



Artigo original

Análise radiográfica comparativa do eixo anatômico na osteoartrite do joelho. Avaliação inter e intraobservadores[☆]



Luiz Felipe Matos^a, Marcos Giordano^b, Gustavo Novaes Cardoso^b,
Rafael Baptista Farias^b e Rodrigo Pires e Albuquerque^{c,*}

^a Hospital Federal do Andaraí, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^b Hospital de Força Aérea do Galeão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

^c Centro de Cirurgia do Joelho do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 12 de maio de 2014

Aceito em 1 de julho de 2014

On-line em 14 de fevereiro de 2015

Palavras-chave:

Osteoartrite/radiografia

Joelho

Extremidade inferior

R E S U M O

Objetivo: fazer a análise comparativa inter e intraobservador da medida do eixo anatômico entre as radiografias panorâmica, dos membros inferiores (MMII) com raio anteroposterior (AP) e apoio bipodálico e AP com carga bipodal em filme curto.

Métodos: foi feito estudo de acurácia que comparou medidas radiográficas em 47 joelhos de pacientes do ambulatório de cirurgia do joelho, por osteoartrite (OA). A avaliação radiográfica usada foi a padronizada para a programação de ATJ, incluindo as incidências panorâmica dos MMII em AP e as radiografias curtas dos joelhos em AP e perfil, todas com apoio bipodálico. Em seguida, as radiografias panorâmicas e curtas em AP tiveram os eixos anatômicos dos MMII ou ângulo femorotibial (AFT) medidos por cinco examinadores independentes, dos quais três eram considerados mais experientes e dois menos experientes. Todas as medidas foram refeitas pelos mesmos examinadores em um intervalo não menor do que 15 dias. A análise estatística foi feita com o uso do coeficiente de correlação intraclass (ICC) para avaliar a concordância na medida do eixo anatômico inter e intraobservadores.

Resultados: após análise estatística observou-se forte concordância significativa entre o eixo anatômico medido nas radiografias panorâmica e curta para todos os cinco examinadores e para ambas as medidas.

Conclusões: nas condições estudadas a radiografia curta equipara-se à panorâmica na avaliação do eixo anatômico dos MMII em pacientes com OA avançada. A mensuração usada também mostra alta taxa de concordância e reprodutibilidade inter e intraobservadores.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Trabalho desenvolvido nos Departamentos de Ortopedia e Traumatologia e de Radiologia do Hospital de Força Aérea do Galeão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: rodalbuquerque19@gmail.com (R.P.e. Albuquerque).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.07.006>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Comparative radiographic analysis on the anatomical axis in knee osteoarthritis cases: inter and intraobserver evaluation

A B S T R A C T

Keywords:

Osteoarthritis/radiography

Knee

Lower extremity

Objective: to make a comparative inter and intraobserver analysis on measurements of the anatomical axis between panoramic radiographs of the lower limbs in anteroposterior (AP) view with bipedal weight-bearing, on short film.

Methods: an accuracy study comparing radiographic measurements on 47 knees of patients attending the knee surgery outpatient clinic due to osteoarthritis. The radiographic evaluation used was as standardized for the total knee arthroplasty program, including panoramic AP views of the lower limbs and short radiographs of the knees in AP and lateral views, all with bipedal weight-bearing. Following this, the anatomical axis of the lower limbs or the femorotibial angle was measured by five independent examiners on the panoramic and short AP radiographs; three of the examiners were considered to be more experienced and two, less experienced. All the measurements were made again by the same examiners after an interval of not less than 15 days. The statistical analysis was performed using the intra-class correlation coefficient, in order to evaluate the inter and intraobserver concordance of the anatomical axis measurements.

Results: from the statistical analysis, it was observed that there was strongly significant concordance between the anatomical axis measurements on the panoramic and short radiographs, for all the five examiners and for both measurements.

Conclusions: under the conditions studied, short radiographs were equivalent to panoramic radiographs for evaluating the anatomical axis of the lower limbs in patients with advanced osteoarthritis. The measurements used also showed high rates of inter and intraobserver concordance and reproducibility.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

O alinhamento dos membros inferiores (MMII), avaliado por seus eixos anatômico e mecânico, é considerado um elemento fundamental na gênese e na progressão da doença articular degenerativa (DAD) ou da osteoartrite (OA) do joelho.¹⁻⁶ Deformidades em valgo ou varo do joelho estão relacionadas ao risco de acometimento dos compartimentos lateral e medial, respectivamente.^{2,3,5,6} O conhecimento desse alinhamento torna-se também imprescindível para o adequado planejamento terapêutico dos pacientes com OA do joelho, principalmente aqueles que aguardam osteotomias ou artroplastias, bem como para o seu acompanhamento pós-operatório.^{3,7-10}

A despeito da correta e necessária avaliação clínica, o exame radiográfico é ferramenta fundamental para o planejamento pré-operatório.^{3,7-10} A radiografia panorâmica dos MMII em AP com apoio mono ou bipodálico tem sido considerada o padrão-ouro e é amplamente recomendada nessas situações.^{1-4,7-13} No entanto, não são dispensáveis as radiografias curtas dos joelhos, para melhor entendimento, estadiamento e classificação da doença degenerativa, nas incidências em AP e perfil, também com apoio.^{2,5,6,14-18} Sabendo-se da dificuldade logística para se fazerem radiografias panorâmicas, da qualidade contestável quando feitas (muitas vezes omitem os quadris ou tornozelos, quer seja por posicionamento inadequado do aparelho-paciente, por penetração inadequada de uma das extremidades ou

por incompatibilidade entre o tamanho do filme e o do paciente), da maior exposição do paciente à radiação ionizante e do custo adicional gerado,^{5,6,15} os autores idealizaram uma pesquisa com os seguintes objetivos: avaliar a confiabilidade da medida do ângulo femorotibial (AFT) nas radiografias curtas em comparação com os valores encontrados nas radiografias panorâmicas dos MMII; avaliar a reprodutibilidade das medidas interobservadores e avaliar a reprodutibilidade das medidas intraobservadores.

Materiais e métodos

Foi feito um estudo de acurácia que comparou medidas radiográficas em 50 joelhos dos primeiros pacientes que se apresentaram ao ambulatório de cirurgia do joelho em nossa instituição com indicação de artroplastia total do joelho (ATJ) por OA (Kellgren e Lawrence¹⁹ 3 ou 4 e Ahlbäck²⁰ 3 a 5, segundo avaliação do pesquisador sênior - MNG). O único critério de exclusão foi exame radiográfico de qualidade inadequada e eliminaram-se três joelhos do estudo. A avaliação radiográfica usada foi a padronizada para a programação de ATJ, incluindo as incidências panorâmica dos MMII em AP (radiografia longa) e as radiografias curtas dos joelhos em AP e perfil, todas com apoio bipodálico.

Os exames radiográficos foram feitos no setor de radiologia do nosso serviço com o aparelho Prestige SI, por um único técnico de radiologia, sem auxílio de radioscopia, apenas tendo-se o cuidado de fazer extensão máxima dos joelhos



Figura 1 – Radiografia panorâmica do membro inferior.

e colocar as patelas dos pacientes voltadas para frente. Os filmes das radiografias panorâmicas foram todos de medida 130×35 cm – Kodak® e das radiografias curtas 24×30 cm – Kodak®. A seguir, todas as radiografias em AP tiveram os eixos anatômicos dos MMII (ou AFT) medidos por cinco examinadores independentes, dos quais dois considerados mais experientes (MNG e RPA), membros titulares da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (Sbot) há mais de cinco anos, um considerado de experiência intermediária (LFM), membro titular da Sbot há menos de um ano, que faz especialização em cirurgia do joelho, e dois menos experientes (GNC e RBF), que cursam o terceiro ano de residência médica em ortopedia e traumatologia. Todas as medidas foram refeitas pelos mesmos examinadores em um intervalo não menor do que 15 dias.

O eixo anatômico nas radiografias panorâmicas foi avaliado por meio de linhas traçadas pelo eixo longo do fêmur e da tibia (fig. 1). A técnica de mensuração das radiografias curtas foi a sugerida por Khan et al.,⁶ baseada nos trabalhos prévios de Hsu et al.¹¹ e Kraus et al.⁵ Definiu-se no fêmur um ponto no centro do espaço intercondilar e outro 10 cm proximal, no ponto médio da distância entre as duas corticais externas. A medida na tibia iniciou-se a partir da marcação de um ponto localizado no centro das eminências tibiais e um segundo 10 cm distal no ponto médio da distância entre as duas corticais externas. Traçaram-se linhas que uniram os pontos femorais e tibiais e a interseção delas correspondeu ao eixo anatômico ou ângulo femorotibial (AFT) (fig. 2).

Foram avaliados 27 pacientes, dos quais 24 mulheres (88,9%) e três homens (11,1%), com idade média de 73 anos e quatro meses (variação de 48 anos e cinco meses a 88 anos e dois meses) (tabela 1).

Em relação ao estadiamento da OA, 30 joelhos (63,8%) foram classificados como Kellgren e Lawrence¹⁹ grau III e 17 (36,2%) como grau IV. Pela classificação de Ahlbäck²⁰ modificada por

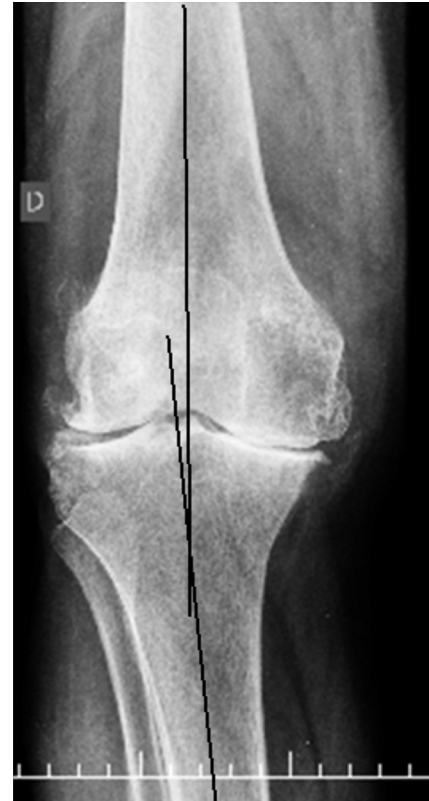


Figura 2 – Radiografia curta do joelho em AP com apoio bipodal e técnica de medida do AFT.

Keyes e Goodfellow,²¹ cinco joelhos receberam grau III (10,6%), 30 grau IV (63,9%) e 12 grau V (25,5%) (tabela 1).

Na metodologia estatística, a concordância na medida do eixo anatômico inter e intraobservadores foi avaliada pelo coeficiente de correlação intraclass (ICC).²² O critério de determinação de significância adotado foi o nível de 1%. A análise foi processada pelo pacote estatístico SPSS versão 13.0.

Sabe-se que quanto mais próximo o ICC for de um (1), mais forte (ou perfeita) é a concordância entre os observadores. Nesse caso, as técnicas assemelham-se sob o aspecto numérico (quantitativo). Por outro lado, quanto mais próximo de zero (0), maior é a discordância, ou seja, significa que não se reproduzem e as diferenças observadas não são ao acaso.

Por meio de vários estudos e simulações, pode-se dizer que:

- ICC ≤ 0,20 – sem concordância;
- 0,20 < ICC ≤ 0,40 – concordância fraca;
- 0,40 < ICC ≤ 0,60 – concordância moderada;
- 0,60 < ICC ≤ 0,80 – concordância forte (boa);
- ICC > 0,80 – concordância fortíssima (ótima).

Resultados

Considerando-se todas as medidas iniciais feitas, o AFT médio nas radiografias curtas foi de 7,6°, enquanto nas radiografias longas foi de 7,7°. Nas medidas finais o AFT médio nas radiografias curtas foi de 7,5° e nas longas de 7,6°. Considerando-se cada examinador isoladamente, a medida do eixo anatômico

Tabela 1 – Dados demográficos incluindo estadiamento da AO

Iniciais pacientes	Idade (anos)	Joelho direito	Joelho direito	Joelho esquerdo	Joelho esquerdo
		Ahlbäck	Kellgren e Lawrence	Ahlbäck	Kellgren e Lawrence
1	68,7			4	3
2	67,8	4	3	4	3
3	88,2	5	4	5	4
4	76,4	4	3	5	4
5	61,4	3	3	3	3
6	71,1			4	4
7	82,2	5	4		
8	74,2	4	3	5	4
9	74	4	3	4	3
10	72	4	4	4	3
11	65	3	3	4	3
12	74,6	4	4	4	3
13	69,7	4	3	4	3
14	76,9	5	4		
15	83,2			5	4
16	74,1	4	3	4	3
17	75,6	4	4	4	3
18	60,7	3	3	3	3
19	71,8	4	3	4	3
20	83,7	5	4	5	4
21	69	4	3	4	3
22	74,3	4	4	5	4
23	85	5	4	5	4
24	72,7	4	3	4	3
25	48,4	4	3	4	3
26	66			4	3
27	85,2	4	3		

Fonte: Arquivos do hospital, 2013.

Tabela 2 – Concordância entre radiografias: curta versus panorâmica

	Observador	ICC	IC de 95%	p valor
Medida 1	RBF	0,885	0,804–0,934	< 0,001
	GNC	0,915	0,853–0,952	< 0,001
	MNG	0,941	0,897–0,967	< 0,001
	LFM	0,914	0,851–0,951	< 0,001
	RPA	0,945	0,903–0,969	< 0,001
Medida 2	RBF	0,928	0,874–0,959	< 0,001
	GNC	0,944	0,902–0,968	< 0,001
	MNG	0,953	0,918–0,974	< 0,001
	LFM	0,916	0,854–0,952	< 0,001
	RPA	0,945	0,903–0,969	< 0,001

ICC, Coeficiente de correlação intraclass; IC de 95%, Intervalo de confiança de 95% para ICC.

Fonte: Arquivos do hospital, 2013.

variou de no máximo 13° entre as radiografias longa e curta e de no máximo 6° entre as medidas inicial e final. Após análise estatística observou-se que existe concordância fortemente significativa (ICC > 0,88, no mínimo) entre a avaliação pela radiografia curta e pela panorâmica ($p < 0,001$), para todos os cinco observadores e para as duas medidas (tabela 2).

Observou-se ainda que existia concordância fortemente significativa (ICC > 0,97, no mínimo) entre a medida 1 e a medida 2 ($p < 0,001$), para todos os cinco observadores e para os dois tipos de radiografias (tabela 3).

Tabela 3 – Concordância intraobservador: medida 1 (inicial) versus medida 2 (final)

Radio	Observador	ICC	IC de 95%	p valor
Curta	RBF	0,989	0,980–0,994	< 0,001
	GNC	0,986	0,975–0,992	< 0,001
	MNG	0,996	0,992–0,998	< 0,001
	LFM	0,989	0,980–0,994	< 0,001
	RPA	0,998	0,997–0,999	< 0,001
Panorâmica	RBF	0,977	0,959–0,987	< 0,001
	GNC	0,988	0,979–0,994	< 0,001
	MNG	0,997	0,995–0,999	< 0,001
	LFM	0,986	0,975–0,992	< 0,001
	RPA	0,998	0,997–0,999	< 0,001

ICC, Coeficiente de correlação intraclass; IC de 95%, Intervalo de confiança de 95% para ICC.

Fonte: Arquivos do hospital, 2013.

Finalmente, observou-se que existe concordância fortemente significativa (ICC > 0,96, no mínimo) entre todos os pares de observadores ($p < 0,001$), para os dois tipos de radiografias, com o uso das medidas 1 e 2 (tabelas 4 e 5).

Discussão

O estudo radiográfico adequado para avaliação dos pacientes com OA do joelho ainda é fonte de controvérsias.^{5,6,9,13-16,18} As

Tabela 4 – Concordância interobservador para a medida 1 (inicial)

Radio	Observador 1 × Observador 2		ICC	IC de 95%	p valor	
Curta	RBF	GNC	0,984	0,972–0,991	< 0,001	
	RBF	MNG	0,987	0,977–0,993	< 0,001	
	RBF	LFM	0,977	0,959–0,987	< 0,001	
	RBF	RPA	0,979	0,963–0,988	< 0,001	
	GNC	MNG	0,982	0,968–0,990	< 0,001	
	GNC	LFM	0,973	0,952–0,985	< 0,001	
	GNC	RPA	0,976	0,957–0,986	< 0,001	
	MNG	LFM	0,972	0,951–0,984	< 0,001	
	MNG	RPA	0,993	0,988–0,996	< 0,001	
	LFM	RPA	0,968	0,943–0,982	< 0,001	
	Panorâmica	RBF	GNC	0,981	0,966–0,989	< 0,001
		RBF	MNG	0,978	0,960–0,987	< 0,001
		RBF	LFM	0,977	0,960–0,987	< 0,001
		RBF	RPA	0,981	0,966–0,989	< 0,001
GNC		MNG	0,989	0,980–0,994	< 0,001	
GNC		LFM	0,981	0,967–0,989	< 0,001	
GNC		RPA	0,990	0,982–0,994	< 0,001	
MNG		LFM	0,980	0,964–0,989	< 0,001	
MNG		RPA	0,997	0,994–0,998	< 0,001	
LFM		RPA	0,981	0,967–0,989	< 0,001	

ICC, Coeficiente de correlação intraclass; IC de 95%, Intervalo de confiança de 95% para ICC.
Fonte: Arquivos do hospital, 2013.

radiografias panorâmicas são tradicionalmente recomendadas quando se precisa avaliar o alinhamento dos MMII.^{1-4,7-13} Moreland et al.⁷ caracterizam-nas como essenciais para a mensuração do alinhamento axial da extremidade inferior. No entanto, são de difícil feitura, apresentam, muitas vezes, qualidade deficiente, expõem os pacientes a maior radiação ionizante e são mais dispendiosas.^{5,6,15}

Kraus et al.⁵ compararam o alinhamento do joelho com o uso de radiografias panorâmicas dos MMII em AP com radiografias curtas em pósterio-anterior (PA) em flexão e com as

medidas clínicas e observaram que as duas últimas apresentaram resultados correlatos com a primeira. Concluíram, portanto, que se configuram em opções úteis para situações em que as radiografias panorâmicas não estejam disponíveis.⁵ McGrory et al.¹⁵ não demonstraram vantagens da radiografia longa sobre a curta no planejamento pré-operatório.

Além disso, as radiografias curtas dos joelhos, de uma maneira geral, são indispensáveis em qualquer fase da doença degenerativa articular.^{2,5,6,14-18} Portanto, em caso de fornecer informações confiáveis do alinhamento, tornariam as

Tabela 5 – Concordância interobservador para a medida 2 (final)

Radio	Observador 1 × Observador 2		ICC	IC de 95%	p valor	
Curta	RBF	GNC	0,989	0,980–0,994	< 0,001	
	RBF	MNG	0,990	0,981–0,994	< 0,001	
	RBF	LFM	0,980	0,964–0,989	< 0,001	
	RBF	RPA	0,982	0,968–0,990	< 0,001	
	GNC	MNG	0,990	0,982–0,994	< 0,001	
	GNC	LFM	0,987	0,977–0,993	< 0,001	
	GNC	RPA	0,983	0,969–0,990	< 0,001	
	MNG	LFM	0,982	0,968–0,990	< 0,001	
	MNG	RPA	0,992	0,986–0,995	< 0,001	
	LFM	RPA	0,970	0,947–0,983	< 0,001	
	Panorâmica	RBF	GNC	0,993	0,988–0,996	< 0,001
		RBF	MNG	0,990	0,982–0,994	< 0,001
		RBF	LFM	0,983	0,970–0,991	< 0,001
		RBF	RPA	0,991	0,984–0,995	< 0,001
GNC		MNG	0,991	0,983–0,995	< 0,001	
GNC		LFM	0,980	0,964–0,989	< 0,001	
GNC		RPA	0,992	0,985–0,995	< 0,001	
MNG		LFM	0,977	0,959–0,987	< 0,001	
MNG		RPA	0,997	0,994–0,998	< 0,001	
LFM		RPA	0,980	0,964–0,989	< 0,001	

ICC, Coeficiente de correlação intraclass; IC de 95%, Intervalo de confiança de 95% para ICC.
Fonte: Arquivos do hospital, 2013.

panorâmicas desnecessárias. Essa foi a motivação dos autores do presente estudo.

Do ponto de vista metodológico, tentou-se reproduzir ao máximo a situação encontrada pelos ortopedistas na sua prática clínica diária. Não se controlou a posição dos pacientes com radioscopia previamente à feitura das radiografias, recurso encontrado em poucos centros em nosso país. Orientou-se, unicamente, manter os joelhos em extensão máxima e com as patelas ortogonais à ampola de raios-X para minimizar possíveis desvios rotacionais.

Moreland et al.⁷ postularam que a rotação da extremidade inferior afeta o alinhamento aparente. Em um joelho com pouca flexão, rotação externa simula um aumento do varo, enquanto rotação interna acentua o valgo, o que enfatiza a importância do direcionamento adequado da patela para frente na atenuação desse problema.⁷ Resultados similares foram apresentados por Brouwer et al.,¹³ que recomendaram o uso de fluoroscopia apenas em joelhos com contraturas em flexão.

Specogna et al.⁹ demonstraram que as radiografias feitas com apoio monopodálico não foram superiores àquelas com apoio bipodálico, na avaliação de 40 pacientes com OA do joelho associada à deformidade em varo. Até recomendaram que as últimas fossem adotadas como rotina na avaliação pré-operatória. Baseados nesse achado, os autores do presente estudo optaram pelas radiografias com duplo apoio.

Com relação aos resultados, foi observado que as medidas do AFT nas radiografias curtas pelo método descrito foram concordantes com aquelas obtidas nas radiografias longas. Em relação à força de concordância, percebeu-se que houve uma melhoria quando se fizeram as medições pela segunda vez, provavelmente pela maior familiaridade com o método apresentado. Outro dado relevante foram os melhores resultados obtidos pelos examinadores mais experientes nas duas aferições. No entanto, mesmo as medidas feitas pelos menos experimentados apresentaram alto índice de concordância.

Khan et al.⁶ conseguiram demonstrar a associação da evolução da OA do joelho com os desvios angulares medidos em radiografias curtas com a técnica descrita no presente trabalho. No entanto, não se arriscaram a indicar isoladamente essa técnica radiográfica para planejamento pré-operatório de osteotomias.⁶

Quanto à avaliação interobservador, observou-se novamente que ambas as medidas obtiveram maior concordância (> ICC) entre os dois examinadores mais experientes. No entanto, independentemente da experiência, houve alta concordância entre todos os pares de examinadores.

Finalmente, a concordância intraobservador também apresentou o mesmo comportamento das avaliações anteriores, com alta reprodutibilidade por todos os examinadores, com a mais forte correlação obtida pelos mais experientes.

Dessa forma, os resultados do presente estudo demonstram que o método proposto para mensuração do AFT em radiografias curtas é confiável e reprodutível, independentemente da experiência do médico examinador. Outras avaliações correlatas serviriam para fortalecer os dados observados no presente trabalho e abririam uma perspectiva para simplificar a avaliação dos desvios angulares dos MMII nos pacientes com OA do joelho.

Conclusões

Nas condições estudadas, a radiografia curta equipara-se à panorâmica na avaliação do eixo anatômico dos MMII em pacientes com OA avançada. A mensuração usada também mostra alta taxa de concordância e reprodutibilidade inter e intraobservadores.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Sharma L, Lou C, Cahue S, Dunlop DD. The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis: the mediating role of malalignment. *Arthritis Rheum.* 2000;43(3):568-75.
- Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA.* 2001;286(2):188-95.
- Cerejo R, Dunlop DD, Cahue S, Channin D, Song J, Sharma L. The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease. *Arthritis Rheum.* 2002;46(10):2632-6.
- Felson DT, Goggins J, Niu J, Zhang Y, Hunter DJ. The effect of body weight on progression of the knee osteoarthritis is dependent on alignment. *Arthritis Rheum.* 2004;50(12):3904-9.
- Kraus VB, Vail TP, Worrel T, McDaniel G. A comparative assessment of alignment angle of the knee by radiographic and physical examination methods. *Arthritis Rheum.* 2005;52(6):1730-5.
- Khan FA, Koff MF, Noiseux NO, Bernhardt KA, O'Byrne MM, Larson DR, et al. Effect of local alignment on compartmental patterns of knee osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(9):1961-9.
- Moreland JR, Basset LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(5):745-9.
- Kawakami H, Sugano N, Yonenobu K, Yoshikawa H, Ochi T, Hattori A, et al. Effects of rotation on measurement of lower limb alignment for knee osteotomy. *J Orthop Res.* 2004;22(6):1248-53.
- Specogna AV, Birmingham TB, Hunt MA, Jones IC, Jenkyn TR, Fowler PJ, et al. Radiographic measures of knee alignment in patients with varus gonarthrosis: effect of weightbearing status and associations with dynamic joint load. *Am J Sports Med.* 2007;35(1):65-70.
- Sabharwal S, Zhao C. Assessment of lower limb alignment: supine fluoroscopy compared with a standing full-length radiograph. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(1):43-51.
- Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chão EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(255):215-27.
- Brouwer RW, Jakma TS, Bierma-Zeinstra SM, Ginai AZ, Verhaar JA. The whole leg radiograph: standing versus supine for determining axial alignment. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(5):565-8.
- Brouwer RW, Jakma TS, Brouwer KH, Verhaar JA. Pitfalls in determining knee alignment: a radiographic cadaveric study. *J Knee Surg.* 2007;20(3):210-5.

14. Lonner JH, Laird MT, Stuchin SA. Effect of rotation and knee flexion on radiographic alignment in total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(331):102-6.
15. McGrory JE, Trousdale RT, Pagnano MW, Nigbur M. Pre-operative hip-to-ankle radiographs in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;(404):196-202.
16. Peterfy C, Li J, Zaim S, Duryea J, Lynch J, Míaux Y, Yu W, et al. Comparison of fixed-flexion positioning with fluoroscopic semi-flexed positioning for quantifying radiographic joint-space width in the knee: test-retest reproducibility. *Skeletal Radiol.* 2003;32(3):128-32.
17. Schmidt JE, Amrami KK, Manduca A, Kaufman KR. Semi-automated digital image analysis of joint space width in knee radiographs. *Skeletal Radiol.* 2005;34(10):639-43.
18. Radtke K, Becher C, Noll Y, Ostermeier S. Effect of limb rotation on radiographic alignment in total knee arthroplasties. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(4):451-7.
19. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthrosis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16(4):494-502.
20. Alhbäck S. Osteoarthritis of the knee. A radiographic investigation. *Acta Radiol Diagn.* 1968;277 Suppl:7-72.
21. Keyes GW, Carr AJ, Miller RK, Goodfellow JW. The radiographic classification of medial gonarthrosis – correlation with operation methods in 200 knees. *Acta Orthop Scand.* 1992;63(5):497-501.
22. Bartko JJ, Carpenter WT. On the methods and theory of reliability. *J Nerv Ment Dis.* 1976;163(5):307-17.