (d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how matching of cases and controls was addressed <i>Cross-sectional study</i> —If applicable, describe analytical methods taking account of sampling strategy (e) Describe any sensitivity analyses		
Results				
Participants	13*	(a) Report numbers of individuals at each stage of study—eg numbers potentially eligible, examined for eligibility, confirmed eligible, included in the study, completing follow-up, and analysed (b) Give reasons for non-participation at each stage (c) Consider use of a flow diagram		
Descriptive data	14*	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on exposures and potential confounders (b) Indicate number of participants with missing data for each variable of interest (c) <i>Cohort study</i> —Summarise follow-up time (eg, average and total amount)		
Outcome data	15*	<i>Cohort study</i> —Report numbers of outcome events or summary measures over time <i>Case-control study</i> —Report numbers in each exposure category, or summary measures of exposure <i>Cross-sectional study</i> —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 (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		

Continued on next page

2

Other analyses	17	Report other analyses done—eg analyses of subgroups and interactions, and sensitivity analyses
Discussion		
Key results	18	Summarise key results with reference to study objectives
Limitations	19	Discuss limitations of the study, taking into account sources of potential bias or imprecision. Discuss both direction and magnitude of any potential bias
Interpretation	20	Give a cautious overall interpretation of results considering objectives, limitations, multiplicity of analyses, results from similar studies, and other relevant evidence
Generalisability	21	Discuss the generalisability (external validity) of the study results
Other information		
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 cases and controls in case-control studies and, if applicable, for exposed and unexposed groups in cohort and cross-sectional studies.

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