



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Ciências da Saúde

# **Lesões do LCA por não-contacto: Prevenção em atletas do sexo masculino**

**Rui Jorge Bouquet Rosas de Carvalho Figueiredo**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Medicina**  
(ciclo de estudos integrado)

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Susana Abreu

**Covilhã, Junho de 2013**



*“Beyond complexity lies simplicity”*

*Albert Einstein*



# Dedicatória

Aos meus Pais e Irmão,

Por me permitirem esta e outras caminhadas.

Por merecerem a minha admiração.

À família GCVR,

Pelos momentos fantásticos e inesquecíveis. Pelo que aprendi. Pelo que cresci.

Por estar sempre presente, mesmo na ausência.



# Agradecimentos

À Dra. Susana Abreu, pelo acompanhamento e incentivo. Pelos preciosos comentários. Pelas críticas cirúrgicas e sugestões.

Ao Sr. Professor Doutor Miguel Castelo-Branco, pelo exemplo, ajuda e disponibilidade.

Aos meus companheiros, que aligeiraram a realização deste trabalho.

A todos os que, de alguma forma, deram vida à Covilhã.

À Faculdade de Ciências da Saúde, pela formação diversificada. Médica, humana e não só.

À Tuna Médica da UBI, pelos momentos de saudável diversão.



# Prefácio

A escolha do tema para a realização deste trabalho deve-se, em primeira instância, à minha paixão pelo desporto e pela medicina ligada ao desporto, mas, também, a uma grande influência de acontecimentos pessoais, sendo um tema que se encontra intimamente relacionado com uma fase da minha vida que recordo como difícil, trabalhosa, inesperada mas, no entanto, enriquecedora.

Tive um percurso de cerca de 8 anos no desporto federado, recheado de momentos inesquecíveis, que me acompanharão para sempre; de sucessos, tendo sido várias vezes campeão regional de natação; e, acima de tudo, de amizades fantásticas. Naturalmente, tive as minhas pequenas mazelas, fruto da inconsciência e irreverência da idade. Felizmente, passei por tudo isso sem ser afetado por quaisquer lesões impeditivas ou duradouras.

Foi já no meu primeiro ano de faculdade - primeiro ano sem competir - num jogo de futebol entre amigos, muito diferente da prática desportiva federada, que contraí uma rotura completa do ligamento cruzado anterior esquerdo, sozinho, sem qualquer contacto. À cirurgia reconstrutiva do ligamento seguiu-se um moroso e árduo período de reabilitação.

Cerca de duas semanas após terminar a reabilitação, que se prolongou ao longo de seis longos meses, volto a jogar futebol - apesar de nunca ter jogado futebol a nível federado não posso esconder que, secundariamente à natação, é o outro desporto que mexe comigo, me empolga, mais dá prazer, e do qual não me imagino privado -, novamente um jogo entre amigos. O joelho deu-me sinais de estar estável, fortalecido, transmitiu-me confiança e não me participou qualquer preocupação. Ao segundo jogo pós-reabilitação, quando nada o fazia prever, num lance furtivo, levo um toque na perna direita e sofro uma rotura completa do ligamento cruzado anterior, desta vez no joelho direito, oposto ao que tinha sido vitimado anteriormente. Desta vez uma lesão traumática, por contacto, distinta da lesão anterior.

Facilmente se percebe o que me ocorreu nos momentos que se seguiram: não me saíam do pensamento os 6 meses de reabilitação que tinha acabado de enfrentar. Teria que repetir aquele processo novamente? Foram momentos de angústia que demoraram uma eternidade a desvanecer. A coragem só chegou ao fim de um ano e meio.

Estas eventualidades, que vivenciei enquanto amador e apaixonado do desporto, fazem-me imaginar muitas vezes o sentimento de um profissional nestas situações e encho-me de compaixão. Foi este sentimento que me abriu as portas do presente trabalho, que me motivou a indagar o que poderia ser feito de forma a evitar que atletas fossem sujeitos a toda a violência física e psicológica que envolve uma rotura do ligamento cruzado anterior.



## Resumo

A lesão do ligamento cruzado anterior é uma lesão séria, traumática, frequente e dispendiosa, com repercussões a nível desportivo. Seja qual for a terapia escolhida, conservadora ou reconstrutiva, os atletas são frequentemente forçados a reduzir o nível de atividade de física e a restringir o seu envolvimento no desporto. Entre 50 e 80% das LLCA ocorre por não-contacto, o que sugere que uma grande percentagem destas LLCA pode ser prevenida.

Esta monografia pretende debruçar-se sobre a investigação relativa à prevenção da primeira LLCA por não-contacto em atletas do sexo masculino e tem como objetivos procurar: 1) identificar os fatores de risco consensuais e os fatores de risco potenciais; 2) verificar os mecanismos de lesão; 3) indagar que medidas preventivas foram estudadas e os respetivos resultados; 4) apurar a aplicabilidade de programas preventivos tentando responder à questão: “Quando, como e a quem?”; 5) cogitar novas investigações que visem esclarecer os objetivos prévios.

Após uma pesquisa realizada na plataforma Pubmed.gov, foi efetuada uma revisão sistemática da bibliografia. Verificou-se que uma grande percentagem dos resultados da pesquisa dizia respeito a estudos realizados apenas em atletas do sexo feminino, sendo escassos os que estudaram apenas atletas do sexo masculino.

Verificou-se que os mecanismos de lesão do ligamento cruzado anterior por não-contacto parecem variar consoante o desporto em questão. No caso do futebol e do ski, estes mecanismos estão já bastante estudados. Noutros desportos as investigações estão ainda a dar os primeiros passos. Diversos fatores de risco foram identificados. Os fatores de risco intrínsecos podem ser modificáveis, principalmente os biomecânicos e neuromusculares, e representar um papel na prevenção da lesão. Os programas preventivos mais eficazes parecem englobar treino neuromuscular, treino de força, exercícios de equilíbrio e treino pliométrico, e devem ser realizados pelo menos uma vez por semana ao longo de um mínimo de seis semanas. A altura mais indicada para se iniciar a prevenção parece ser entre os 12 e os 14 anos de idade.

Concluiu-se que é necessário o desenvolvimento de investigações futuras de forma a se alcançar um conhecimento mais preciso e sustentado sobre os mecanismos de lesão, fatores de risco e métodos preventivos da lesão do ligamento cruzado anterior por não-contacto em atletas do sexo masculino.



## Palavras-chave

Prevenção primária, ligamento cruzado anterior, fatores de risco, lesão desportiva, sexo masculino.



# Abstract

The anterior cruciate ligament injury is a serious, traumatic, frequent and costly injury, with consequences to athletes. Besides the chosen therapy, conservative or reconstructive, the athletes are frequently forced to reduce their physical activity and their participation in sport. Between 50 and 80% of anterior cruciate ligament injuries happen by a non-contact mechanism, which suggests that a great amount of these injuries could be prevented.

This monograph pretends to lean over the investigation relative to the prevention of a first anterior cruciate ligament non-contact injury in male athletes, and has the objectives of trying to: 1) identify the consensual risk factors and the potential risk factors; 2) verify the mechanisms of injury; 3) investigate preventive measures already studied and the respective results; 4) find the applicability of preventive programs trying to answer to the question: "When, how and to whom?"; 5) think about future investigations that can clarify the previous objectives.

After a search realized at the Pubmed.gov platform it was done a systematic review of the bibliography. A big percentage of the search results were related do studies realized only to female athletes. Only few studied male athletes.

The injury mechanisms of the non-contact anterior cruciate ligament can vary between sports. These mechanisms are already well studied in some sports like football and ski. However, in other sports the investigations are just beginning. Several risk factors were already identified. The intrinsic risk factors can be modified, mainly the bio-mechanic and neuromuscular ones, and can take a role in injury prevention. The most efficient preventive programs seem to include neuromuscular training, strength training, balancing exercises and pliometric training, and should take part at least one time a week for a minimum of six weeks. The best occasion to start the prevention seems to be between the 12 and 14 years old.

In summary, further investigations are needed in order to achieve a more sustained and accurate knowledge about the mechanism of injury, risk factors, and prevention methods of the non-contact anterior cruciate ligament injury in the male athlete.



## Keywords

Primary prevention, anterior cruciate ligament, risk factors, athletic injury, males.



# Índice

Dedicatória.....	v
Agradecimentos .....	vii
Prefácio.....	ix
Resumo .....	xi
Palavras-chave .....	xiii
Abstract.....	xv
Keywords .....	xvii
Índice .....	xix
Lista de Figuras.....	xxi
Lista de Acrónimos e Abreviaturas.....	xxiii
Introdução.....	1
Objetivos.....	2
Metodologia .....	3
Mecanismos de lesão .....	4
Receção no solo.....	5
Fatores de risco .....	7
Fatores de risco intrínsecos.....	7
Biomecânicos e Neuromusculares .....	7
Anatômicos .....	10
Genéticos .....	11
Fatores de risco extrínsecos .....	11
Prevenção .....	14
Medidas preventivas .....	14
Aprendizagem motora .....	14
Treino neuromuscular .....	15
Treino de estabilidade postural .....	16
Ortóteses funcionais .....	16
Programas preventivos .....	16
Discussão e conclusões finais .....	19
Referências Bibliográficas.....	23



# Lista de Figuras

**Figura 1.** Modelo global compreensivo da LLCA-PNC. Os fatores de risco intrínsecos predisõem o atleta à lesão. Os fatores de risco extrínsecos tornam o atleta ainda mais suscetível. Na presença de fatores de risco, e perante a ocorrência de um mecanismo de lesão, pode ocorrer LLCA-PNC..... 13



## Lista de Acrónimos e Abreviaturas

LCA	Ligamento cruzado anterior
LLCA	Lesão do LCA
LLCA-PNC	LLCA por não-contacto
MI	Membro inferior
NCAA	<i>National Collegiate Athletic Association</i>
NFL	<i>National Football League</i>
OA	Osteoartrite



# Introdução

O ligamento cruzado anterior (LCA) é um dos ligamentos intracapsulares estabilizadores da articulação do joelho. Previne a translação anterior e rotação interna excessivas da tíbia em relação ao fémur.[1] Atua em conjunto com o ligamento cruzado posterior na estabilização do joelho durante o movimento dinâmico.[1] Os músculos isquiotibiais atuam em sinergia com o LCA, sendo recrutados quando o ligamento está sob tensão excessiva, protegendo-o.[2]

O LCA é o ligamento que mais frequentemente sofre rotura[3] e a incidência de lesões do LCA (LLCA) tem aumentado de ano para ano.[4] A grande maioria destas lesões ocorre entre os 15 e os 45 anos de idade.[5] Durante essas três décadas de vida, a incidência anual de LLCA é de 57 lesões por cada 100 000 pessoas.[5] Na população em geral, baseada no diagnóstico clínico em hospitais noruegueses, a incidência anual é de 30 LLCA por cada 100 000 pessoas.[3] LLCA acometem mais frequentemente atletas e indivíduos fisicamente ativos.[3] Grande parte destas lesões ocorre em desportos que envolvem saltos, receções no solo difíceis, rápidas mudanças de direção [5], desacelerações bruscas e *pivoting* como no andebol, futebol, basquetebol, rugby, ski ou ténis.[6] Entre 50 e 80% das LLCA ocorre por não-contacto, o que sugere que uma grande percentagem destas LLCA poderá ser evitada.[7] A LLCA isolada é incomum,[3] estando em geral associada a lesões meniscais, doutros ligamentos, da cartilagem articular e do osso subcondral ou esponjoso[3, 8].

A LLCA é uma lesão séria, traumática e dispendiosa. Num estudo que recolheu dados relativos a lesões de 15 desportos da *National Collegiate Athletic Association* (NCAA), ao longo de 16 anos, as LLCA representaram apenas 3% a 5% de todas as lesões desportivas independentemente do mecanismo de lesão[4]. No entanto, 88% destas lesões resultaram numa paragem desportiva superior a 10 dias [4]. Seja qual for a terapêutica escolhida, conservadora ou reconstrutiva, os atletas são frequentemente forçados a reduzir o nível de atividade física e a restringir o seu envolvimento no desporto [9]. Tipicamente, um atleta que se submeta ao tratamento cirúrgico perde entre 6 a 9 meses de competição como resultado da lesão e das consequentes cirurgia e reabilitação [1]. O tratamento e a reabilitação de cada LLCA têm um custo estimado de \$17000 a \$25000 [10]. Uma lesão do LCA pode causar laxidez pós-traumática significativa e originar perda funcional da estabilidade da articulação [11]. A longo prazo, as LLCA potenciam o aparecimento precoce de osteoartrite (OA), independentemente de ocorrer outra lesão associada ou de se optar por cirurgia reconstrutiva [12]. A maioria dos ortopedistas americanos acredita que a cirurgia reconstrutiva reduz a prevalência de OA pós-LLCA [13], mas nenhum estudo até ao momento evidenciou uma ação preventiva da reconstrução do LCA no desenvolvimento de OA [6]. Vários estudos reportaram que, após uma LLCA, até 90% dos pacientes desenvolveram alterações degenerativas num período de 7 a 20 anos [6, 14]. No entanto, uma revisão sistemática recente verificou que os

artigos com maior qualidade apresentaram taxas de prevalência de OA de apenas 0-13% em indivíduos com LLCA isoladas, elevando-se a 21-48% de prevalência de OA quando existiam outras lesões concomitantes à LLCA [6]. A OA pode provocar gonalgia, limitações funcionais e deterioração da qualidade de vida entre os 30 e os 50 anos, originando *pacientes jovens com joelhos idosos* [3].

O desporto de alto-nível é extremamente atrativo para os seus intervenientes e são feitos inúmeros esforços no sentido de aperfeiçoar os equipamentos que, juntamente com metodologias de treino avançadas e, por vezes, sobrecarga de treino, ajudam a obter um maior rendimento desportivo dos atletas. A este nível, a severidade de uma LLCA pode ser devastadora para o atleta e até motivar o seu abandono desportivo [7]. Pode igualmente ter repercussões irreparáveis para o seu clube, empresário e mesmo no desporto em questão [15]. Perante isto, é evidente a necessidade e a importância que a prevenção da LLCA pode ter no desporto.

Até 1990 a maioria dos artigos publicados referentes à LLCA focaram-se no desenvolvimento de técnicas de diagnóstico e tratamento mais efetivos. Durante a década de 1990 assistiu-se a uma mudança de paradigma e desde então começou a dar-se gradualmente maior ênfase ao estudo dos fatores de risco e dos mecanismos de LLCA por não-contacto. Mais recentemente, verificou-se um aumento do número de publicações relativas à disparidade de LLCA entre sexos, uma vez que se verificam taxas de incidência duas a dez vezes superiores no sexo feminino, quando comparadas a atletas do sexo masculino que praticam os mesmos desportos [1, 16]. Parece ser maior o foco dado à prevenção de LLCA em grupos de alto-risco, como o sexo feminino, apesar de as consequências serem idênticas e igualmente indesejáveis para o sexo masculino.

## Objetivos

Esta monografia pretende debruçar-se sobre a investigação relativa à prevenção da primeira LLCA por não-contacto em atletas do sexo masculino, e tem como objetivos procurar: 1) identificar os fatores de risco consensuais e os fatores de risco potenciais; 2) verificar os mecanismos de lesão; 3) indagar que medidas preventivas foram estudadas e os respetivos resultados; 4) apurar a aplicabilidade de programas preventivos tentando responder à questão: “Quando, como e a quem?”; 5) cogitar novas investigações que visem esclarecer os objetivos prévios.

## Metodologia

Para a elaboração deste trabalho foi efetuada uma revisão sistemática da bibliografia. A estratégia utilizada consistiu na pesquisa na literatura, de forma a devolver resultados relativos a *fatores de risco de LLCA e prevenção de LLCA*.

A pesquisa inicial foi efetuada em língua inglesa na plataforma Pubmed.gov, com recurso à utilização de operadores booleanos.

Com o intuito de garantir que não seriam perdidos estudos que utilizassem abreviaturas de *anterior cruciate ligament* o termo *ACL* foi também incluído na linha de pesquisa. Paralelamente, sinónimos utilizados na literatura tais como *rupture*, *injury* ou *tear*, foram igualmente incluídos na linha de pesquisa. Nesta pesquisa, a palavra *injury* foi truncada mediante a utilização de um asterisco de forma a se procurar todas as palavras começadas por *injur-*, englobando *injury* e *injuries*. De igual modo se procedeu relativamente à palavra *prevention*, truncada a *prevent-*. Foi excluído da pesquisa o termo *reconstruction*, uma vez que se pretendia estudar a prevenção de uma primeira LLCA.

A pesquisa foi refinada com recurso aos limites do PubMed, limitando a pesquisa à espécie Humana, Adultos - entre os 19 e os 44 anos de idade - e a trabalhos publicados nos últimos 10 anos.

A linha de pesquisa utilizada foi “(anterior cruciate ligament OR ACL) AND (rupture OR injur\* OR tear) AND (prevent\* OR risk) NOT reconstruction AND (Humans[Mesh] AND adult[MeSH:noexp] AND "last 10 years"[PDat])”. A pesquisa foi realizada no dia 1 de Fevereiro de 2012 e obtiveram-se 260 resultados.

Posteriormente, foram excluídos, manualmente, os estudos dirigidos apenas a indivíduos do sexo feminino e os que diziam respeito a LLCA por contacto. Os resultados da pesquisa foram complementados com artigos adicionais considerados relevantes.

# Mecanismos de lesão

Ao invés da maioria das estruturas ligamentosas, o LCA pode ser lesionado sem que qualquer força externa seja aplicada no joelho [5]. A LLCA ocorre quando uma tensão excessiva é aplicada no LCA [17]. O mecanismo de lesão, já largamente investigado, pode dividir-se em 2 tipos: por-contacto e por não-contacto [1]. Entre 50 e 80% são LLCA por não-contacto (LLCA-PNC), ocorrendo devido à ação de forças no joelho, geradas pelos movimentos próprios do atleta e sem que haja contacto com outra pessoa, com um poste ou com qualquer outro objeto que possa estar presente no terreno de jogo [18]. Em desportos mais agressivos e com uma componente de contacto superior, como o rugby, as LLCA por contacto podem ser até 6 vezes mais frequentes que as LLCA-PNC [7]. O entendimento dos mecanismos de carga sobre o LCA durante os movimentos ativos do atleta é crucial para se perceber os mecanismos de lesão e os fatores de risco associados às LLCA-PNC [17]. A carga sobre o LCA pode ocorrer mediante a translação anterior da tibia, no plano sagital, devido ao movimento do joelho em valgo, no plano frontal, ou por causa de movimentos de rotação no membro inferior (MI), no plano transversal [19]. Verificou-se que as forças que incidem no joelho segundo o plano sagital são o principal mecanismo de carga sobre o LCA. Assim, um ângulo reduzido de flexão do joelho e uma contração excessiva do quadríceps vão gerar tensões no LCA que podem ser capazes de provocar lesão. O momento em valgo foi também associado à LLCA, mas não existe evidência na bibliografia que considere o movimento do joelho em valgo ou varo ou a rotação interna ou externa do joelho capazes de lesar o LCA quando não acompanhados de forças elevadas no plano sagital [17]. Cada vez mais, a LLCA pode ser considerada uma lesão multi-planar, que decorre de forças nos três planos de movimento [20].

O mecanismo de lesão varia consoante o desporto em questão.

No futebol, situações de jogo que causam mais frequentemente LLCA-PNC, incluem mudanças rápidas de direção combinadas com desaceleração; receções no solo, após um salto, com o joelho em extensão completa ou quase completa; e manobras de *pivoting* com o joelho perto da extensão total e com o pé completamente apoiado e fixo ao solo. O mecanismo de LLCA-PNC mais comum no futebol ocorre durante uma desaceleração com elevada torque interna de extensão do joelho - com ou sem qualquer perturbação - combinada com rotação dinâmica em valgo do joelho, com o peso corporal a pender para o lado do membro lesado, e com a planta do pé plana apoiada na superfície de jogo [21].

No ski foram identificados cinco mecanismos de LLCA-PNC distintos: 1) a translação anterior da tibia induzida pela bota; 2) a rotação externa do joelho em valgo; 3) a rotação interna e concomitante extensão do joelho; 4) a contração vigorosa do quadríceps; 5) e o mecanismo do pé fantasma [22]. O mecanismo do pé fantasma ocorre após o desequilíbrio do esquiador para trás, que acaba por se sentar na neve ainda em movimento, com os joelhos fletidos a

mais de 90°. Neste momento, um ski pode fincar na neve e provocar a anteriorização da tibia, atuando como alavanca, provocando a lesão. Por vezes, o esquiador pode tentar recuperar o equilíbrio, para evitar a queda, através de uma violenta contração do quadríceps, o que pode aumentar a tensão sobre o LCA. Uma revisão de lesões do LLCA identificou o mecanismo do pé fantasma como o mecanismo de LLCA mais frequente no ski. Este mecanismo tem a particularidade de envolver unicamente uma força de translação anterior, o que faz com que sejam raras as lesões meniscais associadas a estas LLCA [5, 23].

Noutros desportos a investigação dos mecanismos de lesão está ainda a dar os primeiros passos. É o caso do *wakeboarding*, um desporto aquático relativamente recente mas com cerca de 3,1 milhões de praticantes em todo o mundo. Um estudo às lesões neste desporto revelou uma exorbitante incidência de LLCA, sendo mesmo a lesão mais incidente entre os *wakeboarders* alvo de estudo [24]. Aparentemente, a singular ligação à prancha, neste desporto, parece gerar forças significativas, capazes de provocar LLCA severas [24].

Seis especialistas internacionais analisaram vídeos de situações em que ocorreram LLCA em basquetebolistas. Verificaram que a maioria das LLCA foi por não-contacto, mas os movimentos dos atletas que sofreram estas lesões foram frequentemente perturbados por um oponente, através de um ligeiro encontrão, obstrução ou puxão nos instantes precedentes à lesão. Em apenas 2 das 28 LLCA-PNC observadas não havia nenhum oponente num raio de 1 m do atleta nos instantes que precederam a lesão. Nestas situações, as LLCA não são consideradas lesões por contacto uma vez que a lesão não decorre da ação de forças geradas pelo contacto do oponente no atleta mas pelas forças geradas pelo movimento do próprio atleta após ter sido perturbado. Podem considerar-se estas lesões de LLCA por contacto indireto [18, 25].

Uma visão interessante de Meeuwisse [26] defende ser fundamental conhecer o mecanismo de não-lesão. De facto, os atletas submetem-se constantemente a cargas extremas, capazes de provocar LLCA-PNC, mas raramente sofrem lesão. A identificação do mecanismo de não-lesão, segundo o mesmo autor, pode permitir uma determinação mais apurada do mecanismo de lesão.

## **Receção no solo**

Através da análise de imagens em vídeo verificou-se que existem quatro características frequentemente verificadas ao nível da performance motora aquando das LLCA-PNC durante a receção no solo após um salto. Em primeiro lugar, no momento do contacto com o solo o atleta tem o joelho em extensão completa ou quase completa. Neste momento o joelho cede internamente em valgo. Para além disso, grande parte do peso do atleta está a ser suportado pelo mesmo MI. Finalmente, o atleta tende a ter o tronco inclinado lateralmente, levando a que o seu centro de massa esteja desviado para fora do pé de apoio. Esta sequência de

acontecimentos característicos ocorre em ambos os sexos, com maior evidência no feminino [27].

Burkhart et al sugeriram que padrões de receção no solo com o pé completamente apoiado no solo podem representar um mecanismo de LLCA-PNC [28].

## Fatores de risco

Diferentes fatores de risco relacionados com as LLCA-PNC foram já identificados e podem ser classificados em fatores de risco extrínsecos e intrínsecos [29]. Os fatores de risco mais relevantes podem ser distintos consoante a população desportiva em questão, variando entre sexos, entre desportos e entre desportistas recreativos e de alta-competição [18].

### Fatores de risco intrínsecos

Os fatores de risco intrínsecos são inerentes ao próprio atleta e podem ser de carácter anatómico, neuromuscular, biomecânico, genético e, principalmente no sexo feminino, hormonal. Alguns destes fatores são dificilmente controláveis como é o caso dos fatores anatómicos, hormonais e genéticos [29].

### Biomecânicos e Neuromusculares

Os fatores de risco biomecânicos e neuromusculares são os fatores de risco intrínsecos que podem ser mais facilmente modificáveis e os que parecem ter o maior efeito na LLCA [20]. O estudo destes fatores parece estar particularmente direcionado para o sexo feminino, sendo escassas as investigações focadas no sexo masculino.

É importante esclarecer que o joelho é apenas um elemento pertencente a uma cadeia cinética. Logo, deve ser tido em consideração que outras entidades anatómicas, como o tronco, anca e tornozelo, podem também representar um papel na LLCA [5].

A tendência de estabilizar e trancar a articulação do joelho utilizando principalmente o músculo quadríceps pode ser denominada *dominância quadricipital* [27]. A contração do quadríceps vai desencadear uma anteriorização da tibia em relação ao fémur e resulta numa tensão de cisalhamento aplicada na tibia e no próprio LCA [27]. Logo, sendo o quadríceps um antagonista do LCA, a dominância quadricipital submete o LCA a uma carga excessiva, aumentando potencialmente o risco de LLCA. Para além disso, quando um atleta utiliza preferencialmente o quadríceps para a estabilização do joelho, em detrimento dos músculos da cadeia posterior, está a utilizar um único músculo, com uma única inserção tendinosa. Desta forma, torna-se mais difícil estabilizar e controlar o joelho, principalmente em ângulos de flexão diminutos. Pelo contrário, quando é preferencialmente utilizada a cadeia posterior, são utilizados múltiplos músculos, com várias inserções tendinosas, que podem ser utilizadas seletivamente de forma a providenciar uma adequada estabilização do joelho. Os músculos isquiotibiais apresentam inserções tanto medial como lateralmente à articulação e têm capacidade de atuar no controlo do movimento também no plano frontal, no qual o quadríceps é incapaz de atuar, controlando o movimento do joelho em varo-valgo. O músculo glúteo máximo, o maior e mais forte músculo do corpo, que pertence à cadeia posterior, é o

único capaz de ter uma atuação triaxial, de forma a controlar a posição do fémur em 3 planos. Adicionalmente, os isquiotibiais são capazes de fletir o joelho, levando a uma posição considerada vantajosa, a nível biomecânico, para a absorção de forças pelos músculos, o que confere maior proteção ao LCA [27]. Contudo, esta dominância parece ser principalmente encontrada em mulheres [30].

Num estudo realizado em andebolistas e futebolistas verificou-se que atletas com atividade eletromiográfica reduzida no músculo semitendinoso e atividade eletromiográfica aumentada no músculo vasto lateral, durante a realização de *side cutting*, apresentavam um risco aumentado de futuras LLCA [14].

Quando existe assimetria nos padrões de recrutamento muscular, força muscular ou flexibilidade muscular, entre os dois membros inferiores, estamos perante a *dominância de MI* [27]. Em atividades que requerem simetria, esta dominância, não sendo exclusiva, tende a ser mais acentuada em mulheres que em homens [31]. Os atletas com assimetria mais acentuada, a nível de força ou padrão muscular, parecem estar mais suscetíveis a contrair uma LLCA [31]. Um estudo retrospectivo recente, realizado em futebolistas, verificou que, em 74,07% dos casos, a LLCA-PNC atingiu o membro preferido para o remate nos atletas do sexo masculino, contrariamente ao que observaram no sexo feminino [32]. Estes resultados sugerem a existência de um mecanismo de lesão relacionado com a dominância de MI.

Num estudo de coorte realizado em 277 atletas, com período de seguimento de 3 anos, verificou-se que uma proprioceção postural deficiente, denominada *dominância do tronco* [27], manifestando dificuldade em sentir e controlar o tronco tridimensionalmente, se encontrava associada a um risco aumentado de LLCA no sexo feminino. No entanto, tal associação não se verificou em atletas do sexo masculino [33]. Nesse estudo, realizado por Zazulak et al, apenas uma história de lombalgias se revelou um significativo fator preditivo de LLCA em atletas do sexo masculino. A história de lombalgias pode resultar em alterações duradouras no controlo motor do tronco. Atletas com lombalgia manifestaram controlo postural débil, aumento do tempo de latência do reflexo muscular após um relaxamento súbito do tronco e anomalias nos padrões de recrutamento muscular do tronco. Estes défices de controlo motor do tronco, que persistem mesmo após a reabilitação clínica da lombalgia e o regresso à competição, podem gerar uma *dominância do tronco* no atleta e assim aumentar o risco de LLCA-PNC [34].

Em jogadores de futebol americano e de lacrosse, um estudo verificou existir um superior momento em valgo associado à flexão do membro superior ipsilateral ao MI de apoio, durante a realização de manobras de *run-to-cut*. Este resultado sugeriu uma relação entre o posicionamento dos membros superiores e LLCA, nestes desportos [35].

Sbriccoli et al mostrou que a realização de ações cíclicas com a aplicação de cargas sobre o joelho, durante atividades desportivas como correr, pedalar ou saltar, pode alterar funções neuromusculares e predispor o atleta a LLCA-PNC. Contudo, o sexo feminino parece ser mais suscetível a estas alterações [36].

Contrariamente aos achados de diversos estudos publicados, não se verificou qualquer diferença biomecânica - a nível cinético ou cinemático - entre sexos na receção ao solo, após quedas de 30 cm, em bailarinos profissionais nova-iorquinos. Os bailarinos contemplados neste estudo receberam treino específico de técnicas de salto e equilíbrio desde tenra idade. Orishimo et al deduziram uma relação entre técnicas incorretas de equilíbrio e de receção ao solo e um risco mais elevado de LLCA [37]. Decker et al compararam estratégias de receção no solo ereta e fletida e consideraram que um menor ângulo de flexão do joelho, durante a receção no solo, pode ser um fator de risco de LLCA-PNC [38]. Uma investigação laboratorial controlada recente comparou variáveis cinemáticas frequentemente associadas a LLCA aquando de receções ao solo suaves e rígidas. Os resultados obtidos refutaram a associação entre um menor ângulo de flexão do joelho - durante receções rígidas no solo - e LLCA [39].

Um estudo de Burkhart et al concluiu que padrões de receção no solo com o pé completamente apoiado no solo podem estar associados a um risco acrescido de LLCA-PNC [28].

Entre praticantes de elite de ballet e dança moderna, a maioria das LLCA ocorreram mais tarde - no dia ou na época - sugerindo um efeito da fadiga no risco destas lesões [37]. Num estudo realizado com indivíduos de ambos os sexos verificou-se que os do sexo masculino, quando fatigados, conseguem reduzir a força de cisalhamento anterior no joelho mais efetivamente, recorrendo a posições com superior flexão do joelho [40]. Pelo contrário, Chappell verificou que atletas do sexo masculino fatigados apresentaram estratégias de controlo motor alteradas, durante a realização de exercícios de *stop-jump*, gerando forças de cisalhamento anterior da tíbia mais intensas, o que pode conduzir a estiramento do LCA e, consequentemente, maior risco de LLCA [41]. Uma investigação em voleibolistas de elite verificou que em desportos de impacto existe um aumento da translação anterior da tíbia pós-exercício, em atletas do sexo masculino. Este resultado pode explicar o aumento da incidência de lesão na parte final dos jogos e treinos [42].

Um estudo de caso-controlo comparou os resultados neurocognitivos de um grupo de atletas que sofreram LLCA e um grupo de controlo com características idênticas. Os grupos apresentaram diferenças significativas nos 4 subtestes neurocognitivos realizados. Os atletas que sofreram LLCA apresentavam inferior tempo de reação e velocidade de processamento, e manifestavam pior memória visual e verbal. Swanik et al concluíram que diferenças neurocognitivas podem ser associadas a perda do controlo neuromuscular e erros de coordenação, podendo representar um fator de risco de LLCA [43].

## Anatômicos

Os fatores de risco anatômicos parecem ter um grande peso na gênese das LLCA-PNC, principalmente quando o corpo está em movimento [1].

Num estudo realizado na população chinesa, uma chanfradura intercondiliana estreita foi significativamente associada a um LCA mais fino e considerada um fator de risco para LLCA [44]. De igual modo, Uhorchak et al verificaram que uma chanfradura intercondiliana estreita era um fator de risco de LLCA-PNC significativo no sexo masculino [45]. Contudo, Lombarto et al, num estudo prospetivo realizado em basquetebolistas profissionais do sexo masculino, com um período de seguimento de 11 anos, verificaram que a largura da chanfradura intercondiliana, medida em imagens radiográficas, não apresentava valores significativamente distintos entre indivíduos com e sem LLCA [46]. Um estudo recente alertou para a valorização cuidadosa do índice da largura da chanfradura, após ter verificado a inexistência duma correlação entre este índice e o volume total da chanfradura [47].

Brandon et al verificaram existir uma relação significativa entre uma maior inclinação posterior dos pratos tibiais<sup>1</sup> e LLCA no sexo masculino [49]. Do mesmo modo, um estudo realizado em militares da academia americana de West Point encontrou ângulos superiores de inclinação posterior dos pratos tibiais entre indivíduos que tinham sofrido uma LLCA. Esta associação não foi estatisticamente significativa para os indivíduos do sexo masculino, apesar de o ser na totalidade da amostra [48]. Um estudo transversal verificou existir uma maior inclinação posterior dos pratos tibiais em homens que tinham sofrido LLCA do que no grupo de controlo negativo, não se verificando contudo significância estatística [50]. Hashemi et al mostraram que o declive posterior do prato tibial medial é um importante fator de risco de LLCA. Neste estudo, embora com menor relevância, também a inclinação posterior dos pratos tibiais, medial ou lateral, se apresentou como fator de risco, em homens [51]. No entanto, uma meta-análise recente encontrou inconsistências entre os estudos que relacionavam a inclinação dos pratos tibiais e o risco de LLCA, salientando a necessidade de se utilizarem técnicas mais confiáveis para estudar esta relação [52].

---

1 O ângulo de inclinação dos pratos tibiais pode ser definido como o ângulo formado pela interseção entre uma linha paralela à inclinação posterior da tíbia e uma linha que divide a diáfise tibial. In: Todd, M.S., et al., *The Relationship Between Posterior Tibial Slope and Anterior Cruciate Ligament Injuries*. Am J Sports Med, 2009. 38(1): p. 63-67.

Num estudo transversal verificou-se que o *femoral plateau angle*<sup>2</sup> era superior em indivíduos do sexo masculino que tinham sofrido LLCA, relativamente ao grupo de controlo negativo, não sendo esta relação significativa [50].

Um estudo realizado em 859 militares americanos identificou a laxidez articular generalizada como um fator de o risco de LLCA-PNC para o sexo masculino [45]. Ramesh et al concluíram que a LLCA é mais comum em indivíduos com laxidez articular, particularmente naqueles que fazem hiperextensão do joelho [53].

## Genéticos

Os ligamentos são estruturalmente constituídos, na sua maioria, por colagénio do tipo I e V. Um estudo pioneiro, realizado em 2009, estudou a relação entre duas variantes do gene COL5A1, que codifica a cadeia  $\alpha 1$  do colagénio tipo V. Verificou que havia uma significativa sub-representação do genótipo CC na variante BstUI RFLP, entre os indivíduos do sexo feminino que tiveram LLCA. No entanto, entre o sexo masculino não se verificou qualquer relação [54]. Khoschnau et al verificaram existir, em ambos os sexos, uma associação entre o genótipo COLIA1 Sp1 ss e um risco substancialmente diminuído de LLCA [55].

Um estudo retrospectivo encontrou resultados que sugerem a existência de uma predisposição familiar para a ocorrência de LLCA. Entre a amostra analisada, os indivíduos que sofreram LLCA tinham 2 vezes maior probabilidade de ter um familiar que sofreu LLCA, quando comparados com os indivíduos que não sofreram LLCA. Esta probabilidade era ainda superior quando considerados apenas os familiares de primeiro grau [56].

Num estudo de coorte realizado em soldados do exército americano verificou-se existir um menor risco de LLCA entre a população negra, apesar de a taxa de incidência de ruturas de tendões *major* ser treze vezes superior entre esta população [57].

## Fatores de risco extrínsecos

Os fatores de risco extrínsecos englobam fatores ambientais relacionados com o desporto e que podem abranger características da prática desportiva, a superfície de jogo, condições meteorológicas, o calçado utilizado ou a utilização profilática de ortóteses funcionais.

---

<sup>2</sup> *Femoral plateau angle* é o ângulo formado entre o eixo femoral e uma linha tangente à concavidade do prato tibial medial, a linha P. In: Terauchi, M., et al., *Sagittal Alignment of the Knee and Its Relationship to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries*. Ibid.2011. 39(5): p. 1090-1094.

Os momentos de competição parecem ser 3 a 5 vezes mais propícios à contração de LLCA do que os treinos, no desporto universitário americano, dependendo de desporto para desporto [4]. Uma análise aos dados relativos às lesões dos atletas de futebol americano da NCAA entre 2004 e 2009 permitiu encontrar uma frequência 10 vezes superior de LLCA durante a competição relativamente aos treinos [12]. Estudos prospetivos que estudaram as lesões na English professional rugby union ao longo de 2 anos encontraram uma incidência 42 vezes superior de LLCA em jogos do que em treinos [58, 59]. Os atletas da *National Football League* americana (NFL) foram acompanhados ao longo de 5 anos e foram estudadas as variáveis relativas ao tipo de calçado, superfície e condições de jogo aquando de LLCA-PNC. Cerca de metade das lesões - 47,5% - ocorreram durante situações de jogo, apesar de os atletas terem tido 5 vezes mais exposições a treinos [60]. Esta diferença, por vezes abissal, encontrada em desportos tradicionalmente associados a contacto entre os atletas pode refletir uma maior prudência durante os treinos. Desportos que não são associados a contacto não apresentam diferenças de incidência de LLCA tão significativas entre os jogos e os treinos [4].

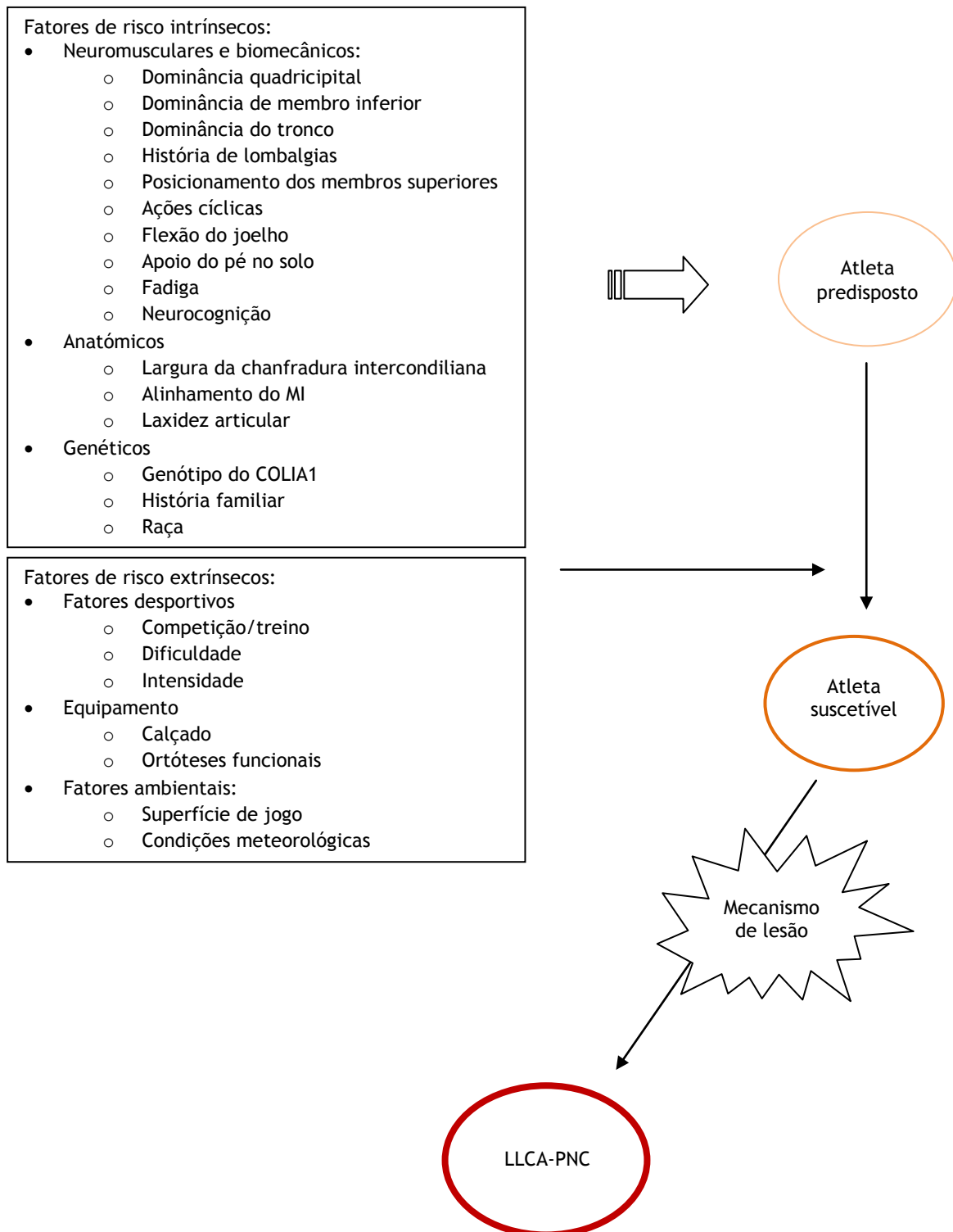
Uma maior aderência à superfície de jogo do calçado utilizado em atividades desportivas pode melhorar o desempenho desportivo, no entanto, pode também ser responsável por um risco mais elevado de LLCA-PNC [1]. Dowling et al verificaram que um coeficiente de fricção calçado-superfície mais elevado estava associado a alterações biomecânicas significativas. Em superfícies com fricção elevada os atletas apresentaram menor flexão do joelho, maior tensão em valgo e maior distância média entre o centro de massa e o pé de apoio, durante a realização de *sidestep cutting*, do que em superfícies com baixa fricção. Estas alterações podem aumentar o risco de LLCA, o que levou os autores a concluir que um risco superior de LLCA em superfícies de alta fricção pode ser o resultado destas alterações biomecânicas [61]. Na NFL quase todas as lesões - 95,2% - ocorreram com o piso seco [60]. Outro estudo que acompanhou atletas da NFL concluiu que o tempo frio se encontrava associado a um menor risco de lesão, em estádios ao ar livre, provavelmente devido a menor tração calçado-superfície [62].

Uma análise dos dados relativos às lesões dos atletas de futebol americano da NCAA, de 2004 a 2009, permitiu encontrar uma incidência superior de LLCA em superfícies de jogo artificiais, em comparação com terrenos de jogo em relva natural [12]. Contrariamente, entre os atletas da NFL verificou-se que ocorreram mais lesões em relva natural que em superfícies artificiais [60].

No ski, as pistas de maior dificuldade acentuam, em mais de 2 vezes, o risco de lesões ligamentares do joelho, incluindo lesões do LCA [63].

Uma ortótese especialmente projetada com restrição da extensão do joelho aumentou significativamente a flexão do joelho durante a realização de exercícios de *stop-jump*. Contudo, não afetou as forças de reação do solo durante a receção, podendo não afetar as

forças resultantes no joelho [64]. Nenhum estudo, até ao momento, demonstrou determinantemente eficácia profilática da utilização de ortóteses funcionais na prevenção de LLCA-PNC [1].



**Figura 1.** Modelo global compreensivo da LLCA-PNC. Os fatores de risco intrínsecos predis põem o atleta à lesão. Os fatores de risco extrínsecos tornam o atleta ainda mais suscetível. Na presença de fatores de risco, e perante a ocorrência de um mecanismo de lesão, pode ocorrer LLCA-PNC.

# Prevenção

De acordo com a *sequência da prevenção* de van Mechelen et al, após a identificação dos mecanismos de lesão e dos fatores etiológicos da lesão que se pretende prevenir deve-se desenvolver, implementar e estudar intervenções que sejam plausíveis de diminuir a incidência ou a severidade da lesão [65]. No que diz respeito à LLCA-PNC, podem ser encontrados na bibliografia vários trabalhos que estudaram medidas preventivas singulares que podem atuar num fator de risco ou mecanismo de lesão. Foram também estudados programas preventivos mais extensivos que englobaram várias medidas, as quais atuam em conjunto sobre vários fatores de risco ou mecanismos de lesão, de forma a poder obter-se um grau de prevenção de LLCA-PNC potencialmente superior.

## Medidas preventivas

Vários estudos verificaram que programas de treino neuromuscular para reeducação dos desequilíbrios neuromusculares manifestaram-se altamente efetivos no desenvolvimento de controlo sobre o movimento dinâmico e na redução de LLCA, tanto em laboratório, como no campo.

## Aprendizagem motora

Num estudo laboratorial controlado, vários atletas, ao longo de 6 semanas, participaram em treino específico de posicionamento corporal durante a realização de *sidestep cutting*. Os participantes foram instruídos - verbal e visualmente - a procurar apoiar o pé de apoio mais perto da linha média do corpo, a apoiar este pé alinhado com a direção do deslocamento, a manter o tronco com este mesmo alinhamento e a manter o tronco numa posição vertical. Estas medidas revelaram-se eficazes na alteração da técnica corporal e resultaram na diminuição da carga em valgo e, conseqüentemente, numa redução do potencial risco de LLCA-PNC [66].

Cowling et al testaram, em atletas, o efeito de instruções verbais sobre o risco de LLCA durante situações de receção no solo. A instrução para aumentar a flexão do joelho antes da receção resultou num aumento significativo da flexão. Paradoxalmente, a instrução para aumentar a contração dos músculos isquiotibiais previamente à receção resultou numa contração antecipada dos músculos reto femoral e vasto lateral, potencialmente prejudicial para o LCA [2].

Um estudo transversal, realizado por Shimokochi et al, sugere que a inclinação do tronco para diante pode ser uma técnica eficaz para diminuir a contração do quadríceps e aumentar a co-contracção dos músculos isquiotibiais, durante a receção unipodálica no solo [67].

Oñate et al estudou diferentes modelos para a instrução de técnicas de receção no solo, através do visionamento de vídeos do próprio atleta, de um atleta experiente treinado em técnicas corretas de receção no solo e de ambos. Verificou-se que a utilização de imagens do próprio atleta efetuando receções no solo foi mais efetiva que a utilização de atletas experientes como modelo, com efeitos imediatos - no próprio dia - e retardados - uma semana depois [68]. Esse mesmo protocolo de ensino vídeo-assistido foi posteriormente utilizado por Herman et al, revelando-se capaz de alterar variáveis biomecânicas do joelho e anca. Ademais, estes autores testaram o protocolo conjugado com treino de força e verificaram que esta combinação resultou numa modificação mais capaz de padrões de movimento do joelho e anca, apesar de o treino de força não se ter demonstrado necessário à alteração destes padrões de movimento [69]. Herman et al verificaram que unicamente o treino de força não se mostrou suficiente para alterar padrões de movimento, no sexo feminino [70].

Uma revisão sistemática da literatura verificou que a aprendizagem motora através de instruções implícitas<sup>3</sup> era mais resistente a situações de *stress* e fadiga, mais duradoura, mais robusta em situações de resposta rápida e menos dependente da inteligência do atleta do que a aprendizagem motora através de instruções explícitas<sup>4</sup>. Sendo os benefícios evidentes, Benjaminse e Otten concluíram que a aprendizagem motora implícita pode ser utilizada mais adequadamente que a aprendizagem motora explícita [71]. Um estudo que compara a aprendizagem motora implícita e explícita foi protocolado e proposto, aguardando-se resultados [72].

### Treino neuromuscular

Intervenções no sentido de contrariar a *dominância quadricipital* enfatizam o uso dos músculos da cadeia cinética posterior. Este objetivo, no sexo feminino, pode ser alcançado de diversas formas já evidenciadas. Um estudo realizado em atletas femininas de andebol norueguesas mostrou ser possível prevenir LLCA com treino neuromuscular específico [73]. Exercícios pliométricos mostraram-se altamente eficazes no sexo feminino [20, 74]. Também

---

3 Aprendizagem motora implícita refere-se à aquisição de capacidades motoras sem o conhecimento explícito sobre a execução de uma habilidade que é normalmente realizada de uma forma automática. In: Benjaminse, A. and E. Otten, *ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning?* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. 19(4): p. 622-627.

4 Aprendizagem motora explícita refere-se à aquisição de capacidades motoras com foco no conhecimento específico sobre a execução de uma habilidade. In: Benjaminse, A. and E. Otten, *ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning?* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. 19(4): p. 622-627.

se pode desenvolver o controlo sobre a cadeia posterior em movimentos tanto excêntricos como concêntricos, no sexo feminino [27, 75]. No entanto, não se encontraram dados relativos à utilização de medidas idênticas em atletas masculinos.

Exercícios que englobam equilíbrio unipodálico e saltos unipodálicos mostraram-se benéficos na diminuição de uma *dominância de MI*. Apesar de parecer um contrassenso, quanto mais exercícios unipodálicos foram realizados pelos atletas, maior foi a simetria lado-a-lado alcançada [27]. Este fenómeno ocorre devido aos mecanismos neuromusculares que procuram alcançar o equilíbrio entre os dois lados do corpo. É fundamental referir que os efeitos máximos são obtidos quando os exercícios são executados com ambos membros inferiores, alternadamente. Adicionalmente, saltos unipodálicos podem ter influência sinérgica sobre os músculos da cadeia cinética posterior, sendo possível que produzam também uma diminuição de *dominância quadricipital* durante atividades dinâmicas [76].

### Treino de estabilidade postural

Um estudo de coorte que testou o deslocamento do tronco após a aplicação súbita de forças concluiu que a implementação de treino de estabilidade postural, abrangendo exercícios propriocetivos, elementos de perturbação e correção do deslocamento do corpo, pode potencialmente diminuir o risco de LLCA em atletas do sexo masculino [34]. Um estudo de 1996, realizado em futebolistas italianos verificou que a realização de treino propriocetivo conseguiu reduzir a incidência de LLCA nestes atletas [77]. A *dominância do tronco* pode também ser corrigida através de exercícios dirigidos aos músculos do tronco. Atualmente, pensa-se que estes exercícios não necessitam de ser dirigidos aos músculos motores primários - como o reto abdominal -, devendo-se exercitar particularmente músculos locais - como o transversos abdominal e o multífido - e estabilizadores da anca, o que pode ser especialmente eficaz para contrariar uma *dominância do tronco*. Os abdutores e os rotadores da anca permitem o controlo da anca e dos membros inferiores, facilitando a estabilização do tronco. De forma a obter-se um fortalecimento da rotação da anca, que contribui para o controlo da estabilização do tronco, podem ser realizados exercícios de rotação interna e externa da anca, em cadeia fechada, com o auxílio de resistência elástica [27].

### Ortóteses funcionais

Um estudo realizado em atletas do sexo feminino, da 1ª Divisão da NCAA, demonstrou uma redução significativa do joelho valgo e da pronação/eversão do tornozelo, durante a receção no solo após o salto, com a colocação de uma palmilha em cunha medial no calçado das atletas [78]. Carecem estudos relativos ao sexo masculino.

### Programas preventivos

Um estudo realizado em basquetebolistas e futebolistas, do sexo feminino, na primeira divisão da NCAA, demonstrou que um programa de treino composto por exercícios de força,

treino de estabilização dinâmica das articulações, exercícios de equilíbrio, exercícios pliométricos e treino de saltos, realizado diariamente, ao longo de 6 semanas, redundou num aperfeiçoamento das estratégias de controlo motor durante o salto. Foram reportados resultados positivos no caso do salto vertical e do salto unipodálico, tanto com chamada à perna direita, como à esquerda, com redução dos fatores de risco de LLCA-AC propostos noutros estudos [79]. Um grupo de peritos convocado pela *International Football Federation* (FIFA) elaborou um programa de aquecimento que continha treino neuromuscular, de força, pliométrico e de equilíbrio que foi executado por atletas jovens do sexo feminino de 125 clubes noruegueses. Este programa foi capaz de reduzir lesões severas do MI, incluindo LLCA, apesar de não alcançar significância estatística [80]. Outro programa preventivo, realizado em atletas da 1ª divisão da NCAA, que englobou treino neuromuscular, alongamentos, treino de força, pliométrico e proprioceptivo manifestou-se eficaz na prevenção de LLCA-PNC nestas atletas, tendo-se obtido uma taxa de incidência de lesão 3,3 vezes inferior no grupo que realizou o programa preventivo, comparando com o grupo de controlo [81]. Uma meta-análise de protocolos preventivos específicos para a prevenção de LLCA no sexo feminino revelou que, entre os programas bem-sucedidos, os que melhor previnem uma LLCA englobam treino pliométrico (que treina os músculos, o tecido conjuntivo e o sistema nervoso), treino de força e exercícios de equilíbrio, combinados com *feedback* regular relativo ao posicionamento corporal na receção ao solo. Estes programas abrangentes de treino mostraram ter efeito preventivo se executados pelo menos 1 vez por semana, ao longo de um mínimo de 6 semanas [82]. Não se encontraram resultados relativos a programas direcionados para o sexo masculino.

Cappell et al verificaram que os padrões de movimento dos membros inferiores, especialmente no plano sagital, na receção ao solo após *stop-jump*, são pré-programados durante a fase final da corrida de aproximação à chamada. Assim, concluíram que os programas preventivos neuromusculares para a prevenção de LLCA deveriam incluir, para além de treino da receção ao solo, treino para modificar a preparação da receção [83].

Segundo Benjaminse e Otten, atualmente não existe evidência sobre a idade ideal para iniciar programas preventivos que visem reduzir potenciais fatores de risco biomecânicos e neuromusculares. Começar nos grupos mais jovens - entre os 6 e os 12 anos - permite um desenvolvimento correto das técnicas desde o princípio. Contudo, nestas idades a incidência de LLCA é particularmente baixa. Entre os 12 e os 14 anos pode ser a altura mais indicada para iniciar a prevenção [71].



## Discussão e conclusões finais

A LLCA causa ausências prolongadas do desporto e do trabalho e aumenta sobremaneira o risco de sequelas de longo termo, tais como anormalidades da dinâmica do joelho e aparecimento precoce de doença degenerativa da articulação. A real prevalência de OA pós-LLCA parece ser bastante mais baixa que o que foi reportado nalguns estudos - entre 0-13% em vez de 90% para LLCA isoladas. Mesmo com estes resultados mais animadores o risco aumentado de OA pós-LLCA mantém-se como uma pesada consequência para o atleta, um desafio para o clínico e um incentivo-chave para todos os que se dedicam à prevenção das LLCA.

O principal desafio dos investigadores que se dedicam à prevenção de LLCA-PNC centra-se nos mecanismos de lesão. O esclarecimento destes mecanismos possibilita a implementação de medidas preventivas da lesão com base na origem da lesão. Apenas quando forem compreendidos com precisão estes mecanismos de lesão e a relação causal entre as forças aplicadas e a resultante LLCA-PNC podem ser implementados programas de intervenção e prevenção verdadeiramente apropriados. Quando se estudam os mecanismos de lesão é necessário ter em consideração as características específicas de cada desporto, uma vez que cada um tem diferentes mecanismos de lesão. Nos desportos em que as LLCA são mais comuns, como o futebol ou o ski, o estudo dos mecanismos de lesão tem progredido firmemente. No entanto, estes estudos, desenvolvidos ao longo das últimas três décadas, ainda não permitiram esclarecer completamente os mecanismos de lesão. A literatura tem mostrado cada vez mais que estes mecanismos ocorrem em múltiplos planos simultaneamente, sendo incorreto, na maioria das vezes, eleger apenas um plano no qual se geram as tensões potenciadoras de lesão. Assim, os mecanismos de LLCA-PNC parecem advir da combinação de forças dos planos sagital, frontal e transversal. As forças do plano sagital parecem ser as mais importantes na génese da lesão e estão presentes na maioria dos mecanismos de lesão. Futuras investigações aos mecanismos de lesão devem abranger todos os planos de movimento. O conhecimento do mecanismo de não-lesão pode contribuir para um melhor esclarecimento dos mecanismos de lesão.

Os fatores de risco de LLCA-PNC em atletas do sexo masculino evidenciados por pelo menos um estudo foram compilados na figura 1. No entanto, são necessárias investigações suplementares que fortaleçam a evidência dos fatores de risco destas lesões neste sexo.

A relação entre o alinhamento do MI e a LLCA permanece por esclarecer. São necessários estudos que investiguem a incidência de LLCA relacionada com fatores de risco anatómicos durante movimentos dinâmicos em vários planos. Recentemente, foi verificado que a laxidez anterior da articulação do joelho - o *genu recurvatum* - e a laxidez articular generalizada podem representar distintos fatores de risco. Assim, torna-se importante considerar, em

futuras investigações, perfis de laxidez articular mais compreensíveis na sua relação com a função articular e com o risco de LLCA-PNC. As recentes descobertas a nível genético, que relacionaram a LLCA com genótipos de genes que codificam o colagénio, devem encorajar futuras pesquisas neste campo. A maior frequência de lesões durante os jogos pode ser explicada pela maior intensidade e velocidade durante os jogos, pelas condições mais imprevisíveis dos momentos competitivos e pela magnitude e frequência superiores de colisões. Um estudo da cinemática tibiofemoral encontrou menores ângulos de flexão especialmente em mulheres, o que pode retirar importância deste fator de risco para o sexo masculino. No entanto, este estudo foi realizado em condições laboratoriais controladas, sem a imprevisibilidade das situações dinâmicas de jogo, o que pode ter enviesado os resultados. Pode ser interessante realizar futuramente estudos que contemplem as perturbações frequentemente vivenciadas durante as situações de competição. Podem ser introduzidos elementos perturbadores durante os ensaios laboratoriais, de forma a recriar o desenrolar de um jogo da forma mais semelhante possível. Um dos principais entraves ao desenvolvimento de conhecimento relativo à prevenção de LLCA reside na dificuldade de realizar estudos prospetivos significativos, devido à relativamente baixa incidência destas lesões. Mesmo uma amostra de 859 militares, uma das maiores entre os estudos contemplados por este trabalho, com um período de seguimento de 4 anos se revelou escassa e não permitiu obter significância estatística em grande parte dos resultados. Grande parte dos estudos verificados era retrospectivo. Pode ser benéfico que se procurem realizar estudos prospetivos idênticos e com períodos prolongados de *follow-up* de forma a se obterem resultados mais qualificados.

Antes de se implementar programas preventivos da LLCA-PNC pode ser realizado um rastreio dos atletas em risco superior, através da identificação de fatores de risco nos atletas. Posteriormente pode-se atuar diretamente na modificação dos fatores de risco intrínsecos modificáveis nestes atletas. Os fatores de risco extrínsecos, não podendo ser sempre modificados, podem ser evitados e trabalhados numa perspetiva de aconselhamento. Por exemplo, sabendo que a agressividade presente em certos desportos como o rugby ou o futebol pode ser potenciadora de LLCA, um aconselhamento a uma arbitragem mais rigorosa pode restringir uma conduta mais agressiva durante os jogos e assim contribuir para a prevenção de LLCA. O rastreio de fatores de risco biomecânicos pode ser realizado utilizando vídeo a duas-dimensões ou a três-dimensões, tendo ambos os métodos demonstrado semelhante efetividade [84]. A observação de imagens em vídeo a duas-dimensões terá particular utilidade na presença grandes alterações no valgo do joelho. A simples avaliação visual do joelho apresenta superior tempo e custo-efetividade, podendo ser mais facilmente e amplamente utilizados em contexto clínico. A avaliação de atividade eletromiográfica agonista-antagonista durante a realização de atividades com potencial risco, como *side cutting* ou na receção ao solo, pode desempenhar um papel importante na identificação de atletas em risco. Um dinamómetro fixo portátil, testado por Kollock et al, pode ser adequadamente utilizado para avaliar a força muscular de todos os grupos musculares do

membro inferior num curto período de tempo, sendo necessários, em média, menos de 10 minutos para testar cada membro, o que pode ser útil na avaliação sucessiva de grandes grupos de atletas [85]. Desequilíbrios neuromusculares podem ser triados para a identificação de atletas em risco acrescido de LLCA e posterior encaminhamento para programas de treino neuromuscular adequados aos seus desequilíbrios. Treino neuromuscular pode, potencialmente, diminuir o risco de lesão no atleta. No entanto, ainda se desconhece qual é a faceta destes exercícios que mais contribui para a diminuição do risco de lesão. São necessários estudos adicionais para se perceber quando deve ser iniciado este treino e qual o impacto da duração e frequência do mesmo nos resultados.

Uma abordagem diferente, ao nível da saúde pública, pode incluir a disseminação de um programa com efeitos preventivos da LLCA-PNC a ser adotado por toda a população desportivamente ativa. Este programa pode incluir apenas um aquecimento neuromuscular simples mas eficiente ou ser mais extensivo e incluir também exercícios pliométricos ou de equilíbrio. Ainda neste âmbito podem ser elaborados programas preventivos para serem aplicados transversalmente a adolescentes, pois parece ser a altura ideal para se iniciar a prevenção de LLCA.

Há a necessidade de encontrar um modelo que tenha em linha de conta todos os fatores de risco de modo multifatorial, não os considerando de forma individual. Futuras investigações devem ser efetuadas no sentido do desenvolvimento de um algoritmo direcionado a atletas do sexo masculino semelhante ao desenvolvido por Myer et al [86]. Estes investigadores, num estudo realizado em basquetebolistas e futebolistas do sexo feminino, procuraram identificar medidas clínicas correlacionadas com preditores laboratoriais de um elevado momento de abdução do joelho. A cada medida foram atribuídas diferentes pontuações relativas que integraram num nomograma, visando-se a sua inclusão num algoritmo de predição de risco de LLCA. Através da criação deste tipo de nomogramas e algoritmos será possível rastrear com maior precisão o risco de lesão de cada atleta baseado na integração ponderada de fatores de risco e não na sua observação singular. De acordo com os fatores de risco mais relevantes, o atleta pode subsequentemente ser submetido a intervenções preventivas adequadas às debilidades do próprio atleta e às características do desporto praticado. Em desportos que envolvam o transporte da bola com os membros superiores, como o futebol americano, métodos de treino que tenham em consideração o posicionamento dos membros superiores podem ajudar a reduzir o risco de LLCA-PNC.

A investigação de medidas ou programas preventivos de LLCA para o sexo masculino é ainda bastante limitada. É previsível que a combinação de várias medidas preventivas consiga melhores resultados. Contudo, os programas preventivos que combinam várias medidas carecem ainda de esclarecimento e evidência, principalmente no sexo masculino. É necessário desenvolver investigações que atestem a efetividade de diferentes programas

preventivos. É também importante esclarecer e evidenciar mais afincadamente a idade em que esses programas preventivos devem ser iniciados.

Os atletas parecem utilizar estratégias de abordagem ao solo mais seguras do que as atletas. No entanto, existem homens que exibem as mesmas estratégias de risco que o sexo feminino. Estas estratégias mais seguras deverão ser mantidas ou reforçadas na população masculina. A conjugação de treino de força, aprendizagem motora, pliometria e exercícios de equilíbrio parece ter um efeito preventivo superior à utilização de cada medida individualmente. Um atleta sem força suficiente para executar receções no solo de forma correta não vai usufruir dos benefícios da aprendizagem motora na sua totalidade. De forma análoga, um atleta que apenas realize treino de força, não acompanhado de instruções sobre a técnica correta, pode não utilizar os benefícios do consequente aumento de força para alterar os seus padrões de movimento. Assim, a conjugação de treino de força com aprendizagem motora através de instrução vídeo-assistida com imagens do próprio atleta é capaz de produzir melhorias significativas nas técnicas de *jump-landing*. Um recrutamento muscular mais seguro para o LCA, que promove maior flexão do joelho, pode ser melhor conseguido através de instruções verbais simples. A planificação de *sidestep cutting* pode ser incluída no treino de modalidades em que este movimento seja frequente, como no futebol e no andebol. Programas preventivos podem começar a introduzir elementos perturbadores de forma a melhor prepararem os atletas para as situações de jogo inesperadas. A adição de treino pliométrico e treino de equilíbrio pode ainda ampliar os efeitos preventivos.

As investigações realizadas, que permitiram o desenvolvimento de conhecimento científico - sempre incompleto, dinâmico e em contante evolução - relativo à prevenção da LLCA-PNC em atletas do sexo masculino, devem representar um estímulo e um desafio para que novos estudos se desenvolvam, na perseguição de mais e melhor conhecimento que progressivamente esclareça esta temática. Desta forma, a prevenção da LLCA-PNC pode deixar de ser uma possibilidade e passar a ser, definitivamente, uma realidade.

## Referências Bibliográficas

1. Silvers, H.J. and B.R. Mandelbaum, *Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete*. Br J Sports Med, 2007. 41 Suppl 1: p. i52-i59.
2. Cowling, E.J., J.R. Steele, and P.J. McNair, *Effect of verbal instructions on muscle activity and risk of injury to the anterior cruciate ligament during landing*. Br J Sports Med, 2003. 37(2): p. 126-130.
3. Lohmander, L.S., et al., *The Long-term Consequence of Anterior Cruciate Ligament and Meniscus Injuries: Osteoarthritis*. Am J Sports Med, 2007. 35(10): p. 1756-1769.
4. Hootman, J.M., R. Dick, and J. Agel, *Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports: Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives*. J Athl Train, 2007. 42(2): p. 311-319.
5. Griffin, L., et al., *Noncontact anterior cruciate ligament injuries risk factors and prevention strategies*. J Am Acad Orthop Surg, 2000. 8(3): p. 141-150.
6. Oiestad, B.E., et al., *Knee Osteoarthritis After Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review*. Am J Sports Med, 2009. 37(7): p. 1434-1443.
7. Dallalana, R.J., et al., *The Epidemiology of Knee Injuries in English Professional Rugby Union*. Am J Sports Med, 2007. 35(5): p. 818-830.
8. Stevens, K.J. and J.L. Dragoo, *Anterior cruciate ligament tears and associated injuries*. Top Magn Reson Imaging, 2006. 17(5): p. 347-62.
9. Daniel, D.M., et al., *Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study*. Am J Sports Med, 1994. 22(5): p. 632-644.
10. de Loes, M., L.J. Dahlstedt, and R. Thomee, *A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports*. Scand J Med Sci Sports, 2000. 10(2): p. 90-7.
11. Ali, N. and G. Rouhi, *Barriers to Predicting the Mechanisms and Risk Factors of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury*. Open Biomed Eng J, 2010. 4: p. 178-189.
12. Dragoo, J.L., et al., *Incidence and Risk Factors for Injuries to the Anterior Cruciate Ligament in National Collegiate Athletic Association Football: Data From the 2004-2005 Through 2008-2009 National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System*. Am J Sports Med, 2012. 40(5): p. 990-995.
13. Marx, R.G., et al., *Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopaedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury*. Arthroscopy, 2003. 19(7): p. 762-70.
14. Zebis, M.K., et al., *Identification of Athletes at Future Risk of Anterior Cruciate Ligament Ruptures by Neuromuscular Screening*. Am J Sports Med, 2009. 37(10): p. 1967-1973.
15. Eriksson, E., *Prevention of sports injuries. A realistic goal?* Orthopade, 2000. 29(11): p. 969-71.

16. Cimino, F., B.S. Volk, and D. Setter, *Anterior Cruciate Ligament Injury: Diagnosis, Management, and Prevention*. Am Fam Physician, 2010. **82**(8): p. 917-922.
17. Yu, B. and W.E. Garrett, *Mechanisms of non-contact ACL injuries*. Br J Sports Med, 2007. **41** Suppl 1: p. i47-51.
18. Shultz, S.J., R.J. Schmitz, and A.-D. Nguyen, *Research Retreat IV ACL Injuries—The Gender Bias*. J Athl Train, 2008. **43**(5): p. 530-537.
19. Hanson, A.M., et al., *Muscle Activation During Side-Step Cutting Maneuvers in Male and Female Soccer Athletes*. J Athl Train, 2008. **43**(2): p. 133-143.
20. Hewett, T.E., *Prevention of non-contact ACL injuries in Women: Use of the Core of Evidence to Clip the Wings of a “Black Swan”*. Curr Sports Med Rep, 2009. **8**(5): p. 219-221.
21. Alentorn-Geli, E., et al., *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2009. **17**(7): p. 705-29.
22. Pujol, N., M.P.R. Bianchi, and P. Chambat, *The Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injuries Among Competitive Alpine Skiers: A 25-year Investigation*. Am J Sports Med, 2007. **35**(7): p. 1070-1074.
23. Rossi, M.J., J.H. Lubowitz, and D. Guttman, *The skier's knee*. Arthroscopy, 2003. **19**(1): p. 75-84.
24. Carson, W.G., *Wakeboarding Injuries*. Am J Sports Med, 2004. **32**(1): p. 164-173.
25. Krosshaug, T., et al., *Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury in Basketball: Video Analysis of 39 Cases*. Am J Sports Med, 2006. **35**(3): p. 359-367.
26. Meeuwisse, W.H., *What is the Mechanism of No Injury (MONI)?* Clin J Sport Med, 2009. **19**(1): p. 1-2.
27. Hewett, T.E., et al., *Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010*. N Am J Sports Phys Ther, 2010. **5**(4): p. 234-251.
28. Burkhart, B., et al., *Anterior Cruciate Ligament Tear in an Athlete: Does Increased Heel Loading Contribute to ACL Rupture?* N Am J Sports Phys Ther, 2008. **3**(3): p. 141-144.
29. Giugliano, D.N. and J.L. Solomon, *ACL Tears in Female Athletes*. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2007. **18**(3): p. 417-438.
30. Padua, D.A., et al., *Gender Differences in Leg Stiffness and Stiffness Recruitment Strategy During Two-Legged Hopping*. Res Q Exerc Sport, 2005. **37**(2): p. 111-125.
31. Hewett, T.E., *Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study*. Am J Sports Med, 2005. **33**(4): p. 492-501.
32. Brophy, R., et al., *Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players*. Br J Sports Med, 2010. **44**(10): p. 694-697.

33. Zazulak, B.T., et al., *The Effects of Core Proprioception on Knee Injury: A Prospective Biomechanical-Epidemiological Study*. Am J Sports Med, 2006. **35**(3): p. 368-373.
34. Zazulak, B.T., et al., *Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: A Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study*. Am J Sports Med, 2007. **35**(7): p. 1123-1130.
35. Chaudhari, A.M., *Sport-Dependent Variations in Arm Position During Single-Limb Landing Influence Knee Loading: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury*. Am J Sports Med, 2005. **33**(6): p. 824-830.
36. Sbriccoli, P., *Neuromuscular Response to Cyclic Loading of the Anterior Cruciate Ligament*. Am J Sports Med, 2005. **33**(4): p. 543-551.
37. Orishimo, K.F., et al., *Comparison of Landing Biomechanics Between Male and Female Professional Dancers*. Am J Sports Med, 2009. **37**(11): p. 2187-2193.
38. Decker, M.J., et al., *Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2003. **18**(7): p. 662-9.
39. Myers, C.A., et al., *Measurements of Tibiofemoral Kinematics During Soft and Stiff Drop Landings Using Biplane Fluoroscopy*. Am J Sports Med, 2011. **39**(8): p. 1714-1722.
40. Kernozek, T.W., M.R. Torry, and M. Iwasaki, *Gender Differences in Lower Extremity Landing Mechanics Caused by Neuromuscular Fatigue*. Am J Sports Med, 2007. **36**(3): p. 554-565.
41. Chappell, J.D., *Effect of Fatigue on Knee Kinetics and Kinematics in Stop-Jump Tasks*. Am J Sports Med, 2005. **33**(7): p. 1022-1029.
42. Kvist, J., D. Cunningham, and H. Tigerstrand-Wejlemark, *Gender differences in post-exercise sagittal knee translation: a comparison between elite volleyball players and swimmers*. Knee, 2006. **13**(2): p. 132-6.
43. Swanik, C.B., et al., *The relationship between neurocognitive function and noncontact anterior cruciate ligament injuries*. Am J Sports Med, 2007. **35**(6): p. 943-8.
44. Chung, S.C.-y., W.-l. Chan, and S.-h. Wong, *Lower limb alignment in anterior cruciate ligament-deficient versus -intact knees*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2011. **19**(3): p. 303-308.
45. Uhorchak, J.M., et al., *Risk Factors Associated with Noncontact Injury of the Anterior Cruciate Ligament*. Am J Sports Med, 2003. **31**(6): p. 831-842.
46. Lombardo, S., *Intercondylar Notch Stenosis Is Not a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Tears in Professional Male Basketball Players: An 11-Year Prospective Study*. Am J Sports Med, 2005. **33**(1): p. 29-34.
47. Eck, C.F., et al., *Assessment of correlation between knee notch width index and the three-dimensional notch volume*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. **18**(9): p. 1239-1244.
48. Todd, M.S., et al., *The Relationship Between Posterior Tibial Slope and Anterior Cruciate Ligament Injuries*. Am J Sports Med, 2009. **38**(1): p. 63-67.

49. Brandon, M.L., et al., *The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency*. *Arthroscopy*, 2006. **22**(8): p. 894-9.
50. Terauchi, M., et al., *Sagittal Alignment of the Knee and Its Relationship to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries*. *Am J Sports Med*, 2011. **39**(5): p. 1090-1094.
51. Hashemi, J., et al., *Shallow Medial Tibial Plateau and Steep Medial and Lateral Tibial Slopes: New Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injuries*. *Am J Sports Med*, 2009. **38**(1): p. 54-62.
52. Wordeman, S.C., et al., *In Vivo Evidence for Tibial Plateau Slope as a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-analysis*. *Am J Sports Med*, 2012. **40**(7): p. 1673-1681.
53. Ramesh, R., et al., *The risk of anterior cruciate ligament rupture with generalised joint laxity*. *J Bone Joint Surg Am*, 2004. **87-B**(6): p. 800-803.
54. Posthumus, M., et al., *The COL5A1 Gene Is Associated With Increased Risk of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Female Participants*. *Am J Sports Med*, 2009. **37**(11): p. 2234-2240.
55. Khoschnau, S., et al., *Type I Collagen 1 Sp1 Polymorphism and the Risk of Cruciate Ligament Ruptures or Shoulder Dislocations*. *Am J Sports Med*, 2008. **36**(12): p. 2432-2436.
56. Flynn, R.K., *The Familial Predisposition Toward Tearing the Anterior Cruciate Ligament: A Case Control Study*. *Am J Sports Med*, 2005. **33**(1): p. 23-28.
57. White, L.D.W., et al., *Incidence of Major Tendon Ruptures and Anterior Cruciate Ligament Tears in US Army Soldiers*. *Am J Sports Med*, 2007. **35**(8): p. 1308-1314.
58. Brooks, J.H.M., *Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries*. *Br J Sports Med*, 2005. **39**(10): p. 757-766.
59. Brooks, J.H.M., *Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries*. *Br J Sports Med*, 2005. **39**(10): p. 767-775.
60. Scranton, P.E., Jr., et al., *A review of selected noncontact anterior cruciate ligament injuries in the National Football League*. *Foot Ankle Int*, 1997. **18**(12): p. 772-6.
61. Dowling, A.V., et al., *Shoe-Surface Friction Influences Movement Strategies During a Sidestep Cutting Task: Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Risk*. *Am J Sports Med*, 2010. **38**(3): p. 478-485.
62. Orchard, J.W. and J.W. Powell, *Risk of knee and ankle sprains under various weather conditions in American football*. *Med Sci Sports Exerc*, 2003. **35**(7): p. 1118-23.
63. Demirag, B., T. Oncan, and K. Durak, *An evaluation of knee ligament injuries encountered in skiers at the Uludag Ski Center*. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2004. **38**(5): p. 313-316.
64. Yu, B., *Immediate Effects of a Knee Brace With a Constraint to Knee Extension on Knee Kinematics and Ground Reaction Forces in a Stop-Jump Task*. *Am J Sports Med*, 2004. **32**(5): p. 1136-1143.

65. van Mechelen, W., H. Hlobil, and H.C. Kemper, *Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts*. Sports Medicine, 1992. 14(2): p. 82-99.
66. Dempsey, A.R., et al., *Changing Sidestep Cutting Technique Reduces Knee Valgus Loading*. Am J Sports Med, 2009. 37(11): p. 2194-2200.
67. Shimokochi, Y., et al., *The Relationships Among Sagittal-Plane Lower Extremity Moments: Implications for Landing Strategy in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention*. J Athl Train, 2009. 44(1): p. 33-38.
68. Onate, J.A., *Instruction of Jump-Landing Technique Using Videotape Feedback: Altering Lower Extremity Motion Patterns*. Am J Sports Med, 2005. 33(6): p. 831-842.
69. Herman, D.C., et al., *The Effects of Feedback With and Without Strength Training on Lower Extremity Biomechanics*. Am J Sports Med, 2009. 37(7): p. 1301-1308.
70. Herman, D.C., et al., *The Effects of Strength Training on the Lower Extremity Biomechanics of Female Recreational Athletes During a Stop-Jump Task*. Am J Sports Med, 2008. 36(4): p. 733-740.
71. Benjaminse, A. and E. Otten, *ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning?* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. 19(4): p. 622-627.
72. Benjaminse, A., et al., *An investigation of motor learning during side-step cutting, design of a randomised controlled trial*. BMC Musculoskelet Disord, 2010. 11(1): p. 235.
73. Myklebust, G., et al., *Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons*. Clin J Sport Med, 2003. 13(2): p. 71-8.
74. Myer, G.D., K.R. Ford, and T.E. Hewett, *Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes*. J Athl Train, 2004. 39(4): p. 352-364.
75. Myer, G.D., et al., *Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury*. Clin Sports Med, 2008. 27(3): p. 425-48, ix.
76. Hewett, T.E., G.D. Myer, and K.R. Ford, *Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors*. Am J Sports Med, 2006. 34(2): p. 299-311.
77. Caraffa, A., et al., *Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1996. 4(1): p. 19-21.
78. Joseph, M., et al., *Knee Valgus During Drop Jumps in National Collegiate Athletic Association Division I Female Athletes: The Effect of a Medial Post*. Am J Sports Med, 2008. 36(2): p. 285-289.
79. Chappell, J.D. and O. Limpisvasti, *Effect of a Neuromuscular Training Program on the Kinetics and Kinematics of Jumping Tasks*. Am J Sports Med, 2008. 36(6): p. 1081-1086.
80. Soligard, T., et al., *Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial*. BMJ, 2008. 337: p. a2469.

81. Gilchrist, J., et al., *A Randomized Controlled Trial to Prevent Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players*. Am J Sports Med, 2008. **36**(8): p. 1476-1483.
82. Hewett, T.E., *Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 2, A Meta-analysis of Neuromuscular Interventions Aimed at Injury Prevention*. Am J Sports Med, 2005. **34**(3): p. 490-498.
83. Chappell, J.D., et al., *Kinematics and Electromyography of Landing Preparation in Vertical Stop-Jump: Risks for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury*. Am J Sports Med, 2006. **35**(2): p. 235-241.
84. McLean, S.G., *Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury*. Br J Sports Med, 2005. **39**(6): p. 355-362.
85. Jr, R.O.K., J.A. Onate, and B.V. Lunen, *The Reliability of Portable Fixed Dynamometry During Hip and Knee Strength Assessments*. J Athl Train, 2010. **45**(5): p. 349-356.
86. Myer, G.D., et al., *Clinical correlates to laboratory measures for use in non-contact anterior cruciate ligament injury risk prediction algorithm*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2010. **25**(7): p. 693-699.