

**U. PORTO**



INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR  
UNIVERSIDADE DO PORTO

Dissertação De Mestrado Integrado Em Medicina

Artigo de Investigação Médica

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS ANATÓMICOS DO JOELHO NA  
POPULAÇÃO PORTUGUESA, NA LESÃO DO LIGAMENTO CRUZADO  
ANTERIOR**

---

Tiago Ferreira Moreira da Silva

Orientador:

Dr. Adélio Vilaça

Porto, 2015

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar para obtenção do grau de Mestre em Medicina

**TÍTULO:**

**Caracterização de parâmetros anatómicos do joelho na população portuguesa, na lesão do Ligamento Cruzado Anterior**

**AUTOR:**

- Nome Completo: Tiago Ferreira Moreira da Silva
- Número de aluno: 200804474
- Correio Eletrónico: tiagodasilva90@gmail.com

- Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS) – Universidade do Porto
- Rua de Jorge Viterbo Ferreira n.º 228, 4050-313, Porto

**ORIENTADOR:**

- Nome Completo: Adélio Justino Machado Vilaça
- Assistente Hospitalar do Serviço de Ortopedia do CHP
- Assistente Convidado das Unidades Curriculares de Anatomia Sistemática I e Ortofisiatria, do ICBAS

Universidade do Porto  
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar  
Centro Hospitalar do Porto, EPE

Porto, 2015



## **RESUMO**

### **Introdução:**

As lesões do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) são as lesões ligamentares mais comuns da articulação do joelho. Tem sido demonstrado que a anatomia do joelho, particularmente a da chanfradura intercondiliana, pode assumir um papel importante no desenvolvimento dessa lesão. Consequentemente, pelas diferenças naturais da estrutura óssea entre homens e mulheres, o sexo pode também influenciar esse risco de lesão.

### **Objetivos:**

Pretende caracterizar-se, através da análise em Ressonância Magnética (RMN), alguns parâmetros anatómicos do joelho, concretamente do fémur distal, avaliando não só sua influência na lesão do LCA, mas também as diferenças existentes entre sexos.

### **Metodologia:**

Foi conduzido um estudo observacional retrospectivo. Foram analisadas as RMN de 255 pacientes, com idade entre 18 e 40 anos, 85 dos quais com lesão do LCA e 170 sem lesão. Mediram-se os seguintes parâmetros anatómicos: Altura (AC) e Largura, na entrada (LCIe) e a meio (LCIm) da Chanfradura Intercondiliana, bem como a Distância Bicondiliana (DB). Calculou-se ainda o Índice de Chanfradura (IC). Compararam-se esses parâmetros de acordo com o sexo e com a existência de lesão. Avaliou-se a fiabilidade intra e interobservador das medições.

### **Resultados:**

A proporção de pacientes com lesão foi maior no sexo masculino (♂28,6% vs. ♀12,8%). Globalmente, foram encontradas diferenças significativas entre género para todos os parâmetros ( $p < 0,001$ ). O IC ( $p < 0,001$ ) e a DB ( $p < 0,001$ ) foram, no geral, significativamente diferentes nos grupos com e sem lesão. Comparando de novo os parâmetros anatómicos com a existência de lesão, mas agora de acordo com o sexo, verificou-se que os homens exibiram diferenças significativas para o IC ( $p < 0,001$ ) e para a ACI ( $p=0,025$ ) e as mulheres para a LCIe ( $p=0,048$ ) e IC ( $p=0,049$ ). A fiabilidade intra e interobservador foi satisfatória.

**Conclusões:**

A prevalência da lesão do LCA foi maior nos homens. A morfologia da chanfradura diferiu não só entre sexos, mas também entre pacientes com e sem lesão do LCA, sendo o IC o parâmetro que se destacou. Pode concluir-se, então, que a anatomia desta região pode ser um fator de risco a ter em conta na lesão do LCA, em ambos os sexos. Desta forma, a avaliação destes parâmetros pode ser útil para a aplicação de técnicas preventivas em algumas situações.

**PALAVRAS-CHAVE (5 a 10)**

Lesão do Ligamento Cruzado Anterior, Ressonância Magnética, Chanfradura Intercondiliana, Medições, Morfometria do Fémur distal, Género.

## ***ABSTRACT***

### **Background:**

The anterior cruciate ligament (ACL) injuries are the most common knee ligament injuries in the world. It has been shown that knee's anatomy, particularly the Intercondylar Notch, may assume an important role on the development of this injury. Thus, by the natural bone structure differences between males and females, gender may also be involved as a risk factor for this ligament tear.

### **Purpose:**

The aim of this study is to characterize, through Magnetic Resonance Imaging (MRI), some knee anatomical parameters, particularly concerning the distal femur, and to evaluate not only their influence on the ACL injury but also the differences between gender.

### **Methodology:**

This is a retrospective observational study. The MRI of 255 subjects with ages between 18 and 40 years old was analyzed, 85 of them with ACL injury and the other 170 without ACL injury. Measurements of several parameters were taken: Notch Height (NH), Notch Width (both at the entrance -NWe- and at the middle -NWm- of the Intercondylar Notch) and Bicondylar Width (BW). Notch Index (NI) was calculated. Data was first compared in a general way, according to gender and injury existence. Additionally, values of ACL-injured and non-injured subjects were also compared for male and female subjects separately. Both intra and inter-observer reliability were calculated.

### **Results:**

The proportion of injury-positive patients was greater in men (♂28,6% and ♀12,8%). Significant differences were found between genders for all parameters ( $p < 0,001$ ). When measurements were compared between ACL-injured and non-injured subjects, in general, NI ( $p < 0,001$ ) and BW ( $p < 0,001$ ) were significantly different. Performing the same group-comparison, but now evaluating male and female subjects separately, significant differences were found for NI ( $p < 0,001$ ) and NH ( $p = 0,025$ ) in men, and NWe ( $p = 0,048$ ) and NI ( $p = 0,049$ ) in women. The intra and inter-observer reliability of the MRI measurements was satisfactory.

**Conclusions:**

There were significant differences in distal femur morphology between men and woman as between subjects with and without ACL injury. Thus, it can be assumed that knee's anatomy is a risk factor for ACL injury, in both genders. An anatomical evaluation of this area may then be useful to apply preventive measures in some cases.

**KEYWORDS**

Anterior Cruciate Ligament Injury, Magnetic Resonance Imaging, Intercondylar Notch, Measurements, Distal Femur Morphometrics, Gender.





## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ACI: Altura da Chanfradura Intercondiliana

CI: Chanfradura Intercondiliana

DB: Distância Bicondiliana

IC: Índice de Chanfradura

IMC: Índice de Massa Corporal

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

LCI: Largura da Chanfradura Intercondiliana

    LCIe: Largura da Chanfradura Intercondiliana na entrada

    LCIm: Largura da Chanfradura Intercondiliana a meio

LCP: Ligamento Cruzado Posterior

RMN: Ressonância Magnética

## INTRODUÇÃO

As lesões do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) são as lesões ligamentares mais comuns da articulação do joelho <sup>(1-3)</sup>. A sua incidência anual pode atingir os 35 casos por 100.000 pessoas <sup>(4)</sup>, correspondendo a um número total entre os 80.000 e 200.000, nos EUA <sup>(3, 5, 6)</sup>. Consequentemente, a sua reconstrução é também uma das cirurgias ortopédicas mais frequentes <sup>(2, 4)</sup>. A lesão ocorre sobretudo durante a prática desportiva <sup>(3, 4, 7)</sup> e, por isso, é mais prevalente entre adultos jovens, em particular na terceira década de vida <sup>(5)</sup>.

Tem sido demonstrado que a maioria destas lesões é causada por mecanismos de não-contacto, isto é, sem existir contacto externo direto da articulação com pessoas ou objetos, no momento da lesão <sup>(5, 8, 9)</sup>. Mudanças repentinas de direção em desaceleração, rotações fixas ou a aplicação de carga repetida à articulação, como após um salto, podem levar à rutura súbita do ligamento, principalmente quando existe já fadiga muscular <sup>(7, 9, 10)</sup>.

Existem muitos e variados fatores que podem ser considerados de risco para o aparecimento de lesão do LCA. Esses fatores podem ser, por exemplo, de natureza genética, ambiental, anatómica, hormonal ou biomecânica <sup>(5, 9, 11)</sup>. Alguns deles podem variar grandemente em função do género, conduzindo a disparidades na frequência de lesão e culminando na inclusão do sexo como outro fator de risco a ter em conta <sup>(3, 7, 12)</sup>.

Alguns estudos demonstraram que as mulheres, para um mesmo desporto, tem maior risco de lesão do que os homens <sup>(5, 10, 11)</sup>. Segundo Prodromos et al. (2007), na prática desportiva, esta lesão surge cerca de 3 vezes mais no sexo feminino, podendo a diferença ser ainda mais acentuada no basquetebol ou futebol <sup>(6)</sup>. Em alguns casos, nomeadamente no treino militar, a prevalência de lesão pode mesmo chegar a ser dez vezes superior nas mulheres <sup>(13)</sup>.

Do ponto de vista anatómico, existe todo um espectro de características, que vão desde as intrínsecas à articulação (seja a nível femoral <sup>(1, 14, 15)</sup>, tibial <sup>(5, 10)</sup> ou ligamentar <sup>(16, 17)</sup>) até às que traduzem a estrutura global do indivíduo (como o IMC<sup>(3)</sup>), que pode influenciar a suscetibilidade à lesão. Logicamente, estes parâmetros serão condicionados pelas diferenças morfológicas naturais entre homens e mulheres <sup>(18, 19)</sup>, sendo este um dos fatores que poderá ajudar a explicar a variação de géneros. Essas diferenças evidenciam-se a vários níveis, desde logo na constituição músculo-esquelética, mas também no alinhamento das extremidades inferiores, laxidez articular <sup>(5, 11)</sup>, ou até no facto de as mulheres apresentarem um LCA, na generalidade, mais pequeno <sup>(17, 18, 20, 21)</sup>.

A análise destes fatores anatómicos é relevante para o presente trabalho, onde o foco principal será a área do fémur distal, em particular a da Chanfradura Intercondiliana (CI). Este local pode ser avaliado de acordo com as suas diversas características como formato, altura, largura e relacionando esta última com o tamanho do fémur, através do Índice de Chanfradura (IC) <sup>(14, 22, 23)</sup>.

Nesse sentido, tem sido demonstrada uma relação entre uma chanfradura estreita e o risco de lesão do LCA, que parece mais evidente nos indivíduos do sexo feminino, uma vez que neste grupo a LCI é consistentemente menor <sup>(17, 18, 20, 21)</sup>. Também as restantes características, como a Altura (ACI), têm sido descritas como sendo, de uma forma geral, menores no sexo feminino <sup>(19)</sup>. Além disso, outros fatores constituintes de cada indivíduo, como a altura <sup>(18)</sup>, peso <sup>(16)</sup> ou a raça <sup>(24)</sup>, também podem condicionar esta característica e, consequentemente, o risco de rutura. Contudo, nem sempre tem sido comprovada a relação entre as características da CI e a lesão do LCA <sup>(22, 25, 26)</sup>.

De qualquer forma, a sua importância não se limita à influência que pode ter no risco de lesão. Pode ser, também, uma condicionante na escolha da técnica cirúrgica a utilizar na reconstrução do LCA e, possivelmente, condicionar o seu *outcome* <sup>(2, 27, 28)</sup>.

O LCA tem cerca de 38 mm de comprimento e 11 de largura <sup>(29)</sup> e é constituído, anatomicamente, por dois feixes, um anteromedial e outro posterolateral. Os dois feixes apresentam tamanhos e áreas de inserção diferentes, mas atuam sinergicamente para conceder ao joelho a mobilidade adequada <sup>(2, 3, 28, 30)</sup>. Desta forma, em caso de lesão, a reconstrução pode ser feita por *single-bundle* ou *double-bundle*, consoante é feita através de um método mais tradicional de feixe único, no primeiro caso, ou preservando a anatomia nativa, com duplo feixe, no segundo caso. Tem sido veiculado que este último apresenta melhores *outcomes*, pois consegue recuperar uma maior estabilidade rotacional <sup>(2, 4, 28, 30)</sup>. No entanto, de acordo com o fluxograma elaborado por van Eck et al. em 2010, a presença de uma CI demasiado estreita, isto é, <12 mm (segundo o mesmo fluxograma), limitaria a escolha ao *single-bundle* tradicional <sup>(30)</sup>. Isto explica-se não só pela maior dificuldade de execução cirúrgica num espaço mais limitado, mas também pela menor visibilidade da parede lateral da chanfradura, existindo o risco de não acomodar corretamente os dois feixes do ligamento <sup>(23, 28, 30)</sup>.

Assim, o objetivo do presente trabalho é não só caracterizar as medidas da chanfradura na população estudada, através da análise das suas RMN, mas sobretudo relacioná-las com a existência de lesão e determinar como podem variar consoante o sexo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um estudo observacional retrospectivo que foi aprovado pela Comissão de Ética para a Saúde (Nº 253/14 (188-DEFI/214-CES)).

### Amostra:

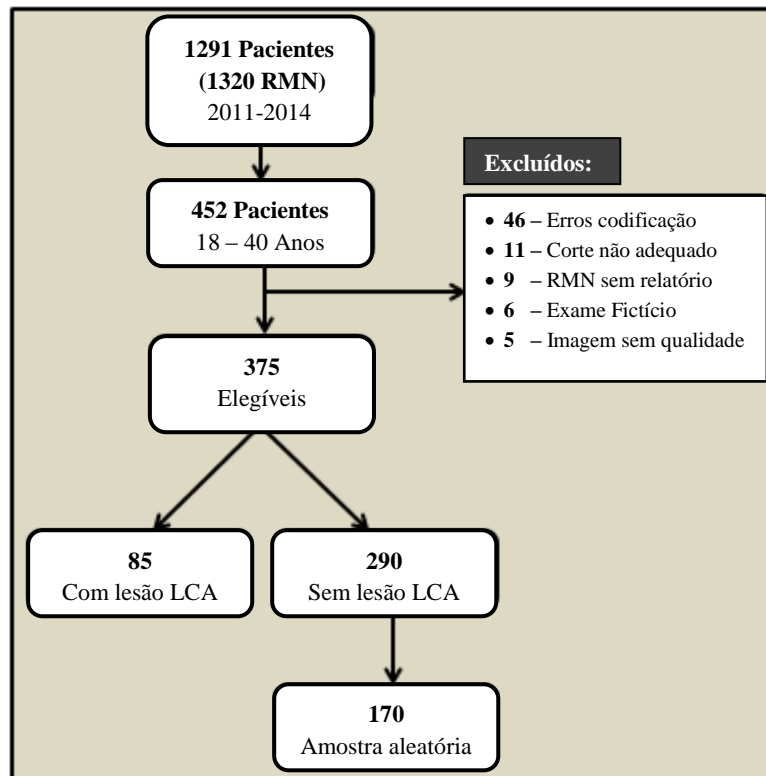
Foi realizada uma pesquisa avançada no programa informático Sectra IDS7®, filtrada pelos seguintes critérios: 1) Parte do corpo “é” “knee”; 2) Modalidade “é” “MR”; 3) Código “é” “920”; 4) Nome da estação “é” “RM3TESLA” 5) Data do exame “é maior que” “1-1-2011”; 6) Data do exame “é menor que” “31-12-2014”.

Cumprindo estes critérios de pesquisa foram realizadas, no CHP, 1320 RMN, num total de 1291 pacientes, entre 1 de Janeiro de 2011 e 31 de Dezembro de 2014 (inclusive). Foi então utilizado como critério de inclusão a idade do paciente no momento de realização da RMN, tendo sido selecionados aqueles que apresentavam entre 18 e 40 anos (inclusive), correspondendo a 452 pacientes.

Deste grupo, foram excluídos os pacientes cujas RMN apresentavam erros de codificação (46) e que não disponibilizavam um corte (11) e/ou imagem adequadas (5) para uma correta aplicação dos critérios de medição. Foram também excluídos exames fictícios (6) bem como aqueles em que se verificou *a posteriori* não terem o respetivo relatório disponível no processo clínico (9), não permitindo confirmar a presença de lesão.

Nos casos em que existia mais de uma RMN por paciente foi analisada a mais recente, e, nos casos de pacientes submetidos a cirurgia reconstrutiva do LCA, a RMN prévia à cirurgia (se existente).

Finalmente foram elegíveis 375 pacientes dos quais 85 sofreram lesão do LCA (grupo B – Grupo com Lesão) em algum momento da sua vida. Dos restantes 290 foi selecionada uma amostra final aleatória de 170 pacientes (grupo A – Grupo sem Lesão), perfazendo um conjunto final de 255. (Figura 1).



**Figura 1** – Fluxograma do processo de seleção e distribuição dos pacientes

### **Avaliação Imagiológica:**

No referido programa de imagem, as medições foram feitas em milímetros, através de imagens obtidas nas sequências DP/SPAIR/TRA (183), 3D\_WATSc (62), T2W\_TSE (8) e STIR\_ATSE (3). Cada imagem foi obtida com cortes que variavam entre os 3 e os 4 mm.

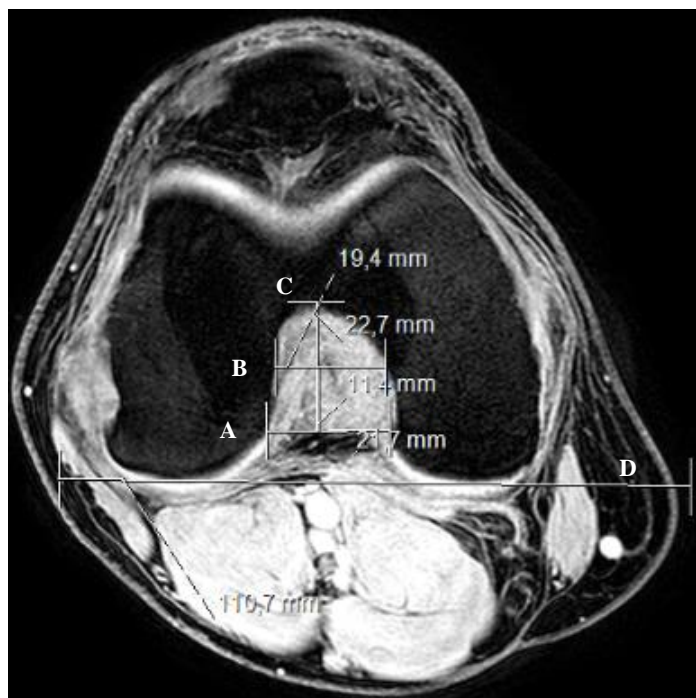
Os parâmetros mensurados foram a LCI, na entrada (LCIe) e a meio (LCIm) da chanfradura. Mediu-se também a sua altura (ACI), (valor que, dividido a meio, permite saber o ponto exato onde medir a LCIm) e ainda a Distância Bicondiliana (DB) com a LCI correspondente, para assim calcular o Índice de Chanfradura (IC) (corresponde à divisão da LCI pela DB, medidas ao mesmo nível).

Todas as RMN foram avaliadas de forma semelhante e regendo-se pelas mesmas referências anatómicas. Em todos os casos foi inicialmente traçada uma reta para alinhamento dos côndilos, realizando todas as medições paralelamente a essa orientação.

Assim, para aferir a LCIe, considerou-se o primeiro ponto em que ambos os côndilos já não estavam revestidos por cartilagem. A ACI mediu-se na fossa intercondiliana, desde o ponto onde foi medida a LCIe até ao ponto ósseo da curvatura superior da fossa. Por sua vez, a LCIm foi mensurada ao nível do ponto médio da ACI.

Todos estes parâmetros foram avaliados no primeiro corte axial disponível, no

sentido distal-proximal, que apresentasse ponte óssea, visível e bem definida, entre os côndilos femorais. (Figura 2)



**Figura 2** – Exemplificação das medições realizadas na sequência 3D\_WATSc (A – LCl; B – LCIm; C – ACI; D – Reta Alinhamento)

Já a DB e a LCI correspondente (para cálculo do IC) mediram-se ao nível do sulco poplíteo, no primeiro corte, também no sentido distal-proximal, onde este fosse claramente visível (Figura 3).



**Figura 3** – Exemplificação das medições realizadas na sequência DP/SPAIR/TRA (A – DB; B – LCI; C – Reta Alinhamento)

### **Variáveis:**

As variáveis categóricas introduzidas foram sexo e a existência (ou não) de lesão do LCA. As variáveis contínuas incluíram a idade no momento do exame e os parâmetros anatómicos: LCIE, LCIm, a ACI, a DB e o IC.

Os dados demográficos foram recolhidos diretamente no programa Sectra IDS7<sup>®</sup> tal como os dados anatómicos. A existência de lesão foi avaliada pelas RMN, nos cortes sagitais e coronais disponíveis e, posteriormente, confirmada através do processo clínico e do relatório descritivo da RMN, disponíveis no Sistema de Apoio ao Médico<sup>®</sup> (SAM).

Por lesão do LCA considerou-se todo o espectro de rutura, desde uma pequena rutura parcial até rutura completa.

### **Análise Estatística:**

O tratamento estatístico dos dados foi feito com recurso ao programa informático IBM SPSS Statistics<sup>®</sup> Versão 21.0.

Comparou-se cada parâmetro anatómico de acordo com a existência de lesão e com o género, utilizando o teste *t* de Student para amostras independentes. Analisou-se, ainda, através do teste de Chi-Quadrado, a influência do género na existência de lesão. O intervalo de confiança foi estabelecido a 95% e o nível de significância estatística a  $p < 0,05$ . A homogeneidade de variâncias foi testada recorrendo ao Teste de Levene.

Procedeu-se ao cálculo de parâmetros estatísticos descritivos para os aspetos anatómicos e demográficos, bem como à construção de histogramas representativos.

As medições foram repetidas pelo primeiro observador, para uma subamostra de vinte RMN, e por um observador mais experiente, para outra subamostra do mesmo tamanho. Utilizou-se então o Coeficiente de Correlação Intraclasse (ou Coeficiente de Reprodutibilidade) para avaliar a consistência das medições pela sua fiabilidade intra e interobservador.

## RESULTADOS

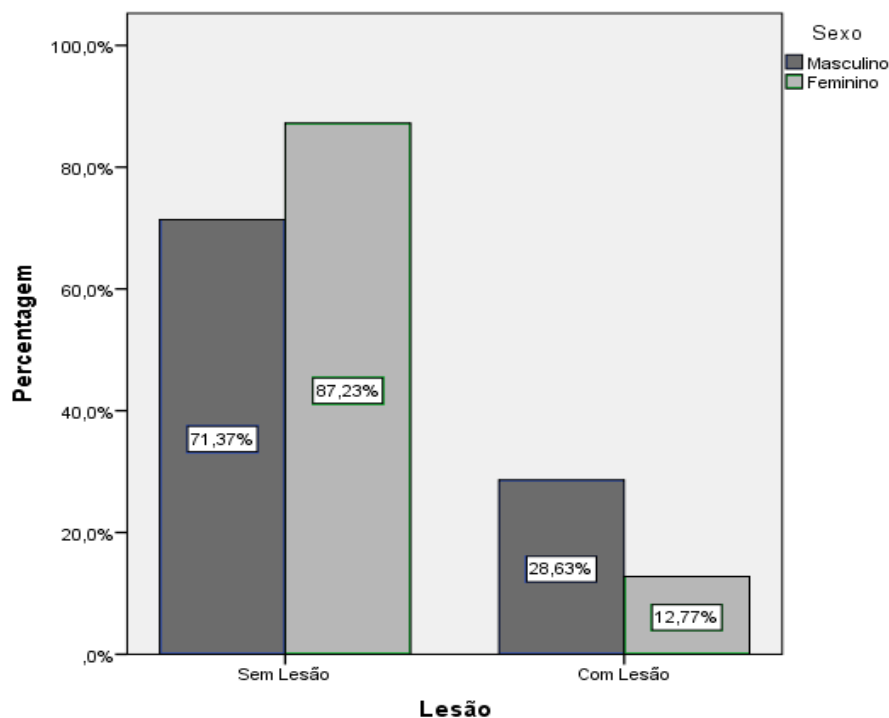
A média de idades dos indivíduos selecionados foi de  $29,2 \pm 6,6$  anos, não se encontrando diferenças nos dois grupos, com e sem lesão ( $p=0,520$ ) (Tabela I).

**Tabela I:** Caracterização dos parâmetros demográficos por grupos.

	Lesão					
	Sim		Não		Global	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Sexo</b>						
Masculino ♂	93	54,7	67	78,8	160	62,7
Feminino ♀	77	45,3	18	21,2	95	37,3
	<i>Média ± DP</i>		<i>Média ± DP</i>		<i>Média ± DP</i>	
<b>Idade</b>	$29,4 \pm 6,9$		$28,8 \pm 6,0$		$29,2 \pm 6,6$	

**Legenda:** DP – Desvio Padrão

No geral, a amostra é constituída por 160 homens e 95 mulheres, o que significa que 62,7% dos indivíduos são do sexo masculino (Tabela I). Além disso, nos homens, a proporção de indivíduos que apresentaram lesão do LCA foi superior em relação à das mulheres (♂28,6% vs. ♀12,8%;  $p<0,001$ ) (Figura 4).



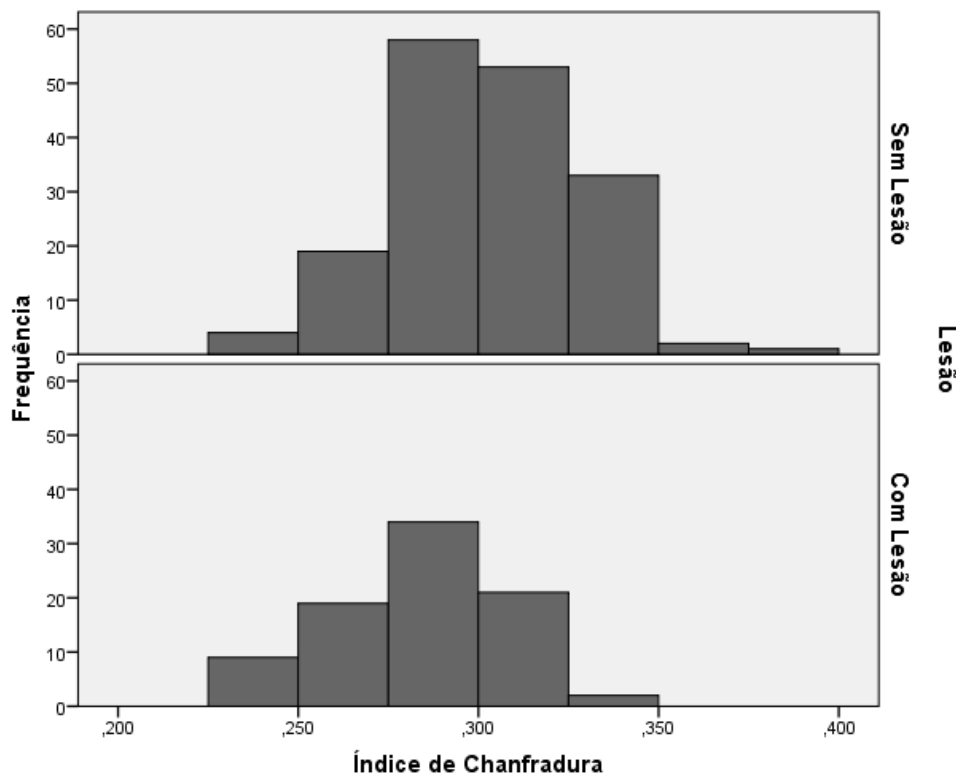
**Figura 4:** Distribuição do sexo por grupos de lesão.



Globalmente, conforme exposto na Tabela III, os parâmetros anatómicos estudados, com exceção do IC, apresentaram valores médios superiores nos homens ( $p < 0,001$ ). No que respeita ao IC, esse valor foi superior nas mulheres ( $p < 0,001$ ).

Nos indivíduos com lesão, o IC e a DB apresentaram valores médios inferiores aos indivíduos sem lesão ( $p < 0,001$ ). (Tabela III).

Pode também observar-se, no que toca ao IC em particular, que no grupo com lesão 75% dos indivíduos apresentavam valores inferiores a 0,300, enquanto no grupo sem lesão, esta percentagem se reduz para 50% (Figura 5 e Tabela II).



**Figura 5:** Histograma de comparação da distribuição do Índice de Chanfradura pelos grupos de lesão

**Tabela II:** Distribuição, em percentis, dos parâmetros anatómicos por grupos de lesão.

Parâmetros Anatómicos	Lesão									
	Percentis	Não (Grupo A)			Sim (Grupo B)			Global (A + B)		
		25	50	75	25	50	75	25	50	75
Altura (ACI)	19,5	21,4	22,8	19,2	21,1	23,1	19,4	21,3	22,9	
Distância Bicond. (DB)	66,0	71,2	75,9	71,0	74,4	76,9	66,7	72,5	76,2	
Índice (IC)	0,289	<b>0,301</b>	0,320	0,269	0,287	<b>0,301</b>	0,278	0,296	0,313	
Largura Entrada (LCIe)	19,6	21,4	23,7	19,0	20,7	23,0	19,3	21,1	23,5	
Largura Meio (LCIm)	16,9	18,3	19,9	17,4	19,0	20,1	17,1	18,5	20,0	

Nos homens com lesão verificaram-se valores médios inferiores para o IC ( $p < 0,001$ ) e para a ACI relativamente aos que não apresentavam lesão ( $p = 0,025$ ). Observa-se a mesma tendência para os valores médios da LCIE ( $p = 0,070$ ). No que respeita às mulheres, embora com diferenças mais ténues, os valores médios da IC e da LCIE são também inferiores no grupo com lesão ( $p < 0,049$ ) (Tabela III).

**Tabela III:** Comparação dos parâmetros anatómicos por sexo e grupo de lesão.

Parâmetros	Sexo						p (♂vs.♀)
	Masculino ♂		Feminino ♀		Global (♂+♀)		
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	
<b>Altura (ACI)</b>							
Sem Lesão (A)	22,7	2,8	19,9	2,6	21,4	3,0	
Com Lesão (B)	21,7	2,2	19,0	2,6	21,1	2,7	
Global (A + B)	22,3	2,7	19,7	2,6	21,3	2,9	<b>&lt;0,001</b>
→ p (A vs. B)	<b>0,025</b>		0,206		0,472		
<b>Distância Bicondil. (DB)</b>							
Sem Lesão (A)	75,2	3,6	65,4	4,0	70,8	6,2	
Com Lesão (B)	75,6	3,5	66,0	3,2	73,5	5,2	
Global (A + B)	75,4	3,6	65,5	3,8	71,7	6,0	<b>&lt;0,001</b>
→ p (A vs. B)	0,567		0,581		<b>&lt;0,001</b>		
<b>Índice (IC)</b>							
Sem Lesão (A)	0,297	0,025	0,308	0,025	0,302	0,026	
Com Lesão (B)	0,280	0,024	0,296	0,022	0,284	0,024	
Global (A + B)	0,290	0,026	0,306	0,025	0,296	0,027	<b>&lt;0,001</b>
→ p (A vs. B)	<b>&lt;0,001</b>		<b>0,048</b>		<b>&lt;0,001</b>		
<b>Largura Entrada (LCIE)</b>							
Sem Lesão (A)	22,3	3,2	20,6	2,8	21,6	3,2	
Com Lesão (B)	21,4	2,7	19,2	2,6	21,0	2,8	
Global (A + B)	21,9	3,1	20,4	2,8	21,4	3,1	<b>&lt;0,001</b>
→ p (A vs. B)	0,070		<b>0,049</b>		0,139		
<b>Largura Meio (LCIm)</b>							
Sem Lesão (A)	19,4	2,1	17,2	1,9	18,6	2,3	
Com Lesão (B)	19,5	2,2	17,2	1,3	19,0	2,3	
Global (A + B)	19,4	2,2	17,2	1,8	18,6	2,3	<b>&lt;0,001</b>
→ p (A vs. B)	0,724		0,973		0,088		

**Legenda:** DP – Desvio Padrão

A Tabela IV apresenta mais alguns dados descritivos gerais dos parâmetros anatómicos, com especial destaque para os valores mínimos da LCIE e LCIm.

**Tabela IV:** Descrição global dos parâmetros anatómicos.

Parâmetros Anatómicos	Parâmetros Descritivos		
	Mínimo	Máximo	Intervalo (Máx – Mín)
Altura (ACI)	14,5	32,0	16,9
Distância Bicondiliana (DB)	53,9	87,2	33,3
Índice (IC)	0,230	0,386	0,156
Largura Entrada (LCIE)	<b>14,2</b>	31,1	16,9
Largura Meio (LCIm)	<b>12,1</b>	27,7	15,9

Relativamente às medições de comparação, a nível intraobservador, o coeficiente de correlação intraclassa variou entre 0,979 para o IC e 0,998 para a DB, evidenciando uma excelente consistência das medições. Na comparação interobservador, a correlação não foi tão forte mas, ainda assim, existe uma concordância satisfatória, tendo o coeficiente oscilado entre 0,560 para a ACI e 0,968 para a DB. Pode então concluir-se que, no geral, as medições são fiáveis e podem ser reprodutíveis. A descrição completa pode ser consultada na Tabela V.

**Tabela V:** Medições comparativas Intra e Interobservador.

Parâmetros Anatómicos	Coefficiente Correlação Intraclasse	Intervalo Confiança a 95%
<b><i>Intraobservador (n=20)</i></b>		
Altura (ACI)	0,985	0,956 – 0,995
Distância Bicondiliana (DB)	0,998	0,995 – 0,995
Índice Chanfradura (IC)	0,979	0,948 – 0,991
Largura Entrada (LCIE)	0,995	0,988 – 0,998
Largura Meio (LCIm)	0,990	0,977 – 0,996
<b><i>Interobservador (n=20)</i></b>		
Altura (ACI)	0,560	0,323 – 0,780
Distância Bicondiliana (DB)	0,968	0,923 – 0,987
Índice Chanfradura (IC)	0,617	0,309 – 0,840
Largura Entrada (LCIE)	0,894	0,738 – 0,957
Largura Meio (LCIm)	0,783	0,474 – 0,912

## DISCUSSÃO

Uma das primeiras ilações a retirar dos resultados observados é que tanto em número absoluto (Tabela I), como em proporção (Figura 4), a lesão foi muito mais frequente nos homens do que nas mulheres. No entanto, tem sido demonstrado que as mulheres apresentam, para uma mesma prática, maior tendência a sofrer lesão do que homens<sup>(5, 6, 11, 13, 24)</sup>.

Assim, estes resultados devem ser contextualizados. Sabendo que a maioria das lesões surge durante a prática desportiva, esta aparente contradição entre a literatura e os resultados alcançados pode ser facilmente explicada pelo facto de, em Portugal, o desporto estar ainda mais associado ao sexo masculino, sobretudo aquele mais exigente. Por exemplo, ainda que não tenha sido registada a causa ou as circunstâncias em que surgiu a lesão, é possível que uma boa parte tenha surgido durante a prática de futebol, ainda mais considerando a faixa etária da amostra. Sendo um dos desportos de maior risco para esta lesão, juntamente com o basquetebol e sobretudo o esqui alpino<sup>(6)</sup>, é também aquele que reúne um maior número de praticantes em todo o mundo<sup>(9)</sup>. É portanto natural que seja responsável por mais de metade das lesões do LCA<sup>(3, 7)</sup>. Da mesma forma acontece em Portugal, onde assume uma grande importância, não só pelo número de praticantes, mas também a nível social. No nosso país, apesar do número de praticantes femininos ter crescido ao longo dos últimos anos, mantém-se uma enorme disparidade entre géneros, o que está de acordo com as diferenças encontradas.

Ficou também bastante claro que os parâmetros da chanfradura, com exceção do IC, foram maiores nos homens (Tabela III), conforme descrito, entre outros, por Murshed et al.<sup>(19)</sup> e Park et al.<sup>(1)</sup>, igualmente através de RMN. Uma explicação possível é que estas diferenças estejam primariamente relacionadas com a altura dos indivíduos, ou seja, se os homens são no geral maiores, é natural que essa diferença geral se reflita nos parâmetros particulares, como atestaram Charlton et al.<sup>(18)</sup>. No entanto, alguns investigadores, como Shelbourne et al.<sup>(14)</sup>, Anderson et al.<sup>(21)</sup> e Dienst et al.<sup>(17)</sup>, verificaram que estas diferenças se mantinham mesmo quando os indivíduos eram emparelhados por altura e até por peso (no primeiro estudo), o que nos leva a considerar que a chanfradura será mesmo intrinsecamente mais pequena nas mulheres, independentemente de outros fatores. Já em relação ao IC, na maioria dos estudos não são encontradas diferenças entre sexos.

Pode afirmar-se também que a LCI medida na entrada é mais adequada para prever o risco de lesão do que a LCI medida a meio, uma vez que só no primeiro caso foram

encontradas diferenças. Apesar de apenas no sexo feminino a LCIE ter sido significativamente menor no grupo com lesão, no sexo masculino também parece verificar-se a mesma tendência (Tabela III).

A análise do IC em particular tem a vantagem, relativamente à medida da LCI isolada, de permitir relacionar a LCI com o tamanho do fémur e assim, indiretamente, uniformizar a medida para a altura do indivíduo<sup>(14)</sup>. Além disso, foi o único parâmetro que no presente estudo se mostrou uniformemente diferenciador entre os grupos de lesão, sendo menor no grupo com patologia, tanto no sexo masculino como no sexo feminino (ainda que a associação se tenha demonstrado mais forte no caso dos homens). Conforme exposto na Figura 5 e na Tabela II, este parâmetro apresenta uma distribuição notoriamente distinta nos dois grupos de lesão.

Estes resultados estão em sintonia com os de vários investigadores que demonstraram que a LCI, medida isoladamente ou através do IC, é menor nos indivíduos que sofrem lesão do LCA. De acordo com Ireland et al.<sup>(31)</sup>, num estudo radiográfico retrospectivo de 2001, quer a LCI quer o IC mostraram ser menores no grupo que apresentava lesão. Idênticos foram também os resultados obtidos por Domzalski et al. em 2010, através de RMN, numa população pediátrica<sup>(32)</sup>. Já Hoteya et al. (2010) verificaram, em radiografia e RMN, que o IC é significativamente menor em indivíduos com lesão bilateral do LCA do que naqueles com lesão unilateral e que nestes é também menor do que nos indivíduos que apresentam um LCA intacto<sup>(33)</sup>. Esses resultados são semelhantes aos de um estudo radiográfico conduzido por Shelbourne et. al em 1997<sup>(34)</sup>. Adicionalmente, Park et al.<sup>(1)</sup>, também em RMN, observaram diferenças entre os grupos com e sem lesão não só para a LCI, em ambos os sexos, mas também para o IC, embora este apenas nos homens. Pela metodologia e resultados, este último é o que apresenta mais semelhanças com o presente estudo. Por último, um estudo de caso-controlo de Whitney et al. (2014) confirmou, em RMN, que a LCI é um preditor autónomo para lesão do LCA, independentemente das variações de peso, altura, IMC e sexo, objetivando mesmo que a diminuição de 1mm na LCI conduz a um aumento de 43% no risco de rutura do LCA<sup>(35)</sup>.

Porém, em algumas situações, essa tendência não foi confirmada. Foi o caso de um estudo prospetivo de Lombardo et al.<sup>(25)</sup>, onde, após um seguimento de 11 anos de basquetebolistas profissionais, se concluiu não existirem diferenças na LCI e no IC, avaliadas radiograficamente, entre indivíduos com e sem lesão. Contudo, a amostra de indivíduos com lesão nesse estudo era bastante pequena (14 indivíduos num total de 305). Também para Al-Saeed et al.<sup>(22)</sup> não foram encontradas diferenças no que toca ao IC, mas

com a ressalva que neste estudo a variável quantitativa do IC foi convertida numa variável categórica (CI estreita ou normal) com base num valor cut-off de 0,270 que ainda não foi comprovado como sendo um valor apropriado para fazer essa distinção. Isso pode ter conduzido a erros de classificação com repercussões nas conclusões finais. Na mesma linha, também para Van Diek et al. (2014), os valores de LCI e IC dos indivíduos com lesão não foram significativamente diferentes dos indivíduos sem lesão<sup>(26)</sup>.

A DB foi, de forma global, significativamente maior no grupo com lesão (Tabela III). O mesmo se verificou nos estudos de Van Diek et al.<sup>(26)</sup> e Vroojink et al.<sup>(15)</sup>, podendo isso indicar que um fémur mais largo pode condicionar a cinética rotacional do joelho e com isso aumentar risco de lesão do LCA<sup>(35)</sup>.

Por último, também a ACI mostrou ser mais pequena no grupo com lesão, ainda que apenas nos homens. Não foi encontrado nenhum estudo que abordasse a associação deste parâmetro com a lesão do LCA, apenas com o sexo<sup>(19)</sup>.

A maior tendência que parece então existir para o desenvolvimento de lesão do LCA nos indivíduos com CI mais estreita pode ser explicada pelo *impingement*, isto é, fricção óssea e restrições de mobilidade a que o ligamento pode estar sujeito numa chanfradura com menos espaço<sup>(17, 19, 34, 35)</sup>.

Outra das explicações que tem sido avançada é que as características da CI podem influenciar as características do LCA. Primeiro, Charlton et al.<sup>(18)</sup>, Chandrashekar et al.<sup>(20)</sup> e Dienst et al.<sup>(17)</sup> verificaram, em 2002, 2005 e 2007 respetivamente, que o tamanho do LCA está correlacionado com a largura da chanfradura e que, tal como Anderson et al. já haviam demonstrado num estudo prospetivo de 2001, as mulheres têm um LCA menor do que o dos homens<sup>(21)</sup>. Posteriormente, Caudhari et al., em 2009<sup>(16)</sup>, e Whitney et al., em 2014<sup>(35)</sup>, concluíram que os indivíduos com lesão apresentavam um LCA de menor volume. Assim, uma chanfradura mais pequena pode indicar que alberga um ligamento também mais pequeno e fraco e, por isso, mais propenso à rutura.



É importante abordar ainda alguns pontos que, de certo modo, podem limitar a interpretação dos resultados e as conclusões retiradas.

Em primeiro lugar, apesar de a RMN ser a melhor forma não invasiva de avaliar lesões internas do joelho, com sensibilidade e especificidade para diagnóstico de rutura do LCA superiores a 90%,<sup>(3, 29, 36)</sup> o método mais eficaz é sem dúvida a artroscopia, pois permite observação direta<sup>(8)</sup>. Pelo facto de, na RMN, o diagnóstico de lesão ser feito

através de sinais como a visualização de uma imagem em forma de massa, ao invés da típica estrutura ligamentar em banda, a não visualização do ligamento num corte sagital ou a visualização de uma descontinuidade nas fibras que o constituem<sup>(29, 36)</sup>, as lesões parciais são de mais difícil deteção, com níveis de sensibilidade e especificidade mais baixos que as completas<sup>(8, 29, 36)</sup>. Assim, a inclusão de lesões parciais e totais pode ter dificultado a deteção da rutura com a máxima precisão.

Ainda em relação à imagiologia, não se pode desprezar o facto de as RMN terem sido analisadas em sequências e planos de corte diferentes que, ainda que semelhantes, não são exatamente iguais, o que pode ter condicionado a congruência das medições<sup>(23, 36)</sup>. A medição direta por artroscopia poderia ajudar a contornar esta limitação<sup>(15, 23)</sup>.

Além disso, apesar ter sido feita uma comparação intra e interobservador considerada satisfatória e reprodutível, esta foi realizada com base numa subamostra de apenas vinte RMN e por apenas dois examinadores com experiências diferentes. Numa situação ideal, cada parâmetro seria avaliado por três examinadores experientes e independentes e as medições seriam realizadas mais do que uma vez, em momentos diferentes, utilizando-se a sua média como valor final<sup>(1, 37)</sup>.

Outro dos fatores a referir é o facto de alguns pacientes que foram submetidos a cirurgia reconstrutiva não terem disponível uma RMN pré-operatória para realizar as medições. Assim, ainda que na grande maioria dos casos se tenha recorrido à RMN prévia para realizar as medições, nas restantes situações a morfologia pode ter sido alterada no contexto cirúrgico e não corresponder exatamente à anatomia “original”.

Por outro lado, a população estudada pode não reproduzir fielmente a generalidade da população portuguesa. É verdade que a grande maioria das lesões, cujo pico de incidência é entre os 15 e os 40 anos, ocorre na faixa etária sobre a qual este estudo incidiu e que, em 2011, correspondia a cerca de 30% da população portuguesa. Esta distribuição é de fácil compreensão, uma vez que os mais novos, os mais idosos e os mais sedentários estão menos expostos às circunstâncias típicas de aparecimento da lesão<sup>(5)</sup>. Similarmente, Vrooijink et al.<sup>(15)</sup> e van Diek et al.<sup>(26)</sup> constataram nos seus estudos, acerca da influência de parâmetros morfométricos do joelho na lesão do LCA, que a média de idades era muito superior no grupo com lesão (41 anos) do que no grupo sem lesão (27 anos).

Contudo, o facto de a amostra ter sido retirada de uma base de dados hospitalar, indica que, provavelmente, cada indivíduo apresentava algum tipo de patologia, ou pelo menos sintoma, relacionada com o joelho e que conduziu à realização daquela RMN. Por isso, não é adequado extrapolar os resultados para a população geral. Além disso, não foi

confirmada a nacionalidade dos indivíduos, pelo que podem estar incluídos na amostra indivíduos não-portugueses e cuja fisionomia difere, em média, da dos portugueses. Este aspeto assume especial importância pela influência que, conforme referido, parâmetros demográficos como altura, peso ou raça podem exercer nos parâmetros anatómicos. A título de exemplo, de acordo com Shelbourne et al. (2007), os indivíduos de origem africana apresentam, em ambos os sexos, uma LCI em média mais larga que os caucasianos<sup>(24)</sup>.

Por último, também não foi possível aferir o mecanismo de lesão, nomeadamente se foi uma lesão de contacto ou de não-contacto. Ora, como já foi referido, apesar das segundas serem mais frequentes e de ser nesses casos que os fatores de risco intrínsecos anatómicos assumem uma maior preponderância, não pode ser excluída a possibilidade de terem sido incluídos no estudo alguns indivíduos cuja lesão tenha sido por contacto direto e que isso possa ter tido algum efeito adverso nos resultados.



As conclusões deste tipo de estudos devem ser aproveitadas para intervir ao nível das populações mais vulneráveis, com o intuito de minorar a suscetibilidade à lesão.

Para se conseguir diminuir a incidência destas lesões, e tendo em conta que os fatores anatómicos são intrínsecos ao indivíduo e por isso dificilmente modificáveis, a solução central passa pela informação e prevenção. Esta pode ser feita através de sessões informativas acerca dos fatores e práticas de maior risco, como também com programas de reforço muscular, direcionados a aumentar a força e resistência dos grupos musculares envolvidos, e ainda através do treino postural, importante para aprendizagem de posições que confirmam uma maior estabilidade à articulação<sup>(11)</sup>. Um desses exemplos são os exercícios do tipo pliométrico. Estes podem ajudar, por exemplo, no aperfeiçoamento da técnica de salto, para que o contacto com o solo seja feito de forma mais adequada (uma das formas é aumentando a flexão da anca e do joelho<sup>(3)</sup>) e assim as forças de reação do piso tenham um menor impacto sobre articulação<sup>(11)</sup>.

Neste sentido, a identificação de indivíduos com uma chanfradura mais estreita ou IC mais baixo pode ter uma pertinência especial nos atletas, sobretudo os de alta competição, uma vez que permite sinalizar os que retirariam um maior benefício da participação num programa de treino preventivo<sup>(9)</sup>. Além disso, em alguns casos, a correção cirúrgica desta área (chanfraduroplastia) poderia ser proveitosa no sentido de prevenir a reincidência de lesão, quer homo quer contralateral<sup>(4, 35)</sup>.



Relativamente à escolha da técnica cirúrgica reconstrutiva a aplicar, conclui-se que, de acordo com o critério definido por van Eck et al.<sup>(30)</sup> para a CI, todos os pacientes seriam elegíveis para o método *double -bundle*, uma vez todos apresentam uma LCI >12 mm<sup>(28, 30)</sup> (Tabela IV). No entanto, além de existirem outros critérios a ter em consideração nesta decisão<sup>(2, 30)</sup>, o método de duplo feixe pode apresentar, relativamente ao método *single-bundle*, outras desvantagens, como a maior exigência técnica a nível cirúrgico ou, por ocupar mais espaço, a existência de um maior conflito entre o enxerto e o teto ósseo da CI ou entre enxerto e o LCP<sup>(2, 28, 38)</sup>, e assim piorar o *outcome* da reconstrução com possibilidade nova rutura. No entanto, esta avaliação deverá ser feita noutra tipo de estudo.



Para concluir, e a título pessoal, realçaria a importância deste trabalho no meu percurso académico, não só por representar o culminar de todo o Curso de Medicina, mas também por nos permitir aprofundar o nosso conhecimento numa área particular e experienciar as várias etapas que compõem a investigação clínica.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, ao Dr. Adélio Vilaça por ter aceitado colaborar neste projeto e ser o meu orientador. Especialmente pela ajuda na resolução da burocracia inicial, quando estive ausente, e pela calma e clarividência com que me ajudou a resolver os contratemplos que surgiram.

Ao Dr. Rui Magalhães agradeço também pelos esclarecimentos que me prestou, sempre que necessitei.

Aos meus amigos, porque sem eles estes seis anos não teriam sido tão bem passados.

Reservo um agradecimento especial à Joana, que me acompanhou e apoiou em todos os momentos deste percurso, e aos meus pais e irmã, por me terem incentivado sempre e proporcionado a possibilidade de chegar até aqui.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Park JS, Nam DC, Kim DH, Kim HK, Hwang SC. Measurement of Knee Morphometrics Using MRI: A Comparative Study between ACL-Injured and Non-Injured Knees. *Knee surgery & related research*. 2012;24(3):180-5.
2. Middleton KK, Hamilton T, Irrgang JJ, Karlsson J, Harner CD, Fu FH. Anatomic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: a global perspective. Part 1. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2014;22(7):1467-82.
3. Siegel L, Vandenakker-Albanese C, Siegel D. Anterior cruciate ligament injuries: anatomy, physiology, biomechanics, and management. *Clin J Sport Med*. 2012;22(4):349-55.
4. Schreiber VM, van Eck CF, Fu FH. Anatomic Double-bundle ACL Reconstruction. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2010;18(1):27-32.
5. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2000;8(3):141-50.
6. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007;23(12):1320-5.e6.
7. Alentorn-Geli E, Mendiguchia J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports. Part I: systematic review of risk factors in male athletes. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2014;22(1):3-15.
8. Zeng C, Lei GH. Comment on "Association of femoral intercondylar notch morphology, width index and the risk of anterior cruciate ligament injury". *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2015;23(4):1263-4.
9. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lazaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2009;17(7):705-29.
10. Hughes G, Watkins J. A risk-factor model for anterior cruciate ligament injury. *Sports Med*. 2006;36:411 - 28.

11. Barber-Westin SD, Noyes FR, Smith ST, Campbell TM. Reducing the risk of noncontact anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. *The Physician and sportsmedicine*. 2009;37(3):49-61.
12. Ryan J, Magnussen RA, Cox CL, Hurbanek JG, Flanigan DC, Kaeding CC. ACL reconstruction: do outcomes differ by sex? A systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(6):507-12.
13. Gwinn DE, Wilckens JH, McDevitt ER, Ross G, Kao TC. The relative incidence of anterior cruciate ligament injury in men and women at the United States Naval Academy. *Am J Sports Med*. 2000;28(1):98-102.
14. Shelbourne KD, Davis TJ, Klootwyk TE. The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. A prospective study. *Am J Sports Med*. 1998;26(3):402-8.
15. Vrooijink SH, Wolters F, Van Eck CF, Fu FH. Measurements of knee morphometrics using MRI and arthroscopy: a comparative study between ACL-injured and non-injured subjects. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2011;19 Suppl 1:S12-6.
16. Chaudhari AM, Zelman EA, Flanigan DC, Kaeding CC, Nagaraja HN. Anterior cruciate ligament-injured subjects have smaller anterior cruciate ligaments than matched controls: a magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med*. 2009;37(7):1282-7.
17. Dienst M, Schneider G, Altmeyer K, Voelkering K, Georg T, Kramann B, et al. Correlation of intercondylar notch cross sections to the ACL size: a high resolution MR tomographic in vivo analysis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2007;127(4):253-60.
18. Charlton WP, St John TA, Ciccotti MG, Harrison N, Schweitzer M. Differences in femoral notch anatomy between men and women: a magnetic resonance imaging study. *Am J Sports Med*. 2002;30(3):329-33.
19. Murshed KA, Cicekcibasi AE, Karabacakoglu A, Seker M, Ziyilan T. Distal femur morphometry: a gender and bilateral comparative study using magnetic resonance imaging. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*. 2005;27(2):108-12.
20. Chandrashekar N, Slauterbeck J, Hashemi J. Sex-based differences in the anthropometric characteristics of the anterior cruciate ligament and its relation to intercondylar notch geometry: a cadaveric study. *Am J Sports Med*. 2005;33(10):1492-8.

21. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. *Am J Sports Med.* 2001;29(1):58-66.
22. Al-Saeed O, Brown M, Athyal R, Sheikh M. Association of femoral intercondylar notch morphology, width index and the risk of anterior cruciate ligament injury. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA.* 2013;21(3):678-82.
23. van Eck CF, Martins CA, Vyas SM, Celentano U, van Dijk CN, Fu FH. Femoral intercondylar notch shape and dimensions in ACL-injured patients. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA.* 2010;18(9):1257-62.
24. Shelbourne KD, Gray T, Benner RW. Intercondylar notch width measurement differences between African American and white men and women with intact anterior cruciate ligament knees. *Am J Sports Med.* 2007;35(8):1304-7.
25. Lombardo S, Sethi PM, Starkey C. 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):29-34.
26. van Diek F, Wolf M, Murawski C, van Eck C, Fu F. Knee morphology and risk factors for developing an anterior cruciate ligament rupture: an MRI comparison between ACL-ruptured and non-injured knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2014;22(5):987-94.
27. Ageberg E, Forssblad M, Herbertsson P, Roos EM. Sex differences in patient-reported outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the Swedish knee ligament register. *Am J Sports Med.* 2010;38(7):1334-42.
28. Muller B, Hofbauer M, Wongcharoenwatana J, Fu FH. Indications and contraindications for double-bundle ACL reconstruction. *International Orthopaedics.* 2013;37(2):239-46.
29. Ng WHA, Griffith JF, Hung EHY, Paunipagar B, Law BKY, Yung PSH. Imaging of the anterior cruciate ligament. *World Journal of Orthopedics.* 2011;2(8):75-84.
30. van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy.* 2010;26(2):258-68.

31. Ireland ML, Ballantyne BT, Little K, McClay IS. A radiographic analysis of the relationship between the size and shape of the intercondylar notch and anterior cruciate ligament injury. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2001;9(4):200-5.
32. Domzalski M, Grzelak P, Gabos P. Risk factors for Anterior Cruciate Ligament injury in skeletally immature patients: analysis of intercondylar notch width using Magnetic Resonance Imaging. *Int Orthop*. 2010;34(5):703-7.
33. Hoteya K, Kato Y, Motojima S, Ingham SJ, Horaguchi T, Saito A, et al. Association between intercondylar notch narrowing and bilateral anterior cruciate ligament injuries in athletes. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2011;131(3):371-6.
34. Shelbourne KD, Facibene WA, Hunt JJ. Radiographic and intraoperative intercondylar notch width measurements in men and women with unilateral and bilateral anterior cruciate ligament tears. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 1997;5(4):229-33.
35. Whitney DC, Sturnick DR, Vacek PM, DeSarno MJ, Gardner-Morse M, Tourville TW, et al. Relationship Between the Risk of Suffering a First-Time Noncontact ACL Injury and Geometry of the Femoral Notch and ACL: A Prospective Cohort Study With a Nested Case-Control Analysis. *Am J Sports Med*. 2014;42(8):1796-805.
36. Klass D, Toms AP, Greenwood R, Hopgood P. MR imaging of acute anterior cruciate ligament injuries. *The Knee*. 2007;14(5):339-47.
37. Ichiba A, Kido H, Tokuyama F, Makuya K, Oda K. Sagittal view of the tibial attachment of the anterior cruciate ligament on magnetic resonance imaging and the relationship between anterior cruciate ligament size and the physical characteristics of patients. *J Orthop Sci*. 2014;19(1):97-103.
38. Kropf EJ, Shen W, van Eck CF, Musahl V, Irrgang JJ, Fu FH. ACL-PCL and intercondylar notch impingement: magnetic resonance imaging of native and double-bundle ACL-reconstructed knees. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2013;21(3):720-5.