

# Estudo antropométrico do joelho em portadores de osteoartrite: comparação da mensuração intraoperatória e por ressonância magnética

*Anthropometric study of the knee in patients with osteoarthritis: intraoperative measurement versus magnetic resonance imaging*

Fabício Bolpato Loures<sup>1</sup>, Renato Janetti Carrara<sup>2</sup>, Rogério Franco de Araújo Góes<sup>3</sup>, Rodrigo Sattamini Pires e Albuquerque<sup>4</sup>, João Maurício Barretto<sup>5</sup>, André Kinder<sup>6</sup>, Vinicius Schott Gameiro<sup>7</sup>, Edson Marchiori<sup>8</sup>

Loures FB, Carrara RJ, Góes RFA, Albuquerque RSP, Barretto JM, Kinder A, Gameiro VS, Marchiori E. Estudo antropométrico do joelho em portadores de osteoartrite: comparação da mensuração intraoperatória e por ressonância magnética. Radiol Bras. 2017 Mai/Jun;50(3):170–175.

**Resumo** **Objetivo:** Comparar a mensuração do joelho realizada por meio de ressonância magnética com a medida obtida intraoperatoriamente, a fim de validar o método para estudos antropométricos.

**Materiais e Métodos:** Foram estudados 20 joelhos em 20 pacientes portadores de osteoartrite submetidos a artroplastia total, entre agosto e dezembro de 2013. Realizaram-se seis medidas no fêmur distal e duas na tíbia proximal. As mensurações nas imagens foram feitas no plano axial, por meio do sistema informatizado da instituição. As mensurações intraoperatórias foram obtidas utilizando-se um paquímetro, após os cortes iniciais da artroplastia. Os parâmetros anatômicos foram os mesmos. O coeficiente de correlação intraclass foi utilizado para avaliar a concordância nas medidas antropométricas de joelho realizadas pela ressonância magnética e pelo paquímetro de forma intraoperatória.

**Resultados:** A análise estatística revelou que existe concordância altamente significativa entre as medidas antropométricas do joelho conseguidas por meio do uso do paquímetro intraoperatoriamente e pela ressonância magnética.

**Conclusão:** A mensuração das dimensões dos joelhos osteoártríticos por meio de ressonância magnética apresentou-se como método semelhante à mensuração intraoperatória, sendo confiável para a realização de estudos antropométricos amplos que permitam a adequação e melhoria de implantes disponíveis.

**Unitermos:** Joelho; Diagnóstico por imagem; Ressonância magnética; Prótese; Osteoartrite; Antropometria.

**Abstract** **Objective:** To compare intraoperative measurements of the knee with those obtained by magnetic resonance imaging, in order to validate the latter method for use in anthropometric studies.

**Materials and Methods:** We studied 20 knees in 20 patients with osteoarthritis, all of whom underwent total arthroplasty between August and December of 2013. We took six measurements in the distal femur and two in the proximal tibia. Using the information system of the institution, we made the measurements on magnetic resonance imaging scans that had been obtained in the axial plane. Intraoperative measurements were obtained using a caliper, after the initial cuts made during the arthroplasty. The anatomical parameters determined by magnetic resonance imaging were the same as those determined by intraoperative measurement. The intraclass correlation coefficient was used in order to assess the level of agreement in anthropometric measurements of the knee performed by magnetic resonance imaging and by intraoperative measurement.

**Results:** Statistical analysis revealed a highly significant correlation between the knee anthropometric parameters of the knee determined by intraoperative measurement and those determined by magnetic resonance imaging.

**Conclusion:** The dimensions of osteoarthritic knees measured by magnetic resonance imaging were similar to those measured intraoperatively. Therefore, magnetic resonance imaging can be considered a reliable method for use in large-scale anthropometric studies that will allow the available implants to be adapted and improved.

**Keywords:** Knee; Diagnostic imaging; Magnetic resonance imaging; Prostheses; Osteoarthritis; Anthropometry.

Trabalho realizado no Serviço de Ortopedia e Traumatologia Professor Donato D'Ángelo, Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ, Brasil.

1. Mestre, Cirurgião do Joelho no Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ, Brasil.
2. Membro da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia, Médico Estagiário em Cirurgia do Joelho no Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ, Brasil.
3. Membro da Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho, Chefe do Serviço de Ortopedia e Traumatologia Professor Donato D'Ángelo, Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ, Brasil.
4. Doutor, Professor Adjunto da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil.

5. Doutor, Membro do Centro de Cirurgia do Joelho do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

6. Mestre, Médico Radiologista da Clínica Multimagem, Petrópolis, RJ, Brasil.
7. Doutor, Professor Associado da Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, RJ, Brasil.
8. Doutor, Professor Titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Endereço para correspondência: Dr. Fabício Bolpato Loures. Rua Dr. Alencar Lima, 35, sala 403, Centro. Petrópolis, RJ, Brasil, 25620-050. E-mail: fbolpato@gmail.com. Recebido para publicação em 11/1/2016. Aceito, após revisão, em 21/5/2016.

## INTRODUÇÃO

A osteoartrite é uma doença degenerativa que surge após longa exposição de um indivíduo geneticamente suscetível a um ambiente desfavorável<sup>(1)</sup>, ocasionando deterioração de toda a articulação<sup>(2)</sup>. É a principal causa de incapacidade musculoesquelética na população idosa<sup>(1)</sup>, e no Brasil já atinge cerca de 12,4 milhões de pessoas<sup>(3)</sup>.

Em razão de fatores anatômicos e biomecânicos, o joelho é a principal articulação acometida<sup>(1)</sup>. A limitação funcional provocada pela osteoartrite e o aumento da expectativa de vida têm gerado um número cada vez maior de pacientes candidatos a artroplastia total do joelho. Esse procedimento é capaz de promover o efetivo alívio da dor, restaurando a função e permitindo o retorno precoce às atividades diárias<sup>(4)</sup>. Porém, é uma cirurgia de precisão, e diferenças entre o tamanho do implante e do osso ressecado aumentam a complexidade do procedimento<sup>(5)</sup>.

Os principais implantes disponíveis no mercado foram confeccionados com base em estudos anatômicos realizados em população caucasiana<sup>(6)</sup>, que apresenta estatura média maior que a população mundial. Além disso, os implantes apresentam número limitado de tamanhos e necessitam de melhorias no seu formato e cinemática<sup>(7)</sup>.

Para que o aperfeiçoamento dos implantes possa ocorrer, conhecer a antropometria dos joelhos é fundamental, já que as próteses têm como objetivo mimetizar a articulação natural. Após busca na literatura em língua portuguesa e inglesa, os autores encontraram uma única pesquisa<sup>(8)</sup> que descreve as características antropométricas do joelho em população brasileira portadora de gonartrose, porém, com número limitado de indivíduos.

O objetivo do presente estudo foi comparar a mensuração do joelho realizada por meio de ressonância magnética (RM) com a medida conseguida intraoperatoriamente, a fim de validar o método para estudos antropométricos.

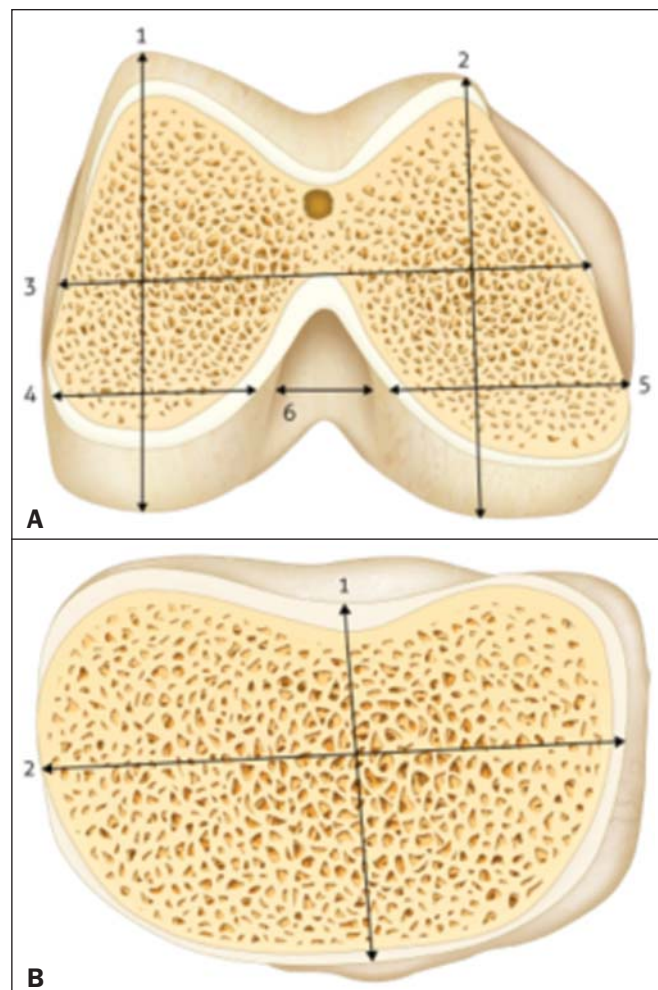
## MATERIAIS E MÉTODOS

Após aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ, foram estudados, por conveniência, 20 joelhos de 20 pacientes submetidos a artroplastia total, entre agosto e dezembro de 2013. Foram incluídos na pesquisa todos os pacientes que aceitaram participar, mediante assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido. Foram excluídos os indivíduos com história de fratura ou cirurgia prévia no joelho, os pacientes que apresentaram perdas ósseas que necessitaram de enxertia ou deformidade em varo ou valgo maior que 15°.

Os pacientes foram submetidos a RM do joelho a ser operado, uma semana antes da internação. Os exames foram realizados em aparelho de 1,5 T Magnetom Essenza (Siemens; Erlangen, Alemanha), com o paciente na posição supina e o joelho relaxado em extensão completa ou com mínima flexão (< 15°), para melhor conforto. Foram realizadas as seguintes seqüências: sagital ponderada em densidade protônica com

supressão de gordura (tempo de repetição [TR]: 2800 ms; tempo de eco [TE]: 35 ms; espessura: 4 mm; *field of view* [FOV]: 160/160 mm; matriz: 230/320); sagital ponderada em T1 (TR: 540 ms; TE: 13 ms; espessura: 4 mm; FOV: 160/160 mm; matriz: 230/384); coronal ponderada em densidade protônica com supressão de gordura (TR: 2040 ms; TE: 32 ms; espessura: 4 mm; FOV: 160/160 mm; matriz: 224/320); e axial ponderada em densidade protônica com supressão de gordura (TR: 3140 ms; TE: 35 ms; espessura: 4 mm; FOV: 160/160 mm; matriz: 192/320).

Três paquímetros metálicos foram adquiridos e enviados para o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, que confirmou a precisão dos instrumentos. Durante o ato operatório, o cirurgião utilizou um paquímetro para realizar seis mensurações no fêmur – alturas e larguras dos côndilos lateral e medial, largura total mediolateral e intercôndilo (Figura 1A) – e duas na tíbia – largura mediolateral e largura anteroposterior (Figura 1B). As dimensões foram documentadas em milímetros (mm) após duas aferições realizadas pelo pesquisador principal, a fim

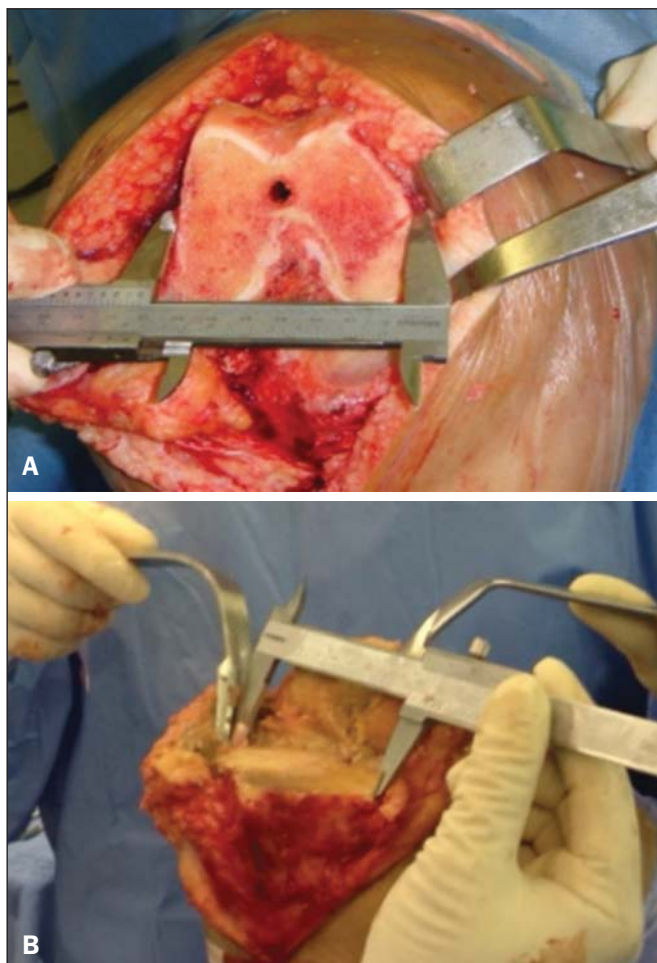


**Figura 1.** Esquema das mensurações. **A:** Fêmur distal direito: 1, altura do côndilo lateral; 2, altura do côndilo medial; 3, largura total do fêmur; 4, largura do côndilo lateral; 5, largura do côndilo medial; 6, intercôndilo. **B:** Tíbia proximal direita: 1, largura anteroposterior; 2, largura mediolateral. Fonte: Reproduzido de Loures et al.<sup>(8)</sup>.

de eliminar qualquer alteração interobservador. A média aritmética foi utilizada para análise.

A largura mediolateral foi mensurada ao nível do eixo transepicondilar cirúrgico. As larguras dos côndilos femorais foram aferidas a 8 mm da superfície articular posterior no côndilo lateral e a 10 mm da superfície articular posterior no côndilo medial, simulando a rotação externa do fêmur. As medidas anteroposteriores foram realizadas considerando a maior distância entre as partes posterior e anterior dos côndilos. A largura anteroposterior da tíbia foi aferida do centro da inserção do ligamento cruzado posterior até o terço medial do tendão patelar. A largura mediolateral foi a maior distância perpendicular à largura anteroposterior. A Figura 2 mostra a mensuração intraoperatória utilizando o paquímetro calibrado.

O cirurgião realizou, de forma cega em relação à identificação dos pacientes, as mensurações nas imagens da RM utilizando os mesmos parâmetros anatômicos. As medidas foram feitas nas sequências axiais, o que permitiu a simulação dos cortes distal do fêmur e proximal da tíbia. Após duas aferições, a média aritmética foi documentada. A Figura 3 demonstra as mensurações por meio da RM.



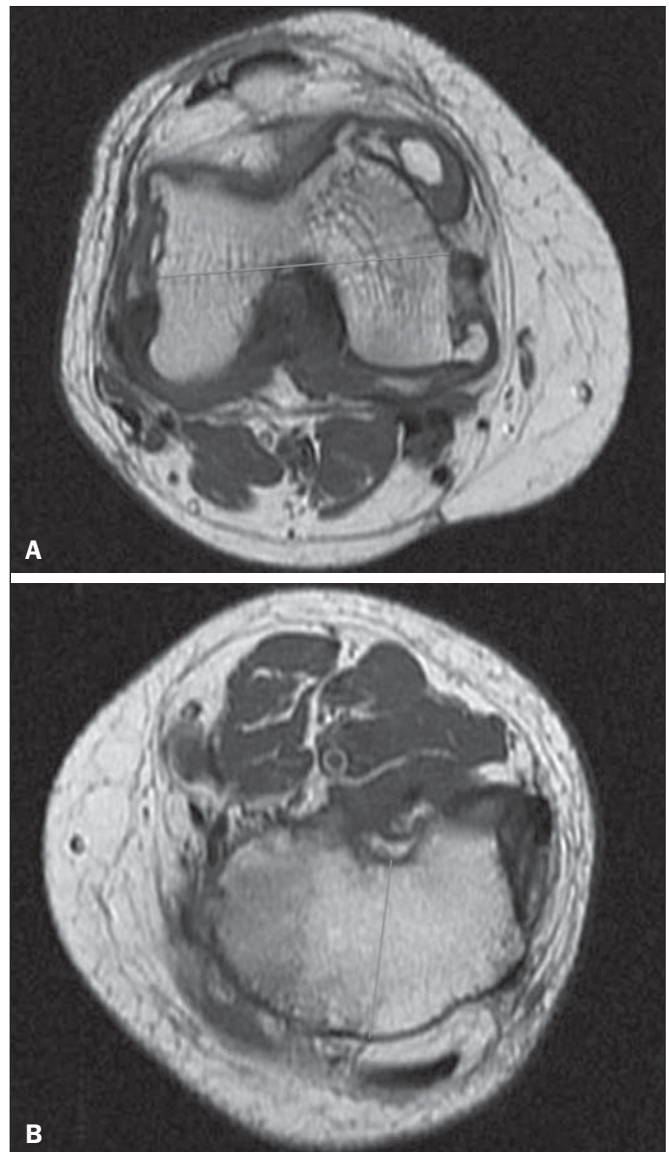
**Figura 2.** Mensuração intraoperatória. **A:** Fêmur distal direito – mensuração da largura total do fêmur. **B:** Tíbia proximal direita – mensuração da largura mediolateral.

Os valores das mensurações realizadas pelos dois métodos foram enviados, em forma de arquivos, para uma bioestatística, que uniu os dados a fim de analisá-los.

A análise descritiva se apresentou sob a forma de tabelas, com os dados observados expressos pela média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo para os dados numéricos. O coeficiente de correlação intraclassas (CCI) foi utilizado para avaliar a concordância nas medidas antropométricas dos joelhos realizadas pelo paquímetro, de modo intraoperatório, e por meio da RM. O critério de determinação de significância adotado foi o nível de 5%. A análise estatística foi processada pelo *software* estatístico SPSS versão 18.0.

## RESULTADOS

A amostra foi composta por 20 pacientes com diagnóstico clínico e radiográfico de gonartrose e candidatos a artroplastia total do joelho.



**Figura 3.** Mensuração por ressonância magnética. **A:** Fêmur distal direito – mensuração da largura total do fêmur. **B:** Tíbia proximal esquerda – mensuração da largura anteroposterior.

Os valores numéricos das mensurações pré-operatórias por meio da RM e intraoperatórias por meio do paquímetro metálico estão demonstrados na Tabela 1. A relação entre essas duas medidas está demonstrada em um gráfico de dispersão (Figura 4).

Os valores do CCI, o respectivo intervalo de confiança de 95% e o nível descritivo (*p* valor) resultante da comparação entre os dois métodos de medida estão relacionados na Tabela 2.

A análise estatística revelou que, nessa amostra, existe concordância altamente significativa entre as medidas antropométricas do joelho conseguidas com o uso do paquímetro intraoperatoriamente e as obtidas pela RM. A concordância foi grau ótimo (CCI ≥ 0,80), exceto para as medidas da largura do côndilo medial (CCI = 0,68) e do intercôndilo (CCI = 0,71), que apresentaram concordância boa (Tabela 2). As medidas da tibia mediolateral (CCI = 0,958) e anteroposterior (CCI = 0,977) apresentaram CCI próximo de 1 e intervalo de confiança de 95% muito estreito, o que revela correlação próxima da perfeita entre os métodos (Tabela 2).

Levando-se em consideração os principais parâmetros anatômicos para artroplastia (largura total do fêmur, altura

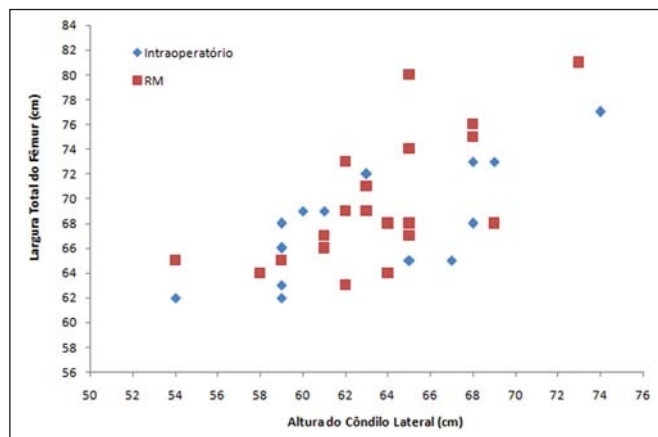


Figura 4. Demonstração das medidas realizadas intraoperatórias e por ressonância magnética.

do côndilo lateral, largura mediolateral e largura anteroposterior da tibia), a pior associação entre os dois métodos foi muito boa (CCI = 0,864). O poder do teste estatístico para o nível de significância de 5%, de acordo com Cohen<sup>(9)</sup>, está acima de 90%.

### DISCUSSÃO

O joelho é uma articulação com grande força motriz e uma das mais complexas do corpo humano<sup>(10)</sup>. A osteoartrite do joelho é uma doença degenerativa altamente prevalente em países desenvolvidos<sup>(1)</sup> e sua incidência está aumentando de forma exponencial em países em desenvolvimento, devido ao crescimento da obesidade<sup>(11)</sup> e ao envelhecimento da população<sup>(12)</sup>. A doença é crônica, progressiva<sup>(2)</sup> e evolui com deformidade dos membros inferiores, causando grande limitação funcional<sup>(1)</sup> e levando muitos pacientes a buscarem o tratamento cirúrgico.

A artroplastia total do joelho exige apurado balanço ligamentar e a máxima cobertura das superfícies ósseas ressecadas, a fim de alcançar a melhor distribuição de carga na relação implante-osso. Dessa forma, a articulação permanece estável durante todo o arco de movimento e o implante alcança sua duração máxima<sup>(13)</sup>. Mesmo com os avanços na técnica cirúrgica e no formato das próteses, alguns estudos revelam alta porcentagem de insatisfação após artroplastia total do joelho<sup>(14,15)</sup>. Wylde et al.<sup>(16)</sup> avaliaram 242 pacientes (250 joelhos) submetidos a artroplastia total do joelho e encontraram 66% dos pacientes “muito satisfeitos” com o alívio da dor, 52% retornaram às atividades normais do dia-a-dia e somente 44% às suas atividades de lazer. A incompatibilidade dos implantes pode ser um dos fatores que contribuem para os resultados ruins.

A função da prótese é mimetizar o joelho original. Portanto, conhecer a antropometria da população e suas variáveis é fundamental para a confecção de implantes adequados. Várias pesquisas buscaram descrever a antropometria do joelho de pacientes com gonartrose, porém, a grande maioria se dedicou aos caucasianos<sup>(17-23)</sup> ou asiáticos<sup>(6,23-27)</sup>. Encontramos uma única pesquisa dirigida para pacientes

Tabela 1—Resultado das mensurações pelos dois métodos.

Parâmetro	Método	Média	DP	Mediana	Mín.	Máx.
Largura total fêmur	Paquímetro	67,9	4,3	68	62	77
	RM	69,7	5,3	68	63	81
Largura côndilo lateral	Paquímetro	27,3	3,7	27	22	37
	RM	26,9	3,0	26,5	23	34
Largura côndilo medial	Paquímetro	26,5	2,7	26,5	22	32
	RM	26,6	2,4	26	23	33
Intercôndilo	Paquímetro	17,5	2,6	18	12	22
	RM	16,9	2,7	16	12	23
Altura côndilo lateral	Paquímetro	63,4	4,8	63,5	54	74
	RM	63,6	4,2	63,5	54	73
Altura côndilo medial	Paquímetro	62,9	4,6	62,5	54	73
	RM	61,6	4,9	61	53	73
Tibia mediolateral	Paquímetro	70,5	7,5	71	51	86
	RM	71,3	8,2	70,5	52	89
Tibia anteroposterior	Paquímetro	48,1	7,2	46	42	75
	RM	48,5	6,9	47	42	74

DP, desvio-padrão; Mín., mínimo; Máx., máximo.

Tabela 2—Comparação entre os dois métodos de medida.

Medida	CCI	IC 95%	<i>p</i> valor
Largura total fêmur	0,864*	0,693–0,943*	< 0,0001
Largura côndilo lateral	0,866*	0,697–0,944*	< 0,0001
Largura côndilo medial	0,677†	0,353–0,857†	0,0002
Intercôndilo	0,706†	0,400–0,871†	0,0001
Altura côndilo lateral	0,912*	0,794–0,964*	< 0,0001
Altura côndilo medial	0,840*	0,645–0,933*	< 0,0001
Tibia mediolateral	0,958‡	0,898–0,983‡	< 0,0001
Tibia anteroposterior	0,977‡	0,943–0,991‡	< 0,0001

CCI, coeficiente de correlação intraclass; IC 95%, intervalo de confiança 95%.

\* Correlação ótima; † Correlação boa; ‡ Correlação próxima da perfeita.

latino-americanos<sup>(8)</sup>, feita com mensuração intraoperatória, mas apresentava número limitado de pacientes masculinos.

Chaichankul et al.<sup>(26)</sup> estudaram 200 joelhos de pacientes asiáticos saudáveis por meio da RM e encontraram desproporções entre os implantes e os ossos ressecados e diferenças anatômicas ligadas ao gênero. A amostra foi composta por joelhos normais e que, portanto, não possuíam as alterações anatômicas típicas da gonartrose<sup>(13)</sup>. Além disso, não calcularam a fidedignidade das medidas realizadas em RM após simulação dos cortes cirúrgicos iniciais. Buscamos, no nosso estudo, definir quais as medidas que apresentam melhor correlação com as mensurações *in vivo* em pacientes portadores de osteoartrite, a fim de permitir estudos antropométricos mais amplos de forma não invasiva.

Han et al.<sup>(28)</sup> estudaram as dimensões do joelho de 535 voluntários utilizando a RM. Dividiram esses indivíduos em três grupos, conforme a idade, e encontraram diferenças significativas entre os jovens, de meia-idade e idosos. Os pacientes da nossa pesquisa, além de terem o diagnóstico clínico e radiográfico de osteoartrite, eram candidatos a cirurgia para implantação de prótese do joelho, todos com idade acima de 60 anos. Utilizar pacientes idosos e com joelhos patológicos foi importante, pois esse grupo apresenta características antropométricas próprias. Além disso, as alterações morfológicas típicas da osteoartrite, como diminuição do espaço articular, formação de osteófitos e cistos subcondrais, poderiam ser fatores de confundimento na mensuração por imagem, fato que não se confirmou no nosso estudo.

Shah et al.<sup>(29)</sup> avaliaram a cobertura tibial dos joelhos de 150 pacientes indianos por cinco modelos de próteses. As mensurações foram realizadas após simulação do corte proximal da tibia na sequência axial da RM, método muito similar ao nosso, com exceção da orientação rotacional, para a qual utilizamos a linha de Akagi<sup>(30)</sup>. Nossa pesquisa demonstrou que as mensurações tibiais apresentam correlação próxima da perfeita, o que permite a utilização dessa técnica de estudo sem ajustes.

Vaidya et al.<sup>(18)</sup> estudaram, por meio de tomografia computadorizada (TC), as dimensões de 86 joelhos em indianos portadores de gonartrose. Encontraram grande variabilidade no formato do fêmur distal e mais de 40% dos pacientes apresentaram dimensões menores que os implantes disponíveis. Porém, conforme descrito por Loures et al.<sup>(31)</sup> e Voleti et al.<sup>(32)</sup>, a TC não considera a espessura da cartilagem articular, o que prejudica o método tanto na comparação com os implantes quanto na definição de padrões anatômicos.

Urabe et al.<sup>(33)</sup> estudaram o fêmur distal de 100 mulheres, sendo 70 japonesas e 30 caucasianas. Utilizaram medidas obtidas por exames radiográficos e encontraram que tanto a etnia quanto a altura do paciente podem influenciar no formato do fêmur distal. A radiografia pode sofrer alterações de magnificação e imperfeições técnicas<sup>(32)</sup> que diminuem sua confiabilidade para esse tipo de estudo. O exame radiográfico, assim como a TC, utiliza radiação e pode ser prejudicial para o paciente.

Cheng et al.<sup>(13)</sup> sugerem que as dimensões medidas nos ossos ressecados são mais confiáveis para comparação com o tamanho e formato dos implantes. Acreditamos que a mensuração intraoperatória, feita por um cirurgião com experiência em artroplastia e utilizando um paquímetro calibrado, é o padrão ouro para avaliação da antropometria, entretanto, é um método invasivo e difícil de ser expandido de forma homogênea. A mensuração pela RM com simulação dos cortes ósseos apresentou correlação ótima para os principais parâmetros utilizados na escolha do tamanho da prótese. Entre as vantagens do método destacamos o fato de ser um exame não invasivo e não utilizar radiação.

A ausência de avaliação interobservador é o ponto fraco do nosso estudo. Porém, os parâmetros anatômicos bem definidos viabilizam a utilização da técnica tanto por ortopedistas como por radiologistas.

Conclui-se que a mensuração das dimensões dos joelhos osteoártríticos por meio de RM é um método semelhante à mensuração intraoperatória, sendo confiável para a realização de estudos antropométricos amplos que permitam a adequação e melhoria dos implantes disponíveis.

#### REFERÊNCIAS

1. Scott WN. Insaal & Scott Surgery of the knee. 5th ed. Philadelphia: Elsevier Churchill Livingstone; 2012.
2. Camanho GL, Imamura M, Arendt-Nielsen L. Gênese da dor na artrose. *Rev Bras Ortop.* 2011;46:14–7.
3. Coimbra IB, Rezende MU, Plapler PG. Osteoartrite (artrose) – cenário atual e tendências no Brasil. 1ª ed. São Paulo: Limay Editora; 2012.
4. Dargel J, Michael JWP, Feiser J, et al. Human knee joint anatomy revisited: morphometry in the light of sex-specific total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2011;26:346–53.
5. Ha CW, Na SE. The correctness of fit of current total knee prostheses compared with intra-operative anthropometric measurements in Korean knees. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94:638–41.
6. Kwak DS, Han S, Han CW, et al. Resected femoral anthropometry for design of the femoral component of the total knee prosthesis in a Korean population *Anat Cell Biol.* 2010;43:252–9.
7. Conley S, Rosenberg A, Crowninshield R. The female knee: anatomic variations. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15 Suppl 1:S31–6.
8. Loures FB, Góes RFA, Palma IM, et al. Anthropometric study of the knee and its correlation with the size of three implants available for arthroplasty. *Rev Bras Ortop.* 2016;51:282–9.
9. Cohen J. Statistical power analysis for the behavior sciences. New York: Academic Press; 1969.
10. Liu Z, Yuan G, Zhang W, et al. Anthropometry of the proximal tibia of patients with knee arthritis in Shanghai. *J Arthroplasty.* 2013;28:778–83.
11. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Síntese de indicadores sociais. Uma análise das condições de vida da população brasileira – 2010. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2010.
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Esperanças de vida ao nascer. [acessado em 15 de abril de 2017]. Disponível em: <http://brasilensintese.ibge.gov.br/populacao/esperancas-de-vida-aonascer.html>.
13. Cheng CK, Lung CY, Lee YM, et al. A new approach of designing the tibial baseplate of total knee prostheses. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1999;14:112–7.

14. Robertsson O, Dunbar M, Pehrsson T, et al. Patient satisfaction after knee arthroplasty: a report on 27.372 knees operated between 1981 and 1995 in Sweden. *Acta Orthop Scand.* 2000;71:262–7.
15. Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, et al. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:57–63.
16. Wylde V, Learmonth I, Pottter A, et al. Patient-reported outcomes after fixed versus mobile-bearing total knee replacement: a multi-centre randomized controlled trial using the Kinemax total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90:1172–9.
17. Mensch JS, Amstutz HC. Knee morphology as a guide to knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1975;(112):231–41.
18. Vaidya SV, Ranawat CS, Aroojis A, et al. Anthropometric measurements to design total knee prostheses for the Indian population. *J Arthroplasty.* 2000;15:79–85.
19. Hitt K, Shurman JR 2nd, Greene K, et al. Anthropometric measurements of the human knee: correlation to the sizing of current knee arthroplasty systems. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A Suppl 4:115–22.
20. Lonner JH, Jasko JG, Thomas BS. Anthropomorphic differences between the distal femora of men and women. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:2724–9.
21. Terzidis I, Totlis T, Papatheanasiou E, et al. Gender and side-to-side differences of femoral condyles morphology: osteometric data from 360 Caucasian dried femori. *Anat Res Int.* 2012;2012:679658.
22. Guy SP, Farndon MA, Sidhom S, et al. Gender differences in distal femoral morphology and the role of gender specific implants in total knee replacement: a prospective clinical study. *Knee.* 2012;19:28–31.
23. Li P, Tsai TY, Li JS, et al. Morphometrical measurement of the knee: race and sex affects. *Acta Orthop Belg.* 2014;80:260–8.
24. Ho WP, Cheng CK, Liao JJ. Morphometrical measurements of resected surface of femurs in Chinese knees: correlation to the sizing of current femoral implants. *Knee.* 2006;13:12–4.
25. Ewe TW, Ang HL, Chee EK, et al. An analysis of the relationship between the morphometry of the distal femur, and total knee arthroplasty implant design. *Malaysian Orthopaedic Journal.* 2009;3:24–8.
26. Chaichankul C, Tanavalee A, Itiravivong P. Anthropometric measurements of knee joints in Thai population: correlation to the sizing of current knee prostheses. *Knee.* 2011;18:5–10.
27. Yue B, Varadarajan KM, Ai S, et al. Differences of knee anthropometry between Chinese and white men and women. *J Arthroplasty.* 2011;26:124–30.
28. Han H, Oh S, Chang CB, et al. Anthropometric difference of the knee on MRI according to gender and age groups. *Surg Radiol Anat.* 2016;38:203–11.
29. Shah S, Agarwal N, Jain A, et al. MRI based comparison of tibial bone coverage by five knee prosthesis: anthropometric study in indians. *J Arthroplasty.* 2015;30:1643–6.
30. Aglietti P, Sensi L, Cuomo P, et al. Rotational position of femoral and tibial components in TKA using the femoral transepicondylar axis. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:2751–5.
31. Loures FB, Furtado Neto S, Pinto RL, et al. Rotational assessment of distal femur and its relevance in total knee arthroplasty: analysis by magnetic resonance imaging. *Radiol Bras.* 2015;48:282–6.
32. Voleti PB, Stephenson JW, Lotke PA, et al. No sex differences exist in posterior condylar offsets of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2015;473:1425–31.
33. Urabe K, Mahoney OM, Mabuchi K, et al. Morphologic differences of the distal femur between Caucasian and Japanese women. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2008;16:312–5.