

Distribuição Natural do Ângulo Femoral Anatomo-Mecânico numa População Portuguesa com Gonartrose Avançada e Implicação no Planeamento Cirúrgico da Artroplastia Total do Joelho

Natural Distribution of the Femoral Mechanical Anatomical Angle in a Portuguese Population with Advanced Knee Osteoarthritis and its Implication in Total Knee Arthroplasty Surgical Planning

Alexei Buruian ^{1,2*}, Emanuel Homem ^{2,3}, Gonçalo Modesto ², João Mendes ², Carlos Alegre ², Fernando Fonseca ²

1. Serviço de Ortopedia, Hospital Distrital da Figueira da Foz, Figueira da Foz, Portugal
2. Serviço de Ortopedia, Centro Hospitalar Universitário de Coimbra, Coimbra, Portugal
3. Serviço de Ortopedia, Hospital Divino Espírito Santo, Ponta Delgada, Portugal

<https://doi.org/>

RESUMO

Introdução: A artroplastia total do joelho é das intervenções com maior sucesso na Medicina. O alinhamento mecânico permanece o *gold standard* para a obtenção de um alinhamento coronal protésico correto. Existe controvérsia relativamente ao uso de um ângulo de corte fixo do fémur distal, sendo utilizado frequentemente um valor entre os 4º-7º de valgo intraoperatoriamente. Constitui objetivo deste estudo a descrição da distribuição do ângulo de corte valgo (ACV) na população portuguesa e a avaliação da precisão do uso de um ângulo de corte fixo.

Métodos: De 13.3.2021 a 14.12.2021 foram analisados de forma retrospectiva e consecutiva 100 pangonogramas de doentes em lista de espera para serem submetidos a artroplastia total do joelho, com gonartrose avançada, re-fratária ao tratamento conservador.

Autor Correspondente/Corresponding Author: Alexei Buruian [alexei.buruian@gmail.com], Serviço de Ortopedia, Hospital Distrital da Figueira da Foz, Rua Hospital, 3094-001 Figueira da Foz, Portugal

Recebido/Received: 2024/01/21 Aceite/Accepted: 2024/03/03 Publicado online/Published online: - Publicado/Published: 2024/06/03

© Author(s) [or their employer(s)] 2024. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use. Published by Orthopaedic SPOT.

© Autor (es) [ou seu (s) empregador (es)] 2024. Reutilização permitida de acordo com CC BY-NC. Nenhuma reutilização comercial. Publicado por Orthopaedic SPOT.

Resultados: Foram avaliadas cem radiografias com filme extralongo (ou pangonogramas) pré-operatórios de doentes com gonartrose avançada, submetidos a artroplastia total do joelho, tendo sido obtido um ACV médio de $7,0 \pm 1,3^\circ$ [intervalo $3,7^\circ$ - $10,3^\circ$].

Conclusion: O uso de um ângulo de ressecção fixo resulta numa percentagem de desvio do eixo mecânico superior ao aceitável ($\pm 3^\circ$) em 8%-68% dos indivíduos, pelo que concluímos que para a obtenção de um alinhamento mecânico adequado é indispensável o recurso ao pangonograma para a medição pré-operatória do ângulo de corte valgo.

Palavras-chave: Articulação do Joelho/cirurgia; Artroplastia de Substituição do Joelho; Fenómenos Biomecânicos; Osteoartrite do joelho

ABSTRACT

Introduction: Total knee arthroplasty is one of the most successful interventions in medicine. Mechanical alignment remains the gold standard in obtaining a proper coronal prosthetic alignment. There is controversy regarding the use of a fixed cutting angle of the distal femur, with a value between 4° - 7° of valgus that is frequently used intraoperatively. The aim of this study was to describe the distribution of the valgus cut angle in the Portuguese population and to assess the safety of using a fixed valgus cut angle.

Methods: From 13.3.2021 to 14.12.2021, 100 pangonograms of patients on the waiting list to undergo total knee arthroplasty, with advanced gonarthrosis, refractory to conservative treatment, were analysed retrospectively and consecutively.

Results: The preoperative full length weight bearing radiography of one hundred patients submitted total knee replacement were evaluated, with a mean valgus cut angle of $7.0 \pm 1.3^\circ$ [range 3.7° - 10.3°].

Conclusion: The use of a fixed resection angle results in a percentage of mechanical axis deviation greater than acceptable ($\pm 3^\circ$) in 8%-68% of cases, as such we conclude that, in order to obtain a proper mechanical alignment, pre-operative full length weight bearing evaluation is required for proper valgus cut angle measurement.

Keywords: Arthroplasty, Replacement, Knee; Biomechanical Phenomena; Knee Joint/surgery; Osteoarthritis, Knee

INTRODUÇÃO

Artroplastia total do joelho é uma das intervenções com maior sucesso na Medicina, sendo um procedimento cada vez mais utilizado devido ao aumento da gonartrose, aliada ao envelhecimento populacional.¹ Apesar do sucesso, estudos publicados sugerem que até 20% dos doentes estão insatisfeitos com os resultados.² Contribuem para a taxa de insatisfação diversos fatores, entre os quais a obtenção de um bom alinhamento coronal, associado a um risco da necessidade de revisão cirúrgica que é cerca de 11 vezes menor.³ Para tal, há autores que defendem técnicas de alinhamento anatómico e cinemático que, no entanto, não demonstraram superioridade sobre a técnica antecessora e atual, o *gold standard* do alinhamento coronal.⁴ O critério classicamente considerado como sendo um bom alinhamento coronal é um desvio inferior a 3° do eixo mecânico neutro.^{5,6-14}

Considera-se que desvios inferiores a 3° permitem reduzir as forças de cisalhamento sobre a superfície dos componentes implantados, reduzindo a taxa de falência e aumentando

a longevidade da prótese.⁷ No entanto, este conceito começou a ser questionado por alguns trabalhos recentes, com seguimento de até 20 anos, não tendo sido demonstrado maior taxa de falências ou pior resultado funcional em doentes com desvio superior a 3° do eixo mecânico.^{8,9}

Na literatura, é possível encontrar vários estudos que descrevem a distribuição dos ângulos de corte valgo (ACV) em diferentes populações, com base nos quais é possível determinar a precisão do uso de um ângulo de corte fixo endomedular. Não existem, no entanto, estudos semelhantes realizados na população portuguesa.¹⁵⁻²⁶

O objetivo deste estudo é descrever a distribuição do ângulo anatómico-mecânico do fémur distal numa amostra de doentes da população portuguesa submetida a artroplastia primária do joelho e calcular a percentagem de doentes que apresenta um desvio superior a 3° relativamente a um valor empírico, com base em pangonograma pré-operatório.

MATERIAL E MÉTODOS

De 13.3.2021 a 14.12.2021 foram analisados de forma retrospectiva e consecutiva 100 pangenogramas de doentes em lista de espera para serem submetidos a artroplastia total do joelho, com gonartrose avançada, refratária ao tratamento conservador. Os critérios de exclusão foram: presença de artroplastia da anca ipsilateral, artrose secundária, osteotomia do fémur ou tíbia prévia e antecedentes de fratura do membro ipsilateral e radiografia inadequada [a não visualização da cabeça femoral e do astrágalo e membro com rotação inadequada, com a rótula descentrada entre os côndilos femorais e o pequeno trocânter não visível ou visível na sua totalidade]. A colheita dos dados foi realizada por quatro observadores independentes, internos de Ortopedia, com medição única por observador. Os valores extremos não foram excluídos. As técnicas de medição e definições usadas foram as seguintes.¹⁰⁻¹³ O eixo mecânico do fémur foi definido como o eixo que une o centro da cabeça femoral ao centro do fémur distal, o eixo anatómico do fémur como o eixo longitudinal que divide o canal medular a meio, e o eixo mecânico da tíbia como o eixo que une o centro da tíbia proximal ao centro do astrágalo. O ângulo de corte valgo foi definido como o ângulo entre o eixo anatómico e o eixo mecânico, de acordo com a técnica de Wang Y *et al*¹⁰ (Fig. 1). A medição do ângulo de varo e de valgo do joelho foi definida como o ângulo entre o eixo mecânico do fémur e o eixo mecânico da tíbia (Fig. 2). Joelho varo foi definido como um joelho com mais de 2° de varo, joelho valgo como um joelho com mais de 2° de valgo e joelho neutro como um joelho entre 2° de varo e 2° de valgo. Todos os doentes apresentavam gonartrose avançada, definida como grau III ou grau IV segundo a classificação de Kellgren Lawrence. O Sistema informático usado para a análise das imagens é o Sectra UniView® e os pangenogramas foram feitos em filme de 90 cm ou 120 cm, a 2 m do doente. A base de dados foi realizada em folha de cálculo Excel®. A análise estatística foi realizada com recurso ao software SPSS 21®. Foi usado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, tendo uma distribuição normal o ângulo de corte valgo e o ângulo varo/valgo dos membros ($p > 0,05$) mas não a idade (distribuição não paramétrica) ($p < 0,05$). Foi usado o teste *t* (*student*) para comparar as médias do ACV conforme o sexo e a lateralidade e ANOVA para comparar as médias do ACV conforme a angulação vara/valgo/neutra do joelho. Recorreu-se ao teste de Spearman para correlacionar a idade com o ACV.

RESULTADOS

Incluímos 100 indivíduos, 80 do sexo feminino, com idade média de $71,6 \pm 7,85$ anos, mediana de 72,5 anos. Dos doentes, 58% foram intervencionados ao joelho direito.

Quanto ao alinhamento do membro previamente à cirurgia, 77% apresentaram joelhos varos, com angulação média de $11,4^\circ \pm 5,8^\circ$; 17% apresentaram joelhos valgos, com uma angulação média de $8,6^\circ \pm 4,1^\circ$ e 6% apresentaram joelhos neutros (varo/valgo inferior a 2°). O ângulo de corte valgo médio foi de $7,0^\circ \pm 1,3^\circ$ (intervalo $3,7^\circ$ - $10,3^\circ$). A distribuição encontra-se no histograma da Fig. 3.



Figura 1. Pangenograma em carga. Medição do ACV do membro inferior direito através do ângulo entre o eixo mecânico e o eixo anatómico do fémur.



Figura 2. Pangonograma em carga. Medição da deformidade coronal do membro inferior direito através do ângulo entre o eixo mecânico do fêmur e da tíbia.

Foi analisada a percentagem de joelhos que se desviam mais de 3° , conforme a medição usada intraoperatoriamente. Na nossa amostra, 8%-68% tiveram um ACV fora dos 4° - 7° usados habitualmente. Na Fig. 4 encontram-se discriminados os valores com desvio $\pm 3^\circ$ por cada referência fixa. É de notar que na amostra deste estudo, 7° empíricos é a referência que obteve uma percentagem de casos inaceitáveis mais baixa [8% com valores inferiores a 4° ou superiores a 10°].

A análise estatística não detetou diferenças estatisticamente significativas do ACV consoante o sexo do indivíduo, a lateralidade da gonartrose ou o desvio da deformidade em varo ou valgo ($p > 0,05$). A idade não se correlacionou com o ACV ($p > 0,05$).

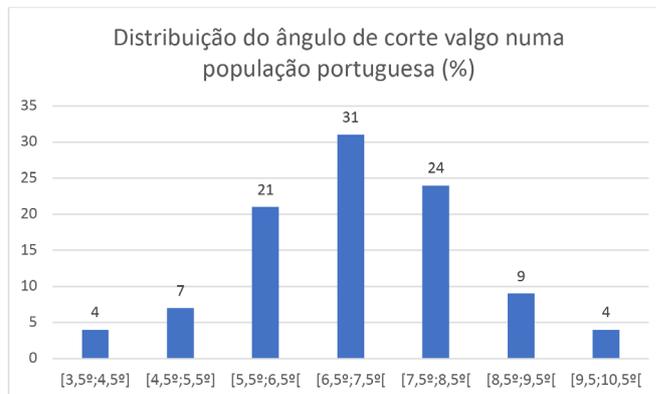


Figura 3. Distribuição do ACV numa população portuguesa.

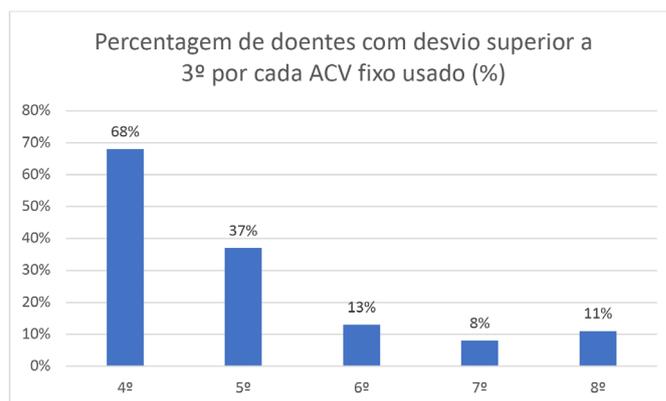


Figura 4. Percentagem de doentes com desvio superior a 3° por cada ACV fixo usado.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam que a utilização do ACV empírico de 4° - 7° contribui para uma imprecisão significativa do eixo mecânico e que o ACV de 7° é a referência fixa mais precisa. Ou seja, caso se usasse um corte empírico habitual de 6° estaríamos a deixar 13% dos doentes com um desvio superior a 3° , o que pode ser minimizando usando uma referência de 7° , que na nossa amostra foi a que obteve a mais baixa percentagem de desvio superior a 3° (8%). Também não foi identificado outro fator preditivo de alterações no ACV, nomeadamente quanto o sexo, idade, lateralidade e desvio da deformidade em varo ou valgo. Como tal sugerimos uma abordagem individualizada ao doente, com medição do ACV pré-operatório nos doentes submetidos a

artroplastia total do joelho, de forma a maximizar um bom alinhamento da prótese e promover a sua longevidade.

A literatura não é unânime relativamente à precisão do uso de uma referência fixa de corte distal valgo do fémur. Curiosamente, em duas populações semelhantes, diferentes autores chegaram a conclusões opostas. Costa M *et al* (Rio de Janeiro, Brasil) analisou 107 pangonogramas, dos quais a média de ACV foi de 6,3° (intervalo 4,2°-8,6°), ou seja, nenhuma medição ultrapassava os 3° de desvio considerados inaceitáveis para cortes de 6°. ¹⁴ Rezende F *et al* (São Paulo, Brasil), por outro lado, analisaram 99 pangonogramas, tendo detetado desvios superiores a 3° em 19,7% dos indivíduos, caso sejam usados 6° de corte, com ACV médio de 6,02°±1,27° (intervalo 3°-9°). ¹⁵

Há outros autores que consideram apropriado o uso de um corte valgo fixo. Kharwadkar N *et al* (Reino Unido) analisaram 83 pangonogramas de indivíduos sem “evidência grosseira de deformidade do joelho” e obtiveram uma média de corte valgo 5,4°±0,9° (intervalo 3,3°-7,6°), concluindo que o uso empírico de 5° ou 6° de corte valgo é preciso. ¹⁶

Vaishya R *et al* (Índia) chegaram à mesma conclusão ao analisar 134 joelhos por TC, numa população indiana tendo obtido um ângulo de corte valgo médio de 5,83° ± 0,64° (intervalo 4°-7,5°). ¹⁷

McGrory J *et al* (EUA) analisaram 124 pangonogramas pré e pós-operatórios de doentes com deformidades varo/valgo inferior a 15° e não obesos, dividindo-os em dois grupos, os que foram intervencionados com um corte valgo de 5° e os que foram submetidos a um corte individualizado conforme o pangonograma, não tendo sido detetado diferenças estatisticamente significativas no que se refere ao alinhamento no pós-operatório entre os dois grupos. ¹⁸

No que concerne aos defensores da medição pré-operatória do ângulo de corte valgo, Zhou K (China) estudou a técnica de alinhamento em joelhos valgus, comparando os resultados de 63 doentes submetidos a ressecção com ângulo fixo de 4° com 55 doentes submetido a ressecção personalizada. Constatou que no primeiro grupo 54,2% tiveram um alinhamento dentro dos ±3° de desvio do eixo mecânico, comparativamente aos 77,3%, concluindo que a medição pré-operatória do ângulo valgo com pangonograma permite aumentar a precisão de alinhamento mecânico em joelhos valgus. ¹⁹

Andrews S *et al* (EUA) adotaram uma abordagem diferente, analisaram os pangonogramas pós-operatórios de 788 artroplastias totais do joelho submetidas a corte de valgo

de 6° e relataram obtenção de eixo mecânico neutro em apenas 86% dos indivíduos. ²⁰

Os autores que aplicaram metodologias semelhantes à nossa, tendo chegado a conclusões semelhantes. ²¹⁻²⁶

Uma das explicações possíveis para as diferenças obtidas nos estudos é a técnica de medição usada. Wang Y *et al* ¹⁰ alertaram para o fato de que o eixo anatómico do fémur nem sempre cruza o centro do fémur distal, principalmente nos joelhos valgus, com hipoplasia do fémur distal. Nesses, o ponto de saída do eixo anatómico é geralmente medial ao centro da tróclea e cruza o eixo mecânico na região metafisária do fémur distal, servindo de ponto de entrada para o orientador intramedular durante o procedimento cirúrgico. O pangonograma também deverá ser adequado. Este deverá permitir a visualização da cabeça do fémur e do corpo do astrágalo para se conseguir realizar a medição do ACV. Um aspeto mais difícil de quantificar é a rotação do membro, sendo que o ACV diminui de 6,8° em 20° de rotação externa para 4,6° a 20° de rotação interna do membro inferior (33%). Luis N *et al* utilizam como linhas orientadoras a centralização da rótula entre os côndilos femorais. ²⁸ Maderbacher G *et al* desenvolveram um método mais preciso de quantificação da rotação do joelho, calculada a partir do grau de sobreposição do perónio com a tibia proximal. ²⁹

Glasser J *et al* questionaram a capacidade dos instrumentais disponíveis no mercado serem capazes de reproduzir o corte valgo medido pré-operatoriamente. O estudo envolveu a medição com goniómetro de 45 modelos de sawbone submetidos a ressecção do fémur distal e análise retrospectiva de 132 joelhos submetidos a artroplastia total do joelho, com base na radiografia anteroposterior do joelho. Todos os cortes se desviaram da referência usada (3°, 5° ou 7°), sendo a referência de 7° a que apresentou maior precisão. Os autores relataram uma medição média de corte valgo pré-operatória de 7,05° ±5,19°. É de notar, no entanto, que em média esses desvios foram de -0,03 a 2,66, ou seja, dentro dos 3° considerados aceitáveis. As seguintes explicações foram dadas para a falta de precisão dos instrumentais: a diferença entre o diâmetro do guia intramedular e do canal medular, o que permite angulações do guia que se desviam do eixo anatómico, a tolerância das guias de corte, as diferenças no ponto de entrada no fémur distal e aspetos da variabilidade individual dos doentes, nomeadamente qualidade óssea, as envoltórias teciduais, o comprimento e curvatura femoral. ³⁰

Este estudo apresenta diversas limitações. Primeiro, o seu desenho retrospectivo que introduz um viés de seleção.

Segundo, baseia-se na avaliação de radiografias pré operatórias realizadas em condições não controladas. Terceiro, existe também uma margem de erro associada às medições realizadas. Quarto, o estudo baseia-se na avaliação radiográfica do ACV, sem referência a *outcomes* funcionais dos doentes. Quinto, a percentagem de doentes do sexo feminino introduz um viés importante na representatividade da amostra.

CONCLUSÃO

O ACV médio encontrado foi de $7,0^{\circ} \pm 1,3^{\circ}$. O ângulo de corte 4° - 7° de valgo intraoperatoriamente utilizado empiricamente demonstrou não ser totalmente preciso.

Em termos de valor percentual de doentes com desvio $>3^{\circ}$, o ACV 7° demonstrou ser o ângulo de corte mais preciso para ser utilizado empiricamente.

Não se verificou relação estatisticamente significativa entre o ACV e o sexo, idade, lateralidade e desvio da deformidade em varo ou valgo da população em estudo.

O presente trabalho demonstra que a aplicação de uma abordagem individualizada a cada doente e o cálculo do ACV com base no pangenograma pré-operatório é uma estratégia válida na população portuguesa.

Responsabilidades Éticas

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

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

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

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

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

Ethical Disclosures

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

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

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

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

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

Declaração de Contribuição

AB e EH: Responsáveis pelo conteúdo intelectual, concepção e desenho do estudo, interpretação dos dados, redação do artigo e revisão crítica do conteúdo.

CA e FF: Responsáveis pelo conteúdo intelectual, concepção e desenho do estudo e pela revisão crítica do conteúdo

GM e JM: Responsáveis pela interpretação dos dados e redação do artigo, recolha e análise dos dados e pela revisão crítica do conteúdo.

Todos autores aprovaram a versão final a ser publicada

Contributorship Statement

AB and EH: Responsible for the intellectual content, conception and design of the study, interpretation of the data, writing of the article and critical revision of the content.

CA and FF: Responsible for the intellectual content, conception and design of the study and critical revision of the content.

GM and JM: Responsible for interpreting the data and writing the article, collecting and analysing the data and critically reviewing the content.

All authors approved the final version to be published

Referências

1. Bumpass DB, Nunley RM. Assessing the value of a total joint replacement. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2012;5:274-82. doi: 10.1007/s12178-012-9139-6.
2. Gunaratne R, Pratt DN, Banda J, Fick DP, Khan RJK, Robertson BW. Patient Dissatisfaction Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. *J Arthroplasty.* 2017;32:3854-60. doi: 10.1016/j.arth.2017.07.021.
3. Novak EJ, Silverstein MD, Bozic KJ. The cost-effectiveness of computer-assisted navigation in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2389-97. doi: 10.2106/JBJS.F.01109.
4. Abdel MP, Oussedik S, Parratte S, Lustig S, Haddad FS. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone Joint J.* 2014;96-B:857-62. doi: 10.1302/0301-620X.96B7.33946.
5. Meric G, Gracitelli GC, Aram LJ, Swank ML, Bugbee WD. Variability in distal femoral anatomy in patients undergoing total knee arthroplasty: measurements on 13,546 computed tomography scans. *J Arthroplasty.* 2015;30:1835-8. doi: 10.1016/j.arth.2015.04.024.
6. Guggenberger R, Pfirrmann CW, Koch PP, Buck FM. Assessment of lower limb length and alignment by biplanar linear radiography:

- comparison with supine CT and upright full-length radiography. *AJR Am J Roentgenol.* 2014;202:W161-7. doi: 10.2214/AJR.13.10782.
7. Liu HX, Shang P, Ying XZ, Zhang Y. Shorter survival rate in varus-aligned knees after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:2663-71. doi: 10.1007/s00167-015-3781-7.
 8. Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:2143-9. doi: 10.2106/JBJS.I.01398.
 9. Abdel MP, Ollivier M, Parratte S, Trousdale RT, Berry DJ, Pagnano MW. Effect of postoperative mechanical axis alignment on survival and functional outcomes of modern total knee arthroplasties with cement: a concise follow-up at 20 years. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:472-8. doi: 10.2106/JBJS.16.01587.
 10. Tan H, Wang Y, Long T, Nie B, Mao Z, Yue B. How to accurately determine the distal femoral valgus cut angle in the valgus knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2018;42:537-42. doi: 10.1007/s00264-018-3778-1.
 11. Parisi TJ, Jennings JM, Dennis DA. Coronal alignment in TKA: traditional principles versus new concepts. *Reconstr Rev.* 2018;8. doi: 10.15438/rm8.2.213.
 12. Cooke TD, Hietpas J, Lynch J, Nevitt M. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2010;69:1940-5. doi: 10.1136/ard.2010.129742.
 13. Moisis K, Chang A, Eckstein F, Chmiel JS, Wirth W, Almagor O, et al. Varus-valgus alignment: reduced risk of subsequent cartilage loss in the less loaded compartment. *Arthritis Rheum.* 2011;63:1002-9. doi: 10.1002/art.30216.
 14. Costa MAV, Mozella AP, Cobra AA. Corte femoral distal na artroplastia total de joelho na população brasileira. *Rev Bras Ortop.* 2015;50:295-9.
 15. Rezende FC, de Castro Ferreira M, Debieux P, da Silveira Franciozi CE, Luzo MVM, Carneiro M. Is it safe the empirical distal femoral resection angle of 5° to 6° of valgus in the Brazilian geriatric population? *Rev Bras Ortop.* 2013;48:421-6. doi: 10.1016/j.rboe.2012.08.009.
 16. Kharwadkar N, Kent RE, Sharara KH, Naique S. 5 degrees to 6 degrees of distal femoral cut for uncomplicated primary total knee arthroplasty: is it safe? *Knee.* 2006;13:57-60. doi: 10.1016/j.knee.2005.07.001.
 17. Vaishya R, Vijay V, Edomwonyi EO, Agarwal AK. Fixed distal femoral valgus cutting angle is still justifiable in total knee replacement. *J Clin Orthop Trauma.* 2018;9:112-5. doi: 10.1016/j.jcot.2017.02.007.
 18. McGrory JE, Trousdale RT, Pagnano MW, Nigbur M. Preoperative hip to ankle radiographs in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;404:196-202. doi: 10.1097/00003086-200211000-00032.
 19. Zhou K, Zhou Z, Shi X, Shen B, Kang P, Yang J, Pei F. Effect of individual distal femoral valgus resection in total knee arthroplasty for patients with valgus knee: A retrospective cohort study. *Int J Surg.* 2018;52:309-13. doi: 10.1016/j.ijssu.2018.02.048.
 20. Andrews SN, Beeler DM, Parke EA, Nakasone CK, Stickley CD. Fixed Distal Femoral Cut of 6° Valgus in Total Knee Arthroplasty: A Radiographic Review of 788 Consecutive Cases. *J Arthroplasty.* 2019;34:755-9. doi:10.1016/j.arth.2018.12.013.
 21. Bardakos N, Cil A, Thompson B, Stocks G. Mechanical axis cannot be restored in total knee arthroplasty with a fixed valgus resection angle: a radiographic study. *J Arthroplasty.* 2007;22:85-9. doi: 10.1016/j.arth.2007.04.018.
 22. Deakin AH, Basanagoudar PL, Nunag P, Johnston AT, Sarungi M. Natural distribution of the femoral mechanical-anatomical angle in an osteoarthritic population and its relevance to total knee arthroplasty. *Knee.* 2012;19:120-3. doi: 10.1016/j.knee.2011.02.001.
 23. Mullaji AB, Shetty GM, Kanna R, Vadapalli RC. The influence of preoperative deformity on valgus correction angle: an analysis of 503 total knee arthroplasties. *J Arthroplasty.* 2013;28:20-7. doi: 10.1016/j.arth.2012.04.014.
 24. Lee CY, Huang TW, Peng KT, Lee MS, Hsu RW, Shen WJ. Variability of distal femoral valgus resection angle in patients with end-stage osteoarthritis and genu varum deformity: Radiographic study in an ethnic Asian population. *Biomed J.* 2015;38:350-5. doi: 10.4103/2319-4170.151030.
 25. Jingjit W, Poomcharoen P, Limmahakhun S, Klunklin K, Leerapun T, Rojanasthien S. Femoral mechanical-anatomical angle of osteoarthritic knees. *J Med Assoc Thai.* 2014;97:1314-8.
 26. Algarni AD. Distal femoral valgus cut angle in degenerative varus knees of an Arabic population. *Int Orthop.* 2020;44:2627-33. doi: 10.1007/s00264-020-04748-x.
 27. Maderbacher G, Schaumburger J, Baier C, Zeman F, Springorum HR, Dornia C, et al. Predicting knee rotation by the projection overlap of the proximal fibula and tibia in long-leg radiographs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2982-8. doi: 10.1007/s00167-014-3327-4.
 28. Marques Luís N, Varatojo R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Rev.* 2021;6:487-94. doi: 10.1302/2058-5241.6.210015.
 29. Maderbacher G, Schaumburger J, Baier C, Zeman F, Springorum HR, Dornia C, et al. Predicting knee rotation by the projection overlap of the proximal fibula and tibia in long-leg radiographs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2982-8. doi: 10.1007/s00167-014-3327-4.
 30. Glasser J, Mariorenzi M, Blood T, O'Donnell S, Garcia D, Antoci V. Distal femoral valgus cut angles unreliable in total knee arthroplasty. *J Orthop.* 2021;24:29-33. doi: 10.1016/j.jor.2021.02.010.