

Prevenção da lesão do ligamento cruzado anterior

Melissa Silvana Pinheiro Amarante

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Medicina

Orientador: Doutor Diogo Alexandre Marques Moita Ferreira Pascoal
Coorientadora: Doutora Bárbara Alexandra Freitas Novais da Costa

abril de 2023

Declaração de Integridade

Eu, Melissa Silvana Pinheiro Amarante, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição 39756 de Medicina da Faculdade de Ciências da Saúde, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 28 /04 /2023

Dedicatória

À minha Mãe e ao meu Pai, por serem a razão de eu ter chegado aqui e pelo apoio e amor incondicional.

Às minhas Avós, por serem os meus anjinhos da guarda e estarem sempre a torcer por mim. Sei que estão orgulhosas do meu caminho.

“Ninguém escapa ao sonho de voar, de ultrapassar os limites do espaço onde nasceu, de ver novos lugares e novas gentes. Mas saber ver em cada coisa, em cada pessoa, aquele algo que a define como especial, um objeto singular, um amigo, é fundamental.

Navegar é preciso, reconhecer o valor das coisas e das pessoas, é mais preciso ainda.”

Antoine de Saint-Exupéry

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Dr. Diogo Pascoal e à minha coorientadora Dra. Bárbara Costa, pela orientação, disponibilidade e contribuição em todo o processo de realização desta dissertação. As suas experiências, conhecimentos e paciência foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os amigos que a Covilhã colocou na minha vida e que tornaram este lugar uma casa que vai deixar saudades. A todas as minhas colegas de casa que se tornaram amigas para a vida, em especial, à Rita, parceira de todas as horas. Estou grata pela nossa amizade.

Não posso deixar de mencionar as minhas amigas e amigos de sempre, que por mais longe que estivessem faziam-se sentir sempre perto, aos quais sou muito grata pelo suporte emocional e incentivo constante.

Agradecer ao Bernardo por ter caminhado ao meu lado, pela sua enorme paciência, compreensão e especialmente pelo seu amor e carinho.

Por fim, agradeço à minha família, pelo amor incondicional, apoio e paciência inestimáveis em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis, pelos valores que sempre me transmitiram, entre os quais a força para nunca desistir de lutar. Sem eles, este trabalho não seria possível.

Obrigado a todos aqueles que cruzaram o meu caminho nesta viagem bonita e que, de uma forma ou de outra, contribuíram para meu sucesso e a minha chegada até aqui.

Resumo

Introdução: O joelho é uma das articulações mais complexas e importantes do corpo humano. A sua estabilidade é mantida por uma série de estruturas anatómicas, entre elas, os ligamentos. O ligamento cruzado anterior é um dos quatro principais ligamentos do joelho, desempenhando um papel fundamental na estabilidade e função articular. A sua lesão ocorre com maior prevalência em jovens atletas do sexo feminino. O ligamento cruzado anterior é o ligamento com maior tendência a ser lesionado no joelho sendo, na sua maioria, durante a realização de movimentos de aterragem e mudanças de direção em modalidades de alto impacto, por excesso de carga, que excede o limiar de tolerância do ligamento. Usualmente requer reconstrução cirúrgica e resulta numa carga psicológica significativa e longos tempos de reabilitação.

Prevenção: Atualmente, a prevenção destas lesões tem assumido uma maior relevância. São diversos, os fatores de risco que têm sido associados a esta lesão e podem ser classificados como intrínsecos ou extrínsecos, tal como modificáveis ou não modificáveis. Sabe-se que programas de prevenção podem ter uma redução quantificável no risco de lesão do ligamento cruzado anterior. O objetivo dos programas de treino de prevenção destas lesões é estimular o sistema neuromuscular por meio de uma combinação de exercícios de várias componentes. A compreensão biomecânica aprofundada da lesão, pela via sem contacto, e dos fatores de risco a ela associados é necessária para o desenvolvimento de programas de prevenção de lesões eficazes.

Métodos: Inicialmente, esta revisão fornece uma breve visão geral dos aspetos atuais da anatomia do ligamento cruzado anterior, mecanismos de lesão e da avaliação dos seus fatores de risco, enquanto posteriormente discute diferentes conceitos para a prevenção de lesões, tendo como foco os programas de prevenção analisados em diferentes estudos. A pesquisa da literatura foi feita através da plataforma *Pubmed* e alguns sites de referência ortopédica como *Orthobullets* e *StatPearls*, durante os meses de setembro e outubro de 2022. Os artigos analisados foram publicados entre 2017 e 2022.

Objetivos: Esta revisão teve como objetivos propostos: Rever a evidência científica presente na literatura sobre prevenção da lesão do ligamento cruzado anterior; Identificar programas de prevenção que sejam eficazes, principalmente em pessoas ativas; Descrever a evidência dos seus componentes; Realizar uma revisão exaustiva de artigos, de forma a avaliar a eficácia dos programas de treino de prevenção de lesões do ligamento cruzado anterior para reduzir o risco dessas mesmas lesões; Promover sugestões de exercícios para implementação de programas de prevenção desta lesão, principalmente na comunidade

desportiva da UBI e criar uma referência de leitura para atletas, treinadores, pais, estudantes, fisioterapeutas, médicos e para todos aqueles que acreditam na prevenção.

Conclusão: A evidência apoia fortemente a implementação, tanto por médicos, treinadores, pais e mesmo atletas de programas de prevenção de lesões do joelho e do ligamento cruzado anterior, antes de sessões de treino ou jogos. A prevenção de lesões é essencial para redução de possíveis consequências para a saúde a curto e a longo prazo e para minimizar a carga económica e psicológica dos tratamentos.

Palavras-chave

Prevenção;ligamento cruzado anterior;LCA;programa

Abstract

Introduction: The knee is one of the most complex and important joints in the human body. Its stability is maintained by a series of anatomical structures, including the ligaments. The anterior cruciate ligament is one of the four major ligaments in the knee, playing a key role in joint's stability and function. Its injury occurs with greater prevalence in young female athletes. The anterior cruciate ligament is the ligament with the greatest tendency to be injured in the knee, mostly during landing movements and changes in direction in high-impact sports, due to excessive load that exceeds the tolerance threshold of the ligament. It usually requires surgical reconstruction and result in a significant psychological burden and long rehabilitation times.

Prevention: At this moment, the prevention of these injuries has taken on greater importance. There are several risk factors that have been associated with this injury and can be classified as intrinsic or extrinsic, as well as modifiable or non-modifiable. It is known that prevention programs can have a quantifiable reduction in the risk of anterior cruciate ligament injury. The goal of injury prevention training programs is to stimulate the neuromuscular system through a combination of multi-component exercises. An in-depth biomechanical understanding of non-contact injury and the risk factors associated with it, is necessary for the development of effective injury prevention programs.

Methods: Initially, this review provides a brief overview of current aspects of anterior cruciate ligament anatomy, injury replacement and the assessment of its risk factors, while later discussing different concepts for injury prevention, with a focus on prevention programs analysed in different studies. The literature search was carried out using the Pubmed platform and some orthopedic reference sites such as Orthobullets and StatPearls, during the months of September and October 2022. The analyzed articles were published between 2017 and 2022.

Objectives: This review had the following proposed objectives: To review the scientific evidence present in the literature on the prevention of anterior cruciate ligament injuries; Identify anterior cruciate ligament injury prevention programs that are effective, particularly in active people; Describe the evidence of its components; Perform a long review of articles in order to assess the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention training programs to reduce the risk of these same injuries; Promote exercise suggestions for the implementation of ACL injury prevention programs, especially in the UBI sports community and create a reading reference for athletes, coaches, parents, students, physiotherapists, doctors and for all those who believe in prevention.

Conclusion: Evidence strongly supports the implementation by both clinicians, coaches, parents and even athletes of knee and anterior cruciate ligament injury prevention programs prior to training sessions or games (6). Injury prevention is essential for reducing possible short- and long-term health consequences and for minimizing the economic and psychological burden of treatments.

Keywords

Prevention;anterior cruciate ligament;ACL;program

Índice

Dedicatória	v
Agradecimentos.....	vii
Resumo	ix
Palavras-chave.....	x
Abstract.....	xi
Keywords	xii
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xvii
Lista de Vídeos.....	xix
Lista de Siglas e Acrónimos	xxi
Capítulo I - Metodologia	1
Capítulo II - Desenvolvimento teórico.....	3
1. Introdução.....	3
1.1 – Anatomia do ligamento cruzado anterior.....	3
1.2 – Lesão	5
2 - Prevenção	15
2.1- Mecanismo de prevenção.....	15

2.2 - Exemplos de programas de prevenção	18
2.3 - Eficácia dos programas de prevenção	28
Capítulo III - Conclusão.....	35
Bibliografia	39
Anexos.....	45

Lista de Figuras

Figura 1 - Fluxograma PRISMA	2
Figura 2 - Localização do LCA	3
Figura 3- Inserção dos feixes do LCA	4
Figura 4 - Fatores de risco associados à lesão do LCA	7
Figura 5 - Características femininas que as predispõem à lesão do LCA ..	7
Figura 6 - Ângulo Q.....	8
Figura 7 - Teste do salto vertical	9
Figura 8 - Movimento de perna única (aterragem e agachamento)	10
Figura 9 - Teorias sugeridas para caracterizar o risco de lesão do LCA...	11
Figura 10 - Integração neurocognitiva.....	16
Figura 11 - Exercícios recomendados.....	18
Figura 12 - <i>FIFA 11+ Kids</i>	21
Figura 13 - Componentes de intervenção	26
Figura 14 - Exercício de propriocepção em prancha de equilíbrio	26
Figura 15 - Isquiotibiais nórdicos.....	27

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Programas de prevenção de lesão LCA	19
Tabela 2 - Exercícios do programa <i>Harmoknee</i>	23
Tabela 3 - Exercícios do programa <i>PEP</i>	24
Tabela 4 - Componentes de exercícios	26

Lista de Vídeos

Vídeo 1 - <i>FMS</i>	10
Vídeo 2 - (203) <i>Lachman Test - Clinical Examination - YouTube</i>	12
Vídeo 3 - (203) <i>Drawer Test - Clinical Examination - YouTube</i>	12
Vídeo 4 - (203) <i>Pivot Shift Test - Clinical Examination - YouTube</i>	13

Lista de Siglas e Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
LCA	Ligamento cruzado anterior
PPL	Programa de prevenção de lesão
AM	Anteromedial
PL	Posterolateral
FMS	<i>Functional Movement Screen</i>
RM	Ressonância Magnética
LCP	Ligamento Cruzado Posterior
RLCA	Reconstrução do ligamento cruzado anterior
PEP	Prevent injury and Enhance Performance
FIFA	<i>Fédération Internationale de Football Association</i>
NATA	<i>National Athletic Trainers Association</i>
TNM	Treino Neuromuscular
SV	Salto Vertical

Capítulo I - Metodologia

Inicialmente, esta revisão fornece uma breve visão geral dos aspetos atuais da anatomia do ligamento cruzado anterior (LCA), dos mecanismos de lesão e da avaliação dos seus fatores de risco, posteriormente discute diferentes conceitos para a prevenção de lesões, tendo como foco os programas de prevenção analisados em diferentes estudos.

A pesquisa da literatura foi feita através da plataforma *Pubmed* e alguns sites de referência ortopédica como *Orthobullets* e *StatPearls*, durante os meses de setembro e outubro de 2022. Dentro desta pesquisa foram utilizados os seguintes critérios: livros; ensaios clínicos; meta-análises; ensaios clínicos controlados e randomizados; revisões e revisões sistemáticas publicados entre 2017 e 2022. A linguagem foi limitada a inglês e português.

Critérios de inclusão:

- Artigos focados na prevenção da lesão do joelho que incluíssem o LCA;
- Artigos focados na lesão do LCA;
- Artigos focados em programas de prevenção da lesão do LCA;
- Adolescentes e jovens adultos. (>10 anos e < 30 anos)

Critérios de exclusão:

- Extremos de faixa etária (<10 e >30);
- Programas de prevenção de lesão de outras lesões que não a do LCA;
- Focados apenas na segunda lesão do LCA;
- Estudos realizados em animais;
- Focados apenas na reconstrução e na reabilitação após lesão do LCA.

Durante a pesquisa bibliográfica, foi realizada pesquisa cruzada quando os estudos que atenderam aos critérios de inclusão citaram outros estudos que se mostraram também relevantes para o tema.

Os artigos foram selecionados primeiramente pelo título e pelo resumo e secundariamente pelo texto completo de acordo com os critérios de inclusão e de

exclusão. Os textos completos eram apenas analisados quando o título ou o resumo levantavam algumas dúvidas.

De forma a ilustrar o processo da pesquisa bibliográfica foi realizado um fluxograma PRISMA.

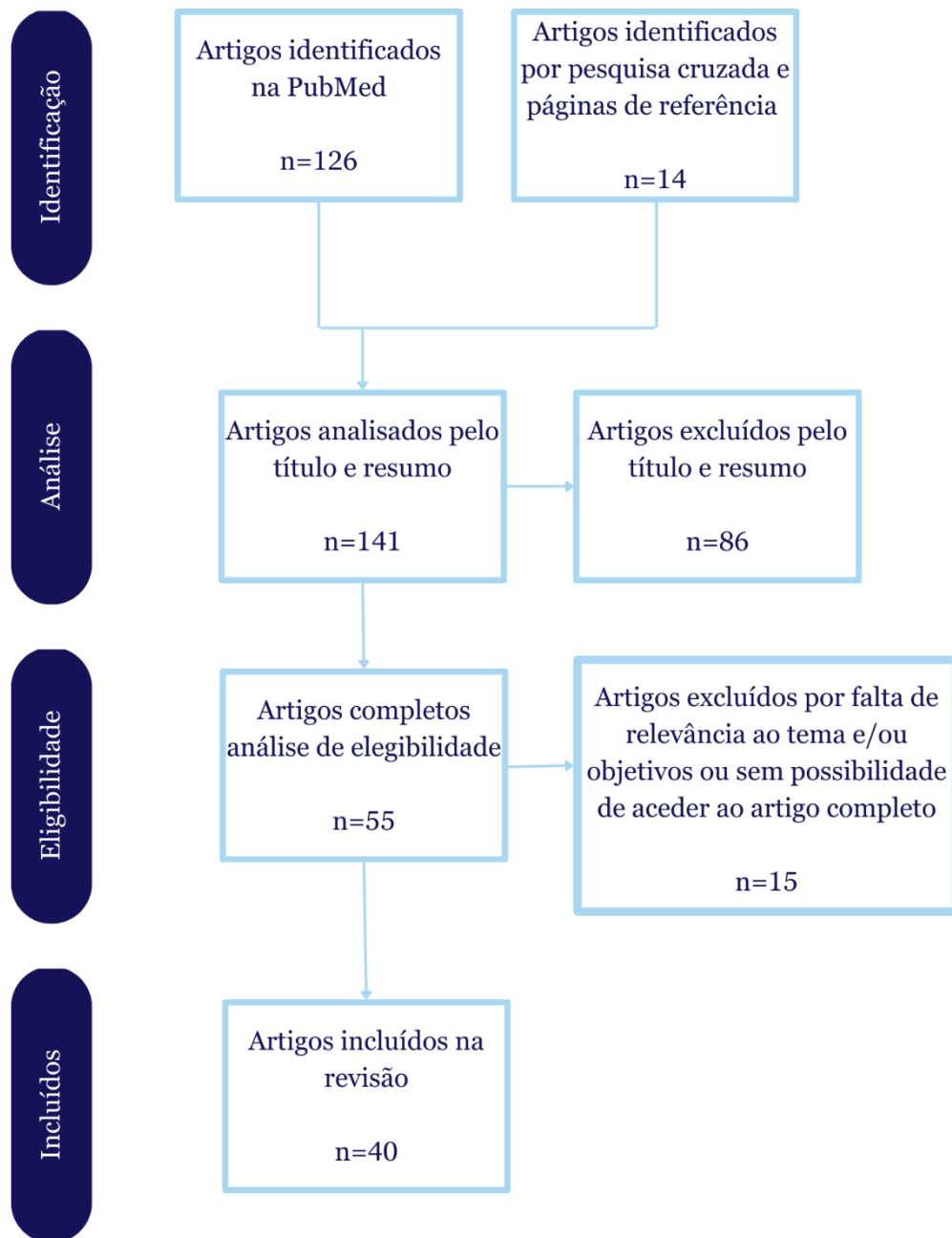


Figura 1 - Fluxograma PRISMA

Capítulo II - Desenvolvimento teórico

1. Introdução

O joelho é uma das articulações mais complexas e importantes do corpo humano. A estabilidade do joelho é mantida por uma série de estruturas anatómicas, entre elas, os ligamentos. O LCA é um dos quatro principais ligamentos do joelho, desempenhando um papel fundamental na estabilidade e função articular. Para compreender em pormenor o LCA e suas funções, é essencial estudar a sua anatomia detalhada.

1.1. Anatomia do ligamento cruzado anterior

Origem e Inserção:

O LCA tem origem na fossa intercondiliana do fêmur, uma área localizada na face medial do côndilo lateral, inferiormente ao sulco intercondiliano. A sua origem é afilada e as suas fibras têm uma orientação oblíqua, formando uma estrutura em forma de cordão que é tensionada quando o joelho está em extensão completa. A inserção do LCA ocorre na tibia, mais precisamente no vale contínuo à espinha tibial interna. A inserção do LCA na tibia é mais larga e plana em comparação com a origem no fêmur que se apresenta afilada e fina (1–3).

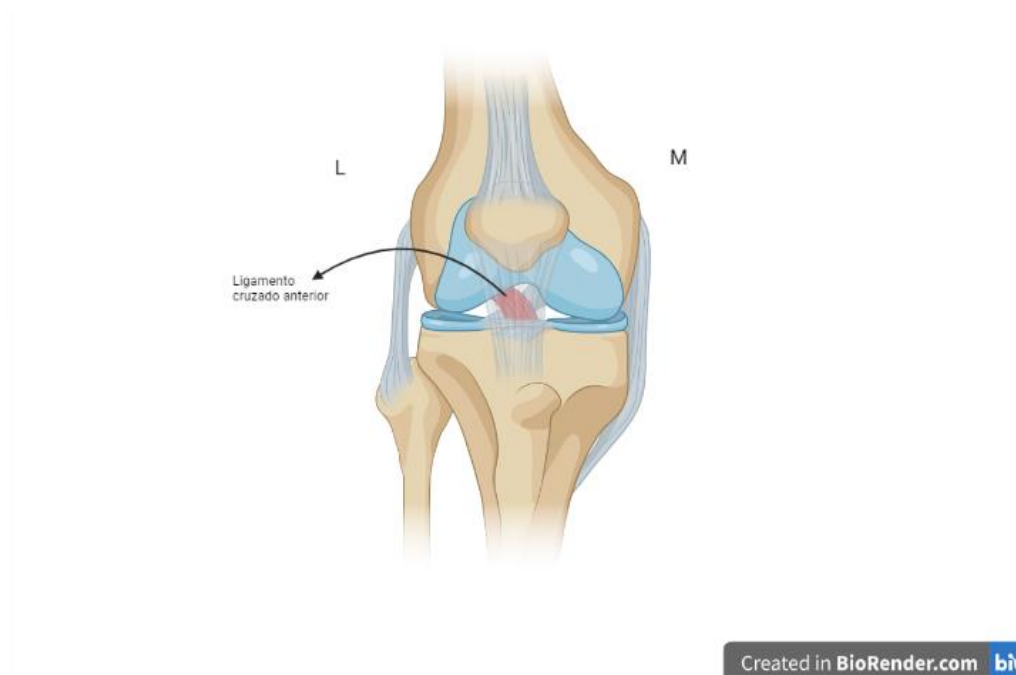


Figura 2 - Localização do LCA *Created with BioRender.com (2022)*

Estrutura e Composição:

O LCA é composto principalmente por fibras de colagénio, que estão organizadas em feixes densos e entrelaçados. Essas fibras colagénias são responsáveis pela resistência e força do ligamento. O LCA também contém uma pequena quantidade de células e vasos sanguíneos, mas a sua vascularização é limitada, facto que limita a cicatrização após uma lesão (1–3).

O LCA é composto por duas partes principais: o feixe anteromedial (AM) e o feixe posterolateral (PL). O feixe AM é mais curto e mais estreito, sendo responsável por cerca de 70% da resistência do LCA. Ele está tensionado quando existe extensão completa do joelho e é a parte mais frequentemente lesionada do LCA. O feixe PL é mais longo e mais largo, sendo tensionado quando há flexão do joelho, ajudando a estabilizar o joelho durante movimentos de rotação (1–3).

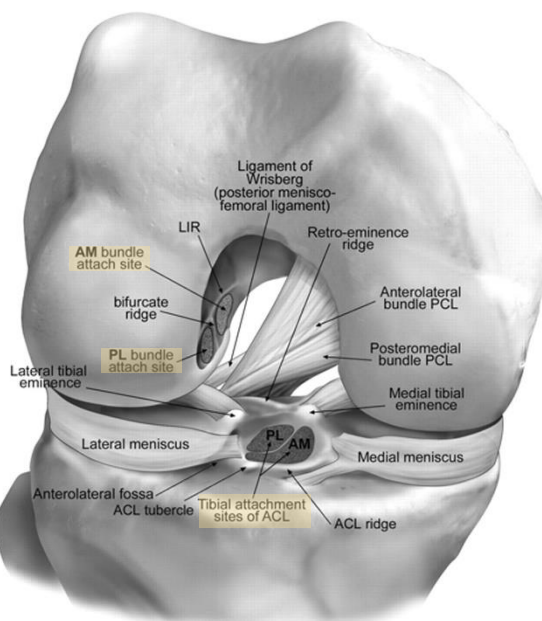


Figura 3- Inserção dos feixes do LCA
(<https://upload.orthobullets.com/topic/3001/images/acl%20anterior%20view%20knee%20diagram.jpg> - 2023)

Função do Ligamento Cruzado Anterior:

A principal função do LCA é a estabilização do joelho durante a atividade física. Desempenha um papel crítico na prevenção da translação anterior da tíbia em relação ao fémur, facto que é importante para a estabilidade do joelho em atividades como correr, saltar, fazer mudanças de direção, movimentos de *pivot*. O LCA também ajuda a

controlar a rotação interna da tíbia em relação ao fémur, bem como a hiperextensão do joelho. Por outro lado, o LCA também desempenha um papel na propriocepção. Os seus recetores fornecem informações sensoriais ao sistema nervoso central sobre a posição e movimento do joelho, facto que ajuda na coordenação motora e na prevenção de lesões (1–3).

1.2. Lesão

1.2.1. Epidemiologia

O LCA é o ligamento do joelho com maior tendência a ser lesionado ocorrendo maioritariamente durante a participação em movimentos de aterragem e mudanças de direção em modalidades de alto impacto, por excesso de carga que excede o limiar de tolerância do ligamento (4,5).

A cada ano, mais de dois milhões de lesões do LCA são relatadas em todo o mundo, com uma prevalência em jovens atletas do sexo feminino de até oito vezes superior ao sexo oposto, ocorrendo principalmente com a prática de atividades desportivas como o basquetebol, futebol, ginástica e lacrosse (6–11).

A rotura deste ligamento ocorre mais frequentemente em indivíduos jovens e ativos, podendo ter impactos físicos e psicológicos devastadores a curto e longo prazo (5,8,10,12–14). A lesão do LCA acarreta custos cirúrgicos e de reabilitação bastante significativos, bem como encargos a nível pessoal para o atleta devido à ausência no desporto, tendo, conseqüentemente um impacto muito negativo na sua saúde e bem-estar (4,15). De facto, um estudo demonstrou evidências radiográficas de osteoartrose do joelho entre 42% das jogadoras de futebol após a reconstrução do LCA (RLCA) dentro de dez anos após a lesão. Assim, a prevenção primária é uma forma eficaz de reduzir os resultados físicos, psicológicos e financeiros adversos desta lesão traumática (10).

Montalvo et al. sugere que os homens têm uma maior exposição ao risco do que as mulheres (ou seja, os homens participam em mais treinos e jogos do que as mulheres), no entanto, como o número de equipas desportivas femininas está em crescimento na atualidade, prevê-se que as taxas de participação entre homens e mulheres no futuro não sejam tão discrepantes. Portanto, é de esperar um aumento na proporção de incidência da lesão em indivíduos do sexo feminino (8).

A identificação dos desportos com maior risco de lesão pode ajudar na orientação e construção de programas de prevenção de lesões para os atletas que mais beneficiarão

com eles. Futebol e ginástica tiveram as maiores taxas de lesão do LCA em atletas adolescentes do sexo feminino enquanto, para os atletas do sexo masculino, a prática desportiva de futebol foi identificada como aquela associada a maiores taxas de lesão (9).

1.2.2. Mecanismo de lesão

Existem três vias de lesões do LCA: por contacto direto, por contacto indireto e sem contacto. Devido à natureza da competição e das necessidades fisiológicas do corpo, todos os atletas têm riscos de danos inerentes, mas, embora o contacto possa ser um fator de risco, a via de lesão sem contacto excede os 70 %, enquanto apenas 30% das lesões do LCA são lesões de contacto e 5% delas são por contacto indireto (2,4,10,16,17).

Segundo *Larwa et al.*, jogadores de futebol do sexo masculino parecem ter maior incidência de lesões do LCA devidas a mecanismos de contacto direto enquanto as mulheres estão em maior risco de lesão por mecanismos sem contacto (13). Essas lesões sem contacto do LCA resultam principalmente de um controlo deficitário, que coloca a articulação do joelho do atleta numa posição de "risco" (18).

São diversos os fatores de risco que têm sido associados a esta lesão, podendo ser classificados como intrínsecos (anatômico, neuromuscular, biomecânico, fisiológico, genético) ou extrínsecos (condições meteorológicas, superfície de jogo, nível desportivo), tal como modificáveis ou não modificáveis, ilustrados na figura 4 (19). A maioria dos fatores de risco neuromusculares e biomecânicos apresentam-se como modificáveis. Esses fatores de risco podem ser abordados por meio de programas de treino preventivo neuromuscular (16).

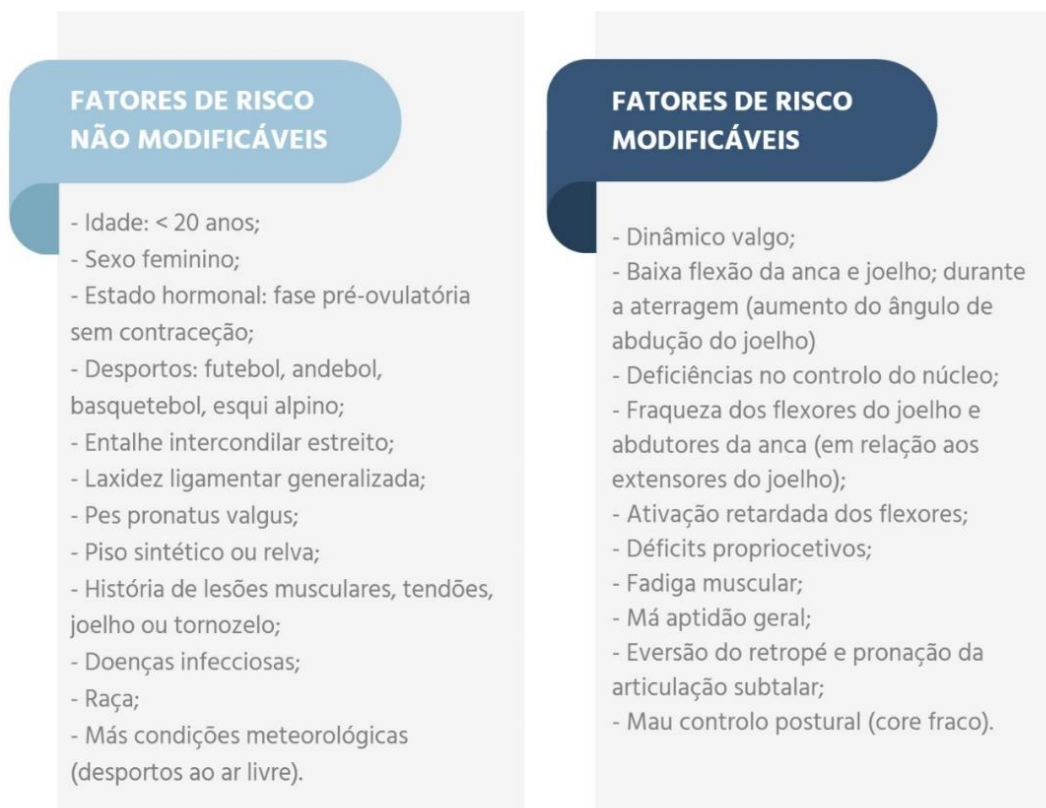


Figura 4 - Fatores de risco associados à lesão do LCA (11,17–21).

Embora existam alguns fatores de risco característicos em homens, a maioria deles são identificados como particulares do sexo feminino (16).

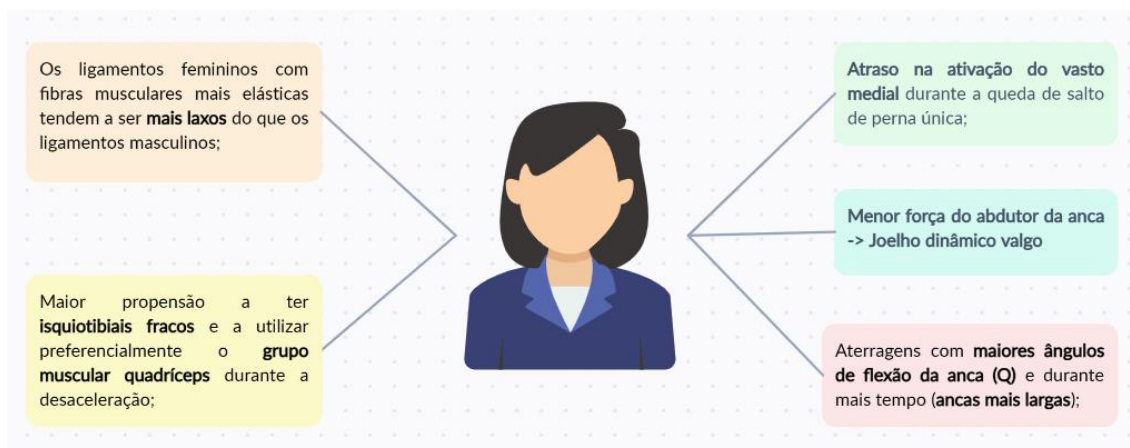


Figura 5 - Características femininas que as predispõem à lesão do LCA (7,8,18,22)

Anatomicamente, as mulheres têm **ancas mais largas**, o que promove ângulos Q (ângulo entre a linha que se estende da espinha íliaca ântero-superior até o centro da patela/rótula e aquela que se estende do centro da patela/rótula até o centro da tuberosidade tibial) maiores (menor flexão da anca) e conseqüentemente um maior risco de lesão do LCA comparativamente aos homens, dado que existe uma maior pressão aplicada ao aspeto medial do joelho (2). As mulheres também normalmente não geram tanta força nos **abdutores** da anca comparativamente com os homens, potencialmente sujeitando-as a momentos dinâmicos de joelho em valgo (20). Alguns estudos sugerem também que as mulheres podem ter **músculos isquiotibiais mais fracos** e utilizar preferencialmente o grupo muscular do quadrícepíte femoral durante a desaceleração. Envolver a musculatura do quadrícepíte femoral na desaceleração, coloca no LCA um stress anormalmente aumentado, já que os músculos do quadrícepíte femoral são menos eficazes na prevenção da translação anterior da tibia em comparação com os músculos flexores protetores (isquiotibiais) (1,13,17,20). Os ligamentos das mulheres que possuem **fibras musculares mais elásticas** tendem a ser mais laxos do que os ligamentos masculinos, sendo assim, movimentos articulares excessivos e mais flexíveis podem também contribuir para a maior incidência de lesão do LCA no sexo feminino (2).

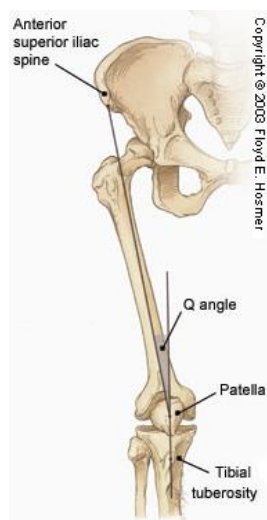


Figura 6 - Ângulo Q
((<https://upload.orthobullets.com/topic/9065/images/qangle.jpg> – 2022))

As situações com maior risco nos desportos com bola são, como já referido, aquelas que vão exceder o limiar de tolerância do ligamento: a) aterragem após um salto; b) travagem abrupta e c) mudança de direção súbita, incluindo movimento rotativo do joelho (4,5,17).

Embora vários estudos tenham sugerido que o joelho valgo dinâmico não é um mecanismo importante para lesão do LCA, outros consideram-no como um dos fatores de risco mais importantes, que coloca forças de tração significativas no LCA, especialmente durante a aterragem e nas manobras de mudança de direção (13,17,18,20). Trata-se de um padrão de movimento incorreto do membro inferior, composto por uma combinação de adução e rotação interna do fêmur, abdução do joelho, translação tibial anterior, rotação tibial externa e eversão do tornozelo que leva ao deslocamento medial do joelho, além da linha pé-coxa. O joelho valgo pode ocorrer secundariamente a muitos fatores, incluindo, entre outros, pouca força do abductor da anca, fraco controlo da musculatura da anca, aumento da anteversão femoral/torção tibial medial, a cintura pélvica mais larga, aumento da mobilidade do médio-pé e maior ângulo Q, falta de coordenação e capacidades proprioceativas ou por qualquer combinação dos mecanismos acima mencionados (13,17,20).

Testes de aterragem e de agachamento em ambos os pés ganharam interesse nos últimos anos devido às pesquisas sobre as causas das lesões do LCA. O teste mais realizado para a avaliação do joelho valgo é o teste de salto vertical (SV), que consiste na aterragem com as duas pernas pós-salto. Tanto o salto com aterragem como o agachamento são compostos pelas fases descendentes e ascendentes e usam o mesmo modelo de movimento (ou seja, flexão e extensão do tronco, anca, joelhos e tornozelos no plano sagital). Por outro lado, o agachamento, em comparação com a aterragem pós salto, é caracterizado por uma menor carga externa e um movimento mais lento, o que parece ser uma ação motora mais fácil de realizar. As diferenças entre estes padrões de movimento podem causar diferenças significativas nos resultados para os ângulos do joelho em valgo (17).



Figura 7 - Teste do salto vertical

Análises de vídeo bidimensionais ou tridimensionais também se mostraram úteis para avaliar a eficácia e/ou a progressão do treino focado na correção da posição dinâmica do joelho em valgo (17).

Wilczyński et al., destacou publicações sobre movimentos de perna única, principalmente agachamento de perna única (“*single leg squat*”) e aterragem de perna única no plano sagital por várias razões. Em primeiro lugar, o joelho valgo na posição ortostática, numa perna com perda de equilíbrio é o principal padrão observado durante as lesões dos membros inferiores. Em segundo lugar, a grande maioria dos casos de lesão do LCA ocorre durante movimentos de aterragem de perna única. Além disso, ações de perna única são movimentos mais exigentes do que as de perna dupla, o que facilita a identificação de pessoas com maior risco de lesão (20).



Figura 8 - Movimento de perna única (aterragem e agachamento)

O *Functional Movement Screen (FMS)* é outro conjunto de testes conhecido na ciência do esporte para avaliar o risco de lesões. O seu objetivo é detetar assimetrias e desequilíbrios funcionais. Os atletas têm de completar sete exercícios diferentes, que são pontuados com um máximo de três pontos (três pontos: desempenho perfeito, dois pontos: movimentos evasivos, um ponto: o exercício não é possível, nenhum ponto: dor), o vídeo 1 exemplifica de forma breve este conjunto de testes (17).



Vídeo 1 - *FMS*

Quatro teorias foram propostas em *Lopes et al.* para caracterizar o risco de lesão do LCA em atletas, essas teorias sugerem que os participantes com alto risco de lesão aterrem de um salto com o joelho em posição de valgo e o fémur em adução e rotação interna (Teoria da dominância ligamentar) ou com o joelho em extensão, com ativação excessiva do quadríceps femoral em relação aos isquiotibiais provocando uma tensão de cisalhamento anterior à tibia (Teoria da dominância do quadríceps femoral) ou com défices no controlo do tronco (Teoria da dominância do tronco) ou com grandes assimetrias perna a perna (Teoria da dominância da perna) (5).

As análises de vídeo das lesões do LCA apoiam as 4 teorias: identificaram valgo excessivo do joelho (dominância do ligamento), diminuição do ângulo de flexão do joelho (dominância do quadríceps femoral), deslocamento lateral excessivo do tronco (dominância do tronco) e distribuição assimétrica do peso corporal entre as 2 pernas (dominância da perna) durante a ocorrência de roturas do LCA (5).



Figura 9 - Teorias sugeridas para caracterizar o risco de lesão do LCA

1.2.3. Diagnóstico

O diagnóstico é feito com uma combinação da história e exame clínicos, no entanto, para a sua confirmação recorreremos a uma ressonância magnética (RM). Existem alguns critérios que tornam mais provável o diagnóstico, tais como o paciente relatar (a) um

mecanismo de lesão que envolve desaceleração/aceleração em combinação com uma carga do joelho em valgo, (b) audição ou sensação de "pop"/estalo no momento da lesão, (c) edema dentro de 2h de lesão/hemartrose, d) sintomas de "cedência" ou instabilidade posteriormente ou e) amplitude de movimentos dolorosa e restrita na fase aguda (1,2,12).

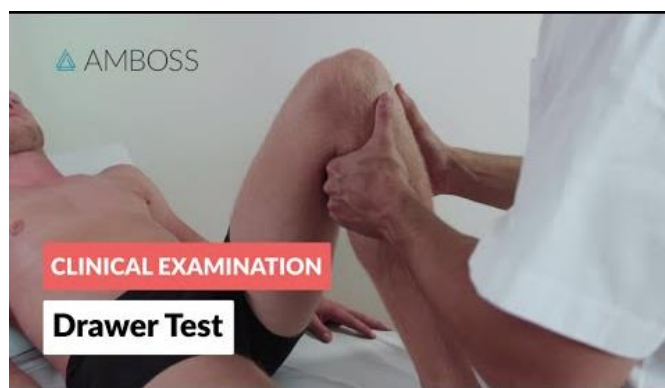
Os exames clínicos que podem ser realizados em combinação com a história clínica devem ser sempre comparados com o lado contralateral, nomeadamente:

O **teste de Lachman**, o teste diagnóstico clínico mais preciso, com sensibilidade de 85% e especificidade de 94%, comparável à RM. Realizado com o paciente em decúbito dorsal com o joelho flexionado a cerca de 30 graus. O médico deve estabilizar o fêmur distal com uma mão e, com a outra mão, puxar a tibia para si. Se houver aumento da translação anterior da tibia, então este é um teste positivo (1). (Vídeo 2)



Vídeo 2 - (203) Lachman Test - Clinical Examination - YouTube

O **teste de gaveta anterior** que tem alta sensibilidade (92%) e especificidade (91%) para roturas crónicas do LCA, mas menor precisão para casos agudos. Com o paciente em decúbito dorsal, o joelho afetado é flexionado a 90 graus e o pé plantado, o médico segura a tibia proximal com ambas as mãos e puxa-a para si. Se existir um movimento anterior excessivo com instabilidade, o teste é positivo (1). (Vídeo 3)



Vídeo 3 - (203) Drawer Test - Clinical Examination - YouTube

O teste ***pivot Shift***, realizado com o paciente em decúbito dorsal, o médico deve segurar a parte inferior da perna, inicialmente com o joelho estendido e a anca flexionada a 20 a 30 graus, gira internamente a tíbia e inicia o stress em valgo com a outra mão para dobrar o joelho, mantendo esta posição, os joelhos agora devem ser dobrados. Isso faz com que o LCA no joelho afetado seja comprimido, instável e eventualmente subluxado. Se o joelho for flexionado e a tíbia for subluxada para trás e a "protuberância" puder ser sentida, temos um teste positivo e sinais muito óbvios de rotura LCA (especificidade de 98%). Um teste negativo não é, no entanto, suficiente para descartar a lesão (sensibilidade de 24%) (1). (Vídeo 4)



Vídeo 4 - (203) *Pivot Shift Test - Clinical Examination - YouTube*

É importante avaliar se há lesões associadas, como lesão do ligamento colateral medial ou lateral, lesão do ligamento cruzado posterior (LCP) ou lesão meniscal (1,12).

Em avaliadores experientes, a combinação da história do paciente e do exame clínico geralmente é suficiente para diagnosticar uma rotura do LCA. No entanto, a dor e o derrame num ambiente agudo podem dificultar a deteção da lesão durante o exame físico e tornar o diagnóstico incerto, podendo recorrer-se à realização de uma RM, que também ajuda a avaliar possíveis lesões concomitantes (menisco 55%–65%, cartilagem 16%–46%) (7). As radiografias geralmente não contribuem para o diagnóstico de lesões do LCA, mas ajudam a descartar fraturas ou outras lesões ósseas associadas (1,12).

1.2.4- Opções de tratamento

O tratamento deve ser individualizado com base no nível de atividade, idade, valores, objetivos, necessidades e patologias concomitantes do paciente. A reabilitação é demorada e resulta numa carga psicológica significativa (12).

As três principais opções de tratamento para a rotura do LCA são: (a) reabilitação como tratamento de primeira linha, seguido de reconstrução do LCA (RLCA) em pacientes que desenvolvem instabilidade funcional, (b) reconstrução LCA e reabilitação pós-operatória, como tratamento de primeira linha, e (c) reabilitação pré-operatória seguida de RLCA e reabilitação pós-operatória (12).

Os atletas são geralmente aconselhados a submeter-se a reconstrução cirúrgica de forma a conseguir retomar as atividades de alto nível após uma lesão no ligamento cruzado anterior. No entanto, a RLCA pode não conseguir retomar a função normal do joelho ou reduzir o risco de lesões subsequentes. De facto, evidências recentes mostram que apenas cerca de metade dos pacientes pós-RLCA regressa ao nível competitivo do desporto. Além do risco aumentado de segunda lesão, os pacientes mesmo após RLCA têm um risco aumentado de osteoartrose precoce (22). Outras evidências mostram que a RLCA além de ser o tratamento preferido, pode reduzir os custos sociais secundários ao desenvolvimento a longo prazo de complicações, particularmente osteoartrose (21).

Para muitas pessoas, um joelho lesionado no LCA nunca mais será o mesmo do que era pré-lesão. Mais de cinco anos após a rotura do LCA, sintomas como gonalgia, atividades recreativas limitadas e qualidade de vida prejudicada são bastante comuns e além disso, muitas pessoas desenvolvem osteoartrose precoce, sendo que uma proporção significativa não retorna ao desporto e adota um estilo de vida inativo, principalmente com medo de uma nova lesão. Isso destaca a importância da identificação dos fatores de risco modificáveis associados a resultados adversos em indivíduos com lesões do LCA, por forma a implementar estratégias de gestão personalizadas de forma a otimizar os resultados e a qualidade de vida a longo prazo (4,5,8,12,14,17). O tempo de recuperação é de aproximadamente um ano e cerca de 45% dos atletas não retornam ao desporto competitivo. Se voltarem, o seu desempenho é provavelmente diminuído (7).

Em *Sepúlveda et al.* estudos mostram que, após a RLCA, 81% dos indivíduos voltam ao desporto, 65% retornam ao seu nível pré-lesão e 55% retornam à competição. Revisões sistemáticas avaliam o risco de roturas ipsilaterais em 5,8% e lesões contralaterais em 11,8%. Aproximadamente 20% a 50% dos pacientes terão evidência de osteoartrose dentro de dez a vinte anos (21).

Os objetivos principais do tratamento são a restauração da função do joelho, abordar barreiras psicológicas à participação da atividade, prevenir novas lesões e osteoartrose e otimizar a qualidade de vida a longo prazo (12).

2. Prevenção

2.1. Mecanismo de prevenção

Atualmente, há reconhecimento na comunidade científica que nenhum teste pode prever com precisão o risco de lesão do LCA. A triagem de risco é uma barreira significativa para a implementação de programa de prevenção de lesão (PPL) do LCA. A pesquisa revela que é mais custo-efetivo implementar um PPL do LCA em todos os atletas do que rastrear e selecionar atletas em risco (11).

A instrução sobre o mecanismo de lesão e modificação de padrões de movimento ameaçadores da mesma são a base da sua prevenção. Sendo assim, a compreensão biomecânica da lesão do LCA sem contacto e dos fatores de risco a ela associados é necessária para o desenvolvimento de PPLs eficazes (5). Infelizmente, não existe uma total compreensão dos fatores de risco e mecanismo das lesões do LCA, por isso torna-se difícil saber ao certo o que, exatamente, torna estes programas eficazes (5,11).

Embora, segundo *Arundale et al.*, os exercícios de equilíbrio possam não modificar a incidência da lesão, exercícios de controlo proximal (definidos como exercícios que envolvem segmentos proximais à articulação do joelho) parecem melhorar a eficácia dos PPLs. Tais resultados podem revelar que o fortalecimento, particularmente da musculatura da anca e do *core*, podem ser fundamentais (11).

O treino neuromuscular (TNM) e biomecânico têm sido destacados pelos PPL de forma a promover o devido suporte muscular do joelho e a modificar os padrões incorretos de movimento. Combinações de aquecimento, treino de equilíbrio, alongamento, treino de força e pliometria, bem como exercícios que melhorem a agilidade e aumentem a consciência sobre movimentos de alto risco, foram incluídos nessas intervenções (10).

Damos o nome de neuroplasticidade (ou plasticidade neural) à capacidade do sistema nervoso central de se adaptar aos fatores extrínsecos (ambientais) e/ou intrínsecos (por exemplo, uma lesão definida anatomicamente). Essas adaptações podem envolver modificações nas estratégias cognitivas gerais, incorporação de circuitos neurais distintos ou amplificação ou redução do envolvimento de certas conexões ou áreas cerebrais (19). Assim, o controlo motor, a neuroplasticidade e o comportamento cerebral receberam recentemente mais atenção, particularmente com relação ao mecanismo dos PPLs (11).

Ações neurocognitivas, como as que medem o tempo de reação, a velocidade de processamento, a memória visual e a memória verbal, estão bem estabelecidas na literatura de neuropsicologia como medidas indiretas do desempenho cerebral. A consciência situacional, a excitação e os recursos atencionais do indivíduo podem influenciar essas áreas da função neurocognitiva, afetando a complexa integração de informações vestibulares, visuais e somatossensoriais necessárias para o controlo neuromuscular (figura 9) (19).

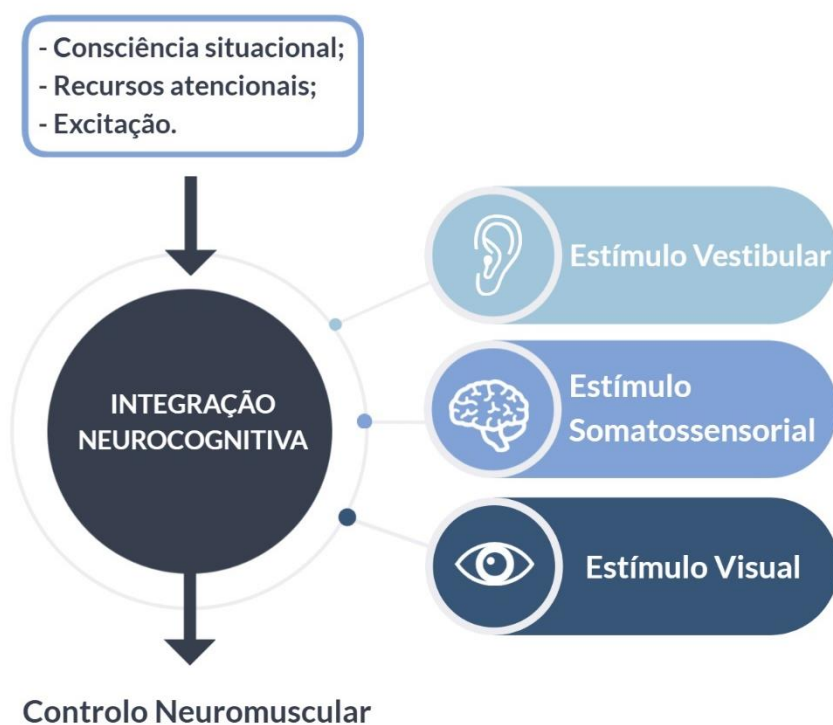


Figura 10 - Integração neurocognitiva

Dependendo dos requisitos funcionais (por exemplo, aterragem, manobras de mudança de direção, desaceleração) existe um ajuste contínuo das propriedades viscoelásticas do músculo. A origem neural desta “afinação muscular fina” exerce um efeito nas contrações musculares que pode aumentar a rigidez articular em dez vezes, otimizando o desempenho, mantendo o equilíbrio e a estabilidade articular. Para maximizar este aumento, o ambiente físico deve ser rapidamente modelado dentro do cérebro antes que as manobras reais sejam executadas. Este processo é, em grande parte, inconsciente e, de facto, “pensar demais” e níveis de excitação excessivamente altos podem atrasar ou interromper manobras funcionais de rotina (19).

As atividades desportivas requerem consciência situacional de um largo campo de atenção para controlar continuamente o ambiente, filtrar informações irrelevantes e,

simultaneamente, executar programas motores complexos. O aumento da excitação ou ansiedade, altera a concentração dos atletas, estreita o campo de atenção, e altera a atividade muscular, resultando numa má coordenação e desempenho (19). As razões subjacentes à descoordenação dos movimentos e à alta velocidade existentes nas lesões do LCA sem contacto, não são totalmente compreendidas, apesar do avanço do conhecimento sobre a patofisiologia mecânica da lesão do LCA. Características neuropsicológicas são responsáveis pela consciência situacional, integração sensorial, planeamento motor, e coordenação, as quais controlam a rigidez articular. Portanto, estas também podem influenciar a prevenção de lesões de um indivíduo, independentemente do sexo (19).

É através da repetição da ação motora que se adquire experiência e se consegue induzir aprendizagem motora, isto é, obter uma habilidade motora com duração relativamente permanente na *performance* do indivíduo. Instruções e *feedback* suplementares são fatores essenciais de influência para apoiar os processos de aprendizagem motora. Em quase todas as situações de treino em que as habilidades motoras devem ser aprendidas, os atletas recebem instruções sobre o correto padrão ou técnica de movimento (22).

A estabilidade do tronco (*core*) (com combinação de diversos tipos de exercícios de forma a realçar a qualidade do controlo do movimento e o alinhamento dos membros e tronco e, assim, evitar o joelho em valgo) tem-se mostrado determinante na prevenção de lesões das extremidades inferiores e, por isso, as técnicas de fortalecimento muscular do tronco têm sido amplamente utilizadas na prevenção de lesões e reabilitação nas populações desportivas (18,20).

Grooms et al. evidenciaram que é possível uma redução na adução da anca durante as manobras de mudança de direção por aumento do TNM, que foi relacionada à diminuição da atividade sensorial-visual-espacial do joelho e das áreas de planeamento motor. Alguns estudos sugerem que mudanças no comportamento do cérebro podem estar relacionadas com mudanças na biomecânica. Em particular, utilizar princípios de aprendizagem motora pode provocar maiores alterações biomecânicas, mesmo que inconscientes, permitindo que o atleta mantenha o foco no desporto. Diminuições na atividade do córtex motor sugerem maior eficiência em processamento, melhorando potencialmente a transferência de padrões praticados para ambientes desportivos complexos (11).

2.2 - Exemplos de programas de prevenção

As melhores estratégias de prevenção são o resultado da combinação da evidência mais atual, das necessidades físicas do desporto, da avaliação do treinador e da equipa médica e das informações do atleta (23).

Segundo o artigo “*Knee Injury Prevention: Exercises to Keep You From Getting Sidelined*” no *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, em 2018, clínicos em conjunto com pesquisadores especialistas na área analisaram 3.526 artigos e, por fim, selecionaram e resumiram os trinta e três melhores artigos com o objetivo de criar uma diretriz de prática clínica. Os seus autores concentraram-se em determinar a eficácia dos programas de prevenção utilizados na prevenção de lesões, perceber quais os tipos de exercícios eram comuns em programas eficazes de prevenção e os principais parâmetros de intensidade e duração do exercício necessários para prevenir lesões no joelho e no LCA. Assim sendo, chegaram à conclusão que deveriam ser recomendados: (A) alongamentos dinâmicos ou exercícios de flexibilidade para o quadríceps femoral, isquiotibiais, adutores da anca, flexores da anca e músculos do gêmeo; (B) exercícios de corrida, como corrida para frente e para trás, corrida em *zigue-zague* e salto; (C) treino de força como agachamentos de perna dupla e única, *lunges* e exercícios de isquiotibiais nórdicos; (D) exercícios de força central, como pranchas e pontes; e (E) exercícios pliométricos, como saltar para frente e para trás com uma perna, *ice-skaters* e exercícios específicos do desporto, ilustrados na figura 11. No entanto, os programas devem ser personalizados para atender às necessidades específicas de cada atleta e de cada desporto (23).

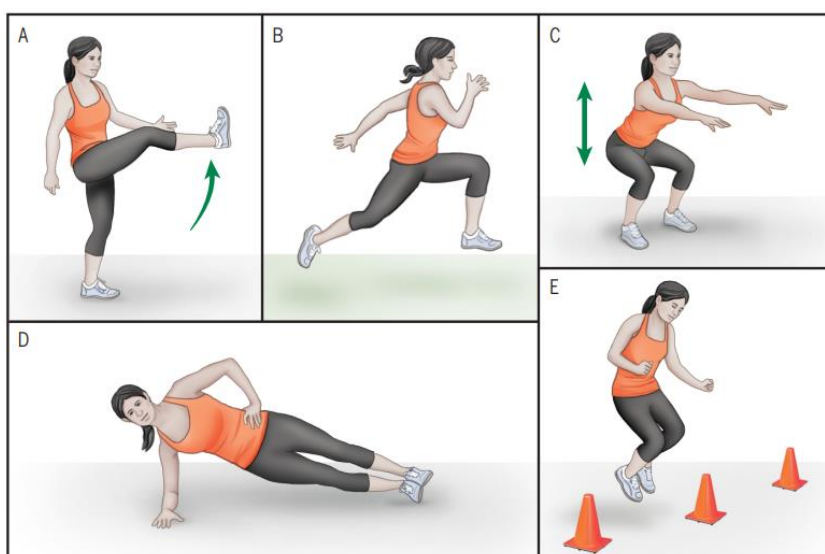


Figura 11 - Exercícios recomendados

Vários programas de prevenção de lesões (PPL) podem reduzir de forma quantificável o risco de lesão do LCA. O objetivo destes PPL é, como já vimos, estimular o sistema

neuromuscular por meio de uma combinação de exercícios de várias componentes (pliométricos, de fortalecimento, técnica e equilíbrio) melhorando a biomecânica do corpo durante atividades que colocam o joelho em risco de lesão do LCA sem contacto que mais comumente são associados a atletas do sexo feminino (11,15,24). A simplicidade destes exercícios, curtos (15 a 20 min), integrados nos aquecimentos das sessões de campo para atletas, melhoram o controlo neuromuscular e o seu relativo sucesso na redução das taxas de lesão do LCA, sendo essencial para a comunidade desportiva (4).

Programas de prevenção como o 11+ (anteriormente conhecido como *FIFA11+*), *Prevent injury and Enhance Performance (PEP)*, o *Knäkontroll* (11,24,25), *Knee Control* (11), *Footy First* (24), *HarmoKnee* (25), *Oslo*, *Core-Pac* e *F-MARC 11+* (4) são alvo de vários estudos que incidem nos efeitos da sua intervenção como aquecimento dinâmico em sessões de treino, de forma a conseguirem aumentar a fidelidade de implementação, conformidade e adesão. Outros programas, incluindo o programa *Sportsmetrics*, foram concebidos como programas independentes para serem executados fora do ambiente de treino (11,25). Na tabela 1 estão alguns dos programas de prevenção analisados.

Tabela 1 - Programas de prevenção de lesão LCA (19).

Nome	Desporto	Exercícios	Duração (≈)	Link
(FIFA) 11+	Futebol	R, P, S, B	20 min	https://www.f-marc.com/files/downloads/workbook/11plus_workbook_ptbr.pdf
Prevent injury and enhance performance (PEP)	Futebol	R, P, S, F	20 min	<i>A Practical Guide to the PEP Program - LA84 Foundation</i>
Sportsmetrics	Futebol, basquetebol, ténis e voleibol	P, S	60 min	http://sportsmetrics.org/
HarmoKnee	Futebol, basquetebol	R, P, B, F	20 – 25 min	harmoknee.com
R: <i>running exercises</i> (corrida), P: <i>plyometrics</i> (exercícios de salto), S: <i>strengthening exercises</i> (força), B: <i>balance training</i> (equilíbrio), F: <i>flexibility training/stretching</i> (flexibilidade/alongamento)				

FIFA 11+:

O *FIFA 11+* é um programa de aquecimento criado para reduzir o risco de lesão em jogadores de futebol. É composto por 15 exercícios (6 de corrida no início e no final, com 6 exercícios preventivos específicos com foco na força do tronco e das pernas, equilíbrio e agilidade e 3 exercícios para ativar o sistema cardiovascular) (26).

Se implementado adequadamente, o programa tem o potencial de reduzir a taxa de lesões do LCA em jogadores de futebol de competição, tanto masculinos quanto femininos, e potencialmente reduzir o seu tempo de recuperação. Este é um aquecimento dinâmico em campo que rentabiliza tempo e não requer equipamento adicional (27). Segundo o estudo *Silvers-Granelli et al.*, realizado com as equipas de futebol do *National Collegiate Athletic Association (NCAA)* (torneio inter-universitário de futebol americano conduzido pela *NCAA*), em 2012, não foram observadas diferenças nas taxas de lesões do LCA entre as equipas de controlo da Divisão I usando o *FIFA 11+*, mas observamos taxas mais baixas de lesões no LCA nas equipas da Divisão II que utilizaram o *FIFA 11+*. Isso pode ser atribuído a diferenças na intensidade do jogo e nos níveis gerais de habilidade entre as divisões. Tradicionalmente, os atletas da Divisão II não têm tantos recursos quanto os atletas da Divisão I e podem não ter a supervisão direta de um técnico certificado ou de um treinador de força e condicionamento durante a execução do programa em cada jogo e sessão de treino. Os resultados deste estudo demonstraram a capacidade do *FIFA 11+* de diminuir a incidência de lesões do LCA em jogadores de futebol masculinos universitários competitivos em 77% (27).

Akbari et al., forneceram evidências da utilidade do programa *FIFA 11+* na redução dos fatores de risco associados a lesões sem contacto do LCA. Os resultados também sugeriram que jogadores de futebol de alto risco beneficiaram mais do que jogadores de futebol de baixo risco (85,7% dos jogadores de futebol de alto risco apresentaram melhoria significativa na técnica) (26).

Nos últimos 10 anos, o 11+ foi amplamente distribuído *pela Fédération Internationale de Football Association (FIFA)*, aumentando teoricamente a exposição global dos PPL na comunidade do futebol. No entanto, num estudo com foco em treinadores de futebol amador na Alemanha, mais da metade dos treinadores desconhecia o 11+ (11).

Os treinadores são fundamentais para a implementação e cumprimento dos PPL na maioria dos desportos, especialmente entre atletas amadores e jovens, onde a preparação física ou a equipa médica não são tão robustas. Assim, a falta de consciencialização do *coaching* destaca a importância de melhorar a transferência do conhecimento de

federações desportivas nacionais a clubes desportivos locais. Os programas de educação de *coaching* devem incluir o uso teórico e prático dos PPL do LCA, para garantir uma melhor compreensão dos programas disponíveis, bem como usar e implementar corretamente estes programas (11).

Curiosamente, o manual 11+ (Anexo I) mostra imagens do padrão de movimento “correto” e dá instruções como: “Certifique que mantem a parte superior do corpo reta; a sua anca, joelhos e pés devem estar alinhados; Não deixe os seus joelhos dobrarem para dentro”. Todas estas dicas direcionam o foco interno (11).

Face aos resultados positivos obtidos com o *FIFA 11+*, a *FIFA* decidiu adaptar e desenvolver novos programas destinados a outra população alvo, nomeadamente, a crianças (*FIFA 11+ Kids*) (figura 14) e às equipas de arbitragem (*FIFA 11+ Referees*). (11)



Figura 12 - *FIFA 11+ Kids* - (https://www.f-marc.com/files/wp-content/uploads/2016/02/poster_fifa11plus_kids.png)

Sportmetrics

Sportmetrics é um programa composto por exercícios de salto, usados para ensinar o atleta a pré-posicionar todo o seu corpo com segurança ao saltar para a aterragem. A seleção e a progressão desses exercícios são projetadas para o TNM, desde exercícios de salto simples até saltos multidirecionais de pé único e pliometria. Uma base sólida de força, coordenação e condição física é necessária para que os atletas consigam atingir o seu maior potencial e otimizar as suas habilidades específicas do desporto (28).

“Originalmente desenvolvido pela *Cincinnati Sports Medicine Research and Education Foundation*, com foco na prevenção de lesões, tem prevenido com sucesso lesões e desenvolvido os atletas no desporto há mais de 20 anos e é reconhecido internacionalmente como um programa de prevenção e desempenho de lesões baseado em evidências. Os especialistas *Certified Sportmetrics™* são treinados para implementar este programa original com atletas de todas as idades. À medida que o programa se expandiu e se desenvolveu ao longo dos anos, tornou-se evidente que poderia ser útil em mais do que apenas na prevenção de lesões para os atletas. Com o princípio orientador de que movimento é remédio e que estilos de vida ativos ajudam a promover saúde e bem-estar ao longo da vida, a equipe *Sportmetrics™* decidiu tornar o programa acessível para pessoas além dos desportos tradicionais.” (28). Alguma informação adicional encontra-se no Anexo II.

Contrariamente ao FIFA 11+, a publicação original do *Sportmetrics* usava dicas externas, como “Reto como uma flecha”, “Leve como uma pena”, “Absorvedor de choque” e “Recuo como uma mola”. Essas dicas são dicas externas, direcionando a atenção do atleta para fora do seu corpo, estas analogias, tornam-se numa técnica conhecida por facilitar a aprendizagem implícita. Aprendizagem implícita significa que um atleta forma uma imagem interna ou compreende um movimento, em vez de seguir regras ou uma ordem de operações. Sabe-se que a aprendizagem implícita é eficaz na promoção de automaticidade permitindo que os atletas lidem melhor com o desempenho *dual-task* e com o *stress*. Foco externo de atenção/pistas externas e aprendizagem implícita são estratégias simples que podem ser implementadas com pouco ou nenhum equipamento e representam aspetos da aprendizagem motora que clínicos e pesquisadores devem continuar a explorar (11).

Em *Diekfuss et al.* o grupo de treino neuromuscular que utilizou o *Sportmetrics* obteve reduções maiores no pico do momento de abdução do joelho do que o grupo controlo que não usou qualquer programa (11).

Harmoknee

“O programa de prevenção de lesões no joelho *Harmoknee* foi criado após anos de estudos e pesquisas de campo. Aproximadamente 1 000 atletas de futebol feminino com idades compreendidas entre os 12 e os 19 anos foram educadas no âmbito do programa *HarmoKnee*. Aproximadamente outras 1.000 atletas de futebol feminino nas idades de 12 a 19 anos foram adicionadas como um grupo controlo. Durante e após uma temporada, as taxas de lesões dos dois grupos foram comparadas e existiu uma redução do risco de lesões no joelho em 77%. Os riscos de lesão no joelho sem contacto (essas lesões representam 80% de todas as lesões no joelho) foram reduzidos em 90%. O estudo e os resultados são agora amplamente conhecidos e até publicados na conhecida revista médica”, *JAMA Internal Medicine* (25,29).

Trata-se de um programa que não necessita de qualquer tipo de equipamento e recomenda aproximadamente 2 minutos de ativação muscular do tempo total, mantendo a posição e contraindo o músculo por aproximadamente 4 segundos. O alongamento só é recomendado em casos de amplitude de movimento limitada. Os diferentes tipos de exercícios estão na tabela 4 (25).

Tabela 2 - Exercícios do programa *Harmoknee* (25)

Tipo de exercícios	Exemplos
Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Alongamento do gastrocnémio, do quadríceps femoral, dos isquiotibiais e dos flexores da anca; • <i>Butterfly stretch</i> (alongamento dos adutores); • <i>Modified figure-of-four stretch</i>.
Corrida	<ul style="list-style-type: none"> • Corrida (4-6 minutos); • Corrida para trás em ponta dos pés (1 minuto); • Salto na altura do joelho (30 segundos); • Técnica defensiva: deslizar lentamente, ziguezaguear para trás (30 segundos); • Corrida em ziguezague para frente alternada e técnica de pressão: ziguezague para trás (2 minutos).
Força (1 minuto cada)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lunges</i> estáticos (avanços anteriores alternados); • Fortalecimento excêntrico dos isquiotibiais nórdicos; • Agachamento de uma perna com flexão dorsal do pé.
Estabilidade do tronco (1 minuto cada)	<ul style="list-style-type: none"> • Abdominais; • Prancha nos cotovelos;

	<ul style="list-style-type: none"> • Ponte;
Pliometria (30 segundos cada)	<ul style="list-style-type: none"> • Saltos de perna dupla para frente e para trás; • Saltos laterais de perna única; • Saltos de perna única para frente e para trás; • Salto de duas pernas com ou sem bola.

Prevent Injury and Enhance Performance (PEP)

“Através de uma bolsa da Fundação LA84, a *Santa Monica Orthopaedic and Sports Medicine Research Foundation*, concebeu o Programa *PEP: Prevent Injury e Enhance Performance*: um programa de exercícios orientados para o futebol projetado por médicos, fisioterapeutas e treinadores para reduzir a incidência de lesões do LCA no futebol.” (30).

O Programa *PEP* não requer nenhum equipamento, demora apenas 15 a 20 minutos e deve substituir o aquecimento padrão. Os 20 exercícios devem ser concluídos na ordem listada abaixo. O programa deve ser feito duas ou três vezes por semana. Os exercícios de *PEP* descritos aqui são para atletas com pelo menos 12 anos de idade. Atletas mais jovens devem usar uma versão modificada do *PEP* (30).

Tabela 3 - Exercícios do programa *PEP* (25,30)

Tipo de exercícios	Exemplos
Corrida	<ul style="list-style-type: none"> • Corrida; • <i>Shuttle Run with Sidestepping</i>; • Corrida para trás.
Flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Alongamento do gastrocnêmio, do quadríceps femoral, dos isquiotibiais, do interior da coxa e dos flexores da anca;
Força	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Walking lunges</i>; • Isquiotibiais nórdicos; • <i>Single Toe Raises</i>
Pliometria	<ul style="list-style-type: none"> • Saltos laterais; • Saltos para frente e para trás; • Saltos de perna única para frente e para trás;

	<ul style="list-style-type: none"> • Salto verticais; • Salto em tesoura.
Agilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Corrida vaivém; • Corrida diagonal; • <i>Bounding Run</i>.

Dois estudos examinaram a eficácia do programa *PEP* na redução das lesões do LCA em jogadoras de futebol feminino. *Mandelbaum et al.* examinaram meninas e mulheres adolescentes de 14 a 18 anos e encontraram uma diminuição de 89% em lesões do LCA em comparação com idade e habilidade do grupo de controlo na primeira temporada do programa *PEP* e uma redução de 74% na segunda temporada de uso. *Gilchrist et al.* examinaram uma população universitária do sexo feminino e encontraram diferenças ligeiramente menores, em taxas de lesões do LCA na sua intervenção em comparação com seu grupo de controlo. Os resultados foram semelhantes (taxas menores, mas não significativas) quando examinaram lesões sem contacto do LCA especificamente (25).

O artigo *Crossley et al.* analisou vários artigos segundo os seus componentes de intervenção (agilidade, equilíbrio, mobilidade, pliometria, corrida e força) ilustrados na figura 13. O TNM utilizando múltiplos componentes foi a intervenção utilizada com maior frequência nos estudos incluídos. Dois outros estudos nesta mesma revisão incluíram apenas exercícios baseados num componente (um era um programa de treino de equilíbrio em casa e o outro era um programa de fortalecimento dos isquiotibiais). O componente de treino mais comum foi a força (10/11 estudos), enquanto os exercícios de agilidade e mobilidade foram os menos utilizados (5/11 estudos) (24).

Os programas de prevenção de lesões que incorporam exercícios baseados em múltiplos componentes podem reduzir as taxas gerais de lesões (27%) e as taxas de lesões do LCA (45%). As taxas de redução não tiveram tanto sucesso (22% e 38%, respetivamente), quando os programas apenas incluíram exercícios de um único componente. Os programas de prevenção de lesão do LCA geralmente incluem exercícios neuromusculares com foco no alinhamento dos membros inferiores durante atividades específicas dos mecanismos de lesão do LCA, alinhando-se às diretrizes atuais da prática clínica (24). Os componentes de intervenção estão descritos na tabela 4.

Prevenção da lesão do ligamento cruzado anterior

Study	Intervention	Agility	Balance	Mobility	Plyometric*	Running	Strength*
Barber Foss <i>et al</i> ⁴⁹	Neuromuscular training (CORE intervention)	✗	✓	✗	✓	✗	✗
Emery and Meeuwisse ⁵⁰	Neuromuscular training (plus home-based balance training)	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Espinosa <i>et al</i> ⁵¹	Eccentric hamstring exercises	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Gilchrist <i>et al</i> ⁵²	Neuromuscular training (PEP programme)	✓	✗	✓	✗	✓	✗
Heidt <i>et al</i> ⁵³	Neuromuscular training (Frappier Acceleration Training programme)	✓	✗	✓	✓	✓	✗
LaBella <i>et al</i> ⁵⁴	Neuromuscular training	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Rössler <i>et al</i> ⁵⁵	Neuromuscular training (FIFA 11+Kids)	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Söderman <i>et al</i> ⁵⁶	Balance board training (home-based)	✗	✓	✗	✗	✗	✗
Soligard <i>et al</i> ⁵⁷	Neuromuscular training (FIFA 11+)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Steffen <i>et al</i> ⁵⁸	Neuromuscular training (FIFA 11)	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Waldén <i>et al</i> ⁵⁹	Neuromuscular training (Knäkontroll)	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Total (%)		45%	64%	45%	82%	73%	91%

✓, included; ✗, did not include; *, articles that included strength and plyometric components were assessed to determine if they met training prescription guidelines for strength and power respectively³⁹—small ✓ symbols in a green cell indicate the article met the muscular strength (included at least 2 sets, 8–15 repetitions or 20–30 s duration, AND one progression (ie, increased intensity/difficulty)) or power (included at least 1 set, 3–15 repetitions or 10–30 s duration, AND one progression (ie, increased intensity/difficulty)) guidelines, while small ✗ symbols in an orange cell indicate they did not.
CORE, exercises focused on the trunk and lower extremity; PEP, Prevent injury and Enhance Performance.

Figura 13 - Componentes de intervenção

Tabela 4 - Componentes de exercícios (17)


Treino de equilíbrio	<p>Na articulação do joelho, o mecanismo de propriocepção, que representa a fonte sensorial de informação, possibilita o controlo neuromuscular da articulação por regular a interação entre os músculos extensor e flexor, o que é crucial para equilibrar o <i>stress</i> no LCA.</p> <p>A utilização deste componente, principalmente quando associado a exercícios específicos da modalidade em questão, revelou ser um suplemento apropriado para programas de aquecimento.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Treino neuromuscular	<p>Atletas com alto risco para lesões do LCA são caracterizados por uma dominância do músculo quadrícepíte femoral. Por outro lado, vários estudos demonstraram que uma rápida ativação dos músculos isquiotibiais, como reação a um estímulo de lesão, ajuda a proteger a articulação do joelho.</p>

Figura 14 - Exercício de propriocepção em prancha de equilíbrio

	<p><i>Hewitt et al.</i> perceberam que a ativação dos músculos isquiotibiais e glúteos pode ser aumentada por meio de treino de salto específico e desta forma reduzir um possível desequilíbrio entre os músculos quadríceps e isquiotibiais.</p> <p>"Programa de Treino Desportivo de Cincinnati": Consiste em diferentes exercícios de salto com complexidade crescente.</p>
<p>Treino de Força</p>	<p>O desequilíbrio muscular tem um papel bastante decisivo no alinhamento dinâmico do valgo e no risco associado de roturas do LCA. Assim sendo, os exercícios de força têm sido integrados em muitos programas de prevenção, com maior foco nos músculos flexores do joelho, abdutores da anca e estabilizadores do tronco (por exemplo os isquiotibiais nórdicos (Figura 15)).</p> <div data-bbox="783 723 1307 1066" data-label="Image"> </div> <p>Figura 15 - Isquiotibiais nórdicos</p>
<p>Treino de corrida e flexibilidade</p>	<p>"Prevent Injury and Enhance Performance Program" (PEP): Inclui diferentes exercícios de corrida (por exemplo, corrida em linha reta, passos laterais, corrida com rotação da anca).</p>

Consequentemente, em vez de identificar um único PPL ideal, uma recente declaração de posição sobre a prevenção de lesões do LCA pela *National Athletic Trainers' Association (NATA)* recomendou que os PPL do LCA incluíssem pelo menos 3 dos seguintes tipos de exercícios: força, pliometria, agilidade, equilíbrio e flexibilidade, juntamente com *feedback* sobre a técnica de exercício adequada (31).

2.3. Eficácia dos programas de prevenção

Os programas de prevenção de lesões do LCA, segundo várias revisões sistemáticas e metanálises analisadas, reduzem a incidência de lesões do LCA em pelo menos 50% numa variedade de desportos, e deve ser usado por todos os atletas (14,17,24,32,33).

A eficiência de qualquer intervenção é determinada conjuntamente pela sua eficácia e adesão tanto do atleta como do treinador (11). Uma estratégia bem-sucedida para reforçar a adesão é fazer com que o programa funcione como um programa de aquecimento. Recursos e tempo devem ser investidos para garantir a eficácia dos programas de prevenção; portanto, a atenção deve estar no desenho, implementação e incentivo ao cumprimento de programas de prevenção para garantir efeitos profiláticos (8). A eficácia na redução do risco de lesões pode ser determinada por várias variáveis. Algumas das quais estão envolvidas no desenho e implementação de programas de prevenção incluem a frequência e duração do programa, duração da sessão de treino, componentes do programa, idade e sexo do participante, desporto, histórico de lesões anteriores e instrutores do programa (34). Para que um PPL seja eficaz, o projeto deve considerar perspectivas biomecânicas, fisiológicas, socioeconómicas, psicológicas e de fácil implementação (11).

Uma barreira potencial para a implementação de um PPL é a disponibilidade de pessoas experientes e qualificadas para liderar tais intervenções. Por esse mesmo motivo, *Pfifer et al.* destacaram a possibilidade dos resultados dos programas de prevenção possam ser influenciados por aqueles que lideram a intervenção. Se os programas de prevenção podem ser eficazes quando orientados por um treinador, os recursos (financeiros e humanos) associados à sua implementação são reduzidos e as populações que podem não ter acesso regular a um profissional de saúde podem beneficiar de um programa de prevenção de lesões. Cinco estudos foram inteiramente conduzidos por treinadores e outros cinco utilizaram um grupo misto de liderança de qualquer combinação de treinadores desportivos, preparadores físicos e fisioterapeutas. Ambos os métodos mostraram resultados positivos na implementação de programas de prevenção de lesões do LCA e, portanto, pode concluir-se que qualquer que seja o responsável pela implementação do programa de prevenção, ele pode efetivamente reduzir a incidência de lesão do LCA. Essa percepção permite a fácil e ampla implementação destes programas (34). *Huang et al.* acreditam que não há necessidade de que os PPL do LCA sejam administrados por profissionais de medicina desportiva, desde que os responsáveis pelo acompanhamento e supervisão dos PPL tenham sido devidamente treinados (14).

Também o encargo financeiro poderia tornar-se um obstáculo à implementação de programas de prevenção, no entanto, de acordo com *Swart et al.*, o custo de implementar universalmente de programas de prevenção de lesões do LCA é US\$ 100 (90,11€) a menos por pessoa do que não implementar programas de treino de prevenção de lesões (34). *Dix et al.* perceberam que encargo financeiro provavelmente não era o custo do próprio programa de prevenção, já que a maioria dos programas de prevenção estão disponíveis gratuitamente. Em vez disso, muitos treinadores que não usaram um PPL do LCA consideraram a sua implementação como responsabilidade de outros e por isso, o custo foi associado à contratação de recursos humanos adicionais (11).

Além de reduzir a taxa de lesões do LCA, os programas com exercícios preventivos têm outros benefícios em termos de melhoria da biomecânica, controlo neuromuscular e desempenho funcional. Esses são benefícios importantes que merecem ser realçados, pois melhorias nesses parâmetros podem facilitar a adesão a longo prazo de PPL tanto por atletas como por treinadores (31).

Com base nas evidências disponíveis, os PPL com múltiplos componentes parecem ser mais eficazes na redução das taxas de lesão do LCA, em comparação com programas de treino de componente único. Por esse motivo, recomenda-se incluir num programa de treino vários componentes, incluindo *feedback* sobre a técnica de exercício apropriada para pelo menos três dos seguintes tipos de exercício: força, pliometria, agilidade, equilíbrio e flexibilidade (6,14,23,31). Os clínicos e treinadores têm grande flexibilidade na seleção dos exercícios específicos para os seus atletas, desde que incluam os componentes de exercício necessários (14). Por exemplo em *Krutsch et al.*, utilizando programas com exercícios especificamente adaptados às exigências do nível de jogo e às preferências dos treinadores, foram criados módulos de treino preventivo apropriados que reduziram em até 50% as lesões graves no joelho no futebol de elite (33).

A metanálise de *Webster et al.* reúne as metanálises anteriores numa única fonte e mostra evidências de que os PPL do LCA “reduzem o risco de todas as lesões do LCA para metade em todos os atletas e lesões do LCA sem contacto em dois terços em atletas do sexo feminino.” Essas são reduções substanciais e clinicamente significativas que confirmam o benefício de tais intervenções. Revisões e análises atuais mostram que, embora existam evidências sólidas que apoiem a eficácia desses programas para atletas do sexo feminino, existem algumas limitações nas informações para atletas do sexo masculino (15). Apesar disso, *Adoghi et al.* relataram uma diminuição no risco relativo para homens de 85% durante a sua pesquisa (15). Uma metanálise incluída em *Mehl et*

al. constatou que a lesão geral do joelho e as ruturas do LCA foram reduzidas em 27% e 51%, respetivamente, em pacientes que participaram nesse programa (17).

Dezoito estudos foram incluídos em *Petushek et al.*, com um total de 27.231 participantes, dos quais 347 apresentaram uma lesão no LCA. “O TNM reduziu o risco de lesão do LCA de 1 em 54 para 1 em 111.” Antes de todas as intervenções existiu alguma forma de formação implementadora de modo a garantir a técnica adequada. Existiu uma melhoria nos benefícios profiláticos depois do aumento da estabilização da aterragem e dos exercícios de força da parte inferior do corpo durante cada sessão. Este estudo recomenda que estes “programas de TNM do LCA tenham como alvo, atletas mais jovens e que incorporem exercícios de força da parte inferior do corpo (ou seja, isquiotibiais nórdicos, *lunges*, e *heel raises*) com foco específico na estabilização da aterragem.” Assim estes programas, se controlados, reduzem o risco de tal lesão em cerca de 50% em atletas do sexo feminino (7).

Noutro estudo controlado randomizado, *Taylor et al.* compararam as adaptações biomecânicas nas ações de aterragem depois do salto em jogadores de modalidades distintas: futebol e basquetebol, após um programa de prevenção de lesão do LCA e comprovou a eficácia dos PPL do ligamento cruzado anterior em diminuir a taxa de lesões em atletas adolescentes do sexo feminino. Através destes programas, os padrões biomecânicos de alto risco que podem colocar um atleta em risco de lesões tentam ser minimizados de forma a proteger o atleta, como por exemplo aumentar a amplitude de movimento de flexão do joelho e da anca e diminuir os momentos de abdução do joelho. Até ao momento, foram notadas discrepâncias no sucesso dos programas de prevenção de lesões do LCA em modalidades distintas em indivíduos do sexo femininos, com destaque para uma maior redução de lesão no futebol feminino em comparação com o basquetebol feminino. É de notar que existiram poucos estudos de programas com foco em jogadoras de basquetebol ($n = 3$) em comparação com o futebol ($n = 9$). Evidências anteriores sugerem que existem perfis biomecânicos distintos entre jogadoras de basquetebol e futebol, incluindo “aterragens mais rígidas, maiores forças de reação do solo e ângulos de abdução do joelho maiores em jogadores de basquetebol durante a aterragem.” Assim, se existe uma resposta semelhante entre indivíduos ao mesmo programa, mas estes não têm o mesmo sucesso de prevenção entre modalidades, existe a necessidade de programas futuros serem projetados de forma diferente e com mais detalhe e especificidade para as necessidades funcionais do desporto em questão (35).

O artigo de *Achenbach et al.* teve como objetivo implementar e analisar um PPL do LCA em jovens jogadores de andebol de ambos os sexos com idades inferiores a 16 anos (sub-

16) e a 18 anos (sub-18). O programa teve a duração de 10 a 12 semanas e foram realizados exercícios de prevenção específicos para andebol de 15 minutos. Esta intervenção consistiu em dois conjuntos diferentes de exercícios, onde cada série compreendia cinco exercícios que progrediam em três etapas, de fácil a difícil. Este estudo concluiu que os programas de prevenção de lesões e todas as outras medidas para evitar lesões graves no joelho devem começar nas categorias de base, dado que existiu um efeito profilático na lesão grave no joelho com os exercícios neuromusculares nos jovens atletas de ambos os sexos (36).

Outro estudo de coorte com mais de 1000 atletas do sexo feminino com idades compreendidas entre os 14 e os 18 anos evidenciou que o treino neuromuscular reduziu o risco de lesão do LCA de dois anos em 74%. Sendo assim, utilizar PPL em jovens atletas diminuindo abdução do joelho relacionada com a fadiga e a idade pode diminuir o risco de desenvolver hábitos com potencial risco de lesão ao longo da vida. A estabilidade do núcleo corporal (*core*) é um conceito relativamente recente que foi sugerido como potencialmente benéfico na redução do risco de lesão, contribuindo para a segurança e estabilidade de variadas ações motoras relacionadas com a atividade desportiva. Especificamente, o nível de controlo do tronco tem sido associado ao grau de risco de lesão do LCA com elevada especificidade e sensibilidade em atletas do sexo feminino, no entanto, essa tendência não seja verdade para atletas do sexo masculino (13).

O artigo de *Jeong et al.* demonstrou que “quanto mais fortalecido for o núcleo corporal (*core*), menor será o ângulo de valgo do joelho durante uma mudança de direção”, sendo assim treino muscular central (*core*), pode e deve ser incluído no desenho de PPL do LCA de modo a alterar aspetos biomecânicos como o alinhamento das extremidades no plano frontal e as ativações musculares (18). *Whyte et al.* também testaram a eficácia de um programa dinâmico de estabilidade do núcleo na biomecânica de manobras de mudanças de direção antecipadas, imprevistas e cruzadas, com 31 jogadores de futebol universitário do sexo masculino, não tiveram resultados positivos quanto à cinemática do tronco, mas encontraram reduções em fatores de risco biomecânicos associados à lesão do LCA (mau controlo do *core*, ângulos de flexão da anca e do joelho diminuídos, momentos mais prolongados de adutores internos do joelho e ângulos em valgo aumentados) (37).

Quanto à duração do programa, *Dos'Santos et al.*, conduziram uma sessão separada da sessão desportiva, em jogadores de basquetebol e voleibol masculinos e femininos, com exercícios de pelo menos três dos seguintes componentes: *core*, equilíbrio, pliometria, treino de força ou flexibilidade e avaliaram os efeitos de uma intervenção mista de 4 semanas. No final do programa não foram observados efeitos estatisticamente

significativos da intervenção, assim um programa de intervenção de treino misto de 4 semanas foi ineficaz no ponto de vista da biomecânica destes atletas; no entanto, o período de 4 semanas pode ser uma duração de tempo relativamente curta para obter resultados significativos e provocar adaptações positivas. Por outro lado, um programa de treino profilático com a duração de 12 semanas, incluindo variáveis de forças, reação e atividade muscular de *side-stepping*, obteve um efeito positivo, conseguindo um desempenho mais rápido nas mudanças de direção (4).

Também em *Taylor et al.*, utilizando um programa de treino eficaz, não se obtiveram resultados significativos de adaptações biomecânicas em 6 semanas, sugerindo que, provavelmente, este período de tempo não seria suficiente para fornecer o estímulo necessário de modo a promover adaptações neuromusculares ou biomecânicas (38).

Estes achados vão de acordo com várias meta-análises que relataram que sessões de treino mais prolongadas no tempo podem levar a um maior sucesso na redução das taxas de lesão do LCA. Este treino preventivo deve ser realizado de forma contínua ao longo de todo o ano de modo a existir volumes de treino grandes o suficiente para evocar mudanças, no entanto, a otimização destes ganhos, alcançando uma maior proteção contra lesões quando a temporada competitiva começar podem ser alcançados na pré-temporada (23,38).

Os estudos biomecânicos têm algumas limitações que devem ser consideradas ao interpretar a literatura biomecânica dos programas de prevenção de lesões, entre elas, o uso de movimentos de membros duplos *versus* membros únicos; ações não relacionadas com o desporto; ações antecipadas *versus* imprevistas; sessões num ambiente artificial (requerem menos esforço cognitivo) *versus* em campo; a falta de testes de retenção; a análise de apenas um membro *versus* dois (11).

Vários achados importantes surgiram em *Lopes et al.*, na avaliação pós-PPL, os atletas tiveram aterragens com menor pico de abdução do joelho (preditor de lesão do LCA com sensibilidade de 78% e especificidade de 73%); foram notificados maiores graus de flexão da anca e do joelho depois de uma aterragem, reduzindo de forma substancial o risco associado à teoria da dominância do quadríceps femoral, outro achado importante foi a percepção da escassez de estudos existentes sobre os efeitos dos PPL do LCA em variáveis relacionadas às teorias de dominância de tronco e perna, bem como em homens em geral. Além disso, há evidências de que PPLs individualizados, direcionados aos fatores de risco específicos da pessoa, pode ser mais benéfico do que um programa genérico (5).

Otsuki et al., perceberam que, embora os indivíduos pós-púberes que realizaram programas de prevenção mostrem maior melhoria nos aspetos biomecânicos, uma vez que melhoraram significativamente a mecânica do joelho limitando o desenvolvimento de padrões de movimento de alto risco, deve ser incentivada a sua implementação no início da puberdade, período no qual o risco biomecânico de lesão do LCA vai começar a ser desenvolvido. “Esperar até este momento (pós-puberdade) para introduzir uma intervenção é reativo em vez de proativo. (...) Portanto, os programas de prevenção devem ser introduzidos no início da puberdade e não esperar até que os fatores de risco surjam devido ao rápido crescimento puberal.” (39).

Não há evidência que sugiram a existência de um único programa de treino preventivo ideal. Em vez disso, em *Padua et al.* está descrito que para desenvolver ou implementar um programa de prevenção de lesões eficaz é necessário considerar as diretrizes gerais existentes. Uma visão geral dos componentes incluídos nos exercícios destes programas, estudados até o momento, são força, pliometria, agilidade, equilíbrio, flexibilidade e *feedback* (31).

Existe alguma divergência quanto à eficácia dos diversos componentes. Em diversos estudos, os exercícios pliométricos e de fortalecimento foram considerados bastante eficazes no seu efeito profilático, já os exercícios de equilíbrio não tiveram tanto sucesso. No entanto, *Sugimoto et al.* sugeriram que a falha em ver um resultado positivo no componente de equilíbrio pode, de facto, refletir a possibilidade de que estes não tenham a capacidade de ser protetores agindo de forma isolada, mas que o sejam em combinação com outros componentes de exercícios (31). Também *Attar et al.*, reforçaram a eficácia dos exercícios pliométricos na redução do risco de lesão do LCA em 60% por 1.000 horas de exposição em comparação com programas de aquecimento que não incluem exercícios desta componente. O efeito protetor pareceu ser maior nos indivíduos do sexo masculino e principalmente em lesões sem contacto com uma grande diminuição de fatores de risco das lesões do LCA, como a diminuição da força de aterragem, flexão do joelho e momentos de joelho valgo durante a aterragem, bem como o aumento da ativação muscular e a proprioceção. Por outro lado, se existe uma grande disparidade de eficácia de prevenção em comparação com lesões do LCA de contacto, isto pode dever-se ao facto de o mecanismo da lesão desta via envolver forças externas que não conseguem ser corrigidas ou minimizadas pelo equilíbrio adicional e agilidade decorrentes da incorporação de pliometria como componente (40).

Capítulo III - Conclusão

O LCA é o ligamento do joelho com maior tendência a ser lesionado, por excesso de carga, que excede o limiar de tolerância do ligamento, maioritariamente em movimentos de aterragem e mudanças de direção (4,5).

A prevenção de lesões é essencial para reduzir potenciais consequências para a saúde a curto e a longo prazo e para minimizar a carga económica e psicológica dos tratamentos. Evidências apoiam fortemente a implementação, tanto por médicos, treinadores, pais e atletas de PPL do joelho e, especificamente, do LCA antes de sessões de treino ou jogos (23).

Atletas, principalmente mulheres, que praticam modalidades de alto risco que exigem aterragens, saltos e mudanças de direção (basquetebol, futebol e andebol) devem ser incluídos no treino de prevenção de lesões (31). A rotura deste ligamento ocorre mais frequentemente em indivíduos jovens e ativos, por esse mesmo motivo a maioria dos estudos incluíram atletas do ensino médio e universitários, e assim, a recomendação é realizada, maioritariamente, a atletas com idade compreendidas entre os 12 e os 25 anos, e especialmente a atletas do sexo feminino com menos de 18 anos (5,8,10,12–14,23). Na atualidade vemos um crescimento do número de equipas desportivas femininas, sendo de esperar um aumento na proporção de incidência da lesão em indivíduos do sexo feminino e uma menor discrepância nas taxas de participação e consequentemente maior exposição ao risco (8). No entanto, atletas com mais idade também podem beneficiar de uma intervenção semelhante (23).

Apesar do crescente conhecimento sobre a prevenção de lesões, não foram encontradas evidências de que a incidência de lesão do LCA em jogadoras de futebol tenha diminuído. Percebemos que existe uma grande necessidade de preencher a lacuna entre os avanços científicos sobre a prevenção de lesões do LCA e a prática clínica, de modo a minimizar a disparidade entre os efeitos dos estudos de intervenção e os resultados de lesões em atletas do sexo feminino. Se os PPLs utilizados são eficazes, o desafio é identificar e superar possíveis obstáculos que limitam a aplicação clínica da evidência científica (8).

A triagem, identificação e correção de padrões de movimento ameaçadores, como o valgo dinâmico, são os primeiros passos cruciais para prevenir lesões no joelho e no LCA em atletas. Além disso, exercícios de salto, corrida e flexibilidade, bem como treino de equilíbrio e força, comprovadamente reduzem a incidência dessas lesões e, portanto, devem ser integrados ao programa regular de aquecimento. Programas de prevenção

completos apropriados são de livre acesso através da Internet e devem ser adaptados às disciplinas desportivas específicas (17).

A maioria dos fatores de risco neuromusculares e biomecânicos associados à lesão do LCA apresentam-se como modificáveis e podem ser abordados por meio de programas de treino preventivo neuromuscular. Embora existam alguns fatores de risco característicos em homens, a maioria deles são identificados como particulares do sexo feminino (16).

Atualmente, há um reconhecimento na comunidade científica que nenhum teste pode prever com precisão o risco de lesão do LCA. A triagem de risco é uma barreira significativa para a implementação de programa de prevenção de lesão (PPL) do LCA, a pesquisa revela que é mais custo-efetivo implementar um PPL do LCA em todos os atletas do que rastrear e selecionar atletas em risco (11).

Implementar e aderir a esses programas é a estratégia ideal, pois estes já se mostraram eficazes, sendo assim, é necessário aperfeiçoar a instrução e a consciencialização sobre os programas gratuitos, identificar barreiras e superar obstáculos de implementação (11). O conhecimento e a compreensão das estratégias de prevenção baseadas na evidência têm sido documentados como sendo as barreiras modificáveis mais importantes para a implementação do TNM (7). Este tipo de treino pode influenciar o sistema neuromuscular do LCA, reduzir a carga perigosa do joelho abordando défices biomecânicos e neuromusculares contribuindo para a sua principal função, que é a estabilidade funcional da articulação do joelho (4,19).

Com base nestes achados coletivos, recomenda-se um programa de treino preventivo que para além de se basear nas informações sobre os mecanismos de lesão, demonstre certas características para se tornar bem-sucedido, não só a prevenir lesões como a melhorar o desempenho físico (17,31). Assim, deve incluir diversos componentes (pelo menos três) dos seguintes, exercícios de salto para fortalecimento muscular e correção de padrões de movimento, estabilidade do tronco (*core*), pliométricos, força, técnica e equilíbrio, flexibilidade, corrida (17,18,20,24,31). Devem ser realizados várias vezes por semana e cada sessão com a duração de pelo menos 20 minutos (mínimo de 30 minutos semanais). Esses programas de prevenção devem realizar-se ao longo de todo o ano, começando durante a pré-temporada e continuar durante a temporada regular de modo a otimizar os ganhos e alcançar uma maior proteção contra lesões (23,38). Sessões de treino neuromuscular mais prolongadas no tempo podem levar a um maior sucesso na redução das taxas de lesão do LCA, a duração total do programa deve ser superior a 6 semanas de

modo a obter volume, intensidade e especificidade suficientes para promover adaptações neuromusculares ou biomecânicas (7,38). Esses exercícios preventivos devem ser integrados no programa de aquecimento usual em combinação com exercícios específicos da modalidade, aumentando a motivação e a conformidade do atleta, não sendo necessários mais recursos (17).

Os médicos e outros profissionais que trabalham com equipas devem fazê-lo de forma mais colaborativa com treinadores, atletas, pais e outras partes interessadas para identificar barreiras e desenvolver estratégias de implementação. No entanto, é importante lembrar que modificações no conteúdo de um PPL devem ser seguidas de uma reavaliação da eficácia do programa (11). O uso de treinadores bem instruídos para liderar programas de prevenção de lesões pode expandir muito o alcance das intervenções de prevenção de lesões, dado que populações que podem não ter acesso regular a um profissional de saúde podem beneficiar de um programa de prevenção de lesões (14,34).

A pesquisa sobre programas de prevenção avançou significativamente nos últimos 30 anos. As lesões do LCA podem ser reduzidas em todos os desportos, principalmente em mulheres jovens. Contudo, ainda existe necessidade de aprofundar conhecimentos sobre a ligação entre mudanças de comportamento cerebral e biomecânica tal como dos efeitos dos PPLs e fatores de risco da lesão (11,13). Estudos futuros também devem ter como objetivo elucidar os benefícios de programas de treino, tal como é necessário entender a discrepância na eficácia da redução da lesão do LCA entre modalidades (13,35).

A prevenção de lesões é, portanto, um aspeto essencial na proteção das pessoas que praticam desporto, seja ele amador ou profissional. Estratégias preventivas implementadas antes da lesão ocorrer são os melhores meios de eliminar os impactos de curto e longo prazo da lesão do LCA (34).

Bibliografia

1. Evans J, Nielson J l. Anterior Cruciate Ligament Knee Injuries. StatPearls. 2022 May 5; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499848/>
2. Yoo H, Marappa-Ganeshan R. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Anterior Cruciate Ligament. StatPearls. 2022 Jul 25; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559233/>
3. ACL Tear - Knee & Sports – Orthobullets. Available from: <https://www.orthobullets.com/knee-and-sports/3008/acl-tear>
4. Dos'Santos T, Thomas C, Comfort P, Jones PA. The Effect of Training Interventions on Change of Direction Biomechanics Associated with Increased Anterior Cruciate Ligament Loading: A Scoping Review. Sports Med. 2019 Dec 1 ;49(12):1837. Available from: </pmc/articles/PMC6851221/>
5. Lopes TJA, Simic M, Myer GD, Ford KR, Hewett TE, Pappas E. The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks: A Systematic Review With Meta-analysis. Am J Sports Med. 2018 May 1;46(6):1492. Available from: </pmc/articles/PMC6604048/>
6. Dargo L, Robinson KJ, Games KE. Prevention of Knee and Anterior Cruciate Ligament Injuries Through the Use of Neuromuscular and Proprioceptive Training: An Evidence-Based Review. J Athl Train. 2017 Dec 1;52(12):1171. Available from: </pmc/articles/PMC5759702/>
7. Petushek EJ, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, Myer GD. Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2019 Jun 1;47(7):1744. Available from: </pmc/articles/PMC6592422/>
8. Montalvo AM, Schneider DK, Silva PL, Yut L, Webster KE, Riley MA, et al. 'What's my risk of sustaining an ACL injury while playing football (soccer)?' A systematic review with meta-analysis. Br J Sports Med. 2019 Nov 1;53(21):1333. Available from: </pmc/articles/PMC6642026/>

9. Bram JT, Magee LC, Mehta NN, Patel NM, Ganley TJ. Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*. 2021 Jun 1;49(7):1962–72.
10. Mattu AT, Ghali B, Linton V, Zheng A, Pike I. Prevention of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injuries among Youth Female Athletes: An Umbrella Review. Vol. 19, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2022.
11. Arundale AJH, Silvers-Granelli HJ, Myklebust G. ACL injury prevention: Where have we come from and where are we going? *Journal of Orthopaedic Research*. 2022 Jan 1;40(1):43–54.
12. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb 1;33(1):33. Available from: /pmc/articles/PMC6723618/
13. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff landings, core stability, and dynamic knee valgus: A systematic review on documented anterior cruciate ligament ruptures in male and female athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 1;18(7). Available from: /pmc/articles/PMC8038785/
14. Huang YL, Jung J, Mulligan CMS, Oh J, Norcross MF. A Majority of Anterior Cruciate Ligament Injuries Can Be Prevented by Injury Prevention Programs: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials and Cluster–Randomized Controlled Trials With Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2020 May 30;48(6):1505–15.
15. Webster KE, Hewett TE. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *Journal of Orthopaedic Research*. 2018 Oct 1;36(10):2696–708. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jor.24043>
16. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. RISK FACTORS ASSOCIATED WITH NON-CONTACT ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 Aug;13(4):575. Available from: /pmc/articles/PMC6088120/

17. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2018 Jan 1;138(1):51–61. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00402-017-2809-5>
18. Jeong J, Choi DH, Shin CS. Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *American Journal of Sports Medicine.* 2021 Jan 1;49(1):183–92.
19. Kakavas G, Malliaropoulos N, Pruna R, Traster D, Bikos G, Maffulli N. Neuroplasticity and Anterior Cruciate Ligament Injury. *Indian J Orthop.* 2020 May 1;54(3):275. Available from: </pmc/articles/PMC7205971/>
20. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2022 Dec 21];17(21):1–17. Available from: </pmc/articles/PMC7664395/>
21. Sepúlveda F, Sánchez L, Amy E, Micheo W. Anterior Cruciate Ligament Injury: Return to Play, Function and Long-Term Considerations [Internet]. 2017. Available from: www.acsm-csmr.org
22. Gokeler A, Neuhaus D, Benjaminse · Anne, Grooms DR, Baumeister J. Principles of Motor Learning to Support Neuroplasticity After ACL Injury: Implications for Optimizing Performance and Reducing Risk of Second ACL Injury Key Points. 2019 [cited 2022 Dec 21];49:853–65. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01058-0>
23. Knee Injury Prevention: Exercises to Keep You From Getting Sidelined. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018 Sep 1;48(9):734.
24. Crossley KM, Patterson BE, Culvenor AG, Bruder AM, Mosler AB, Mentiplay BF. Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *Br J Sports Med* [Internet]. 2020 Sep 1 [cited 2022 Dec 21];54(18):1089. Available from: </pmc/articles/PMC7497572/>

25. Arundale AJH, Bizzini M, Giordano A, Hewett TE, Logerstedt DS, Mandelbaum B, et al. Exercise-based knee and anterior cruciate ligament injury prevention. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2018 Sep 1;48(9):A1–25.
26. Akbari H, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Amiri-Khorasani M, Shimokochi Y. Effect of the FIFA 11+ on landing patterns and baseline movement errors in elite male youth soccer players. *J Sport Rehabil*. 2020;29(6):730–7.
27. Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players? *Clin Orthop Relat Res*. 2017 Oct 1;475(10):2447. Available from: [/pmc/articles/PMC5599387/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35599387/)
28. Sportsmetrics program. Available from: <https://sportsmetrics.org/>
29. Harmoknee. Available from: <https://harmoknee.com/>
30. La84 . Available from: <https://la84.org/a-practical-guide-to-the-pep-program/>
31. Padua DA, DiStefano LJ, Hewett TE, Garrett WE, Marshall SW, Golden GM, et al. National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Athl Train*. 2018 Jan 1;53(1):5. Available from: [/pmc/articles/PMC5800728/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35800728/)
32. Paulson W, Slattengren AH. FPIN's Help Desk Answers Effectiveness of ACL Injury Prevention Programs BONUS DIGITAL CONTENT. 2018;97(3). Available from: www.aafp.org/afpAmericanFamilyPhysician192Ahttp://www.fpin.orgorhttp://www.aafp.org/afp/hda.
33. Krutsch W, Lehmann J, Jansen P, Angele P, Fellner B, Achenbach L, et al. Prevention of severe knee injuries in men's elite football by implementing specific training modules. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2020 Feb 20;28(2):519–27.
34. Pfile KR, Curioz B. Coach-led prevention programs are effective in reducing anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A number-needed-to-treat analysis. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Dec 1;27(12):1950–8.

35. Taylor JB, Ford KR, Schmitz RJ, Ross SE, Ackerman TA, Shultz SJ. Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial. *J Sports Sci.* 2018 Nov 2;36(21):2492–501.
36. Achenbach L, Krutsch V, Weber J, Nerlich M, Luig P, Loose O, et al. Neuromuscular exercises prevent severe knee injury in adolescent team handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2018 Jul 1;26(7):1901–8.
37. Whyte EF, Richter C, O'Connor S, Moran KA. Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2018 Feb;28(2):452–62.
38. Taylor JB, Ford KR, Schmitz RJ, Ross SE, Ackerman TA, Shultz SJ. A 6-week warm-up injury prevention programme results in minimal biomechanical changes during jump landings: a randomized controlled trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2018 Oct 16;26(10):2942–51.
39. Otsuki R, Benoit D, Hirose N, Fukubayashi T. Effects of an Injury Prevention Program on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors in Adolescent Females at Different Stages of Maturation. *J Sports Sci Med.* 2021;20(2):365. Available from: [/pmc/articles/PMC8219262/](#)
40. Al Attar WSA, Bakhsh JM, Khaledi EH, Ghulam H, Sanders RH. Injury prevention programs that include plyometric exercises reduce the incidence of anterior cruciate ligament injury: a systematic review of cluster randomised trials. *J Physiother.* 2022 Oct;68(4):255–61.

Anexos

ANEXO I

[11plus_workbook_ptbr.pdf \(f-marc.com\)](#)

ANEXO II

<https://sportsmetrics.org/wp-content/uploads/2020/05/WIPP-Poster-1.pdf>

ANEXO III

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6592422/bin/NIHMS1030611-supplement-Video.mp4>