

Estudo morfométrico da fossa intercondilar femoral em joelhos com e sem lesão do ligamento cruzado anterior (L.C.A.), através da aplicação de um software sobre imagens radiográficas digitalizadas

Morphometric study of the femoral intercondylar notch of knees with and without injuries of anterior cruciate ligament (A.C.L.), by the use of software in digitalized radiographic images.

RITA DI CÁSSIA DE OLIVEIRA ANGELO¹, SÍLVIA REGINA ARRUDA DE MORAES²,
LUCIANO CARVALHO SURUAGY³, TETSUO TASHIRO⁴, HELENA MEDEIROS COSTA⁵.

RESUMO

Os autores sugerem a aplicação de um software sobre imagens radiográficas digitalizadas para análise morfométrica da fossa intercondilar e dos côndilos femorais. O programa permite o traçado de linhas guias que facilitam a mensuração da extremidade distal do fêmur. Foram analisadas 39 radiografias simples da fossa intercondilar femoral dos joelhos direito e esquerdo, obtidas de indivíduos do sexo masculino reunidos em grupo normal (n=23) e grupo lesionado (n=16). A média de idade da amostra foi de 26,56 anos. As variáveis analisadas foram largura bicondilar femoral, larguras da fossa intercondilar ao nível do sulco poplíteo e da base da fossa, a altura da fossa intercondilar e a largura do côndilo femoral lateral. A fossa intercondilar foi classificada quanto ao formato em cônica, circular e retangular. Os resultados encontrados sugerem que a largura da base da fossa e a largura do côndilo femoral lateral seriam fatores de risco importantes na lesão do L.C.A. Os valores médios das variáveis analisadas aproximam-se dos descritos na literatura especializada em mensurações diretas em peças cadavéricas e ressonância nuclear magnética e demonstram que a aplicação de um software sobre as imagens radiográficas digitalizadas proporciona uma mensuração confiável, mesmo utilizando-se de imagens radiográficas simples e de baixo custo.

Descritores: Fossa intercondilar femoral; Ligamento cruzado anterior; Morfologia; Joelho.

SUMMARY

The authors suggest the use of software in digitalized radiographic images to morphometric analysis of the intercondylar notch and the femoral condyles. The software allows the draw of guide lines which facilitate the measurement of the distal extremity of femur. Thirty-nine radiographic simple has been analyzed of femoral intercondylar notch of right and left knees, of male sex individuals collected into normal (n=23) and injured (n=16) groups. The age average was 26-56 years old. The analyzed variable had been femoral bicondylar width, widths of intercondylar notch to the level of the popliteal groove and the notch base, intercondylar notch height and the width of lateral femoral condyle. The intercondylar notch was classified according to its shape into conical, circular and rectangular. The results suggest that the base width of the notch and the width of the femoral condyle would be important risk factors of the injury of A.C.L. The average range of analyzed variables are near to the ones described in the specialized literature in direct measurements in corpse pieces and magnetic resonance imaging and demonstrate that the use of a software in digitalized radiographic images provides a reliable measurement, even if simple and low cost radiographic images are used.

Key words: Femoral intercondylar notch; Anterior cruciate ligament; Morphology; Knee.

Trabalho realizado no Centro Médico Hospitalar da Polícia Militar do estado de Pernambuco (CMH/ PMPE).

- 1 - Mestre em Anatomia Patológica do Departamento de Anatomia Patológica da UFPE.
- 2 - Professora Adjunta - Doutora do Departamento de Anatomia da UFPE (Orientadora).
- 3 - Médico do Serviço de Artroscopia e Cirurgia do Joelho do CMH/ PMPE.
- 4 - Professor Assistente do Departamento de Educação Física da UFPE.
- 5 - Fisioterapeuta.

Endereço para correspondência: Rua Estevão de Sá, 650 - Várzea - Recife - PE - CEP 50740-270 - email: rita-sol@uol.com.br

Work performed at the Anatomy Department of the Federal University of Pernambuco (UFPE)

- 1 - Master Graduate in Morphology at Anatomy Department of UFPE
- 2 - Associated Professor in Morphology of Anatomy Department of UFPE
- 3 - Doctor of Arthroscopy Service and Knee Surgery of CMH/PMPE.
- 4 - Assistant Professor of Physical Education Department of UFPE
- 5 - Physiotherapist

Address: Rua Estevão de Sá, 650 - Várzea - Recife - PE - CEP 50740-270 - email: rita-sol@uol.com.br

Trabalho recebido em 29/04/2003. Aprovado em 20/06/2004.

INTRODUÇÃO

A ruptura aguda do ligamento cruzado anterior (L.C.A.) é comum em esportes que requerem freqüentes movimentos rotacionais, paradas bruscas ou aterrissagem de saltos. Acredita-se que a morfologia da fossa intercondilar femoral pode predispor a lesões do L.C.A., e que sua análise morfométrica poderia fornecer importantes dados a serem utilizados na prevenção e prognóstico dessas lesões⁽¹³⁾.

A fossa intercondilar já foi analisada à luz da tomografia computadorizada (T.C.)⁽⁶⁾, da ressonância nuclear magnética (R.N.M.)^(1,7), da radiografia^(2,9,7,12,13,14) e, também, através da medição direta em cadáveres^(3,4,10,11,15). Em 1937, Holmblad⁽⁸⁾ propôs uma incidência radiográfica para melhor visualização da fossa intercondilar femoral onde a imagem da fossa era obtida com os joelhos flexionados em 75°, a tibia aproximadamente paralela à mesa de exame e a ampola dos raios X centrada no cavo poplíteo, perpendicularmente ao eixo tibial. Outros autores^(9,13, 14), igualmente utilizando-se do método de Holmblad (1937)⁽⁸⁾, realizaram estudos da fossa intercondilar em imagens radiográficas, entretanto, a mensuração das variáveis foi manual e diretamente sobre o filme radiográfico.

Este estudo propõe utilizar um software para análise dos aspectos morfométricos e morfológicos em imagens radiográficas da fossa intercondilar femoral e do côndilo femoral lateral, e sugere um método de traçamento de linhas guias que facilitam a mensuração de variáveis como largura e altura da fossa intercondilar femoral, larguras da base da fossa intercondilar e do côndilo femoral lateral, largura bicondilar femoral e o Índice de Largura do Intercôndilo, proporcionando dados mais acurados a fim de traçar um perfil anatômico da fossa intercondilar femoral e dos côndilos femorais de adultos jovens de ambos os sexos, em faixa etária ativa com e sem lesão do L.C.A.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas 39 radiografias simples da fossa intercondilar femoral dos joelhos direito e esquerdo, obtidas de 39 indivíduos do sexo masculino, com faixa etária entre 14 e 45 anos, reunidos em dois grupos: 46 joelhos normais de 23 indivíduos sem patologias prévias dos membros inferiores (Grupo 1) e 32 joelhos de 16 indivíduos com diagnóstico de lesão aguda unilateral do L.C.A. (Grupo 2). A triagem e coleta de dados foram realizadas no Centro Médico Hospitalar da Polícia Militar de Pernambuco. Os voluntários assinaram termo de consentimento livre e esclarecido onde se comprometeram em ceder as imagens radiográficas para fins de pesquisa. O presente estudo foi aprovado de acordo com a resolução nº 196/96 pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE).

Para obtenção das imagens radiográficas da fossa intercondilar femoral, foi adotado o método proposto por Holmblad (1937)⁽⁸⁾. Os indivíduos foram posicionados sobre a mesa de exame em genuflexo com as mãos e os joelhos apoiados

INTRODUCTION

The acute tear of anterior cruciate ligament (A.C.L.) is common in sports requiring frequent that rotational movements, rough stops or jumps. It is a belief that the morphology of the femoral intercondylar notch can predispose the injuries of A.C.L., and its morphometry analysis could provide important data to be used in the prevention and prognostic of these injuries⁽¹³⁾.

The intercondylar notch has already been analyzed by computed tomography (C.T.)⁽⁶⁾, by magnetic resonance imaging (M.R.I.)^(1,7), by film radiography^(2,9,7,12,13,14) and, also by the direct measurement in corpses^(3,4,10,11,15).

In 1937, Holmblad⁽⁸⁾ considered a radiographic view for better visualization of femoral intercondylar notch where notch image was gotten with 75° knees flexed, the tibia approximately parallel on examination table and the X-rays blister centered in popliteal cavum, perpendicularly to the tibial axis. Other authors^(9,13,14), equally using Holmblad method (1937)⁽⁸⁾, had carried out intercondylar notch radiographic images studies, however, the measurement of the variables was manual and directly on the radiographic film.

This study proposes using a software for analysis of the morphometric and morphologic aspects in radiographic images of femoral intercondylar notch and the lateral femoral condyle, and suggest a draw method of guide lines that facilitate the measurement of variables as width and height of femoral intercondylar notch, intercondylar notch base width and lateral femoral condyle, femoral bicondylar width and the Intercondyle Width Index, providing more accurate data in order to trace an anatomic profile of femoral intercondylar notch and femoral condyles of young adults of both sex, in active age group with and without injured of A.C.L.

MATERIALS AND METHODS

Thirty-nine radiographic studies have been analyzed of the femoral intercondylar notch of left and right knees, of 39 male sex individuals, in 14 – 45 age range, collected into two groups: 46 normal knees of 23 individuals with no prior pathologies of inferior members (group 1) and 32 knees of 16 individuals with a diagnostic of unilateral acute injury of A.C.L. (group 2). The data have been selected and collected at Centro Médico Hospitalar da Polícia Militar de Pernambuco. The volunteers signed a commitment term to give the radiographic images for research. The present study have been approved in according to the resolution nº 196/96 of Comitê de Ética em Pesquisa involving human beings of Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE).

To obtain the radiographic images of femoral intercondylar notch, has been adopted the method of Holmblad (1937)⁽⁸⁾. The individuals were positioned on the examination table in genuflexed with the hands and knees over the table (Figure 1). The articular amplitude of knees was fixed in 75°⁽⁸⁾ and determined

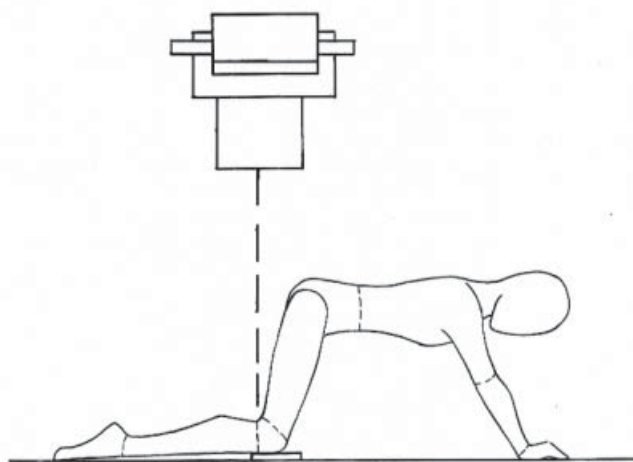


Figura 1 - Desenho esquemático demonstrando método de Holmblad (1937) para exame radiográfico em incidência pósterio-anterior axial.

Figure 1 - Schematic picture demonstrating Holmblad method (1937) for radiographic exam in posterior to anterior view.

sobre a mesa (Figura 1). A amplitude articular dos joelhos foi estabelecida em 75°⁽⁸⁾ e determinada através de goniômetro clínico, variações no posicionamento das pernas, tornozelos e pés foram corrigidas pelo pesquisador que esteve presente durante a coleta de todas as imagens.

As imagens radiográficas foram digitalizadas através de um scanner da marca TCÊ MK[®] 600u e do programa MGI Photo Suite SE[®] que permitiu o traçado das linhas referenciais com nitidez dos contornos ósseos. Para melhor visualização dos limites da fossa, foram feitos vários cliques com o mouse demarcando a área com 10 a 20 pontos. Posteriormente, as variáveis foram mensuradas através do software KEYCAD complete version 1.0[®] (1993).

As variáveis analisadas foram: a largura bicondilar femoral (lbc), a largura da fossa intercondilar femoral (lf), o Índice de Largura do Intercôndilo (I.L.I.)⁽¹⁴⁾, a largura da base da fossa intercondilar femoral (B); a largura do côndilo femoral lateral (lcl) e a altura da fossa (af). Para a medição das variáveis, foram traçadas linhas referenciais (Figura 2): Linha A, traçada horizontalmente através do centro do sulco poplíteo, presta-se à mensuração da distância bicondilar femoral, da largura da fossa intercondilar e do côndilo femoral lateral; Linha B, tangente à superfície articular ventral dos côndilos femorais; referencial para a medição da altura da fossa intercondilar; Linha C, traçada ligando-se o vértice mais distal das faces da fossa intercondilar, determina o valor da base da fossa intercondilar; Linha D, traçada perpendicularmente à linha B, seguindo em direção ao teto da fossa intercondilar, determina a altura da fossa (distância entre o teto e a linha C). O I.L.I. foi calculado pela razão entre a largura da fossa intercondilar femoral e a largura bicondilar femoral⁽¹⁴⁾ ao nível da linha A.

Os valores obtidos foram comparados entre os grupos 1 (normal) e 2 (lesionado) quanto à lateralidade e, posteriormente, submetidos à análise estatística. Utilizou-se o teste t de Student na comparação de amostras paramétricas não pareadas para correlacionar os dados quanto à lateralidade e a condição clínica do joelho, com e sem lesão do L.C.A. Em todos os testes adotou-se nível de significância de 5% (pd⁰0,05). A forma da fossa intercondilar femoral foi classificada segundo os critérios adotados por Ellera Gomes; Scarton (1998)⁽²⁾ em cônica, circular e retangular. O Sign Test (teste do sinal) foi utilizado na fase final do estudo para observar a frequência de semelhança da forma da fossa intercondilar femoral entre os joelhos direito e esquerdo do grupo 1 e entre os joelhos direito e esquerdo do grupo 2.

RESULTADOS

A correlação dos valores médios obtidos da mensuração das variáveis de ambos os joelhos do grupo 1 (sem lesão do LCA) e do grupo 2 (com lesão do LCA) estão demonstrados nas Tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. A análise comparativa dos dados obtidos não apresentou diferenças estatísticas significantes ($p \leq 0,05$). Quanto à forma da fossa intercondilar femoral, 78,26% dos joelhos do grupo 1 foram considerados cônicos (Figura 3), 17,4% circulares (Figura 4) e 4,34% de formato retangular (Figura 5). No grupo 2, 56,25% dos joelhos apresentaram a fossa intercondilar femoral de formato cônico, 31,25% circular e 12,5% retangular (Figuras 6, 7).

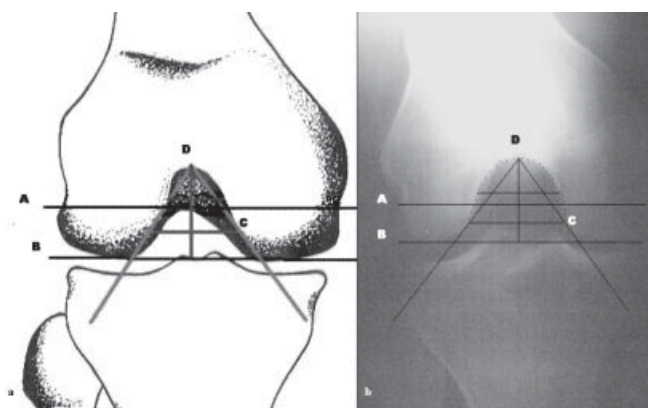


Figura 2 - Traçado das linhas referenciais para mensuração das variáveis. Em **a** desenho esquemático e **b** imagem radiográfica com traçado de linhas referenciais.

Figure 2 - Drawing of reference lines to variable measurement. In a schematic picture and b radiographic image with reference picture lines.

by a clinical goniometer, any variation of legs, ankles and feet position were corrected by the researcher who was present during the collection of all images.

The radiographic images were digitalized by the scanner TCÊ MK[®] 600u and the software MGI Photo Suite SE[®], that allowed the draw of reference lines with bone sharp contours. For a better visualization of notch limits, various clicks of the mouse were made to mark the area with 10 to 20 points. Afterwards, the variables were measured by the software KEYCAD complete version 1.0[®] (1993).

The variables analyzed were: femoral bicondylar width (fbw), femoral intercondylar notch width (inw), Intercondyle Width Index (I.W.I.)⁽¹⁴⁾, femoral intercondylar notch base width (B); lateral femoral condyle width (lcw) and the notch height (nh). To measure the variables, reference lines were drawn (Figure 2): Line A, horizontally traced through the popliteal groove, to measure bicondylar distance, intercondylar notch width and lateral femoral condyle; Line B, tangent to the articular ventral surface of femoral condyles; reference to the measurement of intercondylar notch height; Line C, join the more distal vertex of intercondylar notch faces, determines the value of intercondylar notch base; Line D, perpendicular to line B, towards the intercondylar notch roof, determines the notch height (distance between the roof and line C). The I.W.I. was calculated by the division between the femoral intercondyle notch width and femoral bicondylar width⁽¹⁴⁾ to line A level.

The obtained values were compared between groups 1 (normal) and 2 (injured) as for the laterality and, afterwards, submitted to statistical analysis. The Student t test was used in non coupled parametrical samples comparison to correlate the data as laterality and knee clinical condition, with and without A.C.L. injury. In all the carried out tests, 5% significance level was adopted (pd⁰0,05). The femoral intercondylar notch shape was classified according to criteria adopted by Ellera Gomes; Scarton (1998)⁽²⁾ in conical, circular and rectangular. The Sign Test was used in the final phase of the study to observe the likeness frequency of femoral intercondylar notch shape between right and left knees of group 1 and between right and left knees of group 2.

RESULTS

The correlation of average values obtained by the measurement of variables of both knees of group 1 (without injury of A.C.L.) and group 2 (injured A.C.L.) are shown on tables 1, 2, 3, 4, 5 and 6. The comparative analysis of obtained data did not show significant statistical differences ($p \leq 0,05$). Concerning about the femoral intercondylar notch shape, 78,26% of group 1 knees were considered conical (Figure 3), 17,4% circular (Figure 4) and 4,34% rectangular (Figure 5). In group 2, 56,25% showed the conical femoral intercondylar notch, 31,25% circular and 12,5% rectangular (Figures 6, 7).

DISCUSSION

The most common and accessible method to measure the femoral intercondylar notch have been radiography⁽⁹⁾. Additional studies using radiographic images, has been linking femoral intercondylar notch mor-

lbc (milímetros) / fbw (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D/R	E/L	E/L
Média/Average	82,17	83,70	82,13	83,79
DP / SD	4,924	6,467	5,422	5,928
EPM / ASE	1,026	1,161	1,130	1,482
Máx / Max	91,00	92,91	92,59	100,42
Min / Min	69,04	76,31	67,96	76,47
N/N	23	16	23	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,410$; $pE=0,371$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 1 - Valores médios da largura bicondilar da fossa intercondilar (lbc) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 1 - Average values of intercondylar notch bicondylar width (fbw) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group.

ILI (milímetros) / IWI (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D/R	E/L	E/L
Média / Average	0,2669	0,2879	0,2857	0,2856
DP / SD	6,398	3,834	3,855	4,098
EPM / ASE	1,334	9,585	8,038	1,025
Máx / Max	0,3877	0,3509	0,3423	0,3465
Min / Min	0,1703	0,2226	0,1926	0,1984
N/N	23	16	23	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,209$; $pE=0,993$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 3 - Valores médios do Índice de Largura do Intercôndilo (I.L.I.) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 3 - Average values of Intercondyle Width Index (I.W.I.) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group.

lcl (milímetros) / lcw (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D/R	E/L	E/L
Média / Average	30,06	30,40	29,45	30,50
DP / SD	3,984	3,789	3,380	3,226
EPM / ASE	0,830	0,947	0,704	0,806
Máx / Max	36,08	37,36	36,40	35,76
Min / Min	23,95	25,07	23,33	25,07
N/N	23	16	23	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,795$; $pE=0,338$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 5 - Valores médios da largura do côndilo femoral lateral (lcl) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 5 - Average values of lateral femoral condyle width (lcw) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group.

*Fonte / Source: Centro Médico Hospitalar da Polícia Militar de Pernambuco(CMH/ PMPE) / Hospital Medical Center of the Military Police of the Pernambuco State

f (milímetros) / inw (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D	E	E
Média / Average	21,89	24,07	23,44	23,87
DP / SD	5,273	3,606	3,392	3,768
EPM / ASE	1,099	0,901	0,707	0,942
Máx / Max	31,45	30,93	29,69	29,85
Min / Min	14,37	19,48	16,61	16,60
N/N	23	16	23	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,135$; $pE=0,712$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 2 - Valores médios da largura da fossa intercondilar (lf) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 2 - Average values of intercondylar notch width (inw) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group.

B (milímetros) / B (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D/R	E/L	E/L
Média / Average	25,93	24,99	25,60	24,45
DP / SD	4,568	4,444	3,366	4,139
EPM / ASE	0,952	1,111	0,701	1,034
Máx / Max	34,16	34,48	30,97	34,16
Min / Min	15,01	18,20	17,88	18,04
N/N	23	16	23	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,529$; $pE=0,349$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 4 - Valores médios da largura da base da fossa intercondilar (B) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 4 - Average values of intercondylar notch base width (B) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group.

Af (milímetros) / Nh (milimeters)				
	Grupo/Group 1		Grupo/Group 2	
	D/R	D/R	E/L	E/L
Média / Average	17,36	16,63	17,25	16,80
DP / SD	1,767	2,165	2,134	2,635
EPM / ASE	0,368	0,541	0,445	0,658
Máx / Max	20,27	20,60	22,03	21,23
Min / Min	3,41	13,09	11,49	10,74
N/N	23	16	16	16

Teste T de Student / Test T of Student $p \leq 0,05$; $pD=0,259$; $pE=0,557$
 FONTE/SOURCE*:

Tabela 6 - Valores médios da altura da fossa intercondilar (af) dos joelhos direitos (D) e esquerdos (E) de indivíduos sem lesão (grupo1) e indivíduos com lesão unilateral do L.C.A. (grupo 2), desvio-padrão (DP), erro padrão da média (EPM), valores máximo (Máx) e mínimo (Min) e número de casos (N) segundo o grupo.

Table 6 - Average values of intercondylar notch height (nh) of right knees (R) and left (L) of individuals without injury (group1) and individuals with unilateral injury of A.C.L. (group 2), standard-deviation (SD), average standard error (ASE), values maximum (Max) and minimum (Min) and number of cases (N) according to the group. nh (milimeters)

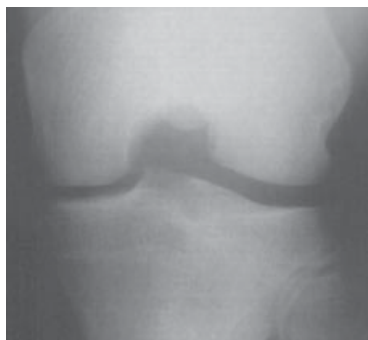


Figura 3 - Imagem radiográfica de uma fossa intercondilar femoral cônica.

Figure 3 - Radiographic image of conical femoral intercondylar notch.

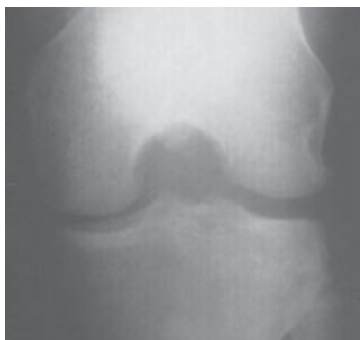


Figura 4 - Imagem radiográfica de uma fossa intercondilar femoral circular.

Figure 4 - Radiographic image of circular femoral intercondylar notch.

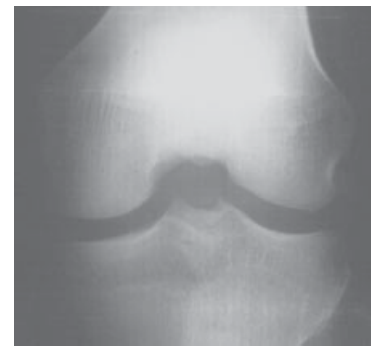


Figura 5 - Imagem radiográfica de uma fossa intercondilar femoral retangular.

Figure 5 - Radiographic image of rectangular femoral intercondylar notch.

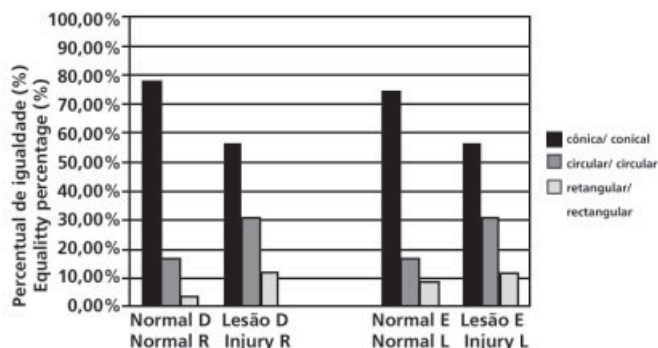


Figura 6 - Determinação dos valores percentuais da classificação da fossa intercondilar femoral quanto à forma nos grupos 1 (normal, n=46) e 2 (lesionado, n=32) de acordo com a lateralidade.

Sign Test (Teste do Sinal)

Figure 6 - Determination of percentage values of femoral intercondylar notch classification as to groups 1 (normal, n=46) and 2 (injured, n=32) shapes according to laterality.

Sign Test

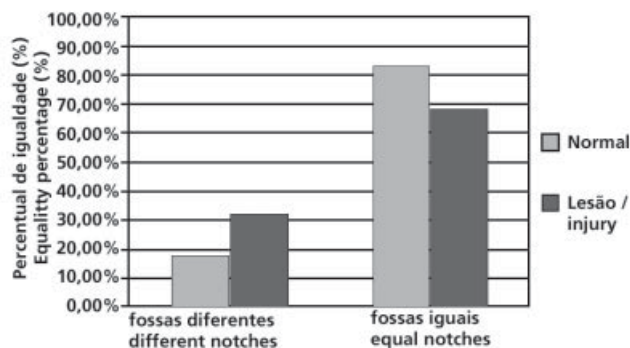


Figura 7 - Determinação dos valores percentuais de igualdade da forma da fossa intercondilar femoral entre os grupos 1 (normal, n=46) e 2 (lesionado, n=32) independente da lateralidade.

Sign Test (Teste do Sinal).

Figure 7 - Determination of percentage values of femoral intercondylar notch equality between groups 1 (normal, n=46) and 2 (injured, n=32) laterality independent.

Sign Test.

DISCUSSÃO

O método mais usual e acessível para mensuração da fossa intercondilar femoral tem sido a radiografia⁽⁹⁾. Estudos adicionais utilizando imagens radiográficas, têm relacionado a morfologia e a morfometria da fossa intercondilar femoral às lesões do L.C.A.^(2,9,12,13,14). As radiografias podem oferecer informações úteis na detecção de anormalidades, admitindo-se que o limite de erro será maior e que as medidas não serão tão precisas quanto as medidas obtidas na secção dos múltiplos planos estudados na R.N.M⁽⁷⁾.

Optamos pelo uso de um software para a mensuração, objetivando uma medição mais confiável, minimizando prováveis distorções originadas do ato de medir diretamente sobre a película radiográfica

phologic and morphometry to A.C.L. injuries^(2,9,12,13,14) The radiographies can offer useful information in abnormalities detection, admitting that the error limit will be bigger and that measurements will not be as precise as those obtained in multiple planes section M.R.I.⁽⁷⁾ studies.

The use of a software for the measurement, aims a more reliable result, decreasing likely distortions due to make the measurement directly on the radiographic film with a millimeter rule, used method by some authors^(9,13,14). The drawing of reference lines, at this study, was based on the methods considered by Herzog et al. (1994)⁽⁷⁾ and Ellera Gomes and Scarton (1998)⁽²⁾ and adapted for computerized measurement through KEYCAD[®] software. Tillman et al. 2002⁽¹⁵⁾ have been analyzed digital photos of femoral intercondylar notch, by the software MATLAB 5,2 (MATHWORKS, INC., NATICK, MILIAMPERE, EUA) in corpse

com régua milimetrada, método adotado por alguns autores^(9,13,14). O traçado das linhas referenciais, neste estudo, foi baseado nos métodos propostos por Herzog et al.⁽⁷⁾ e Ellera Gomes e Scarton⁽²⁾ e adaptado para mensuração computadorizada através do software KEYCAD[®]. Tillman et al.⁽¹⁵⁾ analisaram fotografias digitais da fossa intercondilar femoral, utilizando o software MATLAB 5,2 (MATHWORKS, INC., NATICK, MILIAMPERE, EUA) em estudo cadavérico; o traçado das linhas referenciais com o mouse e o esboço do contorno dos côndilos femorais com uma série de pontos (mínimo de 10) é similar ao nosso método.

No entanto, concordamos com Ellera Gomes e Scarton⁽²⁾, quando afirmam que não há um referencial apropriado, uniformemente aceito na literatura para a mensuração da fossa intercondilar femoral.

Neste estudo, durante o exame radiográfico, foi estabelecido um grau de flexão do joelho de 75°, considerando a amplitude do movimento de extensão em 0°. A flexão do joelho de 70° a 75° proporciona um maior relaxamento das estruturas articulares, aumentando o espaço articular entre a tíbia e o fêmur, fornecendo uma melhor visualização da fossa intercondilar⁽⁹⁾.

A análise comparativa dos dados referentes à largura bicondilar femoral mostrou similaridade entre joelhos normais e lesionados. Nossos resultados são discordantes de alguns autores, que descrevem valores superiores para a largura bicondilar em joelhos sem lesão do L.C.A.⁽⁵⁾. Nossos achados no grupo 1 são análogos ao valor médio da "largura condilar femoral máxima" encontrado por Herzog et al.⁽⁷⁾ (82,00mm) na mensuração radiográfica de fossas intercondilares femorais cadavéricas e inferiores aos dados de Mall et al.⁽¹¹⁾ (84,00mm) na medição direta em cadáveres. Na literatura revisada, a maioria dos autores, entretanto, não correlaciona valores absolutos dessa variável à probabilidade de lesão ligamentar; observa-se o emprego freqüente da largura bicondilar no cálculo do índice de largura do intercôndilo (I.L.I.)^(1,13,14,15) e na determinação do sexo^(3,11). Estudos sugerem que a largura bicondilar femoral aumentaria desproporcionalmente mais do que a largura da fossa, de acordo com a variação da altura do indivíduo^(1,12) e do peso corporal⁽¹²⁾. A discrepância entre os dados, portanto, deve-se provavelmente às características morfológicas constitucionais da nossa amostra, uma vez que os padrões antropométricos variam consideravelmente entre populações diferentes⁽¹¹⁾.

Nossos resultados não apresentaram diferença estatística significativa para a largura da fossa intercondilar femoral entre os grupos analisados. Os valores médios apresentados por Herzog et al.⁽⁷⁾ (23,9mm) em estudo radiográfico e por Anderson et al.⁽¹⁾ (23,7mm) em estudo por R.N.M., equivalem ao nosso resultado no lado esquerdo do grupo 1. Os valores do lado esquerdo de ambos os grupos são análogos, concordando com alguns autores que descrevem valores semelhantes em joelhos normais e em joelhos com lesões agudas do L.C.A.^(6,7). Tal similaridade pode ser explicada provavelmente pela amostra limitada deste estudo que não permitiu reconhecer pequenas diferenças na largura da fossa, ou pela não formação de osteófitos como resultado de instabilidade articular nos joelhos lesionados, uma vez que o grupo 2 foi constituído por indivíduos com lesões ligamentares agudas, ou ainda porque não existem diferenças morfológicas entre joelhos normais e joelhos com lesões ligamentares agudas. Estudos compararam indivíduos sem lesão e com lesão uni e bilateral do L.C.A. e encontraram estenose da fossa intercondilar femoral nos joelhos com lesão ligamentar bilateral. Segundo os autores, pacientes com lesões bilaterais são jovens, apresentam uma relativa estenose da fossa intercondilar femoral na imagem radiográfica e a lesão inicial geralmente ocorre sem contato⁽¹³⁾. É relevante salientar que o grupo lesionado neste estudo foi constituído por indivíduos com lesões unilaterais.

study; the drawing of reference lines with a mouse and the femoral condyles contours outlines with a series of points (least of 10) is similar to our method.

However, we agree to Ellera Gomes and Scarton⁽²⁾ when they affirm that there is not an appropriate reference, uniformly accepted in literature for the measurement of femoral intercondylar notch.

In this study, during the radiographic examination, a 75° knee flexion was established, considering a 0° extension movement amplitude. The 70° to 75° knee flexion provides a bigger relaxation of joint structures, increasing the joint space between tibia and femur, supplying a better intercondylar notch visualization⁽⁹⁾.

Comparative analysis of femoral bicondylar width referring data showed similarity between normal and injured knees. Our results differ from some authors, who describe superior values for bicondylar width in knees without A.C.L. injury⁽⁵⁾. Our group 1 findings are similar to the "maximum femoral condylar width" average value found by Herzog et al. (1994)⁽⁷⁾ (82,00mm) in radiographic measurements of corpse femoral intercondylar notches and with inferior to Mall et al.⁽¹¹⁾ (84,00mm) data in direct measurement of corpses. In revised literature, the majority of the authors, however, do not correlate absolute values of this variable to the ligament injury probability, the frequent use of bicondylar width is observed in the Intercondyle Width Index calculus (I.W.I.)^(1,13,14,15) and in sex determination^(3,11). Studies suggest that the femoral bicondylar width would increase disproportionately more than the width notch, according with the individual height variation^(1,12) and corporal weight⁽¹²⁾. The discrepancy between data, therefore, is probably due to our constitutional morphologic characteristics sample, since our anthropometric standards considerably vary between different populations⁽¹¹⁾.

Our results have not shown difference statistically significant among the femoral intercondylar notch width of analyzed groups. The average values presented by Herzog et al.⁽⁷⁾ (23,9mm) in radiographic study and by Anderson et al.⁽¹⁾ (23,7mm) in M.R.I. study, are equivalent to our result in the left side of group 1. The values of left side of both groups are kindred, in accordance with some authors which describes similar values in normal knees and knees with acute injuries of A.C.L.^(6,7). Such similarity can be probably explained by the limited sample of this study that did not allow to recognize small differences in the width notch, or by osteophytes non formation as result of joint instability in injured knees, since group 2 was constituted by individuals with acute ligament injuries, or still because there is no morphometrical differences between normal knees and acute ligament knees injuries. Studies had compared individuals without injury and with A.C.L. uni and bilateral injury and had found estenosis of femoral intercondylar notch in bilateral ligament knee injury. According to authors, patients with bilateral injuries are young, present relative estenosis of femoral intercondylar notch in the radiographic images and the initial injury generally occurs without contact⁽¹³⁾. It is important to point out that injured group in this study was constituted by individuals with unilateral injuries.

According to some authors the estenosis of anterior part of femoral intercondylar notch in A.C.L. knees injury occurs precociously due to formation of osteophytes, probably result of the secondary instability to injury; however, the precise beginning of measurable estenosis could not be determined⁽⁴⁾. However, studies state that the prevalence of lesional mechanism without contact suggests that the A.C.L. injury risk is intrinsic for nature and that congenital estenosis of femoral intercondylar notch can be considered as one of the intrinsic risk factors in the A.C.L. injury^(5,13,14).

In accordance with the literature^(6,7,14), we have observed similar values in I.W.I. of both groups, in particular on left side. The average

Segundo alguns autores a estenose da região anterior da fossa intercondilar femoral em joelhos com lesão do L.C.A. ocorre precocemente devido à formação de osteófitos, provavelmente resultado da instabilidade secundária a lesão; todavia, o início preciso da estenose mensurável não poderia ser determinado⁽⁴⁾. No entanto, estudos asseveram que a prevalência de mecanismo lesional sem contato sugere que o risco de lesão do L.C.A. é intrínseco por natureza e que a estenose congênita da fossa intercondilar femoral pode ser considerada como um dos fatores intrínsecos de risco na lesão do L.C.A.^(5, 13,14)

Concordando com a literatura^(6,7,14), observamos valores similares no I.L.I. de ambos os grupos, particularmente no lado esquerdo. O valor médio encontrado nos joelhos do grupo normal é equivalente aos valores encontrados em estudo através de R.N.M.^(1,7). O valor médio observado no grupo lesionado é análogo ao descrito em joelhos com L.C.A. deficiente (0,28) em estudo através de R.N.M.⁽⁷⁾. Nossos valores no grupo normal são similares aos encontrados em homens africanos na mensuração direta em cadáveres (0,26) e não estão de acordo com os dados observados em descendentes europeus (0,24)⁽¹⁵⁾; fato possivelmente explicado pela miscigenação brasileira. A confiabilidade do I.L.I. como determinante da largura da fossa, entretanto, é controversa. Essa medida é pretendida para eliminar a variação da ampliação ao comparar medidas radiográficas e padronizar pacientes de biótipos morfológicos diferentes⁽¹⁴⁾. Alguns autores, porém, discordam deste índice^(1,7,12). Para ser uma medida matemática válida do tamanho da fossa, ambas as variáveis deste índice devem variar proporcionalmente com a altura dos indivíduos. Entretanto, estudos sugerem que a largura da fossa não é diretamente proporcional à altura, todavia a largura bicondilar femoral aumenta com o acréscimo da estatura⁽¹²⁾.

A análise comparativa da largura da base da fossa intercondilar entre ambos os lados dos grupos 1 e 2 mostrou valores maiores para o grupo normal, concordando com os achados da literatura⁽²⁾ que relata um estreitamento distal significativo em joelhos instáveis ocorrendo na ordem de 0,0446mm/mês após a lesão. Em estudo cadavérico, autores demonstraram que a fossa intercondilar é mais estreita distalmente e mais alargada proximalmente⁽¹⁰⁾, levando a questionar se a base da fossa estenótica não seria um fator de risco mais importante na lesão do L.C.A. do que sua largura ao nível do sulco poplíteo.

Palmer apud Shelbourne e Kerr⁽¹²⁾ foi o primeiro a correlacionar as dimensões da fossa intercondilar femoral e a predisposição à lesão do L.C.A. Observou que o L.C.A. possui uma posição constitucionalmente vulnerável, sendo retesado sobre a face interna do côndilo femoral lateral durante os movimentos rotacionais do joelho, facilitando a ruptura. Os resultados neste estudo, apesar de não estatisticamente significantes, evidenciam um côndilo femoral lateral mais largo no grupo com lesão do L.C.A. Nossos valores são compatíveis com os achados de alguns autores na medição direta em peças cadavéricas (29,6mm)⁽⁴⁾. Em estudo tomográfico, autores observaram que pacientes com lesões bilaterais do L.C.A. tinham o côndilo femoral lateral mais largo do que indivíduos sem lesão e concluíram que a largura do côndilo femoral lateral pode interferir na largura da fossa e constituir um fator intrínseco de risco para lesão daquele ligamento⁽⁶⁾. No entanto, o presente estudo não comprova tal hipótese, já que a largura da fossa intercondilar femoral não apresentou valor reduzido nos joelhos lesionados em função da maior largura do côndilo femoral lateral. Vale salientar que a amostra foi constituída de indivíduos com lesões unilaterais do L.C.A.

Apesar de não estatisticamente significantes, nossos dados demonstram que a altura da fossa intercondilar do grupo normal foi maior do que nos joelhos do grupo lesionado. Tal achado é compatível com os resultados de alguns autores⁽⁷⁾, entretanto, nossos valores são numericamente superiores. A disparidade numérica pode ser explicada

value found in right knees of normal group is equivalent to values found in M.R.I. studies^(1,7). The average value observed in the injured group is similar to the one described in disabled A.C.L. knees (0,28) by M.R.I. study⁽⁷⁾. Our values from normal group are similar to those found in african men in corpse direct measurement (0,26) and are not in accordance with the data observed by some authors for European descendant (0,24)⁽¹⁵⁾; that can be explained by the Brazilian miscegenation. The reliability of I.W.I. as determinant of the notch width, however, is controvertible. This measure intends to eliminate the variation of magnification when comparing radiographic measures and standardize patients with different morphologic biotypes⁽¹⁴⁾. Some authors, however, disagree with this index^(1,7,12). In order to be a valid mathematical measure of notch size, both variable of this index must vary proportionally to the individual's heights. However, some studies suggest that the notch width is not directly proportional to the height, though the femoral bicondylar width increases with the addition of stature⁽¹²⁾.

The comparative analysis of the base width of intercondylar notch between both sides of groups 1 and 2 showed higher values for the normal group, in agreement with literature findings⁽²⁾ which relates a significant distal narrowness in unstable knees occurring in the order of 0,0446mm/month after injury. In corpse study, authors demonstrated that the intercondylar notch is more distally strait and more proximally wide⁽¹⁰⁾, leading to question if the base of stenotic notch would not be a more important risk factor of A.C.L. injury than its width in the level of popliteal groove.

Palmer apud Shelbourn and Kerr⁽¹²⁾ was the first to correlate the femoral intercondylar notch proportions and A.C.L. injury predisposition. Observed that A.C.L. gets constitutionally a vulnerable position, being retaining over the lateral femoral condyle internal face during knees rotational movements, facilitating its rupture. Our results at this study, in spite of statistically non significant, show clearly a lateral femoral condyle wider in group with A.C.L. injury. Our values are consistent with the ones found by some authors in direct measurement of corpse pieces (29,6mm)⁽⁴⁾. In tomography study, authors observed that patients with bilateral injuries of A.C.L. had the lateral femoral condyle wider than individuals without injury and concluded that the width of lateral femoral condyle can interfere in the notch width and constitute an intrinsic risk factor to the injury of that ligament⁽⁶⁾. However, the present study do not prove such hypothesis, since the femoral intercondylar notch width did not show decreasead value in injured knees originated from the wider lateral femoral condyle. It is important to say that the sample was filled with unilateral A.C.L. injuries individuals.

In spite of statistically non significant, our data demonstrate that the intercondylar notch height of normal group was higher than the injured knees group. This argument is consistent with the results of some authors⁽⁷⁾, however, our values are numerically higher. The numerical disparity can be explained by the ethnic heterogeneity of the population studied sample, characterized by the intense Brazilian miscegenation. In corpse study, the notch height was measured separating the samples by racial groups, the authors have concluded that black people have the intercondylar notch height higher than white people; the reason of this morphological variation is an anterior curvature of femoral diaphysis lower in black population. Theoretically, the lower femoral curvature causes an upward rotation of femoral condyles, producing a higher notch⁽³⁾.

In this study the conical shape was predominant in both groups, with higher percentages in normal group in both sides. The higher percentage of conical shape in injured knees agrees to the literature findings for anterolateral instability knees (54,4%)⁽²⁾. We observed a discrete high percentage of circular shape in the injured knees group, independent of laterality, in relation to knees of normal group as to

pela heterogeneidade étnica da amostra populacional aqui estudada, caracterizada pela intensa miscigenação brasileira. Em estudo cada-vérico, a altura da fossa foi mensurada separando-se a amostra por grupos raciais, os autores concluíram que negros possuem a altura da fossa intercondilar maior do que brancos; a razão para esta variação morfológica reside numa curvatura anterior da diáfise femoral mais baixa na população negra. Teoricamente, a curvatura femoral mais baixa causa uma rotação ascendente dos côndilos femorais, produzindo uma fossa mais elevada⁽³⁾.

Neste estudo o formato cônico predominou em ambos os grupos, com percentuais mais elevados no grupo normal em ambos os lados. O maior percentual de formato cônico nos joelhos lesionados concorda com os achados da literatura para joelhos com instabilidade ântero-lateral (54,4%)⁽²⁾. Observamos um percentual discretamente elevado do formato circular nos joelhos do grupo lesionado, independente da lateralidade, em relação aos joelhos do grupo normal quanto aos formatos circular e retangular. No formato circular a largura da base da fossa intercondilar femoral é menor do que seu ápice; é provável que uma base mais estreita atue como fator intrínseco de risco para lesão do L.C.A. A diferença na forma da fossa intercondilar femoral pode parcialmente explicar a probabilidade de lesão do L.C.A.⁽¹⁵⁾ Isto explicaria um percentual maior de fossas circulares no grupo lesionado em relação ao formato retangular e aos percentuais de formas circulares e retangulares encontrados nos joelhos direito e esquerdo do grupo normal.

Os valores percentuais de igualdade de formato da fossa intercondilar femoral, determinados pelo Sign Test, mostram percentuais mais elevados de formatos diferentes das fossas intercondilares dos indivíduos do grupo lesionado. É provável que tal achado encontre-se relacionado à presença de fatores como altura, peso corporal, dominância de um membro em relação a outro, que podem influenciar na predominância da lateralidade nas lesões ligamentares, entretanto não encontramos dados na literatura revisada para confrontar tais achados.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste estudo não apresentaram diferenças estatísticas significantes entre joelhos sem lesão ligamentar e joelhos com lesão aguda unilateral do L.C.A. tal achado pode estar relacionado a uma amostra populacional pequena, que não permitiu a observação de diferenças peculiares entre os grupo analisados. Entretanto não podemos descartar a hipótese de não haver diferença entre joelhos normais e joelhos com lesões ligamentares recentes. A estenose da fossa intercondilar femoral é preconizada como fator de risco para lesão do L.C.A., contudo acreditamos na necessidade de maior investigação a fim de estabelecer a real influência da estenose da fossa intercondilar sobre esse ligamento, se é determinada congenitamente ou se ocorre após a lesão do ligamento.

Parece-nos que a largura da base da fossa intercondilar e a largura do côndilo femoral lateral seriam fatores de risco mais importantes na lesão do L.C.A. do que a largura da fossa intercondilar ao nível do sulco poplíteo, e que tais variáveis podem influenciar no formato da fossa o que explicaria o comportamento diferenciado dos formatos circulares nos joelhos lesionados. É necessário maior verificação de tal achado a fim de correlacionar a forma da fossa à probabilidade de ruptura do L.C.A.

Quanto ao método de mensuração aplicado, acreditamos que a analogia dos resultados encontrados neste estudo aos descritos na literatura especializada, demonstra que a aplicação de um software sobre as imagens radiográficas digitalizadas pode proporcionar uma mensuração confiável e prática, mesmo utilizando-se de imagens radiográficas simples e de baixo custo, o que se enquadraria à realidade da saúde pública brasileira.

circular and rectangular shapes. In circular shape the femoral intercondylar notch base width is lesser than its apex; it is probable that a narrower base acts as an intrinsic risk factor for A.C.L. injury. The difference of the femoral intercondylar notch shape can partially explain the probability of circular A.C.L. injury⁽¹⁵⁾. This would explain a bigger percentage of circular notch in the injured group in relation to the rectangular shape and the percentages of circular and rectangular shapes found in right and left knees of the normal group.

The percentage values of shape equality of femoral intercondylar notch, determined by the Sign Test, show higher percentages of different shapes of intercondylar notch of injured individuals group. It is probable that such finding is related to presence of factors as height, corporal weight, member dominance in relation to the other one, that can influence in predominance of laterality in ligament injuries, however we do not find data in revised literature to oppose such findings.

CONCLUSION

The results presented in this study did not presented significant statistical differences between knees without ligament injury and knees with unilateral acute A.C.L. injury; such finding can be related to a small population sample, that did not allow the observation of peculiar differences between the analyzed group. However we can not discard the hypothesis not to have difference between normal knees and knees with recent ligamentar injuries. Estenosis of femoral intercondylar notch is praised as risk factor for A.C.L. injury, however we believe there is necessity further investigation in order to establish the real influence of intercondylar notch estenosis on this ligament, if it is determined congenitally or if it occurs after the ligament injury.

It seems to us that the intercondylar base width and lateral femoral condyle width would be more important risk factors in A.C.L. injury than the intercondylar width to popliteal groove level, and that such variable can influence in notch format, what would explain the differentiated behavior of circular shapes in injured knees. It is necessary higher verification of such finding in order to correlate the notch shape to A.C.L. probability of rupture.

As to the used measurement method, the results found in this study, very near to the ones found in the specialized literature, demonstrate that the use of a software in digitalized radiographic images can provide a practical and accurate measurement, even though, the used radiographic images were simple and low cost, in accordance with the reality of Brazilian health service.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennert 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* 29:58-66, 2001.
2. Ellera Gomes JL, Scarton A. Planificação radiológica da abertura intercondiliana na reconstrução do ligamento anterior. *Rev Bras Ortop* 33:651-654, 1998.
3. Gill GW. Racial variation in the proximal and distal femur: heritability and forensic utility. *J Forensic Sci* 46:791-799, 2001.
4. Good L, Odensten M, Gillquist J. Intercondylar notch measurements with special reference to anterior cruciate ligament surgery. *Clin Orthop* 263:184-189, 1991.
5. Harner CD, Paulos LE, Greenwald AE, Rosenberg TD, Cooley VC. Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 22:37-43, 1994.
6. Herzog RJ, Siliman JF, Hutton K, Rodkey WG, Steadman JR. Measurements of the intercondylar notch by plain film radiography and magnetic resonance imaging. *Am J Sports Med* 22:204-210, 1994.
7. Holmblad EC. Postero-anterior x-ray view of knee in flexion. *JAMA* 9:1196-1197, 1937.
8. 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 Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9:200-205, 2001.
9. Koukoubis TD, Glisson RR, Bolognesi M, Vail TP. Dimensions of the intercondylar notch of the knee. *Am J Knee Surg* 10:83-87, 1997.
10. Mall G, Graw M, Gehring KD, Hubig M. Determination of sex from femora. *Forensic Sci Int* 113:315-321, 2000.
11. Palmer I. On the injuries to the ligaments of the knee joint. A clinical study. *Acta Chir Scand* 81: 1-282, 1938.
12. Shelbourne KD, Kerr B. The relationship of femoral intercondylar notch width to height, weight, and sex in patients with intact anterior cruciate ligaments. *Am J Knee Surg* 14:92-96, 2001.
13. Souryal TO, Freeman TR. Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 21:535-539, 1993.
14. Souryal TO, Moore HA, Evans J.P. Bilaterality in anterior cruciate ligament injuries: associated intercondylar notch stenosis. *Am J Sports Med* 16:449-454, 1988.
15. Tillman MD, Smith KR, Bauer JA, Cauraugh JH, Falsetti AB. Differences in three intercondylar notch geometry indices between males and females: a cadaver study. *Knee* 9:41-46, 2002.