

---

# Comparação Entre a Avaliação Radiográfica e a Tomográfica do Ângulo Articular Metatarsal Distal

**Aluno de Mestrado:** Eduardo Pedrini Cruz, MD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Pé e  
Tornozelo

**Orientador:** Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Quadril  
Professor Adjunto da Ortopedia e Traumatologia do HCPA

**Dissertação de Mestrado 2015**

---

**Titulo:**

**Comparação da Avaliação  
Radiográfica e Tomográfica do  
Ângulo Articular Metatarsal Distal**

---

## AUTORES

### **Aluno de Mestrado:**

Eduardo Pedrini Cruz, MD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Pé e  
Tornozelo

### **Orientador:**

Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Quadril

Professor Adjunto da Ortopedia e Traumatologia do HCPA

Chefe do banco de tecidos

Cruz, Eduardo Pedrini  
Comparação Entre a Avaliação Radiográfica e a  
Tomográfica do Ângulo Articular Metatarsal Distal /  
Eduardo Pedrini Cruz. -- 2015.

101 f.

Orientador: Carlos Roberto Galia.  
Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa  
de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas,  
Porto Alegre, BR-RS, 2015.  
1. Hálux Valgus. 2. Ângulo Articular Metatarsal  
Distal. I. Galia, Carlos Roberto, orient. II. Título.

---

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha filha Rafaela Rymer Pedrini Cruz que nasceu justamente no ano de 2015 para mudar minha vida por completo. Dedico esse trabalho a minha esposa que foi minha incentivadora e apoiadora para realização e conclusão do mesmo. Em igual importância dedico esse trabalho aos meus pais, Pedro Lima Cruz e Ana Maria Pedrini Cruz, que fizeram com que todas conquistas fossem possíveis e por serem exemplos de dedicação, perseverança e ética. Dedico, por fim, a todos que formam minha unidade familiar.

Dedico esse trabalho ao Prof. Carlos Roberto Galia pela cordialidade e ensinamentos científicos que se somaram para minha formação.

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os pacientes que cooperaram para que este trabalho fosse realizado.

Agradeço ao Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre onde o projeto pode ser realizado.

Agradeço o Dr. Carlo Heninng aos ensinamentos e receptividade para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço o Fernando Pagnusatto pela ajuda e ensinamento científico.

Agradeço o Prof. Carlos Roberto Galia pela receptividade, cordialidade e ensinamento científico.

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLA .....	8
LISTA DE ANEXOS .....	10
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3 REFERÊNCIA DA REVISÃO .....	18
4 JUSTIFICATIVA.....	21
5 OBJETIVOS.....	22
5 HIPÓTESE CONCEITUAL.....	23
6 DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	24
7 MATERIAL E MÉTODOS .....	25
8 ASPECTOS ÉTICOS .....	28
9 ARTIGO EM PORTUGUÊS .....	29
10 ARTIGO EM INGLÊS.....	58
11 CONCLUSÃO DO TRABALHO .....	89
ANEXOS .....	90

---

## LISTA DE SIGLAS

AAMD	Ângulo Articular Metatarsal Distal
AINEs	Antiinflamatórios Não Esteroidais
CCC	coeficiente de correlação e concordância
CI	<i>Confidence Interval</i>
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
DP	Desvio Padrão
DMAA	<i>Distal Metatarsal Articular Angle</i>
GPPG	Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação
HVA	Ângulo de valgismo do hálux
IC	Intervalo de Confiança
IM	Ângulo Intermetatarsal do Hálux
OA	Osteoartrose ou osteoartrite
OHRP	<i>Office for Human Research Protections</i>
Ph.D.	<i>Philosophiæ Doctor</i>
RS	Rio Grande do Sul
SD	<i>Standard Deviation</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>



---

TC	Termo de Confidencialidade
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFCSPA	Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) .....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo B – Tabelas .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo C – Figuras.....</b>	<b>98</b>

## INTRODUÇÃO

O hálux valgus caracteriza-se por deformidade no antepé com desvio lateral ao nível da metatarsofalangeana e se manifesta de diversas formas. Assim, existe um amplo espectro de abordagem terapêutica, desde tratamento conservador ao cirúrgico. No tratamento invasivo há descrito vários gestos cirúrgicos que vão desde osteotomias do cuneiforme medial até falange do primeiro raio, sendo utilizados de acordo com a manifestação da afecção. Dessa forma, se faz necessário definir as características da patologia para definir o melhor tratamento (1-4).

Dessa forma, a medição de ângulos pela radiografia simples é um método fundamental, servindo como guia para o tratamento. Entre os ângulos radiográficos, o ângulo articular metatarsal distal é considerado um dos mais importantes, pois a não identificação de alteração deste no pré-operatório está associada à recidiva precoce da deformidade, redução do arco de movimento da metatarsofalangeana do hálux e dor (1, 2). Esse ângulo indica uma inclinação lateral da superfície articular da cabeça metatarsal do primeiro metatarso, sendo medido por uma linha que une as duas extremidades (lateral e medial) da superfície articular com o eixo longitudinal do primeiro metatarso. *Richardson et al.* definiram como normal até 6 graus (5). O desvio lateral não pode ser corrigido com as osteotomias convencionais, por isso é fundamental observar essa variação anatômica no pré-operatório. Entretanto, apesar de

alguns autores considerarem que esse ângulo pode ser medido com boa confiabilidade pela radiografia simples (5), há alguns estudos demonstrando baixa correlação entre observadores em relação a sua medição (6-10).

Sabe-se que quando existe inclinação lateral da cabeça metatarsal (ângulo articular metatarsal alterado), há necessidade de se realizar alguns gestos cirúrgicos não usuais, tais como osteotomias biplanares ou extraarticulares, a fim de corrigir a orientação da superfície articular e, dessa forma, evitar complicações (11, 12). Em algumas situações, o cirurgião modifica o planejamento pré-operatório devido a achados no transoperatório, como a utilização da osteotomia da falange de Akin e da osteotomia biplanar. Provavelmente isso é decorrente de uma baixa acurácia na definição da patologia pelos métodos tradicionais de aferição.

Este estudo pretende avaliar as diferentes formas de hálux valgus e a chance de se cometer erros na medição radiográfica do ângulo articular metatarsal distal, quando comparado com tomografia computadorizada com reconstrução 3D. Alguns autores acreditam que a radiografia simples, por ser uma projeção de imagem em duas dimensões, não é capaz de medir de forma precisa o ângulo articular metatarsal distal, principalmente nos casos em que há rotação do metatarso (6, 9, 13). Assim, já que a superfície articular plantar é maior que a dorsal, quando há pronação metatarsal, pode ocorrer erro na definição do limite da superfície articular lateral acarretando uma superestimação do ângulo articular metatarsal distal (6).

---

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O hálux valgus apresenta-se de diversas formas e existe um amplo espectro de abordagem terapêutica. O tratamento pode ser inicialmente não invasivo com medicações anti-inflamatórias, protetores de joanetes, espaçadores de silicone ou modificação de calçado. No tratamento invasivo há descrito várias técnicas cirúrgicas que incluem osteotomias, liberação de partes moles e artrodeses. Dessa forma, se faz necessário definir as características de cada deformidade para se optar pelo melhor tratamento(1, 2, 4, 11).

Sabe-se que para mesma gravidade de deformidade existem várias opções, com resultados similares. Observa-se que nenhum método é considerado isento de resultados negativos que consistem em recidivas, pseudoartroses, infecções e novos procedimentos cirúrgicos (1, 2, 4, 11). Em alguns casos, essas complicações podem ser decorrentes de uma acurácia diagnóstica baixa, tanto no exame clínico, quanto nos exames complementares (16, 17). Algumas características intrínsecas do hálux valgus foram descritas ao longo do seu tratamento e acrescentaram para redução de resultados negativos. O ângulo articular metatarsal distal (AAMD), que pode ser aferido no exame radiográfico, é indicativo de uma inclinação lateral patológica da superfície articular da cabeça do primeiro metatarso (5). Essa alteração é conhecida por causar recidiva precoce, redução de arco de movimento e desenvolvimento de artrose da metatarsofalangeana quando não corrigida (4).

Entretanto até ser descoberto essa alteração patológica, os índices de resultados considerados ruins eram significativos (16, 17)

A descrição da alteração da inclinação lateral da superfície articular foi realizada há cerca de 30 anos após alguns estudos em halux valgus demonstrarem altos índices de recidiva da patologia (5). Scranton P et al publicaram em 1984 um recorrência de 36% de 50 pés de 31 pacientes adolescentes (17). Nessa época não havia ainda a descrição do AAMD. No ano seguinte, em 1985, Ball J Sullivan et al publicaram uma recidiva de 61% dos casos. Entretanto, esses autores perceberam que a recidiva ocorria ao nível da metatarsofalangeana e que o ângulo intermetatarsal mantinha-se corrigido (16). Em 1999, Michael J. Coughlin et al publicou uma técnica cirúrgica que visava a correção da inclinação lateral da cabeça metatarsal, obtendo excelentes resultados, sem recidiva precoce. Concluiu-se com esse trabalho que era importante na cirurgia a correção do aumento patológico do AAMD. Ele notou que o angulo de valgismo do halux no pós-operatório respeitava o AAMD, e que dessa forma, em alguns casos era necessário realizar as osteotomia extraarticulares corretivas dessa deformidade (11). Em 2002, Caio Nery et al descreveram uma osteotomia intrarticular biplanar para correção dessa deformidade (15).

Entretanto, apesar de se concordar da necessidade de reconhecer essa deformidade e corrigi-la, a literatura evidencia baixa correlação interobservadores na aferição radiográfica dessa inclinação patológica da

superfície articular da cabeça metatarsal, ao nível de não se ter confiabilidade científica para usá-la como referência em planejamentos cirúrgicos (6, 10, 18). David A. Vittetoe et al, em 1994, realizaram estudo radiográfico com peças anatômicas. Avaliaram radiográficas em cadáveres comparando estas com e sem marcação dos limites da cortical lateral e medial da superfície articular, com diferentes graus de rotação nos diversos eixos. Observou-se que quando há rotação metatarsal sem a marcação dos limites articulares ocorre uma discrepância nos valores aferidos pelos observadores, com baixa correlação entre eles (9). Outros estudos também demonstraram baixa correlação interobservadores na aferição do AAMD (6, 10), e foi sugerido que quando há pronação do metatarso, a projeção radiográfica pode ludibriar o observador que pode entender como ponto de referencia de limite da superfície articular lateral a cortical plantar projetada nas radiografias mais lateral nesses casos (6). Assim, como a cortical plantar é mais arredondada e maior, pode ocorrer uma superestimação na aferição do AAMD. Em 2014, foi publicado um novo estudo com aferições radiográficas e peça anatômica de cadáveres que evidenciou mais uma vez baixa correlação interobservadores e foi concluído que definitivamente é difícil definir os parâmetros radiográficos quando vai aumentando a deformidade no hálux valgus (14).

Nesse sentido, foi aventada algumas hipóteses que pudessem justificar essa divergência na aferição desse ângulo. Alguns consideram que o exame radiográfico, por ser biplanar, sofre influência da posição do metatarso, ou seja, da variação do mesmo nos eixos coronal, sagital e axial (6, 9). Assim,

analisando esse ângulo, acredita-se que a rotação metatarsal (pronação) que ocorre em alguns hálux valgus acarreta alterações na imagem radiográfica, dificultando a identificação dos pontos de referência para realização da reta que conecta a cortical lateral e medial da superfície articular na aferição deste ângulo. Essa dificuldade pode ser a causa da divergência de valores (6, 9, 19).

Além disso, foi descrito em 2007 um sinal radiográfico, chamado de *round sign*, que pode estar relacionado a casos com pronação metatarsal. A presença de *round sign* positivo também foi associado com a recidiva precoce do hálux valgus (19). Além disso, após a descrição desse achado, os autores passaram a corrigir o *round sign* no transoperatório através da fluoroscopia, realizando a técnica de osteotomia proximal supinadora do metatarso. Foi observado a negatização desse sinal no pós-operatório imediato, sugerindo que este estaria associado a uma pronação do metatarso (20, 21).

Outros autores também questionam alguns tratamentos cirúrgicos nos casos em que há pronação metatarsal, já que algumas osteotomias tradicionais de translação não seriam capazes de corrigir a rotação metatarsal. Dessa forma, estes acreditam que as mesmas deveriam ser associadas com outros gestos cirúrgicos que visam a correção da pronação (22, 23). Além disso, alguns estudos demonstraram que o hálux valgus classificado no mesmo grau de severidade pode apresentar características distintas (24). Dessa forma, nem sempre a progressão de gravidade está associada com a rotação metatarsal. Assim, nem sempre o hálux valgus grave apresentará uma aferição do AAMD



---

discrepante da tomográfica (23, 24). Dessa forma, foi realizado nesse estudo a comparação de ângulos e sinais radiográficos com a diferença da medição do AAMD com a tomográfica a fim de se analisar alguns fatores que poderiam estar associados ao aparecimento de discrepâncias significativas de valores aferidos nessas duas técnicas.

---

## REFERÊNCIAS DA REVISÃO

1. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part 1: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot Ankle Int.* 2007;28(5):654-9.
2. Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(6):932-66.
3. Sammarco GJ, Idusuyi OB. Complications after surgery of the hallux. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(391):59-71.
4. Lee KT, Park YU, Jegal H, Lee TH. Deceptions in hallux valgus: what to look for to limit failures. *Foot Ankle Clin.* 2014;19(3):361-70.
5. Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT. First metatarsal head-shaft angle: a method of determination. *Foot Ankle.* 1993;14(4):181-5.
6. Lee KM, Ahn S, Chung CY, Sung KH, Park MS. Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(9):2613-21.
7. Coughlin MJ, Freund E. Roger A. Mann Award . The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int.* 2001;22(5):369-79.
8. Corte-Real NM, Moreira RM. Modified biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2009;30(12):1149-53.
9. Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC, Brown TD. Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. *Foot Ankle Int.* 1994;15(10):541-7.

10. Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2002;23(8):722-6.
11. Coughlin MJ, Carlson RE. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):762-70.
12. Chou LB, Mann RA, Casillas MM. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 1998;19(9):579-84.
13. Saltzman CL, Brandser EA, Anderson CM, Berbaum KS, Brown TD. Coronal plane rotation of the first metatarsal. *Foot Ankle Int.* 1996;17(3):157-61.
14. Jastifer JR, Coughlin MJ, Schutt S, Hirose C, Kennedy M, Grebing B, et al. Comparison of radiographic and anatomic distal metatarsal articular angle in cadaver feet. *Foot Ankle Int.* 2014;35(4):389-93.
15. Nery C, Barroco R, Ressio C. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2002;23(9):792-8.
16. Ball J, Sullivan JA. Treatment of the juvenile bunion by Mitchell osteotomy. *Orthopedics.* 1985;8(10):1249-52.
17. Scranton PE, Jr., Zuckerman JD. Bunion surgery in adolescents: results of surgical treatment. *J Pediatr Orthop.* 1984;4(1):39-43.
18. Robinson AH, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1036-40.

19. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2163-72.
20. Okuda R, Yasuda T, Jotoku T, Shima H. Proximal abduction-supination osteotomy of the first metatarsal for adolescent hallux valgus: a preliminary report. *J Orthop Sci.* 2013;18(3):419-25.
21. Yasuda T, Okuda R, Jotoku T, Shima H, Hida T, Neo M. Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2015;36(6):696-704.
22. Mortier JP, Bernard JL, Maestro M. Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6):677-83.
23. Dayton P, Feilmeier M, Hirschi J, Kauwe M, Kauwe JS. Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal plane rotation of the first metatarsal in a cadaveric foot model. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(3):274-8.
24. Kim YJ, Kim JS, Young KW, Naraghi R, Cho HK, Lee SY. A New Measure of Tibial Sesamoid Position in Hallux Valgus in Relation to the Coronal Rotation of the First Metatarsal in CT Scans. *Foot Ankle Int.* 2015.
25. King TS, Chinchilli VM. A generalized concordance correlation coefficient for continuous and categorical data. *Stat Med.* 2001;20(14):2131-47.
26. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10.

---

## JUSTIFICATIVA

Diversos estudos na literatura evidenciam que a aferição do ângulo articular metatarsal distal pelo método radiográfico não é confiável para se definir a necessidade de osteotomia corretiva da inclinação da cabeça metatarsal (6, 9, 10, 12-14). Sabe-se que é importante a correção desta quando está alterada a fim de se obter resultados cirúrgicos consistentes (11, 12, 15). Diante dessa dificuldade na definição do tratamento cirúrgico do hálux valgus, foi desenvolvida uma técnica através da tomografia computadorizada com reconstrução 3D para medição desse ângulo que visa reduzir os artefatos das radiografias. Acredita-se que, eliminando a pronação metatarsal com a utilização dessa tecnologia, pode-se obter uma medição angular mais confiável em relação à alteração anatômica real. Os autores desconhecem estudos similares na literatura.

---

## OBJETIVOS

O objetivo primário deste estudo é avaliar um novo método de diagnóstico complementar para a aferição do ângulo articular metatarsal distal através da tomografia computadorizada com reconstrução 3D.

O Objetivo secundário do estudo é correlacionar as diferentes formas de hálux valgus com a diferença do valor do ângulo articular metatarsal distal encontrado pela aferição radiográfica em relação à tomográfica, a fim de se definir fatores de risco para o aumento dessa discrepância, se caso o método tomográfico demonstrar-se confiável.

---

## HIPÓTESE CONCEITUAL

Hipótese nula: A aferição do ângulo articular metatarsal distal pelo método radiográfico é igual à aferição pelo método tomográfico.

---

## DELINEAMENTO DO ESTUDO

Estudo prospectivo transversal



---

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve início após aprovação do comitê de ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Foram selecionados pacientes do ambulatório de ortopedia e traumatologia de forma prospectiva, entre abril de 2014 à janeiro de 2015. Todos os pacientes, que apresentavam os critérios de inclusão, eram convidados a participar do estudo. Os pacientes recebiam e assinavam consentimento informado previamente aprovado pelo comitê de ética. Os critérios de inclusão foram: pacientes sintomáticos, com diagnóstico de hallux valgus, com indicação de tratamento cirúrgico e idade entre 15 a 85 anos. Os critérios de exclusão foram pacientes com doenças neurológicas, com história de fraturas no pé e tratamento cirúrgico prévio no pé.

Os exames de imagem tomográfica foram avaliados por um médico ortopedista especialista em cirurgia do pé e tornozelo e por um médico radiologista especialista em patologias osteomusculares. Os exames radiográficos foram analisados pelo mesmo médico ortopedista em tempos diferentes. A análise das tomografias e das radiografias foram realizadas em dias diferentes com um intervalo de 4 semanas entre cada avaliação. Os médicos foram cegados em relação aos pacientes. As análises das tomografias só foram realizadas quando atingido o “n” calculado previamente. Os dois observadores realizaram um treinamento inicial de 15 casos que não entraram para análise dos dados. As avaliações dos exames de imagem foram

realizadas com o programa OsiriX HD, v4.1 (17+). Na tomografia foi utilizada a janela óssea com corte de 2.0mm no modo “mean”. Inicialmente era definido o eixo central nos cortes coronal, sagital e axial. Na janela coronal, o eixo foi alinhado com a cortical lateral do metatarso na região metafisária, assim como descrito em estudos prévios, essa cortical lateral serve como parâmetro por ser reta (9, 18, 22). Após, era selecionada a imagem da janela axial do metatarso. A medição do ângulo metatarsal distal era realizado com os mesmos critérios radiográficos (7). Esses valores foram comparados entre os dois observadores. O valor médio das duas avaliações foi escolhido para realizar a comparação com valores radiográficos, já que sua correlação foi elevada e sem diferença significativa entre as amostras. A diferença dos valores radiográficos com o tomográfico foi avaliada em relação ao ângulo de valgismo do hálux, o ângulo intermetatarsal, ao ângulo axial dos sesamóides, à classificação do hálux valgus, à de *Smith*, à de *Hardy & clapham* e a presença do *round sign* conforme descrição por *R. Okuda et al* (19).

Para avaliar a concordância das observações utilizamos o coeficiente de correlação e concordância (CCC) proposto por *King* realizando um ajuste para as observações em conglomerado (medidas repetidas). Para a correlação entre as diferentes medidas quantitativas numéricas utilizamos o coeficiente de correlação de *Pearson* obtido em modelo linear misto. Para correlação entre diferentes medidas quantitativas ordinais utilizamos o coeficiente de *Spearman*. Para correlação de medidas ordinais foi utilizado teste t de *student*. Os dados foram processados e analisados com os programas SPSS (versão 22.0) e R

---

versão 3.2.0 (25, 26). Foi estimado que com um “n” de 70 observações este estudo teria um poder estatístico de 80% para detectar correlações maiores do que  $r > 0,30$  em um nível de significância ( $\alpha/2$ ) de 5%.

---

## ASPECTOS ÉTICOS

Este projeto está registrado sob o número 140054, foi submetido e aprovado pela Comissão Científica e Comitê de Ética em Pesquisa do HCPA e Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação (GPPG), que é reconhecido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP)/Ministério da Saúde (MS) e pelo *Office for Human Research Protections (OHRP)/USDHHS* com *Institutional Review Board (IRB)* nºIRB00000921.

Todos os sujeitos foram convidados a participar da pesquisa e foram esclarecidos sobre a pesquisa e seus objetivos antes da realização entrevista e exames complementares. Os sujeitos concordantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Também foi garantida a proteção dos sujeitos de pesquisa através do Termo de Confidencialidade (TC), assim como todos os membros integrantes e participantes do projeto assinaram o Termo de Compromisso para Utilização de Informações Associadas fornecido pela instituição (HCPA).

---

# Artigo Original

**Título:**

**Comparação da Avaliação  
Radiográfica e Tomográfica do  
Ângulo Articular Metatarsal Distal**

---

## AUTORES

Eduardo Pedrini Cruz, MD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Pé e  
Tornozelo

Felipe Victora Wagner, MD

Médico Radiologista especialista em patologias Osteomusculares

Carlo Henning, MD, MSc

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Pé e  
Tornozelo

José Antônio Veiga Sanhudo, MD, PhD

Médico Ortopedista e Traumatologista especialista em Cirurgia do Pé e  
Tornozelo

Fernando Pagnussato, BMSc

Biomédico

Staff membro do Banco de Tecido (HCPA)

Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Professor Adjunto da Ortopedia e Traumatologia do HCPA

Chefe do banco de tecidos

---

## RESUMO

### INTRODUÇÃO:

O hallux valgus é a deformidade mais comum do pé do adulto e é frequentemente incapacitante requerendo tratamento cirúrgico. O ângulo articular metatarsal distal (AAMD) é uma das variáveis importantes no estudo da deformidade, mas possui baixa correlação interobservadores quando avaliado pela radiografia. O objetivo deste estudo foi avaliar um método tomográfico de aferir este ângulo comparando-o com a medida radiográfica existente.

### MATERIAL E MÉTODOS:

O AAMD de 77 pés ( X pacientes) foram avaliados através de tomografia computadorizada por dois observadores. Os valores encontrados foram comparados entre os observadores e entre a medição radiográfica utilizando o coeficiente de correlação e concordância (CCC) proposto por King e análise de Bland-Altman para concordância entre os métodos.

### RESULTADOS:

Foi encontrado índice de concordância alto na medição tomográfica entre os observadores com CCC = 0,90 e  $p < 0,001$ . Em relação a mensuração radiográfica com a tomográfica houve uma concordância com CCC = 0,667 de com  $p < 0,001$ . Na análise gráfica de Bland-Altman a presença de *round sign*

positivo sugere um aumento da diferença da medição radiográfica com a tomográfica e está associado a valor alto do AAMD.

### **CONCLUSÃO:**

A mensuração do AAMD pelo método tomográfico demonstrou maior correlação interobservadores do que o método radiográfico. Em casos em que há dúvida sobre alteração patológica da inclinação da cabeça metatarsal com ângulos articulares metatarsais distais (AAMD) elevados e, principalmente, com a presença de round sign positivo, a tomografia pode ser um método alternativo para planejamento cirúrgico pré-operatório.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hálux Valgus; Ângulo Articular Metatarsal Distal; Tomografia; Raio-X



## INTRODUÇÃO

O hallux valgus apresenta-se de diversas formas e existe um amplo espectro de abordagem terapêutica. No tratamento invasivo há descrito várias técnicas e gestos cirúrgicos que incluem osteotomias, liberação de partes moles e artrodeses. Dessa forma, se faz necessário definir as características fundamentais de cada deformidade para se optar pelo melhor tratamento (1-3). Nesse sentido, a medição de ângulos pela radiografia simples é um método importante, servindo como guia para o tratamento cirúrgico. Entre os ângulos radiográficos, o ângulo articular metatarsal distal (AAMD) é considerado um dos mais importantes, visto que a não identificação da sua alteração antes da cirurgia está associada à recidiva precoce da deformidade, redução do arco de movimento da metatarso-falangeana e dor (1, 2, 4).

Esse ângulo indica uma inclinação (*slope*) lateral da superfície articular da cabeça do primeiro metatarso, sendo medido em relação à linha que une as duas extremidades (lateral e medial) da superfície articular com o eixo longitudinal do metatarso. Esse desvio lateral deve ser identificado no pré-operatório porque requer abordagem específica para ser corrigido (5-7). Sabe-se que nesses casos há necessidade de ser realizar alguns gestos cirúrgicos não usuais, tais como osteotomias biplanares ou periarticulares a fim de corrigir a orientação da superfície articular e, dessa forma, evitar a correção insuficiente da deformidade (5, 6). Entretanto, apesar de alguns autores

considerarem que esse ângulo possa ser medido com boa confiabilidade pela radiografia simples (8), há vários estudos demonstrando baixa correlação entre observadores (9-13). *Vittetoe et al.* em estudo com cadáver demonstrou baixa correlação interobservador com a rotação do primeiro metatarso (12).

A radiografia simples, por ser uma projeção de imagem em duas dimensões, pode não ser efetiva para medir o ângulo articular metatarsal distal nos casos em que há rotação do metatarso. Assim, já que a superfície articular plantar é maior que a lateral, quando há pronação metatarsal pode ocorrer erro na definição do limite da superfície articular lateral acarretando uma superestimação do AAMD (9, 14). O objetivo deste estudo foi avaliar um método tomográfico de aferir este ângulo comparando-o com as medidas radiográficas existentes. Além disso, foi correlacionado a diferença da mensuração radiográfica e tomográfica com os diversos parâmetros radiográficos para verificar a relação destes com o aumento da discrepância de mensurações entre os métodos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo teve início após aprovação pelo comitê de ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Foram selecionados pacientes do ambulatório de ortopedia e traumatologia de forma prospectiva, entre abril de 2014 à janeiro de 2015 quando se atingiu o n do estudo calculado previamente. Todos os pacientes, que apresentavam os critérios de inclusão, eram convidados a participar do estudo. Os pacientes receberam o consentimento informado e, somente os que concordaram e assinaram, participaram do estudo. Os critérios de inclusão foram: pacientes sintomáticos, com diagnóstico de hálux valgo, com indicação de tratamento cirúrgico e idade entre 15 a 85 anos. Os critérios de exclusão foram pacientes com doenças neurológicas, com historia de fraturas no pé e tratamento cirúrgico prévio no pé. Do total de 46 pacientes, 3 pacientes foram excluídos do estudo. Dois pacientes não quiseram participar do estudo e um paciente não realizou o exame tomográfico (Fluxograma 1 = amostra estudo).

Os exames de tomografia computadorizada foram avaliados por um médico ortopedista especialista em cirurgia do pé e tornozelo e por um médico radiologista especialista em patologias osteomusculares. Os exames radiográficos foram analisados pelo mesmo médico ortopedista, sendo a análise das tomografias e das radiografias realizadas em dias diferentes com um intervalo de 4 semanas. Os médicos foram cegados em relação aos

pacientes. As análises só foram realizadas quando atingido o n calculado previamente. Os dois observadores realizaram um treinamento inicial de 5 casos que não entraram para análise estatística.

As imagens foram salvas como *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) files. A *3D Multi-Planar Reconstruction* (3D-MPR) foi utilizado com *soft-ware* processador de imagens (OsiriX MD®, Pixmeo®, Geneva, Switzerland). As imagens de tomografia computadorizada foram adquiridas em tomógrafos *multislice* e avaliadas com reformatações multiplanares utilizando janela óssea com espessura de 2.0mm. Inicialmente era definido o eixo longitudinal central do primeiro metatarso nos planos coronal, sagital e axial. A partir desta referência era selecionado um corte coronal para a realização das medidas, alinhado com o eixo longitudinal central, e alinhado transversalmente à cortical lateral do terço médio da diáfise. A cortical lateral da diáfise foi utilizada como parâmetro, de acordo com descrição em estudos prévios com cadáver, compensando assim o efeito da rotação metatarsal (8, 12, 15, 16). A técnica de medição do ângulo metatarsal distal era realizada com os mesmos critérios utilizados na radiografia (10). Esses valores foram comparados entre os dois observadores. O valor médio das duas avaliações foi escolhido para realizar a comparação com valores radiográficos, já que sua concordância e correlação foi elevada e não teve diferença significativas entre os observadores. A diferença dos valores radiográficos com o tomográfico foi avaliada em relação ao ângulo de valgismo do hallux, o ângulo intermetatarsal, ao ângulo axial dos sesamóides, à

classificação do hallux valgus, à de Smith, à de Hardy & Clapham e a presença do *round sign* conforme descrição por *R. Okuda et al* (17), sendo definido como *round sign* negativo (*angular and intermediate shape*) e *round sign* positivo (*round shape*).

Para avaliar a concordância das observações utilizamos o coeficiente de correlação e concordância (CCC) proposto por *King* realizando um ajuste para as observações em conglomerado (medidas repetidas). Para a correlação entre as diferentes medidas quantitativas numéricas utilizamos o coeficiente de correlação de *Pearson* obtido em modelo linear misto. Para correlação entre diferentes medidas quantitativas ordinais utilizamos o coeficiente de *Spearman*. Para correlação de medidas ordinais foi utilizado teste t de *student*. Os dados foram processados e analisados com os programas SPSS (versão 22.0) e R versão 3.2.0 (18, 19). Foi estimado que um n de 70 observações neste estudo teria um poder estatístico de 80% para detectar correlações maiores do que  $r > 0,30$  em um nível de significância ( $\alpha/2$ ) de 5%.

## RESULTADOS

O estudo teve um n de 77 exames de uma amostra de 43 pacientes, composto por 95,2% de mulheres com média de idade de 55,3 (17 a 82) anos. Segundo a classificação de hálux valgo proposta por Coughlin (20), 10% dos casos eram leves, 52,63% moderados e 34,2% severos. A média do ângulo de valgismo do hálux foi 29,01 (10,70 a 64,58) graus, a média do ângulo intermetatarsal foi de 14,02 (7,23 a 22,46) graus e a média do ângulo articular metatarsal distal (DMAA) radiográfico foi de 13,27 (-2,47 a 44,48) graus.

Em relação aos resultados, foi observado um alto índice de concordância na mensuração tomográfica entre observadores com CCC = 0,90 e  $p < 0,001$  (

Tabela 1, Figura 1). A comparação da média da mensuração tomográfica dos dois observadores com a mensuração radiográfica demonstrou concordância de CCC = 0,667 e  $p < 0,001$  (

	95% Confidence		F test with true value 0				
	Intraclass correlation**	interval		Value	df1	df2	Sig.
		Lower bound	Upper bound				
<b>Single measures</b>	0.900*	0.846	0.936	18.813	74	74	0.000

<b>Average</b>	0.947***	0.917	0.967	18.813	74	74	0.000
<b>measures</b>							

Tabela 2, Figura 2).

Comparando a diferença entre a mensuração radiográfica com a média da mensuração tomográfica houve diferença significativa com correlação positiva entre a classificação de hálux valgo e o ângulo de valgismo do hálux, entretanto com uma associação fraca de  $r_s = 0,27$  e  $p < 0,017$  e  $r = 0,32$  e  $p < 0,005$  respectivamente. Em relação ao ângulo intermetatarsal foi encontrado uma tendência de correlação positiva, porém com fraca associação com valor de  $r = 0,21$  e  $p = 0,06$ . O ângulo axial de sesamóide teve um  $r = 0,10$  e  $p = 0,39$ , a classificação de Smith  $r_s = 0,10$  e  $p = 0,36$  e a classificação de Hardy & Clapham  $r_s = 0,15$  e  $p = 0,19$  (

		<b>95% Confidence</b>					
		<b>interval</b>		<b>F test with true value 0</b>			
	<b>Intraclass</b>	<b>Lower</b>	<b>Upper</b>				
	<b>correlation**</b>	<b>bound</b>	<b>bound</b>	<b>Value</b>	<b>df1</b>	<b>df2</b>	<b>Sig.</b>
<b>Single</b>	0.667*	0.520	0.775	5.004	74	74	0.000
<b>measures</b>							
<b>Average</b>	0.800***	0.684	0.873	5.004	74	74	0.000

---

## measures

---

Tabela 3, Tabela 4).

Em relação as diferenças entre as medições tomográficas e as radiográficas quando avaliadas pelo método de Bland-Altman observamos um erro médio de 0,31 graus com 73% das observações estando dentro de + ou – 5 graus em relação a medição tomográfica (Figura 3). A presença de *round sign* positivo esteve associada a discrepâncias maiores entre as mensurações radiográficas e tomográficas do AAMD (Figura 3). Não houve diferença significativa do grupo *round sign* positivo em relação ao grupo negativo, com um  $p < 0,146$  (Tabela 5, Tabela 6, Figura 4).



## DISCUSSÕES

O hálux valgo é uma deformidade complexa com uma variedade muito grande de apresentações e o seu tratamento permanece desafiador, sem ter ainda uma técnica consagrada para tratar todas as suas apresentações. As classificações também são discutíveis visto que são diversos parâmetros que precisam ser avaliados e muitos desses não possuem correlação com a gravidade da apresentação clínica. No estudo em questão, podemos observar que a medição tomográfica do AAMD possui alto grau de correlação entre observadores o que pode ser útil quando se há dúvida sobre a inclinação patológica da superfície articular da cabeça metatarsal. Isso sugere que limitações do método radiográfico possam ser responsáveis pela discrepância de valores. Assim, como já sugerido por outros autores, alterações anatômicas, como a rotação metatarsal, podem levar a erros na mensuração real da inclinação articular (9, 12, 13, 16, 21).

O estudo sugere que a presença de *round sign* positivo com valor alto de AAMD (acima de 15 graus, principalmente) é sugestivo de medições radiográficas equivocadas (divergentes em relação à tomográfica). Esse sinal pode estar relacionado à pronação metatarsal. Assim, com a rotação do metatarso, a cortical plantar se posiciona na porção lateral do metatarso na projeção radiográfica. Dessa forma, por ter uma superfície articular plantar

maior, pode ocorrer uma superestimação do valor real da inclinação da superfície articular da cabeça metatarsal. A superfície articular plantar também possui uma anatomia mais arredondada o que pode fazer a cabeça metatarsal ser classificada como *round sign* positivo. Isso está de acordo com o artigo publicado por Toshito Yasuda et al em que a osteotomia proximal supinadora transformava um paciente com *round sign* positivo no pre-operatório em um paciente com *round sign* negativo no pós-operatório (22). Pode-se inferir que isso ocorra pela correção da pronação metatarsal (14, 22). Analisando a figura 3 podemos perceber que valores altos de AAMD com *round sign* positivo estão associados a um valor radiográfico maior que o tomográfico, ou seja, uma suposta superestimação do valor real da inclinação articular. Em apenas poucos casos ocorreu o contrário, fato que vai ao encontro da hipótese de que rotação metatarsal seja o principal fator para “erro” na medição radiográfica e para classificação de *round sign* positivo, já que a cortical plantar é maior e mais arredondada do que a cortical lateral. Além disso, como já descrito em alguns artigos a presença desse sinal está associado a piores resultados cirúrgicos (17, 22).

Acredita-se também que a discrepância das mensurações radiográficas entre observadores seja resultado da indefinição dos limites da superfície articular na projeção radiográfica, uma vez que este não é projetado em ângulo reto com o metatarso e sim obliquamente com a rotação do mesmo (pronação). A densidade óssea da cabeça metatarsal sobreposta a articulação pode

dificultar a marcação dos limites da articulação e alguns observadores podem utilizar a cortical plantar como referência para medição do limite articular lateral.

Observou-se nesse estudo que cerca de 73% das observações radiográficas estiveram dentro de 5 graus de diferença em relação a tomográfica. Esse achado foi ao encontro dos resultados de um estudo com cadáver que demonstrou que 66% das medições radiográficas estiveram dentro de 5 graus de diferença em relação ao valor encontrado na peça anatômica (21).

A associação dos ângulos IMA, HVA e classificação do hálux valgo com a diferença entre os dois métodos de medição do AAMD, apesar de ter tido correlação positiva com diferença significativa, teve uma associação fraca. Isso pode ser explicado por alguns fatores. O AAMD elevado nem sempre está associado aos hálux valgus graves, pois há hálux valgus graves com AAMD baixo (13, 14, 23). Há descrito na literatura diversos trabalhos evidenciando que nem sempre ocorre rotação metatarsal ou luxação dos sesamóides com o aumento da deformidade (14, 23-25). Assim, a progressão do desvio do metatarso nem sempre é acompanhada por pronação metatarsal (23, 25). Portanto, nesses casos em que há um ângulo IM alto, porém sem pronação metatarsal, a medição tomográfica e radiográfica pode se equiparar. Além disso, a flexão ou a dorsiflexão do primeiro raio também podem afetar a aferição radiográfica (14, 16, 26). Assim como já descrito por outros autores, o hálux valgo não apresenta uma evolução simétrica e proporcional de seus

ângulos e deformidades, sendo a manifestação morfológica diversa em cada caso (14).

O estudo possui algumas limitações. Para realizar os cálculos estatísticos, foi assumido como padrão ouro a média das tomografias. Não houve análise da peça anatômica ou transoperatória dos casos. Além disso, alguns casos foram avaliados os dois pés de um mesmo paciente. Sabe-se que estes casos possuem uma semelhança maior do que se fosse comparado exames de um pé por paciente.

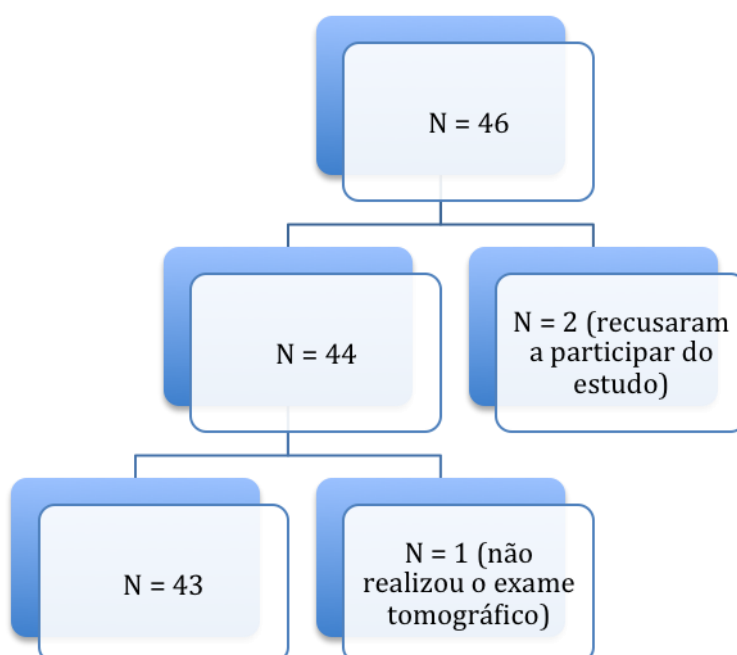
O estudo tem importância clínica uma vez que muitos cirurgiões se deparam no transoperatório com uma inclinação lateral patológica da superfície articular e acabam tendo que mudar seu planejamento no ato cirúrgico devido a baixa acurácia dos métodos para detecção dessa alteração antes da cirurgia. A tomografia, por conseguir visualizar o eixo e a rotação metatarsal possui uma capacidade diagnóstica que não sofre influência de fatores intrínsecos (anatômico) e extrínsecos (projeção, distância e angulação do aparelho de radiografia). Além disso, o estudo sugere que essa técnica possui uma excelente concordância e correlação entre observadores, o que ajuda a suprir a baixa correlação entre observadores no exame radiográfico (9, 12, 13, 16, 21). Acrescenta-se ainda que na presença de *round sign* positivo com AAMD alto (principalmente > 15 graus) o risco de se cometer erro na medição radiográfica está aumentado, servindo como alerta aos cirurgiões.

## CONCLUSÃO

A mensuração da inclinação articular lateral da cabeça metatarsal pelo método tomográfico possui alta correlação interobservadores e mostrou-se mais confiável do que o método radiográfico, por eliminar o viés da rotação metatarsal, possível responsável por superestimar o AAMD em alguns casos. Em casos em que há dúvida sobre a inclinação articular anormal da cabeça metatarsal, sobretudo na presença de AAMD elevado, e principalmente, na presença de *round sign* positivo a tomografia pode ser um método alternativo no planejamento cirúrgico pré-operatório.

**Fluxogramas, Tabelas e figuras:**

**Fluxograma 1 = amostra estudo.**



**Tabela 1: Tabela de coeficiente de correlação e concordância de King, TC AAMD OBS1 e TC AAMD OBS2.**

95% Confidence						
Intraclass	interval		F test with true value 0			
	Lower	Upper	Value	df1	df2	Sig.

	<b>correlation**</b>	<b>bound</b>	<b>bound</b>				
<b>Single measures</b>	0.900*	0.846	0.936	18.813	74	74	0.000
<b>Average measures</b>	0.947***	0.917	0.967	18.813	74	74	0.000

**Tabela 2: Tabela de coeficiente de correlação e concordância de King, Raio-x AAMD e TCm AAMD.**

	<b>Intraclass correlation**</b>	<b>95% Confidence interval</b>		<b>F test with true value 0</b>			
		<b>Lower bound</b>	<b>Upper bound</b>	<b>Value</b>	<b>df1</b>	<b>df2</b>	<b>Sig.</b>
		<b>Single measures</b>	0.667*	0.520	0.775	5.004	74
<b>Average measures</b>	0.800***	0.684	0.873	5.004	74	74	0.000

**Tabela 3: Tabela de variáveis numéricas. Correlação com a diferença entre Raio-x – TCm com IMA, HVA, Axial sesamóides.**

	<b>X-ray – CTm</b>			
	<b>DMAA</b>	<b>IMA</b>	<b>HVA</b>	<b>Axial</b>
<b>X-ray – CTm</b>				
<b>DMAA</b>				
Pearson correlation	1	0.215	0.321**	0.104
Sig (2-tailed)	-	0.063	0.005	0.398
N	76	76	76	68
<b>IMA</b>				
Pearson correlation	0.215	1	0.404**	0.391**
Sig (2-tailed)	0.063	-	0.000	0.001
N	76	76	76	68
<b>HVA</b>				



Pearson correlation	0.321**	0.404**	1	0.611**
Sig (2-tailed)	0.005	0.000	-	0.000
N	76	76	76	68

**Axial**

Pearson correlation	0.104	0.391**	0.611**	1
Sig (2-tailed)	0.398	0.001	0.000	-
N	68	68	68	68

**Tabela 4: Tabela de correlação de variáveis ordinais. Correlação com a diferença entre Raio-x – TCm com classificação de hálux valgus, de Smith e de Hardy and Clapham.**

			X-ray	Classificati	Smith	Hardy
			-	on		
<b>Spearman</b>	<b>Xray - CTm</b>	Correlati	1.00	0.274*	0.106	0.154
<b>'s rho</b>	<b>DMAA</b>	on	0	0.017	0.367	0.190
		Sig. (2-	-			
		N	76	76	74	74
	<b>Classificati</b>	Correlati	0.274*	1.000	0.522	0.663
		on			**	**

<b>on</b>	Sig. (2-	0.01	-	0.000	0.000
	N	76	76	74	74
<b>Smith</b>	Correlati	0.106	0.522**	1.000	0.783
	on				**
	Sig. (2-	0.36	0.000	-	0.000
	N	74	74	74	74
<b>Hardy</b>	Correlati	0.154	0.663**	0.783	1.000
	on			**	
	Sig. (2-	0.19	0.000	0.000	-
	N	74	74	74	74

**Tabela 5: Tabela com *round sign* positivo e negativo.**

<b>Round Sign</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>Std. deviation</b>	<b>Std. error of the mean</b>
<b>Xray - TCm DMAA</b>				
Negative	41	-0.2789	3.30842	0.51669
Positive	34	2.0344	8.60014	1.47491

**Tabela 6: Teste dos grupos**

		<b>T-test for Equality of Means</b>	
		<b>Levene's Test for Equality of Variances</b>	<b>T-test for Equality of Means</b>
		<b>F</b>	<b>Sig.</b>
		<b>t</b>	<b>df</b>

### Xray - TCm DMAA

Equal variances assumed	23,397	0.000	-1.588 73.000
Equal variances not assumed			-1.480 41.086

### Figuras:

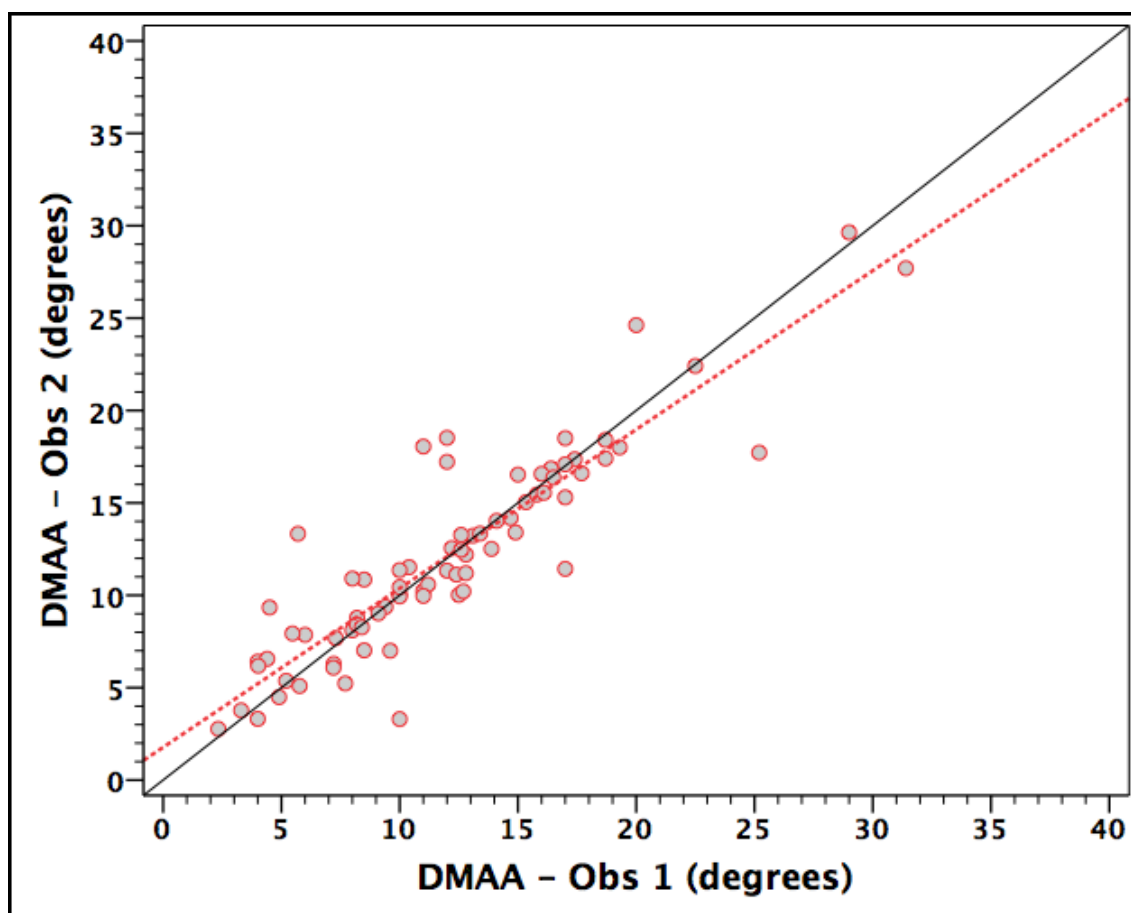
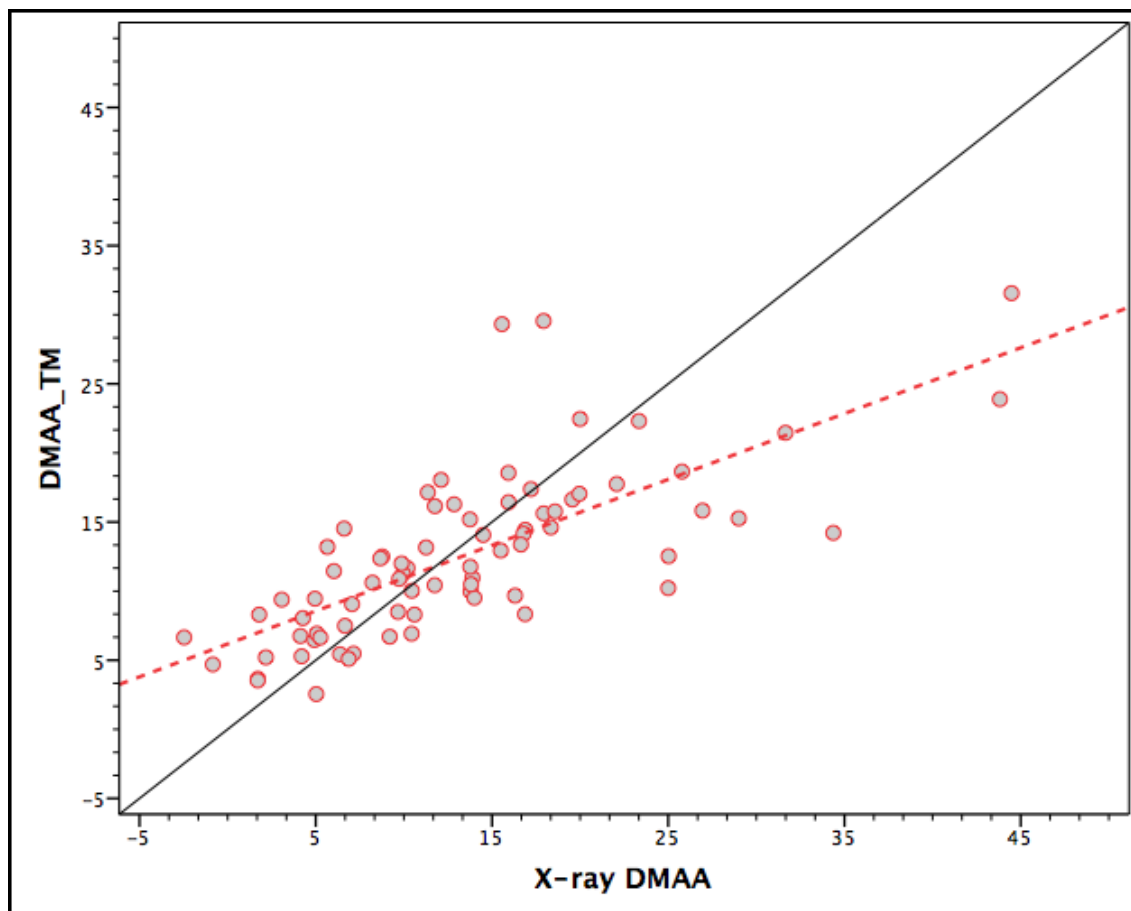


Figura 1: Correlação da mensuração tomográfica entre o observador 1 e o observador 2 em relação ao AAMD.



**Figura 2: Correlação da mensuração entre a medição radiográfica com a tomográfica em relação ao AMD.**

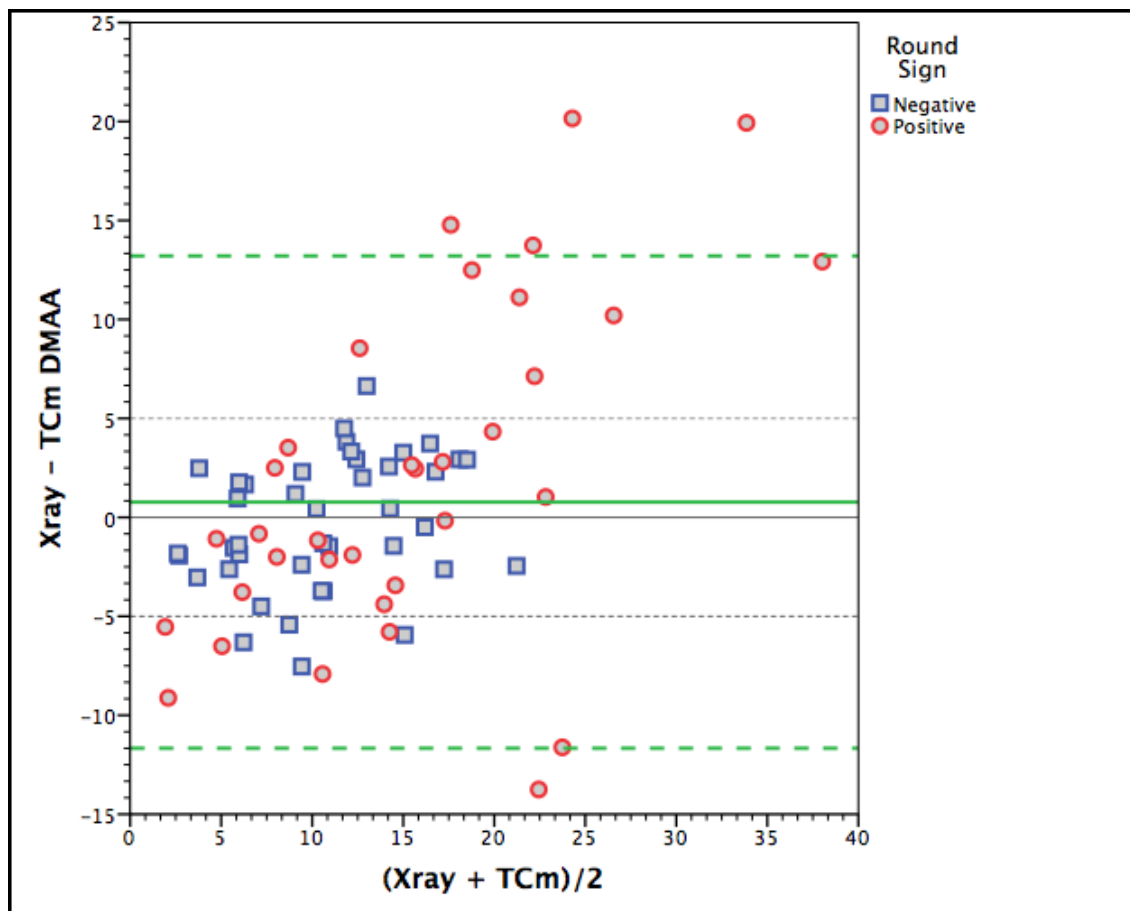


Figura 3: A figura gráfico de Bland-Altman com as variáveis Raio-x AAMD e TCm AAMD. O grupo *round sign* positivo é identificado por círculos vermelhos. O quadrado azul representa o grupo *round sign* negativo.

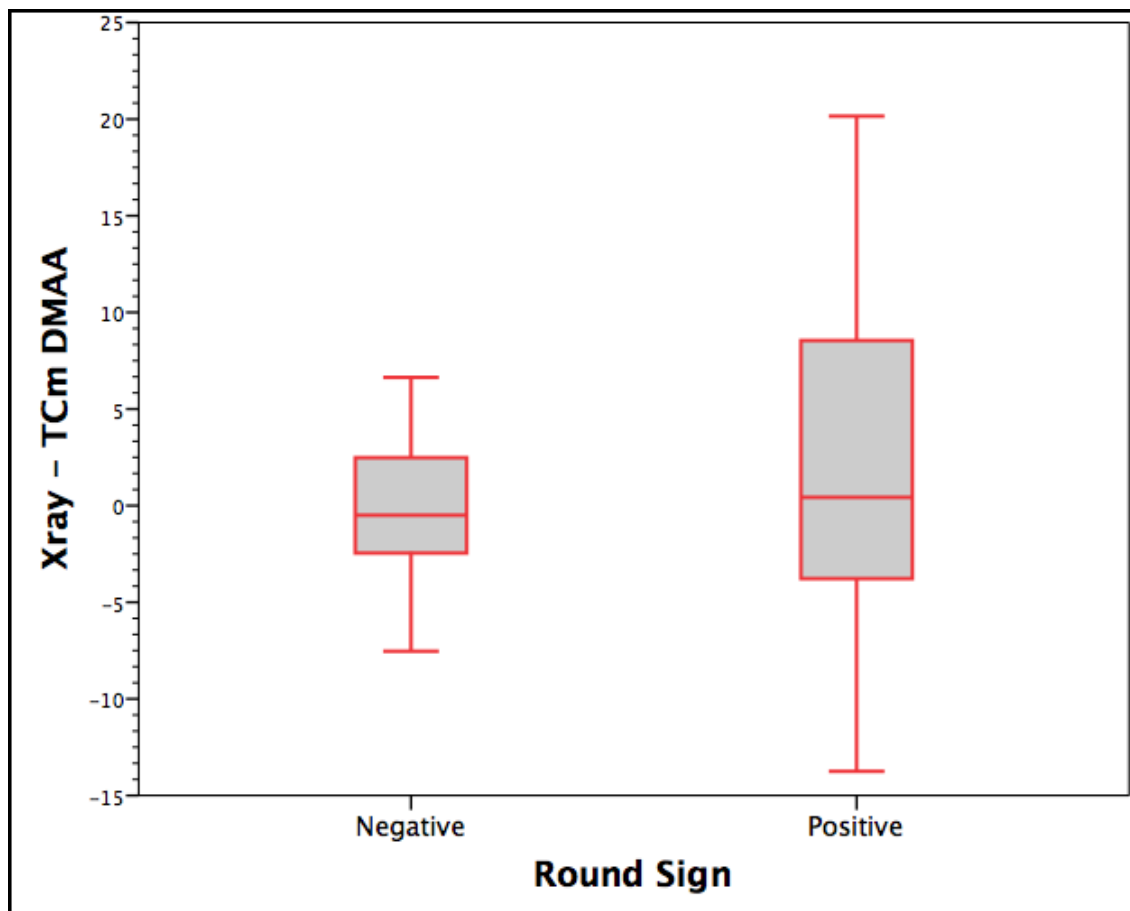


Figura 4: A figura mostra uma maior variação de diferença de valores da mensuração tomográfica com a radiográfica no grupo com *round sign* positivo do que com o negativo.

---

## REFERÊNCIAS

1. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part 1: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot Ankle Int.* 2007;28(5):654-9.
2. Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(6):932-66.
3. Sammarco GJ, Idusuyi OB. Complications after surgery of the hallux. *Clin Orthop Relat Res.* 2001(391):59-71.
4. Lee KT, Park YU, Jegal H, Lee TH. Deceptions in hallux valgus: what to look for to limit failures. *Foot Ankle Clin.* 2014;19(3):361-70.
5. Chou LB, Mann RA, Casillas MM. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 1998;19(9):579-84.
6. Coughlin MJ, Carlson RE. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. *Foot Ankle Int.* 1999;20(12):762-70.
7. Nery C, Barroco R, Ressio C. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2002;23(9):792-8.
8. Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT. First metatarsal head-shaft angle: a method of determination. *Foot Ankle.* 1993;14(4):181-5.
9. Lee KM, Ahn S, Chung CY, Sung KH, Park MS. Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(9):2613-21.

10. Coughlin MJ, Freund E, Roger A, Mann Award. The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int.* 2001;22(5):369-79.
11. Corte-Real NM, Moreira RM. Modified biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2009;30(12):1149-53.
12. Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC, Brown TD. Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. *Foot Ankle Int.* 1994;15(10):541-7.
13. Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2002;23(8):722-6.
14. Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, Hirschi J. Relationship of frontal plane rotation of first metatarsal to proximal articular set angle and hallux alignment in patients undergoing tarsometatarsal arthrodesis for hallux abducto valgus: a case series and critical review of the literature. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52(3):348-54.
15. Mortier JP, Bernard JL, Maestro M. Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6):677-83.
16. Robinson AH, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int.* 2006;27(12):1036-40.
17. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, Jotoku T, Kitano N, Shima H. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2163-72.



18. King TS, Chinchilli VM. A generalized concordance correlation coefficient for continuous and categorical data. *Stat Med.* 2001;20(14):2131-47.
19. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1(8476):307-10.
20. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA, 2nd. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int.* 2002;23(1):68-74.
21. Jastifer JR, Coughlin MJ, Schutt S, Hirose C, Kennedy M, Grebing B, et al. Comparison of radiographic and anatomic distal metatarsal articular angle in cadaver feet. *Foot Ankle Int.* 2014;35(4):389-93.
22. Yasuda T, Okuda R, Jotoku T, Shima H, Hida T, Neo M. Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2015;36(6):696-704.
23. Kim YJ, Kim JS, Young KW, Naraghi R, Cho HK, Lee SY. A New Measure of Tibial Sesamoid Position in Hallux Valgus in Relation to the Coronal Rotation of the First Metatarsal in CT Scans. *Foot Ankle Int.* 2015.
24. Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, Holmes C, McArdle A, Coleman N. Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal and transverse plane rotation of the hallux: does the hallux drive the metatarsal in a bunion deformity? *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(5):584-7.
25. Saltzman CL, Brandser EA, Anderson CM, Berbaum KS, Brown TD. Coronal plane rotation of the first metatarsal. *Foot Ankle Int.* 1996;17(3):157-61.

---

26. Dayton P, Feilmeier M, Hirschi J, Kauwe M, Kauwe JS. Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal plane rotation of the first metatarsal in a cadaveric foot model. J Foot Ankle Surg. 2014;53(3):274-8.

---

# **Artigo em Inglês:**

## **Comparison between Radiography and Tomography for Evaluation of the Distal Metatarsal Articular Angle**

---

**Authors:**

Eduardo Pedrini Cruz, MD

Orthopedist and Traumatologist specializing in Foot and Ankle Surgery

Felipe Victora Wagner, MD

Radiologist specializing in Musculoskeletal Disorders

Carlo Henning, MD, MSc

Orthopedist and Traumatologist specializing in Foot and Ankle Surgery

José Antônio Veiga Sanhudo, MD, PhD

Orthopedist and Traumatologist specializing in Foot and Ankle Surgery

Fernando Pagnussato, BMSc

Staff member in the Tissue Bank at the Hospital de Clínicas de Porto Alegre  
(HCPA), Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS), Brazil.

Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Orthopedist and Traumatologist specializing in Hip Surgery

Assistant Professor of Orthopedics and Traumatology, HCPA

Head of the tissue bank

---

## ABSTRACT

**Background:** Hallux valgus is the most common deformity of the adult foot and is often a debilitating condition requiring operative treatment. The distal metatarsal articular angle (DMAA) is an important variable in the study of this deformity, but this parameter exhibits low *interobserver* agreement when assessed via radiography. The objective of this study was to evaluate a tomographic method for measuring the DMAA by comparing it with the existing radiographic measurement technique.

**Methods:** The DMAAs of 77 feet (X patients) were evaluated by 2 observers using computed tomography. The obtained values were compared between the observers and with radiographic measurements using the concordance correlation coefficient (CCC) proposed by King and the Bland-Altman plot to analyze the agreement between the methods.

**Results:** A high agreement rate was found in the tomography measurements between observers (CCC = 0.90,  $p < 0.001$ ). Concordance was also observed between the radiographic and tomographic measurements (CCC = 0.667,  $p < 0.001$ ). The Bland-Altman plot showed that the presence of a positive round sign indicated an increased difference between the radiographic and tomographic measurements and was associated with high DMAA values.

**Conclusion:** Measurement of the DMAA using the tomographic method showed a better interobserver correlation compared with the radiographic method. Tomography can be an alternative method for preoperative surgical

---

planning in cases where there is doubt about the pathological change in the slope of the metatarsal head with an increased DMAA, especially in the presence of a positive round sign.

**KEYWORDS: Hallux Valgus; Distal Metatarsal Articular Angle;  
Tomography; X-ray**

## INTRODUCTION

Different types of hallux valgus are recognized, and broad-spectrum therapeutic approaches are applied. Several surgical techniques and gestures are described for invasive treatment, including osteotomy, soft-tissue release and arthrodesis. Therefore, the major characteristics of each deformity need to be defined for the best treatment to be chosen.<sup>5,12,24</sup> Accordingly, angle measurement using simple radiography is an important method and can guide surgical treatment. The distal metatarsal articular angle (DMAA) is considered one of the most important radiographic angles, as non-identification of alteration of the DMAA before surgery is associated with early recurrence of the deformity, a reduced range of motion of the metatarsophalangeal joint and pain.<sup>5,12,17</sup>

This angle indicates the lateral slope of the articular surface of the first metatarsal head and is measured relative to a line that connects the 2 extremities (lateral and medial) of the articular surface with the longitudinal axis of the metatarsal. This lateral deviation must be identified during the preoperative period because it requires a specific approach to be corrected.<sup>3,6,19</sup> Some unusual surgical gestures, such as biplane or periarticular osteotomy, must be performed in these cases to correct the orientation of the articular surface and avoid inadequate correction of the disorder.<sup>3,6</sup> However, although some researchers are of the opinion that this angle can be measured with good reliability using simple radiography,<sup>21</sup> several studies have demonstrated low

interobserver agreement.<sup>2,4,7,16,25</sup> Vittetoe et al. demonstrated low *interobserver* reliability regarding the rotation of the first metatarsal in a cadaver study.<sup>25</sup>

Simple radiography produces a *2-dimensional image* and may therefore not allow effective measurement of the DMAA in cases of metatarsal rotation. Thus, because the plantar articular surface is greater than the lateral surface, error in defining the limit of the lateral articular surface may occur in cases of metatarsal pronation, likely leading to overestimation of the DMAA.<sup>10,16</sup> The objective of this study was to evaluate a tomographic method for measuring the DMAA by comparing it with existing radiographic measurements. Furthermore, the correlation of the difference between radiographic and tomographic measurements with various radiographic parameters was assessed to investigate their relationship with the increasing measurement discrepancy between the methods.



---

## MATERIALS AND METHODS

This study was begun after approval by the Ethics Committee of the Clinical Hospital of Porto Alegre (Hospital de Clínicas de Porto Alegre). Patients from the orthopedic and traumatology outpatient clinic were prospectively selected from April 2014 to January 2015, when the number of subjects previously calculated for the study had been obtained. All patients who met the inclusion criteria were invited to participate in the study. Only the patients who agreed to participate and signed an informed consent form were included in the study. The inclusion criteria were as follows: symptomatic patients diagnosed with hallux valgus, with an indication for surgical treatment, aged between 15 and 85 years old; the following exclusion criteria were applied: patients with neurological diseases, a history of foot fractures or prior foot surgery. Among a total of 46 patients, 3 were excluded from the study: 2 patients declined to participate, and 1 did not undergo tomography (Flowchart 1: study sample)

*Computerized tomography scans* were evaluated by an orthopedist specializing in foot and ankle surgery and a radiologist specializing in musculoskeletal pathologies. Radiographs were analyzed by the same orthopedist. Tomographs and radiographs were analyzed on different days with a 4-week interval. The physicians were blinded to the identity of the patients. The analyses were performed only after reaching the previously calculated sample size. The 2 observers underwent initial training based on 5 cases that were not included in the statistical analysis.

The obtained images were saved as Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) files. A 3D Multi-Planar Reconstruction (3D-MPR) was used, employing image processing software (OsiriX MD®, Pixmeo®, Geneva, Switzerland). Computed tomography images were acquired in multi-slice *computed tomography* scanners and evaluated with multiplanar reformatting using a 2-mm thick bone window. First, the central longitudinal axis of the first metatarsal was defined in the coronal, sagittal and axial planes. Based on this reference, a coronal section was selected to perform measurements and was aligned with the central longitudinal axis and, transversely, with the lateral cortex of the middle third of the diaphysis. The lateral cortex of the diaphysis was used as a parameter, according to descriptions from cadaver studies, thereby compensating for the effect of the metatarsal rotation.<sup>18,21,22,25</sup> The DMAA measurement technique was performed using the same criteria adopted for the radiography.<sup>7</sup> These values were compared between the 2 observers. The mean value of the 2 evaluations was compared with the radiographic values because its agreement and correlation were high; there was no significant difference between the observers. The difference between the radiographic and tomographic values was evaluated based on the hallux valgus angle (HVA), intermetatarsal angle (IMA), *sesamoid axial angle*, hallux valgus classification, Smith classification, Hardy-Clapham classification and presence of a round sign, as described by Okuda et al.,<sup>20</sup> which was defined as a negative round sign (angular and intermediate shape) or a positive round sign (round shape).

The *concordance correlation coefficient (CCC)* proposed by King and adjusted for clustered observations (repeated measures) was used to assess the agreement between observations. Pearson's correlation coefficient obtained from a linear mixed model was employed to analyze the correlation between different numerical quantitative measures. *Spearman's correlation coefficient* was used to analyze the correlation between different ordinal quantitative measures. Student's t-test was applied to analyze the correlation of ordinal measures. The data were processed and analyzed using SPSS version 22.0 and R version 3.2.0.<sup>1,15</sup> It was estimated that with  $n = 70$  observations, the study would present a statistical power of 80% to detect correlations higher than  $r > 0.30$  at a significance level ( $\alpha/2$ ) of 5%.

## RESULTS

The study comprised  $n = 77$  exams from a total of 43 patients, of whom 95.2% were women, with mean age of 55.3 (17-82) years. According to the hallux valgus classification proposed by Coughlin,<sup>8</sup> 10% of the cases were mild; 52.63% were moderate; and 34.2% were severe. The mean HVA was 29.01 (10.70-64.58) degrees; the mean IMA was 14.02 (7.23-22.46) degrees; and the mean radiographic DMAA was 13.27 (2.47-44.48) degrees.

There was a high level of agreement in the tomographic measurements between observers, with a CCC = 0.90,  $p < 0.001$  (Table 1; Figure 1). Comparison of the mean tomographic measurements obtained from 2 observers with the radiographic measurements presented an agreement of CCC = 0.667,  $p < 0.001$  (table 2; Figure 2).

Comparison the different between of the radiographic measurements and the mean tomographic measurements revealed a significant positive, but weak, correlation between the severity of hallux valgus classification and HVA ( $r_s = 0.27$ ,  $p < 0.017$  and  $r = 0.32$ ,  $p < 0.005$ , respectively). Regarding the IMA, a trend towards a positive correlation was found, but with a weak association ( $r = 0.21$ ,  $p = 0.06$ ). The results obtained for the *sesamoid axial angle* were  $r = 0.10$ ,  $p = 0.39$ ; for the Smith classification,  $r_s = 0.10$ ,  $p = 0.36$ ; and for the Hardy-Clapham classification,  $r_s = 0.15$ ,  $p = 0.19$  (Table 3; Table 4).

Regarding the differences between the tomographic and radiographic measurements when evaluated via the Bland-Altman method, a mean error of 0.31 degrees was observed, with 73% of the observations being within +/- 5 degrees in relation to the tomographic measurements (Figure 3). The presence of a positive round sign was associated with larger discrepancies between the radiographic and tomographic DMAA measurements (Figure 3). There was no significant difference between the positive round sign group and the negative round sign group ( $p < 0.146$ ) (Table 5; Table 6; Figure 4)

---

## DISCUSSION

Hallux valgus is a complex deformity with a wide variety of presentations. Its treatment remains challenging, and there is no established technique for treating all of its presentations. Such classifications are also questionable because there are several parameters that must be evaluated, and many of them show no correlation with the severity of the clinical presentation. The present study demonstrated that tomographic measurements of the DMAA exhibit a high degree of correlation between observers, which can be useful when there is doubt about the pathological slope of the articular surface of the metatarsal head. These data suggest that the discrepancies in these values may be due to the limitations of the radiographic method. Thus, as suggested by other studies, anatomical changes, such as metatarsal rotation, can lead to errors in the actual measurement of the *articular slope*.<sup>2,13,16,22,25</sup>

The present study suggests that the presence of a positive round sign with a high DMAA value (especially > 15 degrees) is suggestive of errors in radiographic measurements (diverging from tomographic measurements). This sign may be associated with metatarsal pronation. Thus, with rotation of the metatarsal, the plantar cortex is positioned at the lateral portion of the metatarsal in the radiographic projection. The larger plantar articular surface may therefore lead to overestimation of the actual value of the articular surface slope of the metatarsal head. The plantar articular surface also exhibits a more rounded anatomy, which can lead to the metatarsal head being classified as

showing a positive round sign. This observation is in agreement with a study performed by Yasuda et al., who demonstrated that *proximal supination osteotomy* was an effective procedure for helping patients showing a positive round sign preoperatively to present a negative sign round postoperatively,<sup>26</sup> likely as a result of correcting the metatarsal pronation.<sup>10,26</sup> Figure 3 shows that increased DMAA values combined with a positive round sign are associated with radiographic values that are greater than tomographic values, indicating presumed overestimation of the actual *articular slope value*. The opposite situation was observed in only a few cases, which is consistent with the hypothesis that metatarsal rotation is the main factor leading to “errors” in radiographic measurements and the classification of a positive round sign, as the plantar cortex is larger and more rounded than the lateral cortex. Furthermore, as described in previous studies, the presence of a positive round sign is associated with worse surgical outcomes.<sup>20,26</sup>

It is also believed that the discrepancy in radiographic measurements between observers occurs because the limits of the articular surface are not defined in the radiographic projection, as it is not projected at a right angle with the metatarsal and is instead projected obliquely with metatarsal rotation (pronation). The bone density of the metatarsal head overlying the joint makes it difficult to define the limits of the joint, and some observers can use the plantar cortex as a reference for measuring the lateral joint limit.

In the present study, approximately 73% of the radiographic observations were within 5 degrees of difference from the tomographic measurements. This

finding is in agreement with a cadaver study showing that 66% of radiographic measurements were within 5 degrees of difference from the values obtained for an anatomical specimen.<sup>13</sup> That study also observed a correlation between radiographic and tomographic measurements similar to those obtained from cadavers.<sup>13</sup>

The association of the IMA, HVA and hallux valgus classification with the difference between the 2 DMAA measurement methods was weak, despite exhibiting a significant positive correlation. This finding may be explained by a number of factors. An increased DMAA is not always associated with severe hallux valgus, as severe hallux valgus with a low DMAA is observed in some cases.<sup>2,10,14</sup> Several studies have found that metatarsal rotation or dislocation of the sesamoids is not always associated with increased deformity<sup>10,11,14,23</sup>. Thus, the progression of metatarsal deviation is not always accompanied by metatarsal pronation.<sup>14,23</sup> Hence, in cases showing a high IMA without metatarsal pronation, tomographic and radiographic measurements may be similar. Furthermore, flexion or dorsiflexion of the first ray can also affect radiographic measurements.<sup>9,10,22</sup> As noted previously, angles and deformities do not progress symmetrically and proportionally in hallux valgus, and the morphological manifestation is therefore different in each case.<sup>10</sup>

The present study has some limitations. The mean value of tomographic measurements was assumed to represent the gold standard for statistical analysis. No analyses of anatomical specimens or surgical studies of cases were conducted. Furthermore, there were cases in which both feet of an



individual patient were evaluated, and it is known that these cases present greater similarity compared with cases in which only 1 foot per patient is evaluated.

The present study has clinical relevance, as many surgeons detect a pathological lateral slope of the articular surface during surgery and end up changing their surgical plan because of the low accuracy of methods for detecting this alteration before surgery. Because tomography can be employed to visualize the metatarsal axis and rotation, it presents a diagnostic ability that is not influenced by either intrinsic (anatomical) or extrinsic (projection, distance and angle of the x-ray machine) factors. In addition, the present study suggests that this technique shows an excellent agreement and correlation between observers, thus helping to compensate for the low correlation between observers found in radiographic examinations.<sup>2,13,16,22,25</sup> In addition, it is believed that the presence of a positive round sign associated with a high DMAA (especially > 15 degrees) increases the risk of radiographic measurement errors, serving as a warning for surgeons.

---

## CONCLUSION

Measurements of the distal articular angle of the metatarsal head obtained using the tomographic method present a high interobserver correlation and are more reliable than those obtained using the radiographic method, as the former technique eliminates the bias of metatarsal rotation, which can lead to overestimation of the DMAA in some cases. Tomography can be employed as an alternative method in preoperative surgical planning in cases where there is doubt about the abnormal articular angle of the metatarsal head, mainly in the presence of an increased DMAA and especially in the presence of a positive round sign.

---

## REFERENCES

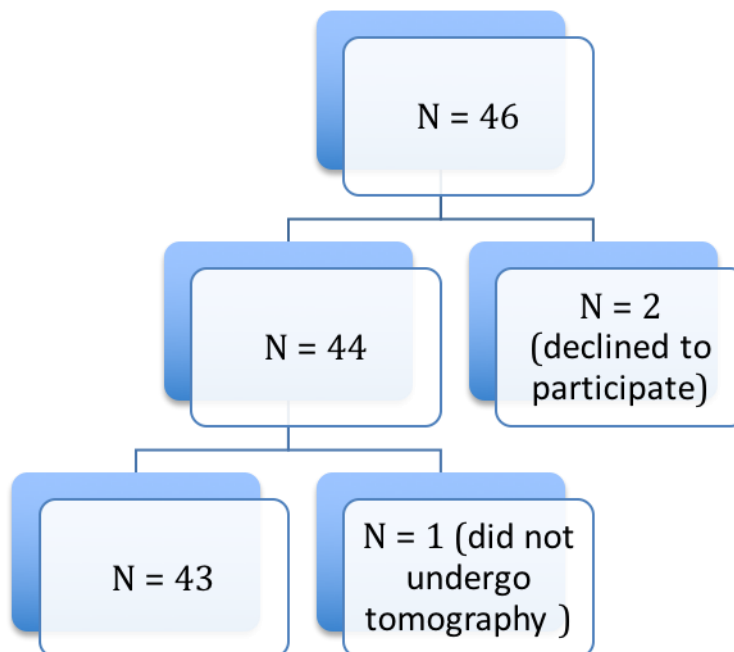
1. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-310.
2. Chi TD, Davitt J, Younger A, Holt S, Sangeorzan BJ. Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2002;23(8):722-726.
3. Chou LB, Mann RA, Casillas MM. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int*. 1998;19(9):579-584.
4. Corte-Real NM, Moreira RM. Modified biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int*. 2009;30(12):1149-1153. doi: 10.3113/FAI.2009.1149
5. Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am*. 1996;78(6):932-966.
6. Coughlin MJ, Carlson RE. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: evaluation of double and triple first ray osteotomies. *Foot Ankle Int*. 1999;20(12):762-770.
7. Coughlin MJ, Freund E, Roger A, Mann Award. The reliability of angular measurements in hallux valgus deformities. *Foot Ankle Int*. 2001;22(5):369-379.
8. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA, 2nd. Angular measurements in the evaluation of hallux valgus deformities: a report of the ad hoc

- committee of the American Orthopaedic Foot & Ankle Society on angular measurements. *Foot Ankle Int.* 2002;23(1):68-74.
9. Dayton P, Feilmeier M, Hirschi J, Kauwe M, Kauwe JS. Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal plane rotation of the first metatarsal in a cadaveric foot model. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(3):274-278. doi: 10.1053/j.jfas.2014.01.002
  10. Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, Hirschi J. Relationship of frontal plane rotation of first metatarsal to proximal articular set angle and hallux alignment in patients undergoing tarsometatarsal arthrodesis for hallux abducto valgus: a case series and critical review of the literature. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52(3):348-354. doi: 10.1053/j.jfas.2013.01.006
  11. Dayton P, Feilmeier M, Kauwe M, et al. Observed changes in radiographic measurements of the first ray after frontal and transverse plane rotation of the hallux: does the hallux drive the metatarsal in a bunion deformity? *J Foot Ankle Surg.* 2014;53(5):584-587. doi: 10.1053/j.jfas.2014.02.003
  12. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part 1: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot Ankle Int.* 2007;28(5):654-659. doi: 10.3113/FAI.2007.0654
  13. Jastifer JR, Coughlin MJ, Schutt S, et al. Comparison of radiographic and anatomic distal metatarsal articular angle in cadaver feet. *Foot Ankle Int.* 2014;35(4):389-393. doi: 10.1177/1071100714522027

14. Kim Y, Kim JS, Young KW, et al. A new measure of tibial sesamoid position in hallux valgus in relation to the coronal rotation of the first metatarsal in CT scans. *Foot Ankle Int.* 2015;36(8):944-952. doi: 10.1177/1071100715576994
15. King TS, Chinchilli VM. A generalized concordance correlation coefficient for continuous and categorical data. *Stat Med.* 2001;20(14):2131-2147. doi: 10.1002/sim.845
16. Lee KM, Ahn S, Chung CY, Sung KH, Park MS. Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(9):2613-2621. doi: 10.1007/s11999-012-2368-6
17. Lee KT, Park YU, Jegal H, Lee TH. Deceptions in hallux valgus: what to look for to limit failures. *Foot Ankle Clin.* 2014;19(3):361-370. doi: 10.1016/j.fcl.2014.06.003
18. Mortier JP, Bernard JL, Maestro M. Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6):677-683. doi: 10.1016/j.otsr.2012.05.005
19. Nery C, Barroco R, Ressio C. Biplanar chevron osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2002;23(9):792-798.
20. Okuda R, Kinoshita M, Yasuda T, et al. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(10):2163-2172. doi: 10.2106/JBJS.F.01455

21. Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT. First metatarsal head-shaft angle: a method of determination. *Foot Ankle*. 1993;14(4):181-185.
22. Robinson AH, Cullen NP, Chhaya NC, Sri-Ram K, Lynch A. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. *Foot Ankle Int*. 2006;27(12):1036-1040.
23. Saltzman CL, Brandser EA, Anderson CM, Berbaum KS, Brown TD. Coronal plane rotation of the first metatarsal. *Foot Ankle Int*. 1996;17(3):157-161.
24. Sammarco GJ, Idusuyi OB. Complications after surgery of the hallux. *Clin Orthop Relat Res*. 2001;391):59-71.
25. Vittetoe DA, Saltzman CL, Krieg JC, Brown TD. Validity and reliability of the first distal metatarsal articular angle. *Foot Ankle Int*. 1994;15(10):541-547.
26. Yasuda T, Okuda R, Jotoku T, et al. Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2015;36(6):696-704.  
doi: 10.1177/1071100715572188

**Flowchart 1: study sample.**



**Table 1. King's concordance correlation coefficient between CT DMAA OBS1 and CT DMAA OBS2.**

		95% Confidence					
		interval		F test with true value 0			
	Intraclass correlation**	Lower bound	Upper bound	Value	df1	df2	Sig.
<b>Single measures</b>	0.900*	0.846	0.936	18.813	74	74	0.000
<b>Average</b>	0.947***	0.917	0.967	18.813	74	74	0.000

---

**measures**

---

Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

\* The estimator is the same, whether the interaction is present or not.

\*\* Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

\*\*\* This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

**Table 2. King's concordance correlation coefficient between X-ray DMAA and CTm DMAA.**

	Intraclass correlation**	95% Confidence interval		F test with true value 0			
		Lower bound	Upper bound	Value	df1	df2	Sig.
<b>Single measures</b>	0.667*	0.520	0.775	5.004	74	74	0.000
<b>Average measures</b>	0.800***	0.684	0.873	5.004	74	74	0.000

---



Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

\* The estimator is the same, whether the interaction is present or not.

\*\* Type A intraclass correlation coefficients using an absolute agreement definition.

\*\*\* This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

**Table 3. Numerical variables. Correlation of the X-ray – CTm disparity with the IMA, HVA, and SRA.**

	X-ray – CTm			
	DMAA	IMA	HVA	SRA
<b>X-ray – CTm</b>				
<b>DMAA</b>				
Pearson correlation	1	0.215	0.321**	0.104
Sig (2-tailed)	-	0.063	0.005	0.398
N	76	76	76	68

**IMA**

Pearson correlation	0.215	1	0.404**	0.391**
Sig (2-tailed)	0.063	-	0.000	0.001
N	76	76	76	68

**HVA**

Pearson correlation	0.321**	0.404**	1	0.611**
Sig (2-tailed)	0.005	0.000	-	0.000
N	76	76	76	68

**SRA**

Pearson correlation	0.104	0.391**	0.611**	1
Sig (2-tailed)	0.398	0.001	0.000	-
N	68	68	68	68

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Table 4. Ordinal variables. Correlation between the X-ray – CTm disparity and the hallux valgus classification, Smith classification and Hardy-Clapham.**

			X-ray	Classificati	Smith	Hardy
			–	on		
<b>Spearman</b>	<b>Xray - CTm</b>	Correlati	1.00	0.274*	0.106	0.154
<b>'s rho</b>	<b>DMAA</b>	on	0			
		Sig. (2-	-	0.017	0.367	0.190
		N	76	76	74	74
	<b>Classificati</b>	Correlati	0.274*	1.000	0.522	0.663
	<b>on</b>	on			**	**
		Sig. (2-	0.01	-	0.000	0.000
		N	76	76	74	74
	<b>Smith</b>	Correlati	0.106	0.522**	1.000	0.783
		on				**
		Sig. (2-	0.36	0.000	-	0.000
		N	74	74	74	74
	<b>Hardy</b>	Correlati	0.154	0.663**	0.783	1.000
		on			**	
		Sig. (2-	0.19	0.000	0.000	-
		N	74	74	74	74

\* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Table 5: Positive and negative round signs.**

Table 5: Group statistics

Round Sign	N	Mean	Std. deviation	Std. error of the mean
<b>Xray - TCm DMAA</b>				
Negative	41	-0.2789	3.30842	0.51669
Positive	34	2.0344	8.60014	1.47491

**Table 6: Group test**

Table 6: Independent samples tests

	Levene's Test for Equality of Variances		T-test for Equality of Means	
	F	Sig.	t	df
	<b>Xray - TCm DMAA</b>			
Equal variances assumed	23,397	0.000	-1.588	73.000
Equal variances not assumed			-1.480	41.086

**T-test for Equality of Means**

	<b>Sig. (2-tailed)</b>	<b>Mean difference</b>	<b>Std. error difference</b>
<b>Xray - TCm DMAA</b>			
Equal variances assumed	0.117	-2.31331	1.45656
Equal variances not assumed	0.146	-2.31331	1.56280

	<b>T-test for Equality of Means</b>	
	<b>95% Confidence Interval of the</b>	
	<b>Lower</b>	<b>Upper</b>
<b>Xray - TCm DMAA</b>		
Equal variances assumed	-5.21623	0.58960
Equal variances not assumed	-5.46925	0.84262

Figure 1. Correlation of DMAA topographic measurements between observer 1 and observer 2.

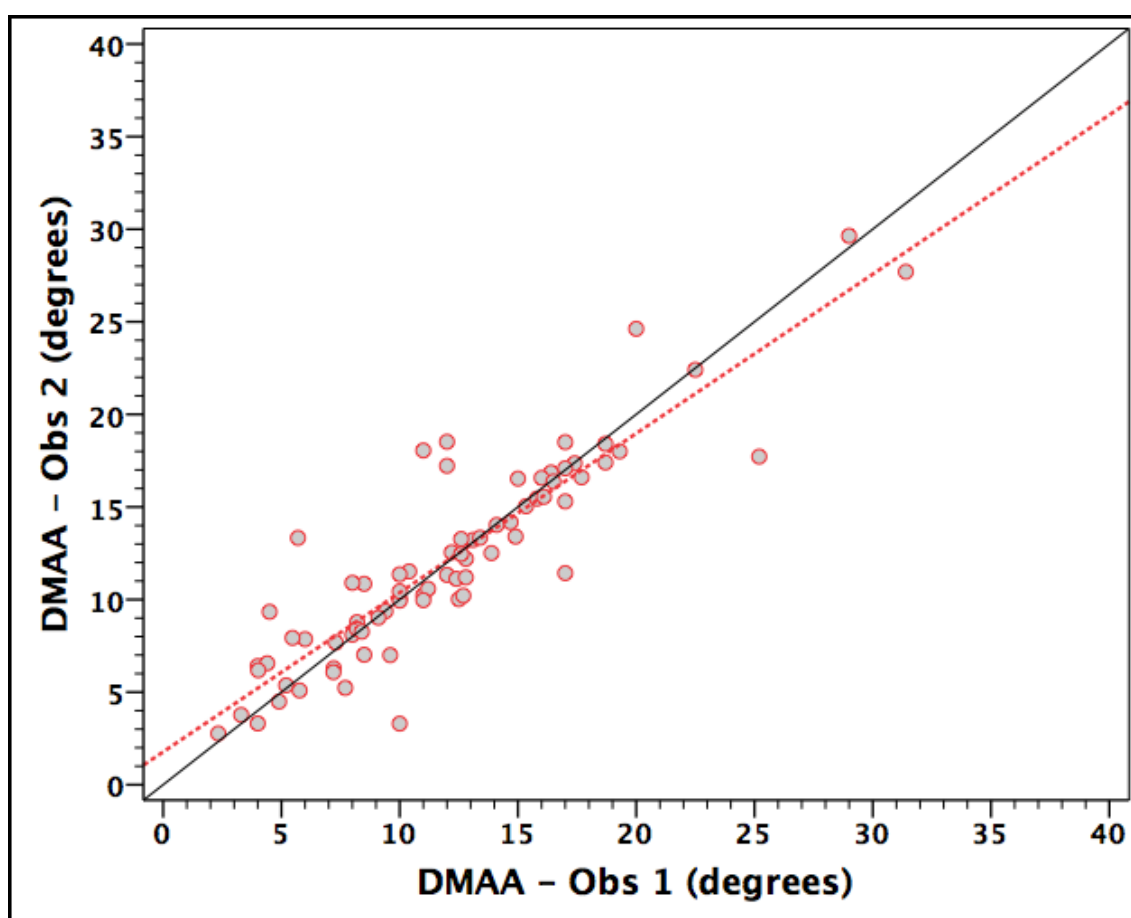


Figure 2. Correlation between DMAA radiographic and DMAA tomographic measurements.

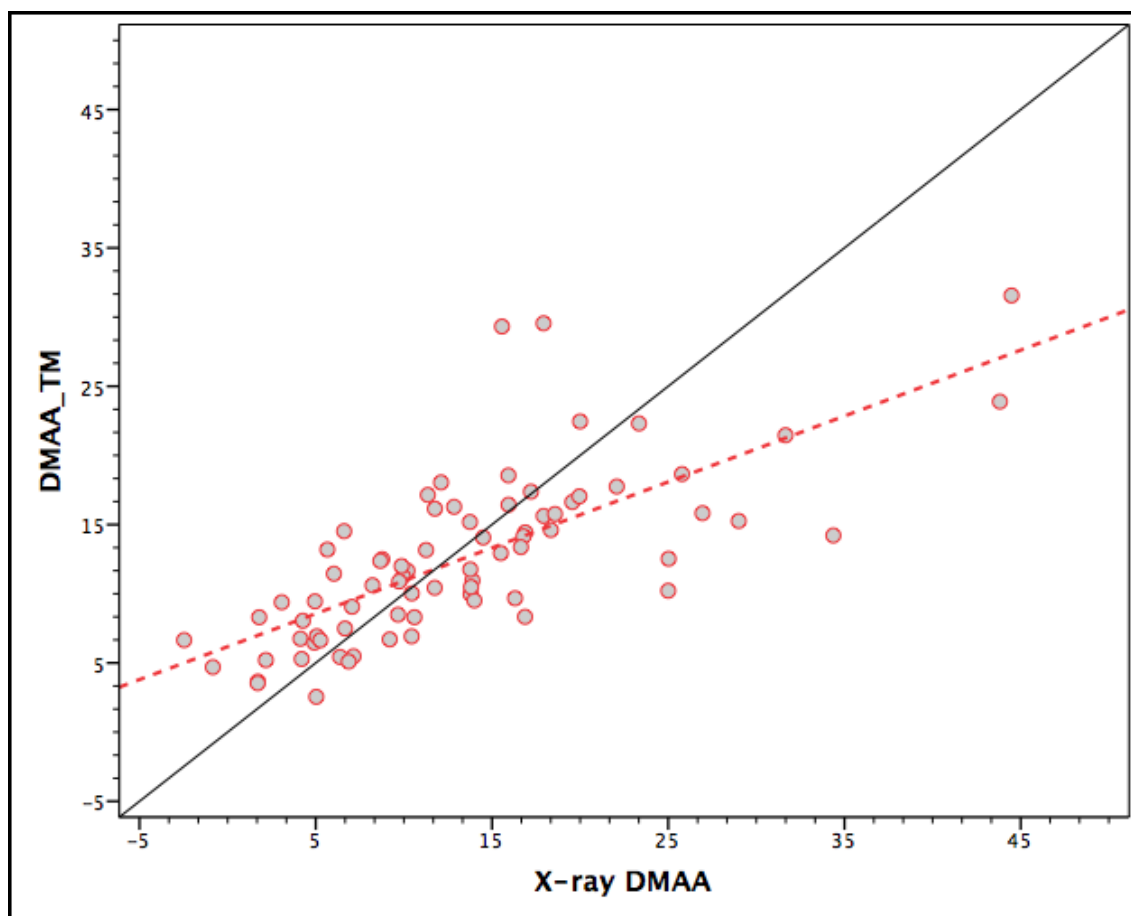


Figure 3. Bland-Altman plot with the X-ray and CTm DMAA variables. The positive round sign group is represented with red circles, while the negative round sign group is represented with blue squares.

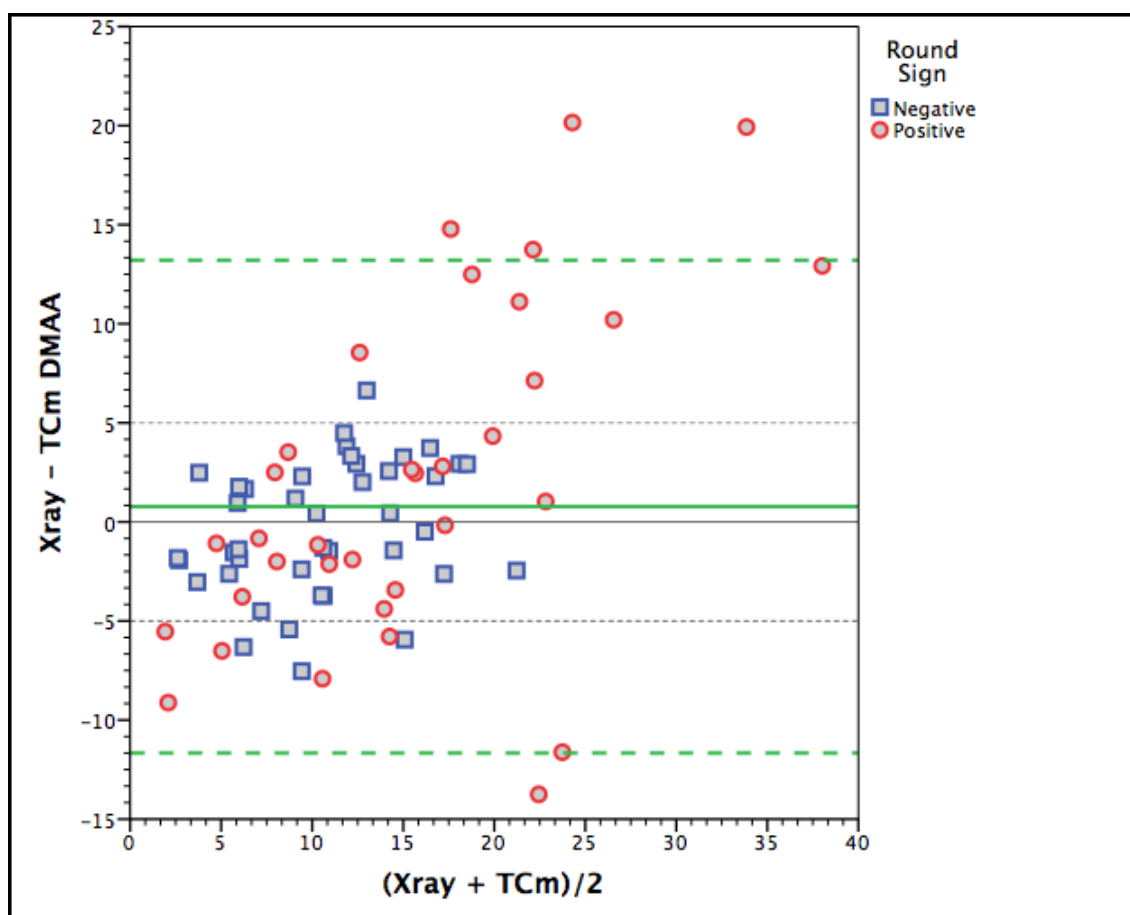
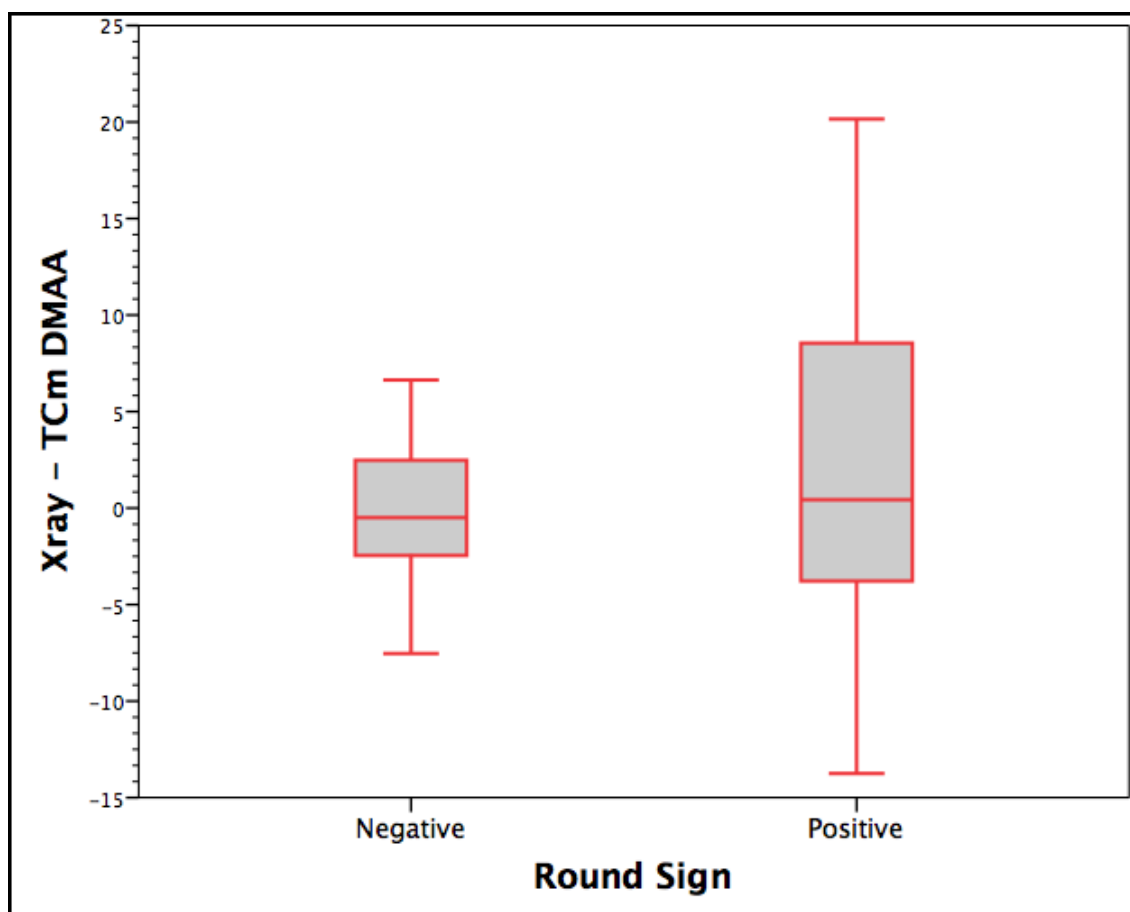




Figure 4. The figure shows greater variation of the differences between the tomographic measurement values and the radiographic measurement values in the groups with positive and negative round signs.



---

## CONCLUSÃO DO TRABALHO

A mensuração da inclinação articular lateral da cabeça metatarsal pelo método tomográfico possui alta correlação interobservadores e mostrou-se mais confiável do que o método radiográfico, por eliminar o viés da rotação metatarsal, possível responsável por superestimar o AAMD em alguns casos. Em casos em que há dúvida sobre a inclinação articular anormal da cabeça metatarsal, sobretudo na presença de AAMD elevado, e principalmente, na presença de *round sign* positivo a tomografia pode ser um método alternativo no planejamento cirúrgico pré-operatório.

---

## ANEXOS

### ANEXO A:

#### Termo De Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **“Avaliação e comparação entre a medição radiográfica e tomográfica do grau de desvio lateral da cabeça metatarsal no hallux valgus”**.

O joanete (hálux valgus) é uma deformidade do pé que aparece como uma “bola” na parte de dentro do pé. A melhor forma de tratamento para o joanete ainda não está definido.

Sendo assim, este estudo irá comparar dados da entrevista, exame físico e exame imagem (radiografia e tomografia) e sua influência na escolha do tratamento.

O objetivo deste estudo é avaliar se os exames citados acima podem mudar a escolha do tratamento.

Se você aceitar participar deste estudo não haverá qualquer alteração no seu tratamento, que será realizada conforme indicação médica. Além dos exames e consultas de rotina, você fará uma avaliação que inclui:

- questionários específicos para doença do pé
- tomografia (normal com reconstrução 3D)

A participação no estudo não trará benefício direto ao participante, porém contribuirá para o aumento do conhecimento sobre o assunto estudado e os resultados poderão auxiliar a realização de estudos futuros. Não são conhecidos riscos associados aos procedimentos previstos neste estudo. O processo não ocasionará dor aos pacientes, tendo como possível desconforto um tempo mais prolongado de avaliação e realização da tomografia.

A participação do indivíduo é voluntária e a decisão de não participação em nada afetará o seu atendimento no hospital. O indivíduo que participa do estudo também poderá desistir a qualquer momento do mesmo.

Os pesquisadores se comprometem em manter a confidencialidade dos dados de identificação pessoal e o seu nome não será revelado. As informações utilizadas para publicação não permitirão que você seja identificado. Os dados serão utilizados apenas pela equipe do estudo e autoridades regulatórias da área da saúde.

Todos os custos com a execução dos exames fora da rotina do Serviço, exclusivos para o estudo, serão financiados pela própria pesquisa, não havendo qualquer custo ao participante.

Ressaltamos que sua participação é voluntária, não havendo nenhum tipo de ressarcimento por parte da pesquisa quanto à participação no estudo. Salientamos também, que havendo algum tipo de incompatibilidade na agenda de marcação, alguns pacientes talvez necessitem comparecer em outro momento ao HCPA para a realização da tomografia.

O presente estudo tem como pesquisador responsável o Prof. Dr. Carlos Roberto Galia e o pesquisador Dr. Eduardo Pedrini Cruz (telefone 33211275). Qualquer dúvida poderá ser esclarecida a qualquer momento através do telefone 33598628 ou pessoalmente no Banco de Tecidos do HCPA - Ramiro Barcelos, 2350 – Sala 72- Largo Eduardo Zaccaro Faraco – Porto Alegre/RS. Persistindo alguma dúvida sobre os aspectos éticos você poderá contatar o Comitê de Ética em Pesquisa do HCPA, esclarecimentos através do telefone 33597640, ou no segundo andar do HCPA, sala 2227, das 8h às 17h.

O presente termo será firmado em duas vias, onde a primeira via será arquivada pelos pesquisadores e a segunda via será entregue ao participante. Desta forma declaro ter sido informado suficientemente para entender e consentir a minha participação o estudo.

---

Nome do Participante de Pesquisa

---

Nome do Pesquisador

---

Assinatura do participante

---

Assinatura do Pesquisador

Porto Alegre \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ .

**ANEXO B:**

**Tabela 1: Tabela de coeficiente de correlação e concordância de King, TC AAMD OBS1 e TC AAMD OBS2.**

	Intraclass correlation**	95% Confidence interval		F test with true value 0			
		Lower bound	Upper bound	Value	df1	df2	Sig.
		<b>Single measures</b>	0.900*	0.846	0.936	18.813	74
<b>Average measures</b>	0.947***	0.917	0.967	18.813	74	74	0.000

**Tabela 2: Tabela de coeficiente de correlação e concordância de King, Raio-x AAMD com TCm AAMD.**

	Intraclass	95% Confidence interval		F test with true value 0			
		Lower	Upper	Value	df1	df2	Sig.

	correlation**	bound	bound				
<b>Single measures</b>	0.667*	0.520	0.775	5.004	74	74	0.000
<b>Average measures</b>	0.800***	0.684	0.873	5.004	74	74	0.000

**Tabela 3: Tabela de variáveis numéricas. Correlação com a diferença entre Raio-x – TCm com IMA, HVA, Axial sesamóides.**

		<b>X-ray – CTm</b>			
		<b>DMAA</b>	<b>IMA</b>	<b>HVA</b>	<b>Axial</b>
<b>X-ray – CTm</b>					
<b>DMAA</b>					
	Pearson correlation	1	0.215	0.321**	0.104
	Sig (2-tailed)	-	0.063	0.005	0.398
	N	76	76	76	68
<b>IMA</b>					

	Pearson correlation	0.215	1	0.404**	0.391**
	Sig (2-tailed)	0.063	-	0.000	0.001
	N	76	76	76	68
<b>HVA</b>					
	Pearson correlation	0.321**	0.404**	1	0.611**
	Sig (2-tailed)	0.005	0.000	-	0.000
	N	76	76	76	68
<b>Axial</b>					
	Pearson correlation	0.104	0.391**	0.611**	1
	Sig (2-tailed)	0.398	0.001	0.000	-
	N	68	68	68	68



**Tabela 4: Tabela de correlação de variáveis ordinais. Correlação com a diferença entre Raio-x – TCm com classificação de hálux valgus, de Smith e de Hardy and Clapham.**

			X-ray	Classificati	Smith	Hardy
			-	on		
<b>Spearman</b>	<b>Xray - CTm</b>	Correlati	1.00	0.274*	0.106	0.154
<b>'s rho</b>	<b>DMAA</b>	on	0			
		Sig. (2-	-	0.017	0.367	0.190
		N	76	76	74	74
	<b>Classificati</b>	Correlati	0.274*	1.000	0.522	0.663
	<b>on</b>	on			**	**
		Sig. (2-	0.01	-	0.000	0.000
		N	76	76	74	74
	<b>Smith</b>	Correlati	0.106	0.522**	1.000	0.783
		on				**
		Sig. (2-	0.36	0.000	-	0.000
		N	74	74	74	74
	<b>Hardy</b>	Correlati	0.154	0.663**	0.783	1.000
		on			**	
		Sig. (2-	0.19	0.000	0.000	-
		N	74	74	74	74

**Tabela 5: Tabela com *round sign* positivo e negativo.**

Round Sign	N	Mean	Std. deviation	Std. error of the mean
------------	---	------	----------------	------------------------

---

**Xray - TCm DMAA**

Negative	41	-0.2789	3.30842	0.51669
Positive	34	2.0344	8.60014	1.47491

---

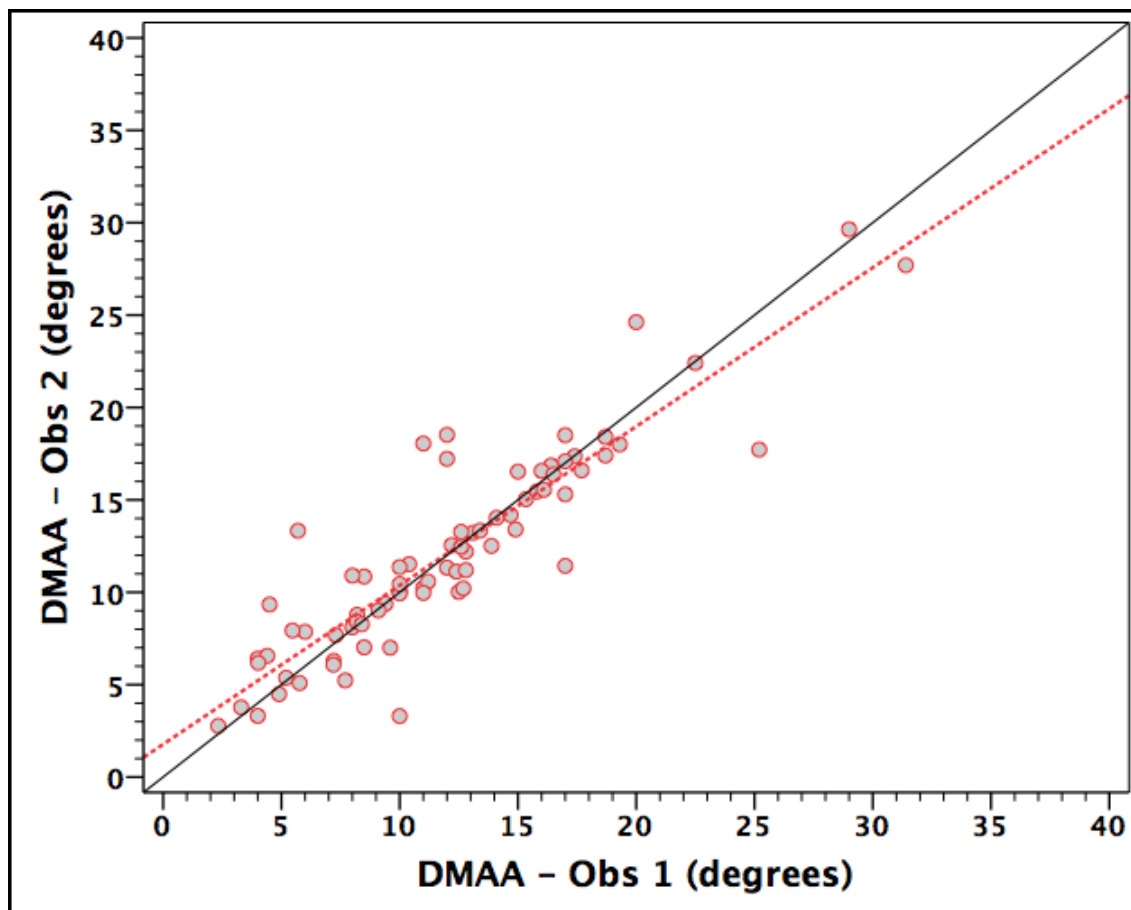
**Table 7: Teste dos grupos.**

	Levene's Test for		T-test for	
	Equality of Variances		Equality of Means	
	F	Sig.	t	df
<b>Xray - TCm DMAA</b>				
Equal variances assumed	23,397	0.000	-1.588	73.000
Equal variances not assumed			-1.480	41.086

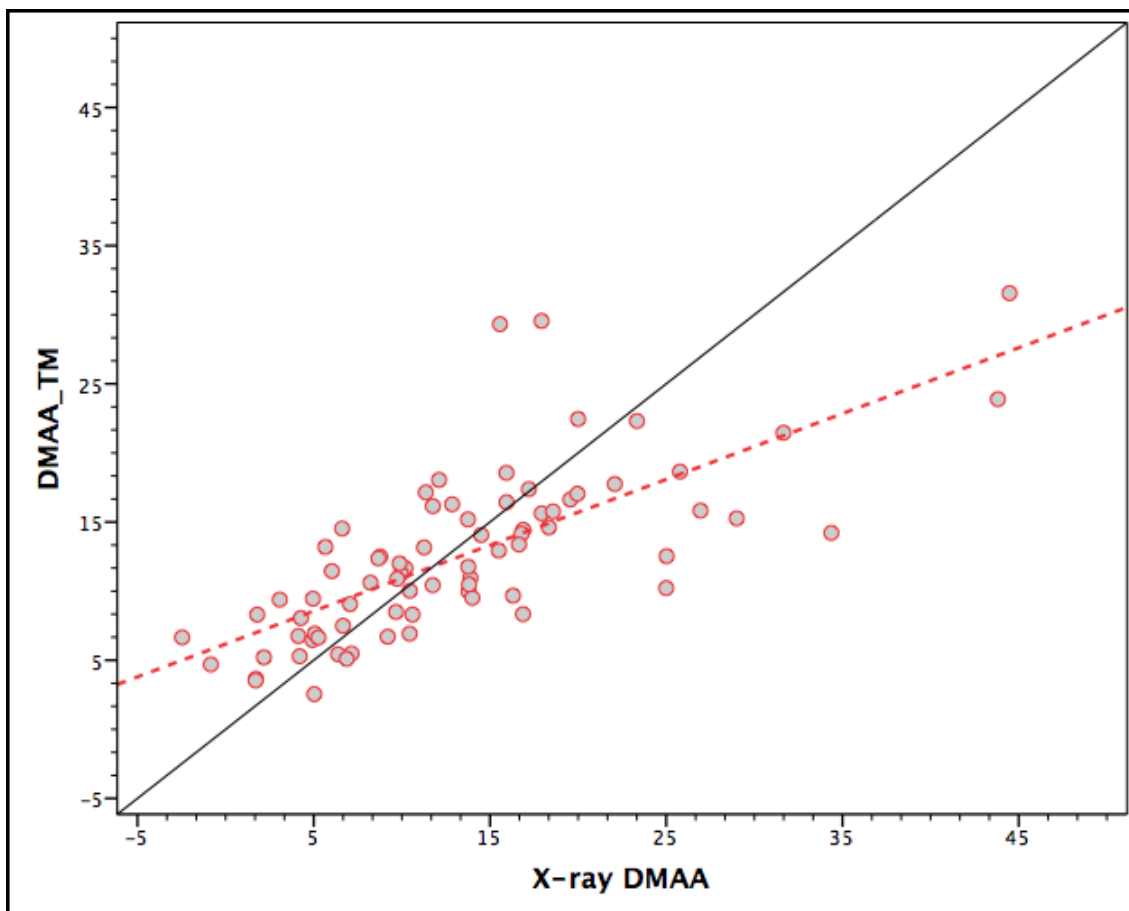
---

**ANEXO C:**

**Figuras:**



**Figura 1: Correlação da mensuração tomográfica entre o observador 1 e o observador 2 em relação ao AAMD.**



**Figura 2: Correlação da mensuração entre a medição radiográfica com a tomográfica em relação ao AMD.**

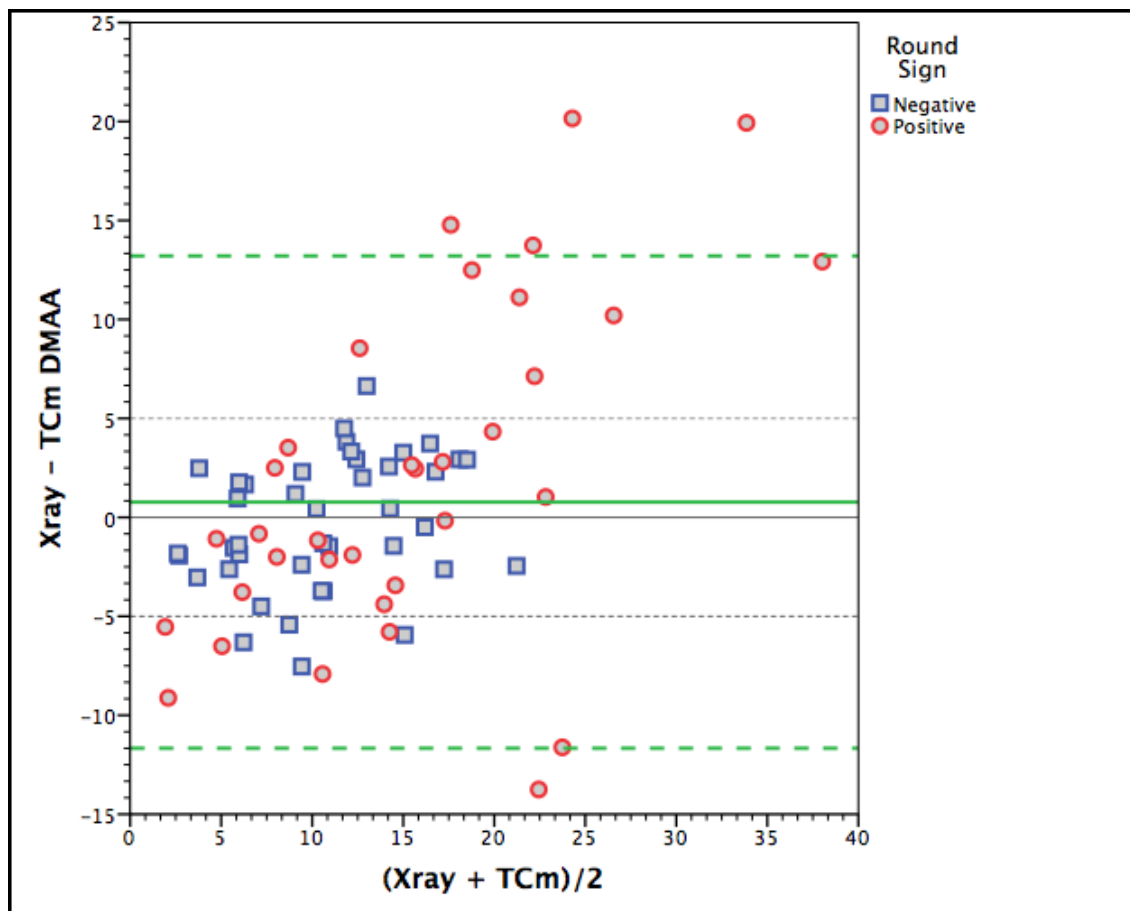


Figura 3: A figura gráfico de Bland-Altman com as variáveis Raio-x AAMD e TCm AAMDDMAA. O grupo *round sign* positivo é identificado por círculos vermelhos. O quadrado azul representa o grupo *round sign* negativo.

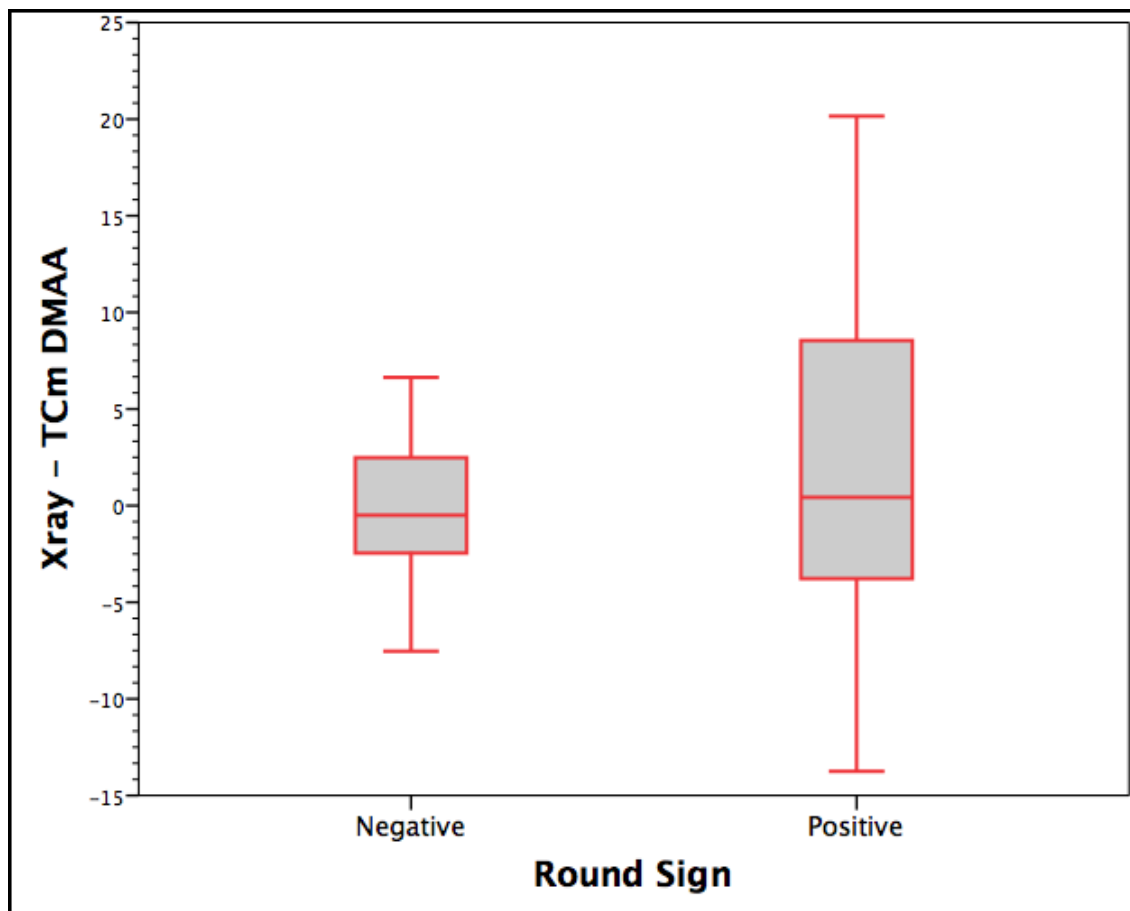


Figura 4: A figura mostra uma maior variação de diferença de valores da mensuração tomográfica com a radiográfica no grupo com *round sign* positivo e com o negativo.