

Identificação de Fatores de Risco para Lesões do Membro Inferior em Atletas

Identification of Risk Factors for Lower Limb Injuries in Athletes

Pedro Ribeiro ^{1*}, Ana Ribau², Tiago Amorim-Barbosa², João Esteves³, Pedro Fonseca⁴, Adélio Vilaça²

1. Serviço de Ortopedia, Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, Penafiel, Portugal
2. Serviço de Ortopedia, Centro Hospitalar Universitário do Porto, Porto, Portugal
3. Serviço de Ortopedia, Centro Hospitalar Médio Ave, Santo Tirso, Portugal
4. LABIOMEPE - Porto Biomechanics Laboratory, University of Porto, Porto, Portugal

RESUMO

Introdução: A atividade física adequada e o desporto para todos constituem um dos pilares para um estilo de vida saudável. Contudo, a prática regular de desporto não é isenta de riscos, estando bem estabelecido que a participação em atividades desportivas está relacionada com o aparecimento de lesões. Uma lesão particularmente comum é a lesão do ligamento cruzado anterior que traz consequências adversas para o atleta e clube desportivo. Há, portanto, uma elevada relevância na procura de métodos padronizados para identificar quais os atletas em maior risco e quais os problemas que os colocam nessa situação para que sejam corrigidos com programas de treino personalizados. O objetivo deste estudo será a identificação de atletas em maior risco de lesão, através da sua caracterização biomecânica e do reconhecimento de padrões cinemáticos de défices neuromusculares dos membros inferiores.

Métodos: Através da avaliação por vídeo de três saltos (salto vertical com contramovimento e sem balanço com os braços) realizados por 27 atletas de basquetebol, registaram-se os ângulos de flexão e de valgo/varo do joelho. Foram também registados dados antropométricos, horas de treino semanais e presença ou não de hiper mobilidade pela escala de Beighton.

Resultados: Associou-se um índice de massa corporal mais alto com história passada de entorse no tornozelo (IMC=21,64 ± 2,28 kg/m² versus IMC=19,80 ± 2,21 kg/m²). Constatou-se que os atletas que aterraram em valgo aterraram também com menor flexão do joelho (57,60° ± 9,29° vs 62,80° ± 10,62°). Considerando como assimetria uma diferença de pelo menos 10°, identificou-se um grupo de 6 atletas com discrepâncias significativas entre os dois membros inferiores.

Conclusão: Concluímos que foi possível caracterizar a amostra estudada e integrar alguns dos atletas em dois grupos de risco de acordo com défices neuromusculares, sendo que um deles seria dominância de uma perna e o outro associava dominância do quadríceps com dominância ligamentar.

Palavras-chave: Extremidade Inferior; Factores de Risco; Fenómenos Biomecânicos; Força Muscular; Lesões Desportivas; Lesões do Ligamento Cruzado Anterior; Lesões da Perna

Autor Correspondente/Corresponding Author: Pedro Ribeiro (pedro_ntr@hotmail.com), Serviço de Ortopedia, Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa, Avenida do Hospital Padre Américo 210, 4564-007

Recebido/Received: 2024/02/11 **Aceite/Accepted:** 2024/04/06 **Publicado online/Published online:** 2024/04/29 **Publicado/Published:** 2024/06/03

@ Author(s) (or their employer(s)) and Orthopaedics SPOT 2024. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use.

@Autor (es) (ou seu (s) empregador (es)) e Orthopaedics SPOT 2024. Reutilização permitida de acordo com CC BY-NC. Nenhuma reutilização comercial.

ABSTRACT

Introduction: Proper physical activity and sport for everyone are one of the main cornerstones for a healthy lifestyle. However, regular sport activity is not without risk, with the correlation between participation in sport activities and the emergence of injuries being well documented. One of the most common injuries is the anterior cruciate ligament rupture which brings negative consequences for both the athlete and the team. Therefore, there is a high priority need to find standardized methods to identify which athletes are in greater risk of injury and what are the problems responsible for that risk with the goal of correcting them with customized training programs.

The aim of this project is to identify the athletes who have a higher injury risk through their biomechanical profile and the recognition of neuromuscular deficits of the inferior limbs in kinematic patterns.

Methods: Video analysis of three jumps (countermovement vertical jump without arm swing) performed by 27 basketball athletes. We recorded the flexion and varus/valgus knee angles. Anthropometric data, training hours per week and the presence or not of hypermobility in the Beighton scale were also collected.

Results: The presence of a higher body mass index was correlated with personal history of ankle sprain ($BMI=21.64 \pm 2.28 \text{ kg/m}^2$ versus $BMI=19.80 \pm 2.21 \text{ kg/m}^2$). It was found that athletes who land in a valgus collapse also land with less knee flexion ($57.60^\circ \pm 9.29^\circ$ vs $62.80^\circ \pm 10.62^\circ$). Considering as an asymmetry a difference of at least 10° , we marked 6 athletes with considerable variance between the two legs.

Conclusion: We concluded that it is possible to characterize the studied population and split some of the athletes in two risk groups according to the neuromuscular deficits. One of the groups is the leg dominance one and the other is put together in the same group quadriceps dominance and ligament dominance.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament Injuries; Athletic Injuries; Biomechanical Phenomena; Leg Injuries; Lower Extremity; Muscle Strength; Risk Factors

INTRODUÇÃO

A atividade física adequada e o desporto para todos constituem um dos pilares para um estilo de vida saudável, a par da alimentação saudável, de uma vida sem tabaco e o evitar de outras substâncias perniciosas para a saúde.¹

Contudo, a prática regular de desporto não é isenta de riscos, estando bem estabelecido que a participação em atividades desportivas está relacionada com o aparecimento de lesões. As lesões do joelho são comuns, acarretando custos para o sistema de saúde, diminuição da atividade física e ausência do atleta nos treinos e competições.²

Existem vários tipos de lesão inerentes ao desporto, sendo a lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) uma das mais comuns, totalizando cerca de 250 000 lesões por ano, só nos EUA.³ As lesões do LCA são mais comuns em desportos que impliquem rotações feitas ao nível do joelho como futebol, basquetebol e andebol.^{4,5} A lesão deste ligamento é cerca de 4 a 8 vezes mais frequente no sexo feminino do que no masculino.⁶⁻⁸ Um dos problemas desta lesão em atletas jovens é a propensão para estes desenvolverem osteoartrose nas duas décadas que se seguem à lesão, ou seja numa idade ainda jovem, independentemente do tratamento aplicado.^{5,9} Há, portanto, uma elevada relevância na necessidade de desenvolver estratégias que permitam

identificar quais os atletas em maior risco de lesão para que seja possível prevenir tais eventos através de exercícios validados para esse efeito.

No sentido de prever o risco de lesão do LCA, Hewett *et al* desenvolveu quatro teorias de desequilíbrios neuromusculares (DNM) com base nos mecanismos de lesão que, embora sejam mais proeminentes em atletas femininas, se aplicam em ambos os sexos. Esses quatro DNMs foram chamados de dominância do quadríceps (DQ), dominância ligamentar (DL), dominância de uma perna (DP) e dominância do tronco (DT). A teoria da DQ diz que quando a musculatura extensora do joelho é mais forte que a flexora faz com que o atleta aterre com o joelho em extensão ou pouco fletido, implicando uma maior tensão no LCA. A teoria da DL traduz uma situação em que a musculatura não é recrutada atempadamente para absorver a força de impacto com o chão, fazendo com que essa força seja aplicada nas articulações e ligamentos, ainda que só por um pequeno instante. Isto faz com que, durante a aterragem, o atleta apresente ângulos excessivos de joelho em valgo, adução e rotação interna da coxa. No caso da DP, grandes assimetrias entre os membros inferiores (MIs) predispõe a lesão do LCA. Por fim, a teoria da DT diz-nos que um controlo precário do tronco pode levar a um desequilíbrio lateral, com correspondente desvio do centro de massa, o que acarreta maior risco de lesão do LCA.¹⁰

Os autores propõem-se a avaliar uma população de atletas em idade escolar, fazendo a sua caracterização biomecânica, tentando reconhecer nestes os padrões cinemáticos de DNMs nos MIs que identificam indivíduos com maior risco de sofrer lesões do LCA. De futuro, pretende-se atestar a validade de programas de prevenção que possam colmatar estes desequilíbrios permitindo uma intervenção personalizada com o intuito de prevenir a ocorrência de lesões, o que poderá reduzir gastos para o clube desportivo e para o sistema de saúde e melhorar a qualidade de vida dos atletas.

MATERIAL E MÉTODOS

Participantes

Os participantes envolvidos neste estudo foram atletas de basquetebol do CLIP (Colégio Luso-Internacional do Porto) com idades compreendidas entre 12 e 18 anos.

Foi obtido o consentimento informado por escrito dos pais dos participantes ou dos próprios caso tivessem mais de 18 anos, e aprovação pela Comissão de Ética (CETI) do Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto (ICBAS-UP).

Colheita dos dados

O salto escolhido para a obtenção dos dados foi um salto vertical com contramovimento e sem balanço com os braços (SVCSBB) (Fig. 1). Os atletas eram instruídos para colocarem os pés à largura dos ombros, olharem em frente e realizar o salto quando lhes fosse transmitida ordem para tal. O atleta procedia então à realização de um ligeiro agachamento (eram aconselhados a usar o grau de agachamento que achassem necessário), seguido de um salto até à altura máxima que conseguissem atingir.

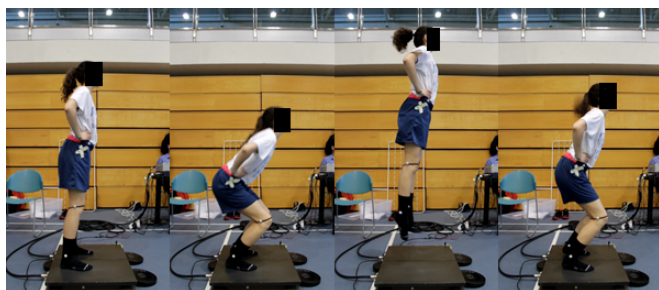


Figura 1. Sequência do salto realizado

Após a obtenção do consentimento informado, os dados foram registados ao longo de duas sessões realizadas no CLIP por uma equipa de 6 pessoas. A colheita estava dividida em duas partes. Numa delas dois investigadores registavam os

dados antropométricos, horas de treino semanais e classificavam os atletas na escala de Beighton, sendo que uma pontuação igual ou superior a 4 significava que o atleta apresentava hiper mobilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Escala de hiper mobilidade de Beighton

Escala de nove pontos de Beighton para hiper mobilidade		
Manobra	Direito	Esquerdo
Realizar dorsiflexão do 5º dedo $\geq 90^\circ$	1	1
Opor o polegar ao aspeto volar do antebraço ipsilateral	1	1
Hiperextender o cotovelo $\geq 10^\circ$	1	1
Hiperextender o joelho $\geq 10^\circ$	1	1
Colocar as mãos espalmadas no chão sem dobrar os joelhos	1	

Na outra secção os restantes investigadores faziam o registo dos vídeos. Cada atleta realizou três saltos verticais sendo encorajados a saltar o mais alto possível. Os participantes eram preparados previamente com a colocação de 5 marcadores em cada perna, um na espinha ilíaca superior, dois nas interlinhas medial e lateral do joelho e mais dois nos maléolos lateral e medial, sendo colocados sempre pelo mesmo investigador para evitar vieses no estudo. Os saltos eram registados por duas câmaras CANON EOS 1100D®, uma no plano frontal e outra no plano sagital do lado direito, colocadas a 2,5 m do atleta, a uma altura de 1,5 m, e as imagens foram recolhidas a 30 fps (Fig. 2).



Figura 2. Disposição do material no local da colheita dos dados.

Análise de vídeo

Posteriormente os vídeos foram analisados com auxílio do software KINOVEA (versão 0.8.15, 2011, Creative Commons, Califórnia), onde foram registados os ângulos de valgo nos dois MIs e de flexão no joelho direito. O momento selecionado para obtenção destas medidas foi a flexão máxima na aterragem. Ao longo do texto irá ser referido o valor do ângulo de valgo/varo, sendo que se for 180° corresponde a neutro, $>180^\circ$ será varo e $<180^\circ$ valgo. No MI direito este ângulo não é medido diretamente, mas sim calculado a partir da medição do seu complementar (Fig. 3).



Figura 3. Exemplo dos ângulos medidos.

Estatística

Para a análise estatística foi usado o software IBM SPSS Statistics (versão 24, 2016, IBM corp, NY) com o qual se calcularam vários testes T de *Student*, correlação de Pearson e o teste do Qui-quadrado. Foi feita, também, uma análise descritiva das diferentes variáveis recolhidas.

RESULTADOS

Ao longo de duas sessões de avaliação foram recolhidos os dados de 27 atletas, o que nos permitiu avaliar 54 MIs, sendo a amostra composta por 6 atletas do sexo masculino e 21 do sexo feminino. Tinham idades compreendidas entre os 12 e os 18 anos, sendo a média de 14,63 anos. Apresentavam, em média, um índice de massa corporal (IMC) de $20,76 \pm 2,39$ kg/m² e realizavam $6,76 \pm 1,34$ horas de treino semanalmente (Tabela 2).

Tabela 2. Dados antropométricos e horas de treino semanais dos atletas estudados

	Feminino	Masculino	Total
N	21	6	27
Idade (anos)	$14,57 \pm 1,78$	$14,83 \pm 1,47$	$14,63 \pm 1,69$
Peso (kg)	$57,69 \pm 10,15$	$60,90 \pm 5,77$	$58,4 \pm 9,36$
Altura (m)	$1,66 \pm 0,69$	$1,72 \pm 0,10$	$1,67 \pm 0,08$
IMC (kg/m ²)	$20,80 \pm 2,63$	$20,61 \pm 1,40$	$20,76 \pm 2,39$
Horas de treino semanais (h)	$7,14 \pm 1,20$	$5,42 \pm 0,91$	$6,76 \pm 1,34$

Constatou-se que cerca de 7 atletas (6 do sexo feminino e 1 do sexo masculino) apresentavam hiper mobilidade, o que perfaz 35% da amostra, não se tendo observado diferença estatisticamente significativa entre os sexos.

Dos atletas analisados, 7,4% já tiveram uma lesão do LCA previamente, 11,1% tiveram lesões de outro tipo no MI e,

cerca de 51,9% tinham história prévia de entorse do tornozelo (ET).

Avaliação no plano sagital

Foi determinado, pela análise dos vídeos, o ângulo de flexão máxima do joelho (AFMJ) no momento da aterragem, aquando do abaixamento máximo do corpo.

A média do AFMJ foi $60,88^\circ \pm 10,29^\circ$ na população em estudo.

Quando ajustado para o sexo, também não houve diferenças significativas nos diferentes ângulos, com tendência, no entanto, a haver maior flexão do joelho nas atletas femininas ($60,33^\circ \pm 15,79^\circ$ vs $61,03^\circ \pm 8,67^\circ$).

Avaliação no plano frontal

No plano frontal, foi calculado o ângulo de valgo/varo do joelho (direito e esquerdo, para cada atleta) no momento sincronizado com a flexão máxima do joelho.

Neste parâmetro, no total de 54 joelhos analisados, no momento de aterragem 20 encontravam-se em valgo e 34 em varo (varo médio de $186,41^\circ \pm 5,18^\circ$; valgo médio de $173,22^\circ \pm 5,87^\circ$).

Os ângulos dos joelhos direito e esquerdo no plano frontal foram, respetivamente, $181,15^\circ \pm 8,91^\circ$ e $181,90^\circ \pm 8,00^\circ$, constatando-se que não houve diferenças significativas entre os dois MIs, com a ressalva que este valor é uma média, havendo alguns atletas com assimetrias de amplitude - 6 atletas (Tabela 3), considerando como assimetria uma diferença de pelo menos 10° (valor arbitrário) entre os dois membros. De facto, conseguiu-se identificar um grupo de atletas com discrepâncias significativas entre os dois MIs na manobra de aterragem (Fig. 4).

Tabela 3. Ângulos de varo/valgo dos 6 atletas que apresentam assimetria.

Ângulo de varo/valgo		Diferença entre os dois MIs
Direito	Esquerdo	
205,7°	193,3°	12,3°
175,0°	161,0°	14,0°
188,7°	175,7°	13,0°
157,0°	180,7°	23,7°
186,0°	196,0°	10,0°
171,7	182,0	10,3°

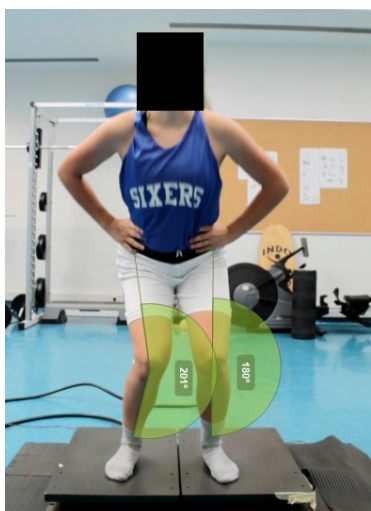


Figura 4. Exemplo de atleta com assimetria entre os dois membros inferiores.

Quando cruzamos a presença de hiper mobilidade com os ângulos de flexão e de valgo dos joelhos na aterragem, também não foi observada uma diferença significativa entre os dois grupos (com e sem hiper mobilidade), mas, no entanto, foi observada uma tendência à apresentação de maior valgismo no grupo de atletas com hiper mobilidade (normais: $182,15^\circ \pm 9,52^\circ$ vs hiper móveis: $178,29^\circ \pm 6,62^\circ$ no joelho direito; normais: $182,60^\circ \pm 7,89^\circ$ vs hiper móveis: $179,90^\circ \pm 8,58^\circ$ no joelho esquerdo).

Quando ajustado para o sexo, também não houve diferenças significativas nos, diferentes ângulos, com tendência, no entanto para maior valgismo em ambos os MIs das atletas femininas ($179,87^\circ \pm 8,01^\circ$ nos femininos e $187,31^\circ \pm 7,29^\circ$ nos masculinos).

Quando ajustado para o sexo a incidência de joelhos em varo é maior no sexo masculino. No entanto, apenas houve uma diferença com significância estatística ($p < 0,05$) considerando isoladamente os joelhos do lado direito, mas não do lado esquerdo.

Procurando assimetrias anatômicas, dividindo os atletas com o joelho em valgo ou varo para cada MI e cruzando os dois grupos constatou-se que 6 atletas eram assimétricos (3 atletas apresentavam valgismo no lado direito e varismo no lado esquerdo e outros 3 atletas apresentavam o contrário), sendo que dos restantes, a maioria (14 atletas) apresentava ambos os joelhos em varo e os restantes ambos os joelhos em valgo.

Uma vez ajustada para o sexo a presença ou não de simetria anatômica (serem os dois varos ou os dois valgos) nos MIs ao aterrar, não se detetou maior incidência em nenhum dos

grupos com significado estatístico. No entanto, constatou-se que a história prévia de entorse do tornozelo no grupo de atletas com assimetria foi 1,4 vezes superior em relação ao grupo de atletas simétricos (OR simetria = 0,47 vs OR assimetria = 0,67). Por fim ajustamos a incidência de ET para o IMC, tendo sido encontrada uma diferença, com significância estatística ($p < 0,05$), entre os atletas com ET (IMC = $21,64 \pm 2,28$ kg/m²) em comparação com o grupo sem ET prévia (IMC = $19,80 \pm 2,21$ kg/m²).

Por fim, ao comparar o AFMJ com o valgismo ou varismo no joelho direito (membro em que foi avaliado o grau de flexão) constatamos que os atletas que aterravam em valgo tinham menor AFMJ que os atletas que aterravam em varo, ou seja, aterravam com maior extensão do joelho ($57,60^\circ \pm 9,29^\circ$ vs $62,80^\circ \pm 10,62^\circ$ - Tabela 4) (Fig. 5).

Tabela 4. Relação entre o ângulo de varo/valgo no plano coronal e o AFMJ no plano sagital.

		N	Média do AFMJ	Desvio Padrão
Ângulo do Joelho	Valgo	10	57,60 ^o	9,29 ^o
	Varo	17	62,80 ^o	10,62 ^o



Figura 5. Exemplo de atleta que aterriza em valgismo e pouca flexão do joelho.

DISCUSSÃO

Estudos biomecânicos prévios estabeleceram a relação entre stress em varo/valgo e risco de lesão¹¹ e Pope *et al* demonstraram que um valgismo que gere um momento superior a 35 N·m suscita dor em atletas do sexo feminino.¹²

Os programas de prevenção de lesão do LCA existentes atualmente são muito variados no que diz respeito às taxas

de sucesso, duração da sessão de treino e número de treinos necessários, como demonstrado por meta-análise.¹³ Outro problema que surge na aplicação de programas de prevenção é que, muitas vezes, acabam por ser aplicados a todos os atletas sem critério e, sem que seja realizada, previamente, uma avaliação que estabeleça quais os atletas com maior risco de lesão e quais os défices, passíveis de correção, que predis põem a esse risco aumentado de lesão.¹⁴

No sentido de colmatar estas falhas torna-se imperativo que se desenvolvam ferramentas e algoritmos que possam indicar às equipas técnicas e médicas dos clubes desportivos quais os atletas que necessitam de intervenção e quais as intervenções de que necessitam.

Um estudo pioneiro nesta área testou 721 atletas femininas, numa tarefa de *cutting maneuver*, através de uma análise de modelos 3D construídos a partir de vídeos e, classificaram a amostra em diferentes grupos de acordo com os DNMs já aqui referidos. Nesse estudo concluíram que a maioria das atletas em risco não apresentava um único défice, mas sim uma combinação de diferentes défices. Cerca de 40% das participantes foram classificadas com baixo risco pois apresentavam DNMs abaixo da média. As restantes 60%, classificadas como tendo risco elevado de lesão do LCA, foram divididas em três grupos: 24% enquadradas no grupo QL (*quadriceps and leg dominance*), ou seja apresentavam dois défices sendo eles a dominância do quadríceps (DQ) e dominância de uma perna (DP); cerca de 22% foram classificadas como TLL (*quadriceps, leg and ligament dominance*), portanto apresentando três défices, os dois anteriores mais dominância ligamentar (DL); por fim 14% enquadraram-se no grupo LD (*ligament dominance*), estas apresentando um défice apenas que seria a DL. Uma ressalva do estudo citado, também aplicável ao presente estudo, é que os DNMs foram previamente estabelecidos por outros estudos, não sendo clara a ligação entre os grupos de risco encontrados e a lesão do LCA.¹⁵ Para eliminar esta dúvida é necessário um estudo prospetivo em que inicialmente se enquadraram os atletas nos grupos de risco e se avalia quais virão a desenvolver lesão.

A metodologia que usamos no presente estudo não nos permite inferir sobre a presença ou não de dominância do tronco (DT), um dos DNMs mencionados, no entanto, e apesar de não existirem valores de *cut-off* para atribuir um défice a um atleta, conseguimos enquadrar alguns atletas nos restantes três DNMs, que poderão ser os atletas com maior risco de lesão. Consideramos, então, que os atletas que apresentavam uma assimetria superior a 10° (N=6) se enquadravam no grupo DP. Nos défices DQ e DL incluímos 10 atletas (que aterraram em valgo e por isso com maior

extensão do MI), considerando que apresentam os dois défices em simultâneo. Hewett *et al* dá uma explicação para a associação dos dois últimos DNMs uma vez que o músculo *gluteus maximus*, o músculo mais poderoso no corpo, é o único que controla o fémur em três planos e, portanto, quando o atleta contrai primariamente o quadríceps e reduz a contração do *gluteus maximus* e da musculatura posterior da coxa o resultado é um posicionamento do joelho em valgo. Essa maior ativação do quadríceps restringe a flexão do joelho, fazendo com que o atleta aterre mais em extensão.¹⁰ Zazulak *et al* apresentou dados da comparação da musculatura dos homens com as mulheres e demonstrou que as mulheres ativam o *gluteus maximus* e a musculatura posterior da coxa menos que os homens,¹⁶ o que corrobora a maior prevalência de lesão do LCA na mulher.

Com este estudo, talvez pela reduzida amostra, a única associação com significado estatístico encontrada foi entre um IMC elevado (no entanto dentro da normalidade) e uma maior incidência de entorse do tornozelo, contudo não podemos estabelecer uma relação entre entorse do tornozelo e lesão do LCA.

Apesar das limitações, observou-se uma tendência à associação entre hipermobilidade e maior valgismo e entre o sexo feminino e maior AFMJ assim como maior valgismo no momento de aterragem, ainda que sem significado estatístico, o que está associado a dois dos DNMs já mencionados, DQ e DL. Esta observação vai de encontro ao que já foi estabelecido noutros artigos, ou seja, a existência de uma maior prevalência destes défices no sexo feminino, o que faz parte de um conjunto de causas que tornam a mulher mais suscetível a lesões do LCA.^{7,17}

Limitações

Uma limitação a este estudo é a reduzida amostra devido à dificuldade e complexidade do momento de registo de dados sendo que, nesta amostra, a proporção de atletas masculinos e femininos também foi muito desequilibrada. Uma outra limitação é a escassez de investigação nesta área e não existir, para já, uma única manobra padronizada para estudo, o que não permitiu estabelecer um *cut-off* definitivo que indicasse quais os atletas que estão em risco de lesão e quais não estão, nos vários parâmetros avaliados, sendo que, há também, escassez de dados que caracterizem populações de jovens atletas quanto a estes parâmetros.

CONCLUSÃO

Após reflexão do conteúdo supramencionado, conclui-se que, através de análise de vídeo e colheita de dados antropométricos

é possível caracterizar uma população de jovens atletas. Com a avaliação de uma manobra simples, o SVCSBB, identificamos um grupo de atletas que poderão estar em maior risco de contrair lesão. No entanto, ficou claro que são necessários mais estudos e com amostras maiores para colmatar o défice de informação e as dúvidas que ainda estão por esclarecer.

Apesar destas lacunas, cremos que a análise biomecânica cinemática dos atletas numa manobra simples poderá servir para atingir a meta proposta de desenvolver métodos de *screening* dos atletas em maior risco e validar estratégias personalizadas que permitam prevenir a lesão nesses indivíduos.

Responsabilidades Éticas

Conflitos de Interesse: Os autores declaram a inexistência de conflitos de interesse na realização do presente trabalho.

Fontes de Financiamento: Não existiram fontes externas de financiamento para a realização deste artigo.

Confidencialidade dos Dados: Os autores declaram ter seguido os protocolos da sua instituição acerca da publicação dos dados de doentes.

Proteção de Pessoas e Animais: Os autores declaram que os procedimentos seguidos estavam de acordo com os regulamentos estabelecidos pelos responsáveis da Comissão de Investigação Clínica e Ética e de acordo com a Declaração de Helsínquia revista em 2013 e da Associação Médica Mundial.

Proveniência e Revisão por Pares: Não comissionado; revisão externa por pares.

Ethical Disclosures

Conflicts of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing Support: This work has not received any contribution, grant or scholarship

Confidentiality of Data: The authors declare that they have followed the protocols of their work center on the publication of data from patients.

Protection of Human and Animal Subjects: The authors declare that the procedures followed were in accordance with the regulations of the relevant clinical research ethics committee and with those of the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki as revised in 2013).

Provenance and Peer Review: Not commissioned; externally peer reviewed.

Declaração de Contribuição

Todos os autores desempenharam um papel significativo em um ou mais dos seguintes aspectos deste projeto.

PR: Desenvolveu o conceito do artigo, o desenho do estudo e a escrita/edição do manuscrito.

AV e PF: Desenvolveram o conceito do artigo, o desenho do estudo e a revisão final.

AR, TAB e JE: Efectuaram a recolha de dados, análise e escrita/edição do manuscrito.

Todos os autores aprovaram a versão final a ser publicada.

Contributorship Statement

All authors played a significant role in one or more of the following aspects of this project.

PR: Developed the paper concept and study design and manuscript writing/editing.

AV and PF: Developed the paper concept, study design and final revision.

AR, TAB and JE: Performed data collection, analysis and manuscript writing/editing.

All authors approved the final version to be published.

Referências

1. Direção Geral de Saúde. A actividade física e o desporto: um meio para melhorar a saúde e o bem-estar. Lisboa: DGS; 2016.
2. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000;8:141-50. doi: 10.5435/00124635-200005000-00001.
3. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med*. 2006;34:1512-32. doi: 10.1177/0363546506286866.
4. Astur DC, Xerez M, Rozas J, Debieux PV, Franciozi CE, Cohen M. Anterior cruciate ligament and meniscal injuries in sports: incidence, time of practice until injury, and limitations caused after trauma. *Rev Bras Ortop*. 2016;51:652-6. doi: 10.1016/j.rboe.2016.04.008.
5. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med*. 2007;35:1756-69. doi: 10.1177/0363546507307396.
6. Ferretti A, Papandrea P, Conteduca F, Mariani PP. Knee ligament injuries in volleyball players. *Am J Sports Med*. 1992;20:203-7. doi: 10.1177/036354659202000219.
7. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech*. 2001;16:438-45. doi: 10.1016/s0268-0033(01)00019-5.
8. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med*. 1995;23:694-701. doi: 10.1177/036354659502300611.
9. Fleming BC. Biomechanics of the anterior cruciate ligament. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003;33:A13-5.
10. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *N Am J Sports Phys Ther*. 2010;5:234-51.
11. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med*. 1996;24:765-73. doi: 10.1177/036354659602400611.
12. Pope MH, Johnson RJ, Brown DW, Tighe C. The role of the musculature in injuries to the medial collateral ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 1979;61:398-402.
13. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med*. 2006;34:490-8. doi: 10.1177/0363546505282619.

14. Pappas E, Shiyko MP, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Biomechanical Deficit Profiles Associated with ACL Injury Risk in Female Athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48:107-13. doi: 10.1249/MSS.0000000000000750.
15. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. 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;33:492-501. doi: 10.1177/0363546504269591.
16. Zazulak BT, Ponce PL, Straub SJ, Medvecky MJ, Avedisian L, Hewett TE. Gender comparison of hip muscle activity during single-leg landing. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005;35:292-9. doi: 10.2519/jospt.2005.35.5.292.
17. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1745-50. doi: 10.1249/01.MSS.0000089346.85744.D9.