

---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cirúrgicas

# **Será que o hálux valgo exibe uma deformidade óssea inerente ao primeiro metatarso?**

Autor: Eduardo Pedrini Cruz, *MD, MSc.*

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

**Tese de Doutorado**

**Porto Alegre, 2019**



**Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Faculdade de Medicina**  
**Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas**  
**Hospital de Clínicas de Porto Alegre – HCPA**

---



---

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Medicina

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cirúrgicas

# **Será que o hálux valgo exibe uma deformidade óssea inerente ao primeiro metatarso?**

Autor: Eduardo Pedrini Cruz, *MD, MSc.*

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

**Tese de Doutorado**

**Porto Alegre, 2019**

CIP - Catalogação na Publicação

Cruz, Eduardo Pedrini  
Será que o hálux valgo exhibe uma deformidade óssea  
inerente ao primeiro metatarso? / Eduardo Pedrini  
Cruz. -- 2019.  
131 f.  
Orientadora: Carlos Roberto Galia.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de  
Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas, Porto  
Alegre, BR-RS, 2019.

1. Hálux valgo. 2. Rotação. 3. Pronação. 4.  
Tomografia Computadorizada. I. Galia, Carlos Roberto,  
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

---

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha filha, Rafaela Rymer Pedrini Cruz, e à minha esposa, Bruna Lima Rymer. Ambas foram uma fonte incentivadora para a realização e a conclusão dele. Em igual importância, dedico este estudo aos meus pais, Pedro Lima Cruz e Ana Maria Pedrini Cruz, que são exemplos de dedicação, perseverança e ética.

Dedico este trabalho ao Prof. Carlos Roberto Galia, pela cordialidade e pelos 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 e do Hospital da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre.

Agradeço ao Dr. Felipe Victora Wagner, pela amizade e pelo interesse científico em desenvolver pesquisas, realizando-a em conjunto e tendo trabalhado arduamente para que conseguíssemos terminar o projeto.

Agradeço ao Dr. Carlo Henning, pelos ensinamentos e pela receptividade para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço ao Fernando Pagnusatto, pela ajuda e por ter compartilhado do seu conhecimento científico.

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

---

## EPÍGRAFE

***“... Para a razão humana, o conjunto das causas dos fenômenos é inalcançável. Mas a exigência de encontrar as causas foi incutida na alma do homem. E a razão humana, que não depreende a infinidade e a complexidade das condições dos fenômenos, das quais cada uma em separado pode ser apresentada como uma causa, agarra-se à primeira e mais compreensível semelhança que encontra e diz: aqui está a causa ...”***

Liev Tolstoi

Guerra e Paz. Cosac Naify. Pag.2035 (1) 2012

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>1. RESUMO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>3. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>5. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>33</b>
<b>6. OBJETIVOS.....</b>	<b>34</b>
<b>7. HIPÓTESE CONCEITUAL.....</b>	<b>35</b>
<b>8. ASPECTOS ÉTICOS .....</b>	<b>36</b>
<b>9. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
<b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
<b>11. PERSPECTIVA .....</b>	<b>49</b>
<b>12. REFERÊNCIA.....</b>	<b>50</b>
<b>13. ARTIGO PUBLICADO .....</b>	<b>62</b>
<b>14. ARTIGO EM INGLÊS.....</b>	<b>63</b>
<b>15. ARTIGO EM PORTUGUÊS .....</b>	<b>97</b>



---

## LISTA DE SIGLAS

AAMD	Ângulo Articular Metatarsal Distal
AINEs	Anti-inflamatórios 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>
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

---

## RESUMO

### **Introdução:**

O Hálux valgo é uma afecção altamente frequente na população. A identificação de fatores associados à deformidade é de suma importância na correção completa do transtorno. A pronação do hálux é um componente frequentemente presente. Apesar disso, há dúvidas em relação a sua etiologia e localização exata dessa deformidade.

### **Métodos:**

O objetivo principal da pesquisa é comparar o grau de rotação do primeiro metatarsiano entre pacientes com e sem hálux valgo através da tomografia computadorizada em um estudo caso-controle. A rotação do primeiro metatarsiano era calculado a partir da fusão de duas imagens no eixo coronal, uma na base e outra na cabeça. A coleta de dados foi realizada no Hospital de Clínicas e na Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre entre 2012 e 2016. A análise estatística foi realizada por meio de um modelo linear misto ajustado para pé e sexo.

### **Resultados:**

Um total de 82 pés (testes) foram analisados no grupo hálux valgo e 64 no grupo controle (n = 146). O grupo hálux valgo apresentou rotação metatarsal significativamente maior do que o grupo controle (p <0,001). As

---

rotações médias foram de 15,36 graus no grupo hálux valgo e 3,45 graus no grupo controle. A diferença entre as médias foi de 11,9 graus (9,2; 14,6).

**Conclusão:**

Os pacientes com hálux valgo exibiram aumento da rotação óssea exclusiva do primeiro metatarso no sentido da pronação em comparação com a população sem essa condição.

**Palavras-chave:** Hálux Valgo; Pronação; Rotação; Tomografia.

---

## ABSTRACT

### Background:

Hallux valgus is a common disorder in the population. Identification of factors associated with deformity is of paramount importance in the complete correction of the disorder. Hallux pronation is a frequently present component. Nevertheless, there are doubts regarding its etiology and exact location of the deformity.

### Methods:

The main objective of the research was to compare the angle of rotation of the first metatarsal between patients with and without hallux valgus in a case-control study through computed tomography. The rotation of the first metatarsal was measured from the fusion of two images on the coronal axis, one at the base and one at the metatarsal head. Data collection was performed at the Clinical Hospital and Santa Casa de Misericórdia of Porto Alegre between 2012 and 2016 were included. Statistical analysis was performed using a mixed linear model adjusted for foot and gender.

### Results:

A total of 82 feet (tests) were analyzed in the hallux valgus group and 64 in the control group (n = 146). The hallux valgus group had significantly higher metatarsal rotation than the control group (p <0.001). Mean rotations were

---

15.36 degrees in the hallux valgus group and 3.45 degrees in the control group.  
The difference between the means was 11.9 degrees (9.2; 14.6).

**Conclusion:**

Patients with hallux valgus exhibited increased exclusive bone rotation of the first metatarsal toward pronation compared with the population without this condition.

**Keywords:** Hallux Valgus, pronation, rotation, tomography.

## INTRODUÇÃO

O hálux valgo é uma afecção altamente prevalente na população. Apesar de inúmeros estudos, não há um consenso sobre os fatores fisiopatológicos envolvidos. A maioria dos autores descreve os eventos fisiopatogênicos de maneira cronológica e evolutiva. Por outro lado, há evidências que esses estágios não ocorrem em todos os casos (KIM et al., 2015; LEE et al., 2018). Alguns artigos, com metodologia inadequada e com poder questionável das proposições, sugerem uma progressão a população adulta (CONDON et al., 2002; SUNG et al., 2019).

A literatura apresenta inúmeros tratamentos que variam desde medidas conservadoras a cirúrgicas. No tratamento conservador, as opções mais comumente utilizadas são órteses abductoras do hálux, protetores de joanete, modificações de calçados (adaptados à demanda e a deformidade específica de cada caso), fisioterapia, medicações analgésicas e anti-inflamatórias. O tratamento conservador apresenta resultados insatisfatórios. (HURN; VICENZINO; SMITH, 2016; KILMARTIN; BARRINGTON; WALLACE, 1994; TORKKI et al., 2001).

O tratamento invasivo possui inúmeras técnicas descritas na literatura (SMYTH; AIYER, 2018). As opções variam desde cirurgias de partes moles a osteotomias ou artrodeses (LEE et al., 2014; PINNEY; SONG; CHOU, 2006; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014). Embora o tratamento cirúrgico seja considerado mais efetivo com embasamento científico, observa-se que os

desfechos não são homogêneos e ainda apresentam inúmeros resultados insatisfatórios (EASLEY; TRNKA, 2007a; LEE et al., 2014; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014).

*Chong et al.* registraram uma taxa de insatisfação dos pacientes de 25,9% em um seguimento maior que 5 anos (CHONG et al., 2015). *Jeuken et al.* realizaram um ensaio clínico randomizado comparando a técnica de *Chevron* e *Scarf* com tempo de seguimento de 14 anos e observaram que em 74% dos pacientes havia recidiva radiográfica (JEUKEN et al., 2016). Brock et al. encontraram recidiva de 30% com a osteotomia de *Scarf* (BOCK et al., 2014). Outro estudo que utilizou a osteotomia proximal apresentou recidiva de 64% (IYER et al., 2015). Um estudo com 308 pacientes encontrou em 31% dos pacientes alguma dor residual no sexto mês de pós-operatório, e somente 71% estavam assintomáticos após 2 anos de seguimento (CHEN et al., 2016).

Acrescenta-se ainda que casos similares – classificação de gravidade igual, operados pela mesma técnica e equipe cirúrgica – apresentam desfechos diferentes (EASLEY; TRNKA, 2007a; LEE et al., 2014; OKUDA et al., 2007; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014; YASUDA et al., 2015). Além disso, casos classificados em estágios de gravidade diferentes podem apresentar resultados semelhantes sem diferença estatística (DEENIK et al., 2008). Há evidências de que o grau de satisfação do paciente não está relacionado com os valores angulares radiográficos e, além disso, os valores de cada parâmetro angular



não aumentam de maneira linear entre si (MATTHEWS et al., 2018; THORDARSON et al., 2005).

O cenário descrito reforça a importância de mais estudos sobre os mais variados componentes patológicos da doença. Nesse sentido, a ocorrência de desfechos insatisfatórios pode ser decorrente de uma correção incompleta de todos os fatores envolvidos na formação da doença.

A pronação do primeiro raio é um componente patológico deformante frequentemente presente (EASLEY; TRNKA, 2007b; YOUNG et al., 2013). Alguns autores consideram que essa alteração seja secundária à insuficiência do primeiro raio, alterações ligamentares e distúrbio do equilíbrio muscular (EASLEY; TRNKA, 2007b; KIM et al., 2015; LEE et al., 2014; YOUNG et al., 2013). Sabe-se que a pronação está associada a complicações cirúrgicas, como a recidiva (HARB et al., 2015; LEE et al., 2014; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014).

Por outro lado, apesar do consenso de que a pronação é um fator de risco, não há uma definição sobre a sua causa e localização exata. Atualmente, por exemplo, sabe-se que a intensidade da pronação não aumenta necessariamente de maneira simétrica e homogênea com o aumento ou evolução da doença. Há pacientes com estágio avançado semelhante que apresentam diferentes graus de pronação (KIM et al., 2015). Constata-se, portanto, que esse componente apresenta um comportamento variável com

---

etiologia indefinida (CRUZ et al., 2017; KIM et al., 2015; MORTIER; BERNARD; MAESTRO, 2012).

O estudo tem por objetivo identificar se há um aumento angular rotacional intrínseco do primeiro metatarso nos pacientes com hálux valgo em relação aos pacientes sem a doença.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O hálux valgo é uma afecção altamente prevalente que afeta mais frequentemente as mulheres (COUGHLIN; JONES, 2007a; EASLEY; TRNKA, 2007b; YOUNG et al., 2013). Uma revisão sistemática realizada por *Nix et al.* encontrou uma prevalência nos adultos (entre 18 a 65 anos) de 23%, aumentando com o avanço da idade (NIX; SMITH; VICENZINO, 2010). Há uma contribuição genética através de uma herança autossômica dominante com penetração incompleta (PIQUÉ-VIDAL; SOLÉ; ANTICH, 2007).

O trabalho de *Durlacher* realizado em 1845 considerava que o fator causal era decorrente do aumento ou espessamento da articulação metatarsfalangeana do primeiro raio (DAYTON; KAUWE; FEILMEIER, 2014). A primeira utilização do termo *hallux valgus* ocorreu em 1877, por *Carl Heuter* (DAYTON; KAUWE; FEILMEIER, 2014; PERERA; MASON; STEPHENS, 2011). Posteriormente, *Truslow* e *Lapidus* aprofundaram o entendimento fisiopatológico, acrescentando novas nomenclaturas (DAYTON; KAUWE; FEILMEIER, 2014). Atualmente, a característica principal da deformidade é descrita pela presença de uma deformidade em varo no metatarso e em valgo na falange proximal do primeiro raio ao nível da articulação metatarsfalangeana (COUGHLIN; JONES, 2007a; EASLEY; TRNKA, 2007b; NERY et al., 2013).

O quadro clínico é variável, apresentando manifestações clínicas diferentes (COUGHLIN, 1995; KIM et al., 2015; LEE et al., 2014; YOUNG et al.,

2013). Entre os sinais e sintomas frequentemente encontrados, destacam-se dor na proeminência medial, dor na articulação da metatarsofalangeana do primeiro raio, metatarsalgia de transferência nos raios laterais, lesões dérmicas secundária à deformidade (calosidade, ulceração), distúrbios na biomecânica da marcha, dificuldade ou incapacidade de utilizar certos calçados e *déficit* funcional. No exame físico, observam-se dor à palpação das cabeças dos metatarsos, limitação do arco de movimento na metatarsofalangeana do hálux, instabilidade ou insuficiência da articulação cunha medial e primeiro metatarso, edema, hiperemia e calosidades em áreas de proeminências ósseas, entre outras características (COUGHLIN, 1995; COUGHLIN; JONES, 2007a; EASLEY; TRNKA, 2007b; NERY et al., 2013; YOUNG et al., 2013).

O diagnóstico e estadiamento da doença são realizados com auxílio de exames complementares (radiografia simples do pé com apoio na incidência anteroposterior, perfil e axial dos sesamoides). Outros exames podem ser solicitados, variando conforme as comorbidades associadas do paciente e as preferências do médico assistente. Assim, a ressonância magnética e a tomografia computadorizada são solicitadas em situações específicas.

A literatura apresenta inúmeros tratamentos que variam desde medidas conservadoras a cirúrgicas. No tratamento conservador, as opções mais comumente utilizadas são órteses abductoras do hálux, protetores de joanete, modificações de calçados (adaptados a demanda e a deformidade específica de cada caso), fisioterapia, medicações analgésicas e anti-inflamatórias. O

tratamento conservador apresenta resultados insatisfatórios evidenciado em diversos estudos. (HURN; VICENZINO; SMITH, 2016; KILMARTIN; BARRINGTON; WALLACE, 1994; TORKKI et al., 2001).

Um estudo prospectivo randomizado em uma população de 6.000 pacientes entre 9 a 10 anos analisou 150 indivíduos com diagnóstico de hálux valgo. Entre eles, 122 preencheram os critérios de inclusão. A alocação nos grupos com e sem intervenção com tratamento conservador foi realizada por randomização, e os parâmetros de análise utilizados foram exames físico e radiológico. A evolução ocorreu em ambos os grupos, sendo mais acentuada nos pacientes que receberam o tratamento conservador (KILMARTIN; BARRINGTON; WALLACE, 1994).

Outro estudo clínico randomizado comparou o tratamento conservador, cirúrgico e nenhum. Embora o tratamento conservador tenha apresentado uma melhora sintomática temporária em relação ao grupo sem intervenção, o tratamento cirúrgico apresentou resultados significativamente melhores que os outros dois (TORKKI et al., 2001). Em decorrência disso, a cirurgia é frequentemente indicada, uma vez que oferece melhores resultados (COUGHLIN, 1995; EASLEY; TRNKA, 2007a; KILMARTIN; BARRINGTON; WALLACE, 1994; TORKKI et al., 2001).

O tratamento invasivo possui inúmeras técnicas descritas na literatura (SMYTH; AIYER, 2018). As opções variam desde gestos cirúrgicos de partes moles a osteotomias ou artrodeses (LEE et al., 2014; PINNEY; SONG; CHOU,

2006; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014). Embora o tratamento cirúrgico seja considerado mais efetivo com embasamento científico, observa-se que os desfechos não são homogêneos e ainda apresentam inúmeros resultados insatisfatórios (EASLEY; TRNKA, 2007a; LEE et al., 2014; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014).

Ao longo do tempo, o tratamento cirúrgico apresentou um progresso considerável, principalmente nos últimos anos. Dessa forma, é possível identificar e salientar alguns fatores envolvidos na melhora dos resultados. Em 1985, *Sullivan et al.* reportaram uma recidiva de 11 pés (61%) com a osteotomia de *Mitchell* no hálux valgo juvenil (BALL; SULLIVAN, 1985). Em 1993, *Canale et al.* apresentaram em um estudo uma taxa de recidiva completa e de dor residual local nos pacientes de 10% e 34%, respectivamente (CANALE et al., 1993).

Nesse período, houve uma valorização de um componente patológico formador do hálux valgo descrito inicialmente por *Piggott et al.* (PIGGOTT, 1960). Essa nova deformidade foi definida por um desvio ou *slope* lateral na orientação da superfície articular distal do primeiro metatarso. Além disso, foi desenvolvida uma medida angular radiográfica denominada de ângulo articular metatarsal distal para identificar essa anomalia no pré-operatório. Assim, esse fator estaria presente nos casos de pacientes com um aumento desse ângulo (alguns autores consideram normal até 15 graus) (COUGHLIN; CARLSON, 1999).

Alguns estudos concluíram que a não correção dessa inclinação lateral patológica poderia acarretar o recrudescimento das complicações cirúrgicas, tais como a recidiva precoce e a rigidez articular (COUGHLIN, 1995; COUGHLIN; CARLSON, 1999; NERY; BARROCO; RÉSSIO, 2002). *Coughlin et al.* publicaram um artigo com a descrição de uma nova técnica cirúrgica visando à correção dessa anomalia e apresentaram resultados iniciais a curto prazo animador com nenhuma recidiva (COUGHLIN; CARLSON, 1999).

Assim, após o reconhecimento da necessidade de correção desse fator, surgiram novas técnicas cirúrgicas (NERY; BARROCO; RÉSSIO, 2002; SMITH; COUGHLIN, 2009). Entretanto, após a euforia inicial, novos estudos com seguimento maior não apresentaram as mesmas elevadas taxas de sucesso. Recentemente, por exemplo, *Agrawal et al.* publicaram uma taxa de recidiva radiológica de 29,8% em pacientes com esqueleto imaturo, e 21,3% necessitaram de uma revisão cirúrgica (AGRAWAL; BAJAJ; FLOWERS, 2015).

Alguns pontos precisam ser destacados sobre esse assunto. Constatase que inúmeros estudos sobre a reprodutibilidade da aferição radiográfica do ângulo articular metatarsal distal evidenciam um baixo índice de correlação inter e intraobservador (CHI et al., 2002; LEE et al., 2012; RICHARDSON et al., 1993; VITTETOE et al., 1994). Em consequência disso, muitos autores consideram que a utilização desse método de aferição não possui embasamento científico para sua utilização (CHI et al., 2002; CRUZ et al., 2017; J.R. et al., 2014). Alguns pesquisadores acreditam que a baixa

reprodutibilidade desse ângulo seja secundária à pronação do metatarso (CRUZ et al., 2017; LEE et al., 2012; VITTETOE et al., 1994).

Nesse sentido, a rotação do hálux no plano axial acarretaria sobreposição de imagens da cabeça do metatarso. Esse fenômeno dificultaria a identificação dos pontos de referências (limite da superfície articular lateral) para aferir o ângulo com precisão (CRUZ et al., 2017). Inúmeros estudos com cadáveres evidenciaram de maneira indireta que o aumento da inclinação no eixo sagital e rotação do metatarso no eixo axial estavam associados a uma piora nos índices de correlação (CHI et al., 2002; DAYTON et al., 2013; RICHARDSON et al., 1993; VITTETOE et al., 1994).

A literatura não apresenta estudos específicos sobre essa hipótese. Por conta disso, nosso grupo de pesquisa realizou um estudo inédito sobre essa questão (CRUZ et al., 2017). O objetivo principal foi analisar se o aumento no desvio rotacional do primeiro metatarso no eixo axial estava associado ao aumento nas divergências angulares aferidas. Utilizou-se a tomografia computadorizada com reconstrução tridimensional como parâmetro, uma vez que seria possível eliminar o fator da rotação metatarsal no eixo axial (CRUZ et al., 2017). Assim, foi realizada uma análise comparativa entre a aferição tomográfica e radiográfica.

Os resultados evidenciaram uma correlação intra e interobservadores elevada pelo método tomográfico. Entretanto, a correlação entre os valores radiográficos foi significativamente menor do que os tomográficos. Nesse



sentido, a fim de identificar possíveis fatores associados às maiores divergências de valores, foi realizada uma análise através do método estatístico de *Bland-Altman* (MARTIN BLAND; ALTMAN, 1986). Observou-se que cerca de 73% das observações radiográficas estiveram dentro de 5 graus de diferença em relação à tomográfica.

Esse achado foi ao encontro de um estudo em cadáveres que demonstrou que 66% das medições radiográficas estiveram dentro de 5 graus de diferença em relação ao valor encontrado na peça anatômica (J.R. et al., 2014). Além disso, os indivíduos com sinais radiográficos associados à pronação, tais como o *round sign* positivo, apresentaram as maiores discrepâncias de valores entre os dois métodos. Esse artigo, portanto, sugere que a rotação no eixo axial (pronação do primeiro raio) seja um dos fatores responsáveis pela baixa reprodutibilidade do ângulo articular metatarsal distal (CRUZ et al., 2017).

Os estudos realizados com a população adulta apresentam resultados melhores em comparação com a infanto-juvenil. Recentemente, uma revisão sistemática apresentou uma taxa de 10,6% de insatisfação pós-cirúrgica, 6,3% de metatarsalgia e 4,9% de recidiva (BARG et al., 2018). Entretanto, os próprios autores salientaram que os estudos incluídos ofereciam um baixo nível de evidência, uma vez que a maioria tinha metodologia inadequada e tempo de seguimento curto de dois anos em média (BARG et al., 2018).

Posteriormente, foi publicado um comentário crítico sobre o trabalho destacando esse e outros pontos negativos do estudo (EVERHART, 2018). Por outro lado, há estudos com tempo de seguimento maior que apresentaram resultados menos favoráveis. Um estudo publicado por *Bock et al.* com tempo de seguimento de 10 anos apresentou uma taxa de recidiva de 30%, consideravelmente maior que a revisão sistemática citada acima (BOCK et al., 2014).

Além desse estudo, *Chong et al.* registraram uma taxa de insatisfação dos pacientes de 25,9% em um seguimento maior que 5 anos (CHONG et al., 2015). *Jeuken et al.* realizaram um ensaio clínico randomizado comparando a técnica de *Chevron* e *Scarf* com tempo de seguimento de 14 anos e observaram que em 74% dos pacientes havia recidiva radiográfica (JEUKEN et al., 2016). *Brock et al.* encontraram recidiva de 30% com a osteotomia de *Scarf* (BOCK et al., 2014). Outro estudo que utilizou a osteotomia proximal apresentou recidiva de 64% (IYER et al., 2015). Um estudo com 308 pacientes encontrou em 31% dos pacientes alguma dor residual no sexto mês de pós-operatório, e somente 71% estavam assintomáticos após 2 anos de seguimento (CHEN et al., 2016).

Algumas hipóteses auxiliam na explicação dos resultados negativos apontados acima. Assim, alguns autores acreditam que a escolha de uma única técnica cirúrgica para todos os pacientes seja uma possível causa (AGRAWAL; BAJAJ; FLOWERS, 2015; CANALE et al., 1993; KAISER et al.,

2018). Eles consideram importante o conhecimento aprofundado sobre as diferenças clínica e morfológica a fim de atingir uma maior taxa de sucesso, principalmente através de uma abordagem individualizada respeitando as particularidades que cada caso (AGRAWAL; BAJAJ; FLOWERS, 2015; CANALE et al., 1993; COUGHLIN, 1995; KAISER et al., 2018).

Por último, constata-se que casos similares – classificação de gravidade igual, operados pela mesma técnica e equipe cirúrgica – apresentam desfechos diferentes (EASLEY; TRNKA, 2007a; LEE et al., 2014; OKUDA et al., 2007; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014; YASUDA et al., 2015). Além disso, casos classificados em estágios de gravidade diferentes podem apresentar resultados semelhantes sem diferença estatística (DEENIK et al., 2008). Há evidências de que o grau de satisfação do paciente não está relacionado com os valores angulares radiográficos e, além disso, os valores de cada parâmetro angular não aumentam de maneira linear entre si (MATTHEWS et al., 2018; THORDARSON et al., 2005).

A etiologia do hálux valgo é multifatorial e usualmente é dividida em fatores extrínsecos e intrínsecos (COUGHLIN; JONES, 2007b; NERY et al., 2013; PERERA; MASON; STEPHENS, 2011). Entre os componentes extrínsecos mais comuns, pode-se citar os formatos dos calçados que alteram forma e biomecânica da marcha (câmara anterior fina e porção posterior com elevação do retrope). A carga excessiva e trauma também podem ser descritos como fatores. Entre os fatores intrínsecos, pode-se citar a

predisposição genética, sexo feminino, formato arredondado da cabeça e laxidão ligamentar (COUGHLIN; JONES, 2007a; EUSTACE et al., 1996; PERERA; MASON; STEPHENS, 2011; STEPHENS, 1994).

A pronação do primeiro raio é um dos fatores intrínsecos mais relevantes. Inúmeros artigos indicam que a pronação está relacionada a recidivas e outras complicações (EASLEY; TRNKA, 2007b, 2007a; LEE et al., 2014; RAIKIN; MILLER; DANIEL, 2014). A literatura é vasta sobre esse assunto, e a sua origem é considerada como multifatorial. Alguns autores citam como uma das causas a modificação do balanço muscular da marcha decorrente do desvio em varo do primeiro metatarso. Assim, com o avanço da deformidade, os tendões extensores e flexores atuam como forças deformantes, intensificando a pronação (BOHNE; LEE; PETERSON, 1997; EASLEY; TRNKA, 2007b; JOHNSON; CHRISTENSEN, 1999, 2005; NERY et al., 2013; YOUNG et al., 2013). Outro fator descrito é a instabilidade ligamentar, uma vez que permite um aumento da rotação do primeiro raio nas articulações. Além desses fatores, o pé plano, a hiper mobilidade generalizada e síndromes congênitas também são citadas (CAMPBELL et al., 2018; COUGHLIN, 1995; EASLEY; TRNKA, 2007b; KHAW et al., 2005; KIMURA et al., 2017, 2018; NERY et al., 2013; YOUNG et al., 2013).

Os estudos que comparam a pronação do primeiro metatarso entre pacientes com e sem hálux valgo são escassos. Há dois artigos que realizaram essa comparação (EUSTACE et al., 1993; MORTIER; BERNARD; MAESTRO,

2012). Ambos estudos obtiveram resultados parecidos, evidenciando uma maior pronação no grupo com a doença (EUSTACE et al., 1993; MORTIER; BERNARD; MAESTRO, 2012). Os autores sugeriram que essa diferença seria causada pela queda do arco plantar, anormalidades ligamentares e distúrbios do equilíbrio muscular da marcha (EUSTACE et al., 1993; MORTIER; BERNARD; MAESTRO, 2012).

Cabe ressaltar, entretanto, alguns pontos sobre esses trabalhos. Ambos estudos utilizaram a radiografia simples como instrumento de aferição. As evidências sugerem que a análise angular por esse método é suscetível a variações e erros consideráveis (CRUZ et al., 2017; DAYTON et al., 2014; KIM et al., 2015; LEE et al., 2012; SANHUDO et al., 2012).

Além disso, não houve uma análise separada de todos os possíveis componentes etiológicos da pronação. Portanto, não é possível concluir se há uma malformação óssea ou uma alteração ligamentar na gênese da deformidade. Essa questão é importante, uma vez que a pronação no hálux valgo não apresenta um desenvolvimento progressivo simétrico concomitante com outros fatores (KIM et al., 2015). Esse dado sugere uma origem multifatorial com a presença de outros fatores envolvidos.

A literatura não apresenta respostas ou estudos específicos sobre a questão da existência de uma deformidade rotacional óssea intrínseca do primeiro metatarso. A constatação de um componente rotacional ósseo poderia explicar alguns resultados insatisfatórios. Essa hipótese é embasada de forma

indireta através de alguns estudos. Por exemplo, um estudo evidenciou uma melhora dos resultados através da utilização de uma osteotomia proximal derotacional do primeiro metatarso juntamente com a correção intraoperatória de sinais radiográficos de mal prognóstico (YASUDA et al., 2015). Esses sinais radiográficos estão relacionados indiretamente com a pronação. Assim, pode-se supor que o sucesso dessa técnica cirúrgica possa ter ocorrido pela correção da pronação metatarsal (OKUDA et al., 2007; YASUDA et al., 2015). Entretanto, o objetivo principal do estudo não era esse. Dessa forma, a confirmação da hipótese não possui uma evidência robusta, uma vez que não se deve extrapolar os resultados e concluir que a melhora tenha sido decorrente da correção de uma deformidade óssea existente.

Recentemente, publicado um trabalho em relação a esse tema com um método de aferição diferente de análise. Os resultados foram semelhantes ao nosso presente estudo, mostrando que pacientes com hálux valgo apresentam uma pronação anatômica intrínseca óssea do primeiro metatarso significativamente maior do que em pacientes sem essa afecção (OTA et al., 2017).

Percebe-se que a discussão sobre o tema nos últimos anos é crescente. A revista *Foot and Ankle Clinics* dedicou uma edição inteira sobre a importância na avaliação tridimensional no tratamento do hálux valgo no final do ano de 2018 (DOTY; HARRIS, 2018; OKUDA, 2018; SANTROCK; SMITH, 2018a;

SWANTON; MASON; MOLLOY, 2018; WAGNER; WAGNER, 2018a; WELCK; AL-KHUDAIRI, 2018).

A definição dessa deformidade se torna relevante quando se analisam as técnicas cirúrgicas que são mais frequentemente utilizadas no mundo, tais como as osteotomias de translação (*Scarf*, *Chevron* e *Ludloff*) (EASLEY; TRNKA, 2007a; HARB et al., 2015; PINNEY; SONG; CHOU, 2006). Sabe-se que esses procedimentos não são capazes de corrigir uma deformidade rotacional óssea no plano frontal (MORTIER; BERNARD; MAESTRO, 2012; YASUDA et al., 2015).

Diante disso, é possível supor que alguns resultados negativos sejam decorrentes da não correção dessa deformidade. Alguns autores consideram importante a avaliação da deformidade nos três planos (SMYTH; AIYER, 2018; WAGNER; WAGNER, 2018a; WELCK; AL-KHUDAIRI, 2018). Nesses casos, eles sugerem algumas modificações nas técnicas tradicionais com o intuito de obter uma correção melhor da deformidade (OKUDA, 2018; PRADO et al., 2019; SANTROCK; SMITH, 2018b; SWANTON; MASON; MOLLOY, 2018; WAGNER; ORTIZ; WAGNER, 2017; WAGNER; WAGNER, 2018b; WINSON; PERERA, 2018). Entretanto, a etiologia e o entendimento da deformidade no eixo axial não são plenamente conhecidos. Pode-se sugerir origem ligamentar, anatômica ou biomecânica.

Enfim, as evidências expostas acima justificam a realização da pesquisa sobre a rotação óssea. Dessa forma, a definição sobre a existência de uma

---

deformidade rotacional óssea intrínseca é extremamente importante, uma vez que pode acarretar mudança na escolha da técnica cirúrgica e no prognóstico da doença.



---

## JUSTIFICATIVA

A correção de todos os componentes da deformidade em hálux valgo é de extrema importância para um resultado satisfatório e duradouro. Dessa forma um melhor entendimento sobre os desvios rotacionais do primeiro metatarso (pronação) pode levar a diferentes indicações cirúrgicas e conseqüentemente à redução significativa dos resultados insatisfatórios.

---

## OBJETIVO

O objetivo principal do estudo é analisar se há uma deformidade angular rotacional óssea intrínseca maior do primeiro metatarsiano nos pacientes com hálux valgo em comparação aos indivíduos sem essa condição.

O objetivo secundário consiste em analisar se o aumento da rotação óssea do primeiro metatarso está associado a sinais radiográficos de gravidade nos pacientes com hálux valgo (ângulo de valgismo do hálux, ângulo intermetatarsal, ângulo articular metatarsal distal, classificação do hálux valgo, classificação de *Smith*, classificação de *Hardy-Clapham* e *round sign*) (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002; OKUDA et al., 2007; YASUDA et al., 2015).

---

## HIPÓTESE CONCEITUAL

### **Hipótese nula:**

A deformidade angular rotacional óssea do primeiro metatarso no eixo coronal aferida pela tomografia computadorizada com reconstrução multiplanar é igual em indivíduos com e sem o diagnóstico de hálux valgo.

### **Hipótese alternativa:**

A deformidade angular rotacional óssea do primeiro metatarso no eixo coronal aferida pela tomografia computadorizada com reconstrução multiplanar é diferente em indivíduos com e sem o diagnóstico de hálux valgo.

---

## ASPECTOS ÉTICOS

Este projeto foi submetido e aprovado pela Comissão Científica e Comitê de Ética em Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre (CAAE 56605416.1.0000.5335) que é reconhecido pelo Conselho Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP/CNS/MS) e Institutional Review Board pelo U.S Department of Health and Human Services (DHHS) – IRB/ Office for Human Research Protections (ORPH) sob número – IR00002509/FWA – Federalwide Assurance sob número – FWA00002949. O projeto também foi aprovado pela Comissão Científica e Comitê de Ética em Pesquisa do HCPA (25666213.1.0000.5327) 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)* n.º IRB00000921.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre e no Hospital de Clínicas de Porto Alegre com pacientes ambulatoriais vinculados com o serviço de ortopedia e traumatologia. O estudo teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre e Hospital de Clínicas de Porto Alegre.

O delineamento utilizado foi estudo caso-controle. Os casos foram compostos por pacientes com diagnóstico de hálux valgo com indicação de tratamento cirúrgico. Como a tomografia computadorizada não é um exame padrão de rotina para essa afecção, preferiu-se utilizar um banco de dados de um estudo prévio publicado em periódico (CRUZ et al., 2017). O diagnóstico de hálux valgo foi definido pela presença de valores angulares radiográficos alterados com ângulo de valgismo do hálux e intermetatarsal maior que 15 e 9 graus, respectivamente (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002; EASLEY; TRNKA, 2007a). Os critérios de exclusão foram pacientes com doença neurológica, artrose avançada da articulação metatarsofalangeana (presença de cistos subcondrais, osteófitos na cabeça do primeiro metatarsiano e redução do espaço articular da metatarsofalangeana <1mm), história pregressa de fratura ou de procedimentos cirúrgicos no primeiro metatarso, síndromes congênitas e doenças reumatológicas.

Os controles (pacientes sem hálux valgo) foram selecionados entre sujeitos submetidos à tomografia computadorizada para investigação de outras

condições. Em relação a esse grupo, todos os pacientes com diagnóstico de hálux valgo concomitante foram excluídos. Indivíduos eram avaliados no ambulatório através consulta clínica, exame físico e exames de imagem. As afecções de base dos pacientes que formaram o grupo controle foram osteocondroma (2), fratura de calcâneo (8), fratura tornozelo (1), artrose talonavicular (4), artrose tibiotalar e subtalar (1), fratura do tálus (1), doença de *Freiberg* (1), trauma sem fratura (2), tendinopatia fibulares (1), fratura do cuboide (1), fratura do tálus e do quinto metatarso (1), pé plano flexível (4), fratura do 3 e 4 metatarso (1), pé cavo (6), artrose tornozelo (1), osteoma osteóide (1), pé diabético (1), luxação de *Lisfranc* (5), *charcot* (1), *hallux rigidus* (3), navicular acessório (6), artrose mediopé (2), sesamoidite (4), coalizão tarsal (3), sequela de fratura de calcâneo (2) e fratura do quinto metatarso (1).

Cabe ressaltar que os exames complementares foram realizados de acordo com a doença de base do paciente. Dessa forma, em alguns casos do grupo controle, as radiografias não foram realizadas com apoio. Outros critérios de exclusão foram: presença de doença neurológica, artrose avançada da articulação metatarsofalangeana (presença de cistos subcondrais, osteófitos na cabeça do primeiro metatarsiano e redução do espaço articular da metatarsofalangeana <1mm), história pregressa de fratura ou de procedimentos cirúrgicos no primeiro metatarso, síndromes congênicas e doenças reumatológicas.

Os participantes elegíveis consistiram numa amostra de conveniência de 111 pacientes identificados no ambulatório de ortopedia e traumatologia de 1 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2016. Desses pacientes, apenas 91 preencheram os critérios de inclusão, correspondendo a 46 casos de hálux valgo e 45 controles. No grupo hálux valgo 3 participantes foram excluídos do estudo (2 pacientes não realizaram exame de tomografia computadorizada e 1 paciente não quis participar do estudo). No grupo controle 17 participantes foram excluídos do estudo (5 pacientes apresentaram pelo menos 1 critério radiográfico de hálux valgo, 4 com artrose avançada na articulação, 3 com diagnóstico de síndrome congênita, 3 com fratura e 1 com cirurgia prévia no primeiro metatarso). Os pacientes que preencheram os critérios de inclusão nos dois pés contribuíram com 2 valores para análise. O número total de exames incluídos foi 146 (82 no grupo hálux valgo e 64 no grupo controle).

A tomografia foi realizada com o aparelho Siemens *Sensation Scanner* de 64 detectores (120 kV; 90 mAs; corte de espessura, 1,0 mm; pitch, 0,9 e dose de radiação de 6,89 mGy). As digitalizações foram adquiridas por meio de aquisições isotrópicas, armazenadas em DICOM (*Digital Imaging e Communications in Medicine*) formatadas e analisadas por meio de *software* de processamento de imagem (OsiriX MD®, Pixmeo ©, Genebra, Suíça) com reconstrução multiplanar tridimensional na janela óssea com 2,0 mm de espessura.

O ângulo de rotação óssea intrínseco do primeiro metatarso foi determinado com parâmetros já descritos na literatura (CRUZ et al., 2017; DRAPEAU; HARMON, 2013; KIM et al., 2015; LARGEY et al., 2007). Primeiramente, o eixo longitudinal central do primeiro metatarsiano foi definido nos planos coronal, sagital e axial, alinhados transversalmente com o córtex lateral do terço médio da diáfise. O córtex lateral da diáfise foi utilizado como parâmetro, seguindo descrições de estudos anteriores realizados com cadáveres, para compensar o efeito da rotação metatarsal na seleção do eixo central (fig. 1) (DAYTON et al., 2014; RICHARDSON et al., 1993; ROBINSON et al., 2006; VITTETOE et al., 1994).

### Figura 1:

Eixo central do primeiro metatarso nos planos:

A) Sagital, B) axial e C) coronal.



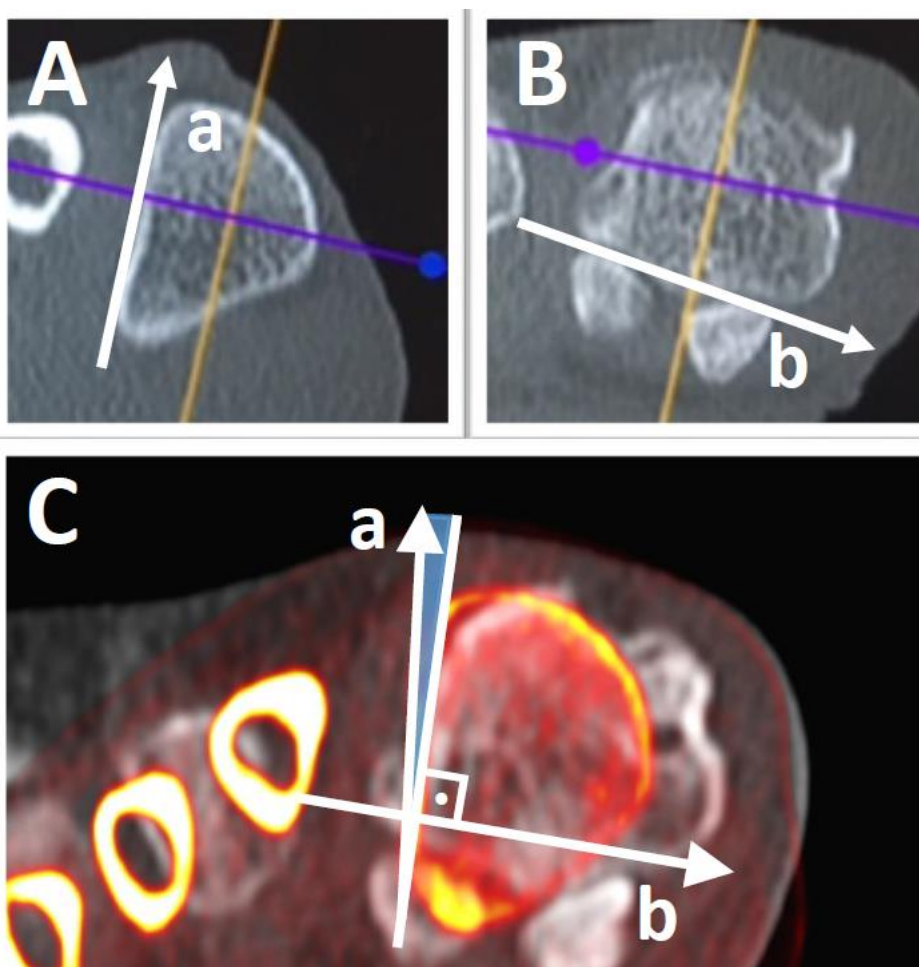


Com base nessa referência, duas seções transversais ao longo eixo do primeiro metatarsal foram selecionadas para a medição. A primeira imagem coronal foi denominada base metatarsal (MB), e a segunda denominada cabeça metatarsal (MH). A primeira imagem foi selecionada no plano transversal, 1,0 cm distal ao primeiro raio da articulação tarsometatarsica. A segunda imagem foi selecionada no mesmo plano, mas localizada de 0,5 a 1,2 cm proximal ao ápice da superfície articular da cabeça do primeiro metatarso, incluindo preferencialmente os ossos sesamoides e a crista intersesamoideia, mais próxima ao vértice das linhas de força, seguindo critérios aplicados em outros estudos (fig. 2) (KIM et al., 2015; VITTETOE et al., 1994; YILDIRIM et al., 2005).

## Figura 2

Planos de referência para as medidas:

A) Seção coronal selecionada na base metatarsal (MB). B) Seção coronal selecionada na cabeça do metatarsal (MH). C) Fusão das duas imagens (MB e MH) medindo o ângulo entre a linha A paralela à cortical lateral da base (MB) e a linha B formada pelo limite medial e lateral da superfície articular plantar do (MH) menos  $90^\circ$ .



A rotação intrínseca do primeiro metatarsal ósseo foi medida após a reconstrução através da fusão das duas imagens (MB e MH). O ângulo foi formado pela linha A paralela à cortical lateral do MB (Fig. 2A) e pela linha B formada pelo limite medial e lateral da superfície articular plantar do MH (Fig. 2B) menos 90 graus (Fig. 2C) (KIM et al., 2015; MORTIER; BERNARD; MAESTRO, 2012; VITTETOE et al., 1994; YILDIRIM et al., 2005). Valores positivos indicam uma rotação anatômica do osso em direção à pronação e valores negativos apontam para supinação.

As tomografias computadorizadas foram avaliadas por médico radiologista especialista em doenças musculoesqueléticas em dois momentos distintos com um intervalo de 60 dias. Considerando que esse método de medida não é usual, foi realizada análise de concordância intraobservador a fim de verificar a confiabilidade da medida (DRAPEAU; HARMON, 2013). A média de duas medições realizadas foi usada para análise. As radiografias foram avaliadas por um médico ortopedista especialista em cirurgia de pé e tornozelo de acordo com *Coughlin et al.* (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002). Os examinadores foram cegados em relação aos dados dos participantes.

Como o objetivo do estudo era investigar uma deformidade anatômica da morfologia do primeiro metatarsiano, as tomografias foram realizadas sem apoio. Cabe ressaltar que essa forma é preferível, já que não interfere no protocolo de atendimento dos pacientes. Além disso, a aferição do ângulo de rotação do primeiro metatarso não sofre influência do apoio ou posição do pé,

pois é uma medida sobre a morfologia óssea. As radiografias foram realizadas de acordo com *Coughlin et al.* (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002).

O estudo também examinou se o aumento da rotação metatársica em direção à pronação estava associado a sinais radiográficos de gravidade no grupo hálux valgo. Os parâmetros avaliados foram o ângulo de valgismo do hálux; ângulo intermetatarsal; ângulo articular metatarsal distal; classificação de hálux valgo; Classificação de *Smith*; Classificação de *Hardy-Clapham*; e presença do *round sign*, modificado em relação à descrição original (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002; DAYTON et al., 2016; OKUDA et al., 2007; YASUDA et al., 2015).

O *round sign* negativo foi definido como uma forma angular, e o *round sign* positivo foi definido como uma forma redonda ou intermediária, já que apenas um tipo não apresentaria rotação óssea ou ligamentar, de acordo com relatos prévios na literatura (DAYTON et al., 2016; OKUDA et al., 2007; YASUDA et al., 2015).

A fim de detectar uma diferença nas médias com uma magnitude de 0,6 unidades SD (*d* de *Cohen* = 0,6) com um poder estatístico de 90% em um nível de significância bicaudal ( $\alpha / 2$ ) de 0,05, foi estimado um tamanho de amostra de pelo menos 120 observações (60 observações por grupo), permitindo dados agrupados (alguns pacientes contribuíram com duas medições, uma em cada pé).

---

A análise estatística foi realizada usando um modelo linear misto que considera medidas repetidas dentro de indivíduos ajustado para idade e sexo na comparação da rotação metatársica entre casos e controles. A correlação entre as várias medidas numéricas foi avaliada com o coeficiente de correlação de *Pearson* obtido a partir do modelo linear misto usando variáveis centralizadas. O nível de significância bicaudal foi estabelecido em 5%. Os dados foram processados e analisados no *software* SPSS (versão 22.0) e R versão 3.2.0.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O hálux valgo é uma doença altamente prevalente. Apesar disso, observa-se que ainda não há um consenso sobre o melhor tratamento. Constata-se que em uma parcela considerável dos pacientes os desfechos são desfavoráveis. Em consequência disso, a fim de alcançar melhores taxas de sucesso, novos estudos devem ser realizados. Esse cenário justifica a pesquisa realizada, uma vez que investiga uma patologia ainda não descrita.

Esse tema também foi investigado por outros colegas recentemente. (OTA et al., 2017). Esse trabalho evidenciou um aumento significativo no ângulo de rotação óssea do primeiro metatarso no eixo coronal nos pacientes com hálux valgo em comparação aos indivíduos sem essa condição. A média do ângulo rotação do primeiro metatarso foi de 17,6 ( $\pm 7,7$ ) e 4,7 ( $\pm 4,0$ ) no grupo com e sem hálux valgo, respectivamente. Assim, esses resultados fortalecem ainda mais as evidências dessa alteração anatômica do primeiro metatarsiano, uma vez que em outros centros de estudos, com metodologias diferentes, obtiveram resultados semelhantes.

Outras publicações também corroboram indiretamente com essa questão. Nos últimos anos, alguns autores descreveram modificações em técnicas cirúrgicas com a possível correção dessa deformidade. Embora essas alterações técnicas não tenham sido motivadas pelo conhecimento desse fator ósseo, os autores procuraram corrigir fatores que acreditavam estar relacionados com resultados ruins.

O autor *Yasuda et al.* publicou uma técnica de osteotomia derrotadora proximal a fim de corrigir sinais radiográficos de gravidade (YASUDA et al., 2015). *Wagner et al.* descreveram uma técnica de osteotomia proximal para correção da deformidade em pronação baseada na medida obtida pelo exame radiográfico axial dos sesamoides (WAGNER; ORTIZ; WAGNER, 2017; WAGNER; WAGNER, 2018a). Entretanto, sabe-se que essa medida radiográfica possui baixa correlação intra e interobservadores, o que poderia induzir a uma correção inadequada (COUGHLIN; SALTZMAN; NUNLEY, 2002; LEE et al., 2012; SANHUDO et al., 2012).

Outros autores acrescentaram modificações por considerarem a disfunção do tendão fibular longo um dos fatores primordiais da patogenia (KLEMOLA et al., 2014). Dessa forma, eles descreveram uma osteotomia derrotadora, visando restaurar ou melhorar a função biomecânica desse tendão (KLEMOLA et al., 2014).

A preocupação sobre a abordagem tridimensional tem sido discutida nos últimos anos. Recentemente, em 2018, a revista *Foot and Ankle Clinics* publicou revisão sobre a importância da avaliação tridimensional do hálux valgo através de inúmeros artigos de revisão (DOTY; HARRIS, 2018; KAISER et al., 2018; SANTROCK; SMITH, 2018a; SWANTON; MASON; MOLLOY, 2018; WAGNER; WAGNER, 2018a; WELCK; AL-KHUDAIRI, 2018).

Os estudos acima apontam para uma provável existência de uma deformidade óssea intrínseca do primeiro metatarso. Por outro lado, não é

possível inferir que a correção desse fator acarrete redução dos resultados negativos. Nesse sentido, algumas perguntas ainda precisam de respostas. Será que as evidências científicas vigentes são suficientes para embasar uma mudança na técnica cirúrgica? É possível afirmar que a rotação óssea aumentada é patológica? Se sim, qual o valor limite da normalidade? Será que há estudos, com metodologia adequada, que correlacionem o aumento angular rotacional do primeiro metatarso com os desfechos negativos? Sendo assim, os estudos publicados até o presente momento são insuficientes para embasar cientificamente um benefício significativo com a mudança na técnica cirúrgica. Entretanto, isso não significa que tal conduta esteja errada. A convicção do cirurgião é importante em situações em que há ausências de evidências diretas. Dessa forma, é imprescindível a realização de novos trabalhos científicos para sua ratificação.



---

## PERSPECTIVA

O estudo apresenta uma perspectiva de mudança na diretriz do tratamento do hálux valgo. Nesse sentido, é primordial o desenvolvimento de mais pesquisas sobre o assunto. Alguns pontos precisam ser esclarecidos, tais como o real impacto desse fator no tratamento dos pacientes. Enfim, as conclusões do trabalho acima, juntamente com as demais evidências presentes na literatura, podem acarretar redução substancial nos desfechos insatisfatórios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAWAL, Y.; BAJAJ, S. K.; FLOWERS, M. J. Scarf-Akin osteotomy for hallux valgus in juvenile and adolescent patients. **Journal of Pediatric Orthopaedics Part B**, [s. l.], 2015.

BALL, J.; SULLIVAN, J. A. Treatment of the juvenile bunion by Mitchell osteotomy. **Orthopedics**, [s. l.], 1985.

BARG, A. et al. Unfavorable Outcomes Following Surgical Treatment of Hallux Valgus Deformity. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, [s. l.], 2018.

BOCK, P. et al. The scarf osteotomy with minimally invasive lateral release for treatment of hallux valgus deformity intermediate and long-term results. **Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume**, [s. l.], 2014.

BOHNE, W. H. O.; LEE, K. T.; PETERSON, M. G. E. Action of the peroneus longus tendon on the first metatarsal against metatarsus primus varus force. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 1997.

CAMPBELL, B. et al. Pilot Study of a 3-Dimensional Method for Analysis of Pronation of the First Metatarsal of Hallux Valgus Patients. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 39, n. 12, p. 1449–1456, 2018. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1177/1071100718793391>>

CANALE, P. B. et al. The Mitchell procedure for the treatment of adolescent hallux valgus. A long-term study. **Journal of Bone and Joint Surgery - Series A**, [s. l.], 1993.

CHEN, J. Y. et al. Pain Resolution after Hallux Valgus Surgery. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2016.

CHI, T. D. et al. Intra- and inter-observer reliability of the distal metatarsal articular angle in adult hallux valgus. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2002.

CHONG, A. et al. Surgery for the correction of hallux valgus: Minimum five-year results with a validated patient-reported outcome tool and regression analysis. **Bone and Joint Journal**, [s. l.], 2015.

CONDON, F. et al. The first intermetatarsal angle in hallux valgus: An analysis of measurement reliability and the error involved. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2002.

COUGHLIN, M. J. Juvenile Hallux Valgus: Etiology and Treatment. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 16, n. 11, p. 682–697, 1995.

COUGHLIN, M. J.; CARLSON, R. E. Treatment of hallux valgus with an increased distal metatarsal articular angle: Evaluation of double and triple first ray osteotomies. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 1999.

COUGHLIN, M. J.; JONES, C. P. Hallux Valgus: Demographics, Etiology, and Radiographic Assessment. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 28, n. 7, p. 759–777, 2007. a. Disponível em:  
<<http://journals.sagepub.com/doi/10.3113/FAI.2007.0759>>

COUGHLIN, M. J.; JONES, C. P. Hallux Valgus: Demographics, Etiology, and

Radiographic Assessment. **Foot & Ankle International**, [s. l.], 2007. b.

COUGHLIN, M. J.; SALTZMAN, C. L.; NUNLEY, J. a. 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 international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society [and] Swiss Foot and Ankle Society**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 68–74, 2002.

CRUZ, E. P. et al. Comparison between Simple Radiographic and Computed Tomographic Three-Dimensional Reconstruction for Evaluation of the Distal Metatarsal Articular Angle. **The Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2017.

DAYTON, P. et al. 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. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], v. 52, n. 3, p. 348–354, 2013.

DAYTON, P. 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? **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], v. 53, n. 5, p. 584–587, 2014.

DAYTON, P. et al. Quantitative Analysis of the Degree of Frontal Rotation Required to Anatomically Align the First Metatarsal Phalangeal Joint During

Modified Tarsal-Metatarsal Arthrodesis Without Capsular Balancing. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 220–225, 2016.

DAYTON, P.; KAUWE, M.; FEILMEIER, M. Clarification of the Anatomic Definition of the Bunion Deformity. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2014.

DEENIK, A. R. et al. Hallux valgus angle as main predictor for correction of hallux valgus. **BMC Musculoskeletal Disorders**, [s. l.], 2008.

DOTY, J. F.; HARRIS, W. T. **Hallux Valgus Deformity and Treatment: A Three-Dimensional Approach**, 2018.

DRAPEAU, M. S. M.; HARMON, E. H. Metatarsal torsion in monkeys, apes, humans and australopiths. **Journal of Human Evolution**, [s. l.], v. 64, n. 1, p. 93–108, 2013.

EASLEY, M. E.; TRNKA, H.-J. Current Concepts Review: Hallux Valgus Part II: Operative Treatment. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 748–758, 2007. a. Disponível em:

<<http://journals.sagepub.com/doi/10.3113/FAI.2007.0748>>

EASLEY, M. E.; TRNKA, H.-J. Current Concepts Review: Hallux Valgus Part 1: Pathomechanics, Clinical Assessment, and Nonoperative Management. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 28, n. 5, p. 654–659, 2007. b. Disponível em:

<<http://journals.sagepub.com/doi/10.3113/FAI.2007.0654>>

EUSTACE, S. et al. Radiographic features that enable assessment of first

metatarsal rotation: the role of pronation in hallux valgus. **Skeletal Radiology**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 153–156, 1993.

EUSTACE, S. et al. Tendon shift in hallux valgus: Observations at MR imaging. **Skeletal Radiology**, [s. l.], 1996.

EVERHART, J. S. Hallux Valgus Correction: The Best Technique Is Still Up for Debate: Commentary on an article by Alexej Barg, MD, et al.: “Unfavorable Outcomes Following Surgical Treatment of Hallux Valgus Deformity. A Systematic Literature Review”. **JBJS**, [s. l.], v. 100, n. 18, 2018. Disponível em: <[https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/2018/09190/Hallux\\_Valgus\\_Correction\\_\\_The\\_Best\\_Technique\\_Is.15.aspx](https://journals.lww.com/jbjsjournal/Fulltext/2018/09190/Hallux_Valgus_Correction__The_Best_Technique_Is.15.aspx)>

HARB, Z. et al. Adolescent hallux valgus: a systematic review of outcomes following surgery. **Journal of Children’s Orthopaedics**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 105–112, 2015.

HURN, S. E.; VICENZINO, B. T.; SMITH, M. D. Non-surgical treatment of hallux valgus: A current practice survey of Australian podiatrists. **Journal of Foot and Ankle Research**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2016.

IYER, S. et al. High rate of recurrence following proximal medial opening wedge osteotomy for correction of moderate hallux valgus. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2015.

J.R., J. et al. Comparison of radiographic and anatomic distal metatarsal articular angle in cadaver feet. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2014.

JEUKEN, R. M. et al. Long-term Follow-up of a Randomized Controlled Trial Comparing Scarf to Chevron Osteotomy in Hallux Valgus Correction. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2016.

JOHNSON, C. H.; CHRISTENSEN, J. C. Biomechanics of the first ray Part I. The effects of peroneus longus function: A three-dimensional kinematic study on a cadaver model. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 1999.

JOHNSON, C. H.; CHRISTENSEN, J. C. Biomechanics of the first ray part V: The effect of equinus deformity: A 3-dimensional kinematic study on a cadaver model. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2005.

KAISER, P. et al. Radiographic Evaluation of First Metatarsal and Medial Cuneiform Morphology in Juvenile Hallux Valgus. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2018.

KHAW, F. M. et al. Distal ligamentous restraints of the first metatarsal. An in vitro biomechanical study. **Clinical Biomechanics**, [s. l.], 2005.

KILMARTIN, T. E.; BARRINGTON, R. L.; WALLACE, W. A. A controlled prospective trial of a foot orthosis for juvenile hallux valgus. **Journal of Bone and Joint Surgery - Series B**, [s. l.], v. 76, n. 2, 1994.

KIM, Y. 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 and Ankle International**, [s. l.], v. 36, n. 8, p. 944–952, 2015.

KIMURA, T. et al. Evaluation of first-ray mobility in patients with hallux valgus

using weight-bearing CT and a 3-D analysis system a comparison with normal feet. **Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume**, [s. l.], 2017.

KIMURA, T. et al. Comparison of Intercuneiform 1-2 Joint Mobility Between Hallux Valgus and Normal Feet Using Weightbearing Computed Tomography and 3-Dimensional Analysis. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2018.

KLEMOLA, T. et al. First Tarsometatarsal Joint Derotational Arthrodesis-A New Operative Technique for Flexible Hallux Valgus without Touching the First Metatarsophalangeal Joint. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2014.

LARGEY, A. et al. Three-dimensional Analysis of the Intrinsic Anatomy of the Metatarsal Bones. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], v. 46, n. 6, p. 434–441, 2007.

LEE, K. M. et al. Reliability and relationship of radiographic measurements in hallux valgus foot and ankle. In: CLINICAL ORTHOPAEDICS AND RELATED RESEARCH 2012, **Anais...** [s.l: s.n.]

LEE, K. T. et al. **Deceptions in hallux valgus. What to look for to limit failures**, 2014.

LEE, S. Y. et al. Radiographic Measurements Associated With the Natural Progression of the Hallux Valgus During at Least 2 Years of Follow-up. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2018.

MARTIN BLAND, J.; ALTMAN, D. G. STATISTICAL METHODS FOR ASSESSING AGREEMENT BETWEEN TWO METHODS OF CLINICAL



MEASUREMENT. **The Lancet**, [s. l.], 1986.

MATTHEWS, M. et al. Correlation of Radiographic Measurements With Patient-Centered Outcomes in Hallux Valgus Surgery. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2018.

MORTIER, J. P.; BERNARD, J. L.; MAESTRO, M. Axial rotation of the first metatarsal head in a normal population and hallux valgus patients.

**Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research**, [s. l.], v. 98, n. 6, p. 677–683, 2012.

NERY, C. et al. Hallux valgus in males-part 1: Demographics, etiology, and comparative radiology. **Foot and Ankle International**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 629–635, 2013.

NERY, C.; BARROCO, R.; RÉSSIO, C. Biplanar chevron osteotomy. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2002.

NIX, S.; SMITH, M.; VICENZINO, B. **Prevalence of hallux valgus in the general population: A systematic review and meta-analysis**, 2010.

OKUDA, R. et al. The shape of the lateral edge of the first metatarsal head as a risk factor for recurrence of hallux valgus. **Journal of Bone and Joint Surgery - Series A**, [s. l.], v. 89, n. 10, p. 2163–2172, 2007.

OKUDA, R. **Proximal Supination Osteotomy of the First Metatarsal for Hallux Valgus**, 2018.

OTA, T. et al. Etiological factors in hallux valgus, a three-dimensional analysis of the first metatarsal. **Journal of Foot and Ankle Research**, [s. l.], 2017.

PERERA, A. M.; MASON, L.; STEPHENS, M. M. **The pathogenesis of hallux valgus**, 2011.

PIGGOTT, H. THE NATURAL HISTORY OF HALLUX VALGUS IN ADOLESCENCE AND EARLY ADULT LIFE. **The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume**, [s. l.], 1960.

PINNEY, S. J.; SONG, K. R.; CHOU, L. B. Surgical treatment of severe hallux valgus: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. **Foot & ankle international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society [and] Swiss Foot and Ankle Society**, [s. l.], v. 27, n. 12, p. 1024–1029, 2006.

PIQUÉ-VIDAL, C.; SOLÉ, M. T.; ANTICH, J. Hallux Valgus Inheritance: Pedigree Research in 350 Patients With Bunion Deformity. **Journal of Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2007.

PRADO, M. et al. Rotational biplanar Chevron osteotomy. **Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2019.

RAIKIN, S. M.; MILLER, A. G.; DANIEL, J. **Recurrence of hallux valgus: A review**, 2014.

RICHARDSON, E. G. et al. First Metatarsal Head-Shaft Angle: A Method of Determination. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 181–185, 1993.

ROBINSON, A. H. N. et al. Variation of the distal metatarsal articular angle with axial rotation and inclination of the first metatarsal. **Foot & ankle international / American Orthopaedic Foot and Ankle Society [and] Swiss Foot and Ankle Society**, [s. l.], v. 27, n. 12, p. 1036–1040, 2006.

SANHUDO, J. V. et al. Interobserver and Intraobserver Reproducibility of Hallux Valgus Angular Measurements and the Study of a Linear Measurement. **Foot and Ankle Specialist**, [s. l.], v. 5, n. 6, p. 374–377, 2012.

SANTROCK, R. D.; SMITH, B. **Hallux Valgus Deformity and Treatment: A Three-Dimensional Approach: Modified Technique for Lapidus Procedure**, 2018. a.

SANTROCK, R. D.; SMITH, B. **Hallux Valgus Deformity and Treatment: A Three-Dimensional Approach: Modified Technique for Lapidus Procedure**, 2018. b.

SMITH, B. W.; COUGHLIN, M. J. **Treatment of Hallux Valgus with Increased Distal Metatarsal Articular Angle: Use of Double and Triple Osteotomies**, 2009.

SMYTH, N. A.; AIYER, A. A. **Introduction: Why Are There so Many Different Surgeries for Hallux Valgus?**, 2018.

STEPHENS, M. M. Pathogenesis of hallux valgus. **Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 1994.

SUNG, K. H. et al. Natural progression of radiographic indices in juvenile hallux

valgus deformity. **Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2019.

SWANTON, E.; MASON, L.; MOLLOY, A. **How Do I Use the Scarf Osteotomy to Rotate the Metatarsal and Correct the Deformity in Three Dimensions?**, 2018.

THORDARSON, D. et al. Correlation of hallux valgus surgical outcome with AOFAS forefoot score and radiological parameters. **Foot and Ankle International**, [s. l.], 2005.

TORKKI, M. et al. Surgery vs Orthosis vs Watchful Waiting for Hallux Valgus. **JAMA**, [s. l.], v. 285, n. 19, p. 2474, 2001. Disponível em:  
<<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.285.19.2474>>

VITTETOE, D. A. et al. Validity and Reliability of the First Distal Metatarsal Articular Angle. **Foot & Ankle International**, [s. l.], v. 15, n. 10, p. 541–547, 1994.

WAGNER, P.; ORTIZ, C.; WAGNER, E. Rotational Osteotomy for Hallux Valgus. A New Technique for Primary and Revision Cases. **Techniques in Foot and Ankle Surgery**, [s. l.], 2017.

WAGNER, P.; WAGNER, E. **Is the Rotational Deformity Important in Our Decision-Making Process for Correction of Hallux Valgus Deformity?**, 2018. a.

WAGNER, P.; WAGNER, E. Proximal Rotational Metatarsal Osteotomy for Hallux Valgus (PROMO). **Foot & Ankle Orthopaedics**, [s. l.], 2018. b.

---

WELCK, M. J.; AL-KHUDAIRI, N. **Imaging of Hallux Valgus: How to Approach the Deformity**, 2018.

WINSON, D. M. G.; PERERA, A. **How I Use a Three-Dimensional Approach to Correct Hallux Valgus with a Distal Metatarsal Osteotomy**, 2018.

YASUDA, T. et al. Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. **Foot and Ankle International**, [s. l.], v. 36, n. 6, p. 696–704, 2015.

YILDIRIM, Y. et al. Effect of metatarsophalangeal joint position on the reliability of the tangential sesamoid view in determining sesamoid position. **Foot and Ankle International**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 247–250, 2005.

YOUNG, K. W. et al. Characteristics of male adolescent-onset hallux valgus. **Foot and Ankle International**, [s. l.], v. 34, n. 8, p. 1111–1116, 2013.

## ARTIGO PUBLICADO:

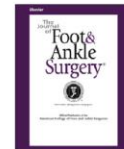
The Journal of Foot & Ankle Surgery 58 (2019) 1210–1214



Contents lists available at ScienceDirect

### The Journal of Foot & Ankle Surgery

journal homepage: [www.jfas.org](http://www.jfas.org)



## Does Hallux Valgus Exhibit a Deformity Inherent to the First Metatarsal Bone?



Eduardo Pedrini Cruz, MD<sup>1</sup>, Felipe Victora Wagner, MD<sup>2</sup>, Carlo Henning, MD<sup>3</sup>,  
José Antônio Veiga Sanhudo, PhD<sup>4</sup>, Fernando Pagnussato<sup>5</sup>, Carlos Roberto Galia, PhD<sup>6,7,8</sup>

<sup>1</sup> Orthopedist, Traumatologist, and Foot and Ankle Orthopaedic Surgeon, Department of Orthopaedics, Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>2</sup> Musculoskeletal Radiologist, Hospital Moinhos de Vento, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>3</sup> Foot and Ankle Orthopaedic Surgeon, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>4</sup> Foot and Ankle Orthopaedic Surgeon, Department of Orthopaedics, Hospital Mãe de Deus, Department of Orthopaedics and Trauma, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>5</sup> Staff Member, Research Group in the Hip, Biomaterials and Tissue Bank, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>6</sup> Adjunct Professor and Post-Graduate Program of Surgical Sciences, Medicine School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>7</sup> Hip Orthopaedic Surgeon, Department of Orthopaedics, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

<sup>8</sup> Chief, Research Group in the Hip, Biomaterials and Tissue Bank, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil

#### ARTICLE INFO

Level of Clinical Evidence: 3

#### Keywords:

metatarsophalangeal joint  
pronation  
rotation  
tomography

#### ABSTRACT

Hallux valgus is a common condition, and it still poses some challenges. The identification of factors associated with the development of the deformity is of paramount importance in obtaining a full correction of the disorder. Hallux pronation is one of the frequently found components, especially in larger deformities, but the cause and exact location of this condition are not fully understood. The aim of the present study was to investigate whether there is a rotational deformity inherent to the first metatarsal bone. A case-control study was conducted on patients with and without hallux valgus who were subjected to computed tomography with multiplanar reconstruction. Statistical analysis was performed by means of a mixed model adjusted for foot and gender to compare metatarsal rotation between cases and controls. Correlations between numerical quantitative measurements were investigated by means of Pearson's correlation coefficient obtained in a linear mixed model. A total of 82 feet (tests) were analyzed in the hallux valgus group and 64 feet (tests) in the control group (N=146). The hallux valgus group was significantly different from the control group ( $p < .001$ ). Mean metatarsal bone rotation was 15.36° (range 1.65° to 32.52°) in the hallux valgus group and 3.45° (range -7.40° to 15.56°) in the control group. The difference between the means was 11.9° (confidence interval 9.2° to 14.6°). In conclusion, patients with hallux valgus exhibited increased exclusive bone rotation of the first metatarsal toward pronation compared with the population without this condition.

© 2019 by the American College of Foot and Ankle Surgeons. All rights reserved.

Hallux valgus is characterized by first ray deformity with various clinical manifestations (1–5). The identification of factors associated with the development of the deformity is of paramount importance in obtaining a full correction of the disorder. Hallux pronation is one of the frequently found components, especially in larger deformities, but the cause and exact location of this condition are not fully understood (2,3,6,7).

In 2 studies (8,9), metatarsal rotation in patients with and without hallux valgus was compared. The patients with hallux valgus exhibited greater first ray pronation compared with the healthy patients. The

authors suggested the following causes: fallen arches, ligament abnormalities, and disorders of muscle balance in gait. Yet, the method used for assessment was plain radiography, which is susceptible to variation and error, as shown in the literature (10–13).

The aim of the present study was to assess the intrinsic bone rotation along the full length of the first metatarsal bone. The instrument for analysis of patients with and without hallux valgus was computed tomography (CT) with multiplanar reconstruction.

#### Patients and Methods

The study began after approval by the institutional research ethics committee (Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, CAAE 56605416.1.0000.5335), after a full review. Eligible participants consisted of a convenience sample of 131 patients identified at the orthopaedics and traumatology outpatient clinic between January 1, 2012, and December

**Financial Disclosure:** None reported.

**Conflict of Interest:** None reported.

Address correspondence to: Eduardo Pedrini Cruz, MD, Rua Vitor Meireles 200/401, 90430160 Porto Alegre, RS, Brazil.

E-mail address: [pedrinicruz@gmail.com](mailto:pedrinicruz@gmail.com) (E.P. Cruz).

---

## **ARTIGO EM INGLÊS:**

**Does Hallux Valgus Exhibit a Deformity  
Inherent to the First Metatarsal Bone?**

---

**Authors:**

Eduardo Pedrini Cruz, MD, MSc

Orthopedics and Traumatology Service, Santa Casa de Misericórdia, Porto Alegre

Felipe Victora Wagner, MD

Radiology Service of the Moinhos de Vento Hospital of Porto Alegre

Carlo Henning, MD, MSc

Orthopedics and Traumatology Service, Porto Alegre Hospital de Clínicas

José Antônio Veiga Sanhudo, MD, PhD

Orthopedics and Traumatology Service, Hospital Moinhos de Vento

Fernando Pagnussato, BMSc

Tissue Bank Service of Porto Alegre Hospital de Clínicas

Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Adjunct Professor, Orthopedics and Traumatology Service, Hospital de Clínicas de Porto Alegre



## Does Hallux Valgus Exhibit a Deformity Inherent to the First Metatarsal Bone?

### Abstract

Hallux valgus is a common condition, and it still poses some challenges. The identification of factors associated with the development of the deformity is of paramount importance in obtaining a full correction of the disorder. Hallux pronation is one of the frequently found components, especially in larger deformities, but the cause and exact location of this condition is not fully understood.

The aim of the present study was to investigate whether there is a rotational deformity inherent to the first metatarsal bone. A case-control study was conducted on patients with and without hallux valgus who were subjected to computed tomography with multiplanar reconstruction. Statistical analysis was performed by means of a mixed model adjusted for foot and gender to compare metatarsal rotation between cases and controls. Correlations between numerical quantitative measurements were investigated by means of Pearson's correlation coefficient obtained in a linear mixed model.

A total of 82 feet (tests) were analyzed in the hallux valgus group and 64 in the control group (N = 146). The hallux valgus group was significantly different from the control group ( $p < 0.001$ ). Mean metatarsal bone rotation was  $15.36^\circ$  (range  $1.65^\circ$  to  $32.52^\circ$ ) in the hallux valgus group and  $3.45^\circ$  (range  $-7.40^\circ$  to  $15.56^\circ$ ) in the control group. The difference between the means was  $11.9^\circ$  (confidence interval  $9.2^\circ$  to  $14.6^\circ$ ).

---

In conclusion, patients with hallux valgus exhibited increased exclusive bone rotation of the first metatarsal toward pronation compared with the population without this condition.

**Level of clinical evidence: 3**

**Keywords:** Hallux valgus, Metatarsophalangeal joint, pronation, rotation, tomography.

## Introduction

Hallux valgus is characterized by first ray deformity with various clinical manifestations (1-5). The identification of factors associated with the development of the deformity is of paramount importance in obtaining a full correction of the disorder. Hallux pronation is one of the frequently found components, especially in larger deformities, but the cause and exact location of this condition is not fully understood (2,3,6,7).

Two studies compared metatarsal rotation in patients with and without hallux valgus (8,9). The patients with hallux valgus exhibited greater first ray pronation compared with the healthy patients. The authors suggested the following causes: fallen arches, ligament abnormalities and disorders of muscle balance in gait. Yet, the method used for assessment was plain radiography, which is susceptible to variation and error, as shown in the literature (10-13).

The present study sought to assess the intrinsic bone rotation along the full length of the first metatarsal bone. The instrument for analysis of patients with and without hallux valgus was computed tomography with multiplanar reconstruction.

## Patients and Methods

The study began after approval by the institutional research ethics committee. Eligible participants consisted of a convenience sample of 131 patients identified at the orthopedics and traumatology outpatient clinic from 1 January 2012 to 31 December 2016, with multiple-detector computed

tomography (CT) with acquisition of isotropic scans of the feet having been performed. From these patients, only 91 met the inclusion criteria, corresponding to 46 cases of hallux valgus and 45 controls. Patients who met the inclusion criteria in both feet contributed with 2 examinations for analysis. The total number of examinations included was 146, of which 82 were in the hallux valgus group and 64 in the control group.

Cases were identified and recruited among symptomatic patients who were themselves included in a previous dataset where CT was performed before surgical treatment (14). Since CT is not routinely used for this pathology, we preferred to use this dataset. The inclusion criterion in this group was patient with diagnosis of hallux valgus with indicated surgical treatment (3,15). The diagnosis of hallux valgus was defined as the presence of symptoms and pathological values for hallux valgus angle ( $> 15^\circ$ ) or intermetatarsal angle ( $> 9^\circ$ ). The exclusion criteria were patients with neurological disease, advanced arthrosis of the metatarsophalangeal joint, congenital syndromes, rheumatologic diseases, previous metatarsal fractures or foot surgery. Controls (patients without hallux valgus) were selected among subjects submitted to CT for investigation of other conditions, e.g., calcaneus fracture. In this group, all patients with concomitant hallux valgus diagnosis were excluded (3,15).

Individuals with associated hallux valgus were identified through clinical examination at outpatient clinics and analysis of imaging examinations (radiographs and CT scans). It should be noted that radiography was performed according to the patients' underlying pathology. Accordingly, some radiographs

in the control group were without weight-bearing. Other exclusion criteria were as follows: presence of neurological disease, advanced arthrosis of the metatarsophalangeal joint, previous fracture or surgical procedures on the first metatarsal bone and congenital syndromes.

Tomography was performed with a 64-detector Siemens Sensation Cardiac Scanner (120 kV; 90 mAs; slice-thickness, 1.0 mm; pitch, 0.9; and radiation dose, 6.89 mGy). Scans were acquired by means of isotropic acquisitions, stored in digital imaging and communications in medicine (DICOM) format and analyzed using image processing software (OsiriX MD®, Pixmeo®, Geneva, Switzerland) with three-dimensional multiplanar reconstruction in a 2.0-mm-thick bone window. It was used to achieve the angle of rotation of the first metatarsus resulting from bone morphology only, without the interference of other associated components.

The intrinsic bone rotation angle of the first metatarsus was determined using parameters already described in the literature (14,16-20). First, the central longitudinal axis of the first metatarsal bone was defined on the coronal, sagittal and axial planes, transversally aligned to the lateral cortex of the middle third of the diaphysis. The lateral cortex of the diaphysis was used as a parameter, following descriptions in previous studies conducted with cadavers, to compensate for the effect of metatarsal rotation in the selection of the central axis (Fig. 1) (11,21-24). On the basis of this reference, 2 sections transverse to the long axis of the first metatarsal bone were selected for measurement. The first coronal image was designated the metatarsal base (MB), and the second

the metatarsal head (MH). The first image was selected on the transverse plane, 1.0 cm distal to the first ray of the tarsometatarsal joint. The second image was selected on that same plane but located 0.5 to 1.2 cm proximal to the apex of the articular surface of the first metatarsal head, preferentially including the sesamoid bones and intersesamoid crest, closer to the vertex of the lines of force, following criteria used in other studies (Fig. 2) (9,13,17,24). The intrinsic rotation of the first metatarsal bone was measured following reconstruction by merging the 2 images (MB and MH). The angle was formed by line A parallel to the lateral cortex of the MB (Fig. 2A) and by line B formed by the medial and lateral boundary of the plantar articular surface of the MH (Fig. 2B) minus  $90^\circ$  (9,13,16,17,19,20,24). Positive values indicate an anatomical rotation of the bone toward pronation, and negative values point to supination.

CT scans were evaluated by a radiologist specializing in musculoskeletal diseases, at 2 different times with a 60-day interval. Considering that this method of measurement is not usual, intraobserver agreement analysis was performed to verify the reliability of the measurement (16). The mean of the 2 measurements was used to increase the power of analysis, since it approached the true value. The radiographs were assessed by an orthopedist specializing in foot and ankle surgery. The radiographs were taken under weight-bearing conditions in accordance with Coughlin et al (15). Examiners were blinded to the participants' status.

It is important to highlight that CT scans were performed without weight-bearing, although this condition is considered superior for pathologies of the foot and ankle. Therefore, it is appropriate to explain why its use is unnecessary for the study. First, it is noted that the bone anatomy is not modified by the position of the foot during the examination. Thus, regardless of whether the foot is in plantar or dorsal flexion, with or without weight-bearing, the image of the bone anatomy captured is the same. Multiplanar reconstruction offers a bone anatomical image that can be virtually manipulated in all directions. Finally, the tomographic examination performed on the patients was enough to reach the objective of the study. In this context, ethical guidelines in research do not recommend subjecting the participants to a new intervention.

The study also examined whether increased metatarsal rotation toward pronation was associated with radiographic signs of severity in the hallux valgus group. The parameters assessed were hallux valgus angle, intermetatarsal angle, distal metatarsal articular angle, hallux valgus classification, sesamoid position according to the Hardy and Clapham classification (25) and to the Smith classification (26), and presence of the round sign as modified relative to the original description (27,28). Negative round sign was defined as an angular shape, and positive round sign was defined as a round shape or an intermediate shape, since it was assumed that only one type would not exhibit either bone or ligament rotation (neutral rotation), according to previous reports in the literature (14,27,28).

To detect a difference in means with a magnitude of 0.6 SD units (Cohen's  $d=0.6$ ) with a statistical power of 90% at a two-tailed significance level of 0.05, we estimated a sample size of at least 120 observations (60 observation per group) allowing for clustered data (some patients contributed with more than 1 measurement).

Statistical analysis was performed using a linear mixed model, which considers repeated measures within subjects adjusting for age and gender in the comparison of metatarsal rotation between cases and controls. Correlation between the various numerical measurements was evaluated with Pearson's correlation coefficient obtained from the linear mixed model, using centralized variables. Two-tailed significance level was set at 5% ( $p \leq 0.05$ ). Data were processed and analyzed using SPSS software (version 22.0) and R version 3.2.0.

## Results

A total of 91 patients were included in the study, 46 in the hallux valgus group and 45 in the control group. Cases had a mean age of  $54.50 \pm 15.87$  years, and controls had a mean age of  $47.54 \pm 15.81$  years (Table 1). A total of 82 feet (tests) were analyzed in the hallux valgus group and 64 in the control group ( $N = 146$ ).

The measurement of bone rotation on CT with multiplanar reconstruction exhibited excellent intraobserver correlation, with a Pearson's coefficient of 0.96 (Fig. 3) ( $p < 0.001$ ). Group comparison adjusted for age and



gender demonstrated a significant difference; the patients with hallux valgus exhibited greater bone pronation (Fig. 4) ( $p < 0.001$ ). The adjusted mean metatarsal rotation in the hallux valgus group was  $15.36^\circ$  (range  $1.65^\circ$  to  $32.52^\circ$ ). In the control group, the mean rotation was  $3.45^\circ$  (range  $-7.40^\circ$  to  $15.56^\circ$ ). The difference between the means was  $11.9^\circ$  (confidence interval  $9.2^\circ$  to  $14.6^\circ$ ).

In the hallux valgus group, increased metatarsal rotation exhibited positive correlations with the distal metatarsal articular angle ( $p < 0.001$ ;  $r = 0.39$ ) (Fig. 5) and with the presence of the round sign ( $p = 0.019$ ) (Fig. 6). There were no statistically significant correlations relative to the intermetatarsal angle ( $p = 0.14$ ) (Fig. 7), hallux valgus angle ( $p = 0.096$ ) (Fig. 8), hallux valgus classification ( $p = 0.38$ ) (Fig. 9), or sesamoid position according to the Hardy and Clapham classification ( $p = 0.12$ ) (Fig. 10) and the Smith classification ( $p = 0.15$ ) (Fig. 11) (Table 2). There were no statistically significant correlations between increased metatarsal rotation and age (Figure 12).

## Discussion

Hallux valgus is a frequent disorder, in which treatment poses some challenges (1-7,29). The literature describes countless treatments for the same degree of severity (1,3,29). Additionally, the final outcomes are contradictory and conflicting, even for similar cases treated by the same surgeon and using the same surgical technique (1,3,6,7,29). The identification of factors associated with the development of deformity is of paramount importance in obtaining a full

correction of the disorder. Hallux pronation is one of the frequently found components, especially in larger deformities, but the cause and exact location of this condition is not fully understood (2,3,6,7).

The present study showed that patients with hallux valgus had an intrinsic anatomical variation of the first metatarsus characterized by an increase bone rotation towards pronation when compared with patients without this diagnosis. This finding might contribute in explaining the divergences in the clinical outcomes of similar cases subjected to surgical treatment performed by the same surgeon and with the same technique (6,7). One could hypothesize that intrinsic bone rotation (pronation) is the reason for the unsatisfactory outcomes exhibited by some cases, since clinical pronation is associated with poorer prognosis and relapse (1,3,6,7,27). In addition, countless frequently used surgical techniques, such as *Scarf* and *Ludloff* osteotomy, which are not able to correct rotational bone deformity in the coronal plane, may lead to a poor outcome (6,7,27,29). In this situation, surgical techniques capable of coronal correction, such as some proximal first metatarsal osteotomy or *Lapidus*, may be a better option (3,6,7,27,28).

A statistically significant correlation was found between increased first metatarsal bone rotation and increased distal metatarsal articular angle and with the presence of the round sign, but the association was weak. This fact may be due to the presence of cases in which metatarsal rotation was due to ligamentous laxity or fallen arches rather than to intrinsic bone deformity. It is known that metatarsal rotation or sesamoid dislocation does not systematically

occur in parallel with the increase of the deformity (14,17,22). Thus, the progression of metatarsal deviation is not always accompanied by pronation (14,17,22). In addition, radiographic assessment includes imprecision (10,12-14). It is known that first ray flexion or dorsiflexion alters the measurements performed using this method (10,12-14,22). In addition, the progression of hallux valgus is not symmetrical or proportional to the deformity, since there is variation in its clinical manifestations (14,17). The etiology of first ray pronation may be due to ligament instability, anatomical bone deformity or both (14,17).

Statistically significant correlations were not found between increased metatarsal rotation, advanced age, increased hallux valgus angle, intermetatarsal angle, hallux valgus classification, and sesamoid dislocation according to the Hardy and Clapham classification or the Smith classification. These results indicate that the bone rotational deformity is not adaptive but, in some cases, might represent an intrinsic phenotypic characteristic. These results suggest that the deformity is not derived from Wolff's bone remodeling law (30). Some cases exhibited increased hallux valgus angle without bone rotation, while others exhibited a small deformity and increased bone rotation. More studies are needed for a better analysis of this phenomenon.

Two studies in the literature compared metatarsal rotation between patients with and without hallux valgus (8,9). These studies suggest that patients diagnosed with hallux valgus exhibit greater first ray pronation than do healthy individuals, the cause of which would be fallen arches associated or not with ligamentous abnormalities. However, the limitations of plain radiography do

not allow distinguishing pronation of ligament origin from that of bone origin (10-12,14,22). One of the aforementioned studies examined random anatomical specimens from cadavers without hallux valgus to analyze intrinsic bone rotation (9). Most cases exhibited bone torsion, with the metatarsal head in the neutral position or in supination with respect to the base, while just a few cases exhibited pronation. The authors concluded that metatarsal pronation might be due to ligamentous and biomechanical factors at the cuneometatarsal level (9). However, they further observed that it was not possible to rule out intrinsic metatarsal bone rotation toward pronation as a factor contributing to the deformity in some cases. These findings are partially compatible with the control group results in our study. Nevertheless, there were more cases with pronation rather than with supination compared with the aforementioned study conducted using cadavers (9).

The present study corroborated the findings of the 2 aforementioned studies, inasmuch as the patients with hallux valgus exhibited more pronation compared with the ones without this condition (8,9). In contrast, we found greater rotational deformity of bone origin toward pronation among the patients with hallux valgus compared with those without this condition. Such bone pronation likely contributes to the severity of disease alone or in combination with other already known abnormalities. It is known that pronation is associated with poorer clinical outcomes (1,3,6,27,28).

This study has some limitations deserving mention, such as its retrospective design and convenience sample. It was not possible to confirm the

findings through comparison to the gold standard, namely anatomical specimens. In addition, the cases were not followed to assess the correlation between increased metatarsal rotation and poorer clinical outcome. Lack of similar studies in the literature might hinder the interpretation of the results, since there are few parameters for comparisons. In addition, it is not possible to establish what values of metatarsal bone rotation are pathological or whether there is need for surgical correction of this deformity. There was a potential selection bias in the hallux valgus group, since all included patients had an indication for surgical treatment. This factor could have been associated with the selection of more severe cases; however, the percentage of cases at each stage of hallux valgus severity classification showed a normal distribution. Another possible bias could have been the inclusion of patients with radiographic criteria of hallux valgus in the control group, since not all of them had a radiograph with standard weight-bearing. Since this bias reduces the possibility of identifying a significant statistical difference between the groups, it was considered unnecessary to subject the participants to a new intervention. Lastly, it is important to comment on why there was no matching of gender and age between groups. It is known that group pairing is performed to reduce possible biases of confusion. However, it is recommended to avoid pairing of variables that are not associated with outcome modification, since inefficient pairing reduces the variation of the factor studied in the target population. In this respect, there is evidence in the literature that the angle of the first metatarsal bone rotation shows no statistical difference between genders or age groups

(31). Moreover, statistical analysis was performed using a linear mixed model, which considers repeated measures within subjects adjusting for age and gender in the comparison of metatarsal rotation between cases and controls.

In conclusion, patients with hallux valgus exhibited increased intrinsic rotation of the first metatarsal bone toward pronation when compared with the population without this condition. The findings of this study contribute to the understanding of the pathophysiology of hallux valgus, since they show a deformity of exclusive bone origin not previously reported in the literature. Further studies are needed to better understand the impact of this deformity on clinical outcomes and on the choice of treatment. Prospective studies with adequate follow-up length might be helpful in this regard. In addition, reference values for normal ranges also need to be investigated. Another important issue to be defined is the apex of the deformity and the anatomical region ideal for correction.

## References

1. Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int* 1995;16(11):682-697. doi: 10.1177/107110079501601104.
2. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part I: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot Ankle Int* 2007;28(5):654-659. doi: 10.3113/FAI.2007.0654.
3. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part II: operative treatment. *Foot Ankle Int* 2007;28(6):748-758. doi: 10.3113/FAI.2007.0748.
4. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Ballerini FJ, Kobata S. Hallux valgus in males--part 1: demographics, etiology, and comparative radiology. *Foot Ankle Int* 2013;34(5):629-635. doi: 10.1177/1071100713475350.
5. Young KW, Kim JS, Cho JW, Lee KW, Park YU, Lee KT. Characteristics of male adolescent-onset hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2013;34(8):1111-1116. doi: 10.1177/1071100713488764.
6. 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.
7. Raikin SM, Miller AG, Daniel J. Recurrence of hallux valgus: a review. *Foot Ankle Clin* 2014;19(2):259-274. doi: 10.1016/j.fcl.2014.02.008.
8. Eustace S, O'Byrne J, Stack J, Stephens MM. Radiographic features that enable assessment of first metatarsal rotation: the role of pronation in hallux valgus. *Skeletal Radiol* 1993;22(3):153-156.

9. 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.
10. 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.
11. 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. doi: 10.1177/107110070602701207.
12. Sanhudo JV, Gomes JE, Rabello MC, Delucca G. Interobserver and intraobserver reproducibility of hallux valgus angular measurements and the study of a linear measurement. *Foot Ankle Spec* 2012;5(6):374-377. doi: 10.1177/1938640012457939.
13. Yildirim Y, Cabukoglu C, Erol B, Esemeli T. Effect of metatarsophalangeal joint position on the reliability of the tangential sesamoid view in determining sesamoid position. *Foot Ankle Int* 2005;26(3):247-250. doi: 10.1177/107110070502600311.
14. Cruz EP, Wagner FV, Henning C, Sanhudo JAV, Pagnussato F, Galia CR. Comparison between Simple Radiographic and Computed Tomographic Three-Dimensional Reconstruction for Evaluation of the Distal Metatarsal Articular Angle. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(3):505-509. doi: 10.1053/j.jfas.2017.01.017.



15. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA. 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. doi: 10.1177/107110070202300114.
16. Drapeau MS, Harmon EH. Metatarsal torsion in monkeys, apes, humans and australopiths. *J Hum Evol* 2013;64(1):93-108. doi: 10.1016/j.jhevol.2012.10.008.
17. Kim Y, 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;36(8):944-952. doi: 10.1177/1071100715576994.
18. Largey A, Bonnel F, Canovas F, Subsol G, Chemouny S, Banegas F. Three-dimensional analysis of the intrinsic anatomy of the metatarsal bones. *J Foot Ankle Surg* 2007;46(6):434-441. doi: 10.1053/j.jfas.2007.08.003.
19. Maruyama K. Does the first metatarsal bone twist itself in severe cases of hallux valgus? Investigation with CT scans. Presented as poster at the Orthopaedic Research Society (ORS) annual meeting. Mon–Wed, March 20–22, 2017. Poster #2423. San Diego, California, US.
20. Ota T, Nagura T, Kokubo T, Kitashiro M, Ogihara N, Takeshima K, Seki H, Suda Y, Matsumoto M, Nakamura M. Etiological factors in hallux valgus, a three-dimensional analysis of the first metatarsal. *J Foot Ankle Res* 2017; 10:43. doi:10.1186/s13047-017-0226-1.

21. 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.
22. 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):584-587. doi: 10.1053/j.jfas.2014.02.003.
23. Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT. First metatarsal head-shaft angle: a method of determination. *Foot Ankle* 1993;14(4):181-185.
24. 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. doi: 10.1177/107110079401501004.
25. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33-B (3):376-391. doi: 10.1302/0301-620X.33B3.376.
26. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle* 1984;5(2):92-103. doi: 10.1177/107110078400500208.
27. 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):2163-2172. doi: 10.2106/JBJS.F.01455.

- 
28. 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. doi: 10.1177/1071100715572188.
29. Pinney SJ, Song KR, Chou LB. Surgical treatment of severe hallux valgus: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006;27(12):1024-1029. doi: 10.1177/107110070602701205.
30. Wolff J. The classic: on the inner architecture of bones and its importance for bone growth. 1870. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(4):1056-1065. doi: 10.1007/s11999-010-1239-2.
31. Kitashiro M, Ogihara N, Kokubo T, Matsumoto M, Nakamura M, Nagura T. Age- and sex-associated morphological variations of metatarsal torsional patterns in humans. *Clin Anat* 2017;30(8):1058-1063. doi: 10.1002/ca.22944.

## Figure legends

### Figure 1:

Central axis of the first metatarsal bone on the:

A) Sagittal,

B) axial,

C) coronal planes.



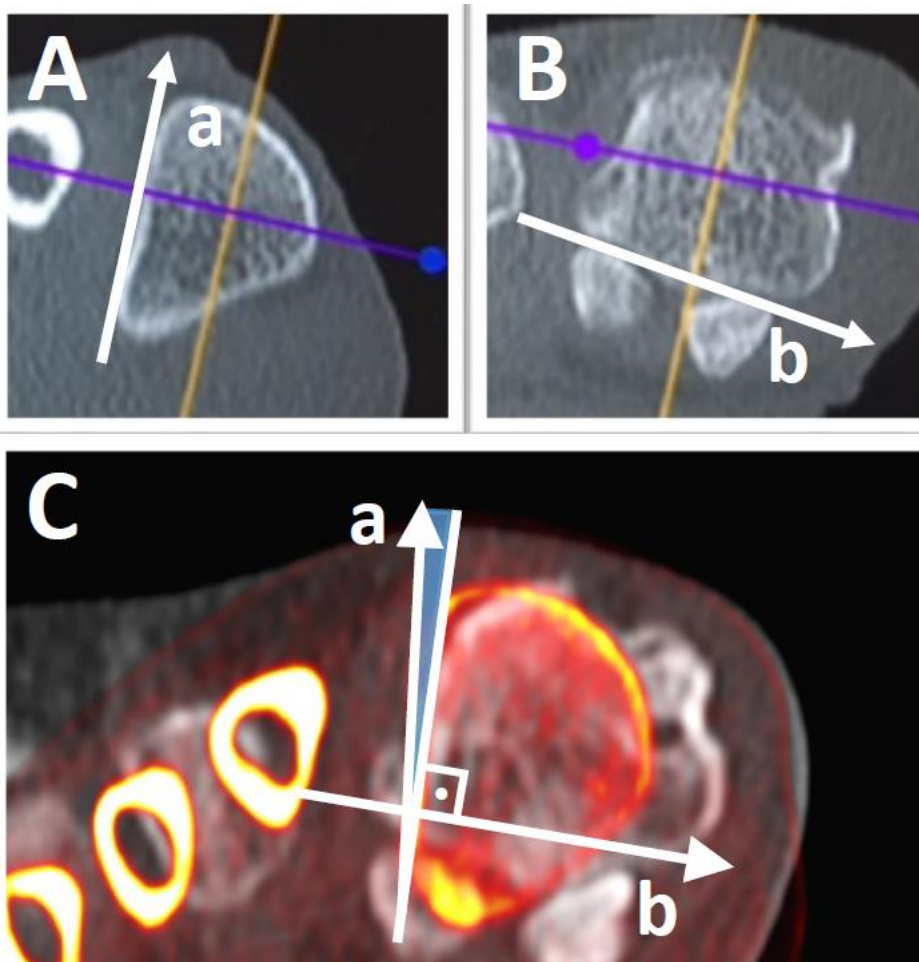
**Figure 2:**

Reference planes for measurements:

**A)** Coronal sections selected on the metatarsal base (MB);

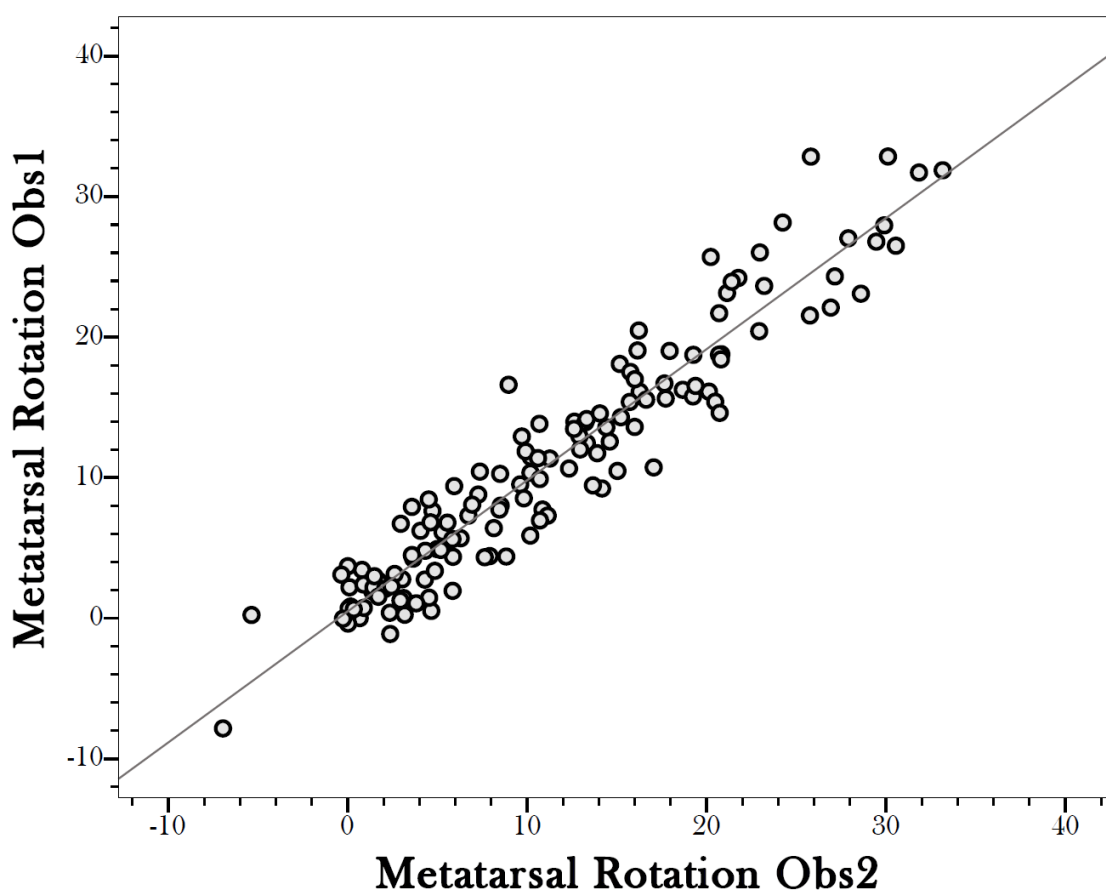
**B)** Coronal sections on the metatarsal head (MH);

**C)** Merging of the 2 images (MB and MH) measuring the angle between line A parallel to the lateral cortex of the base (MB) and line B formed by the medial and lateral boundary of the plantar articular surface of the (MH) minus  $90^\circ$ .



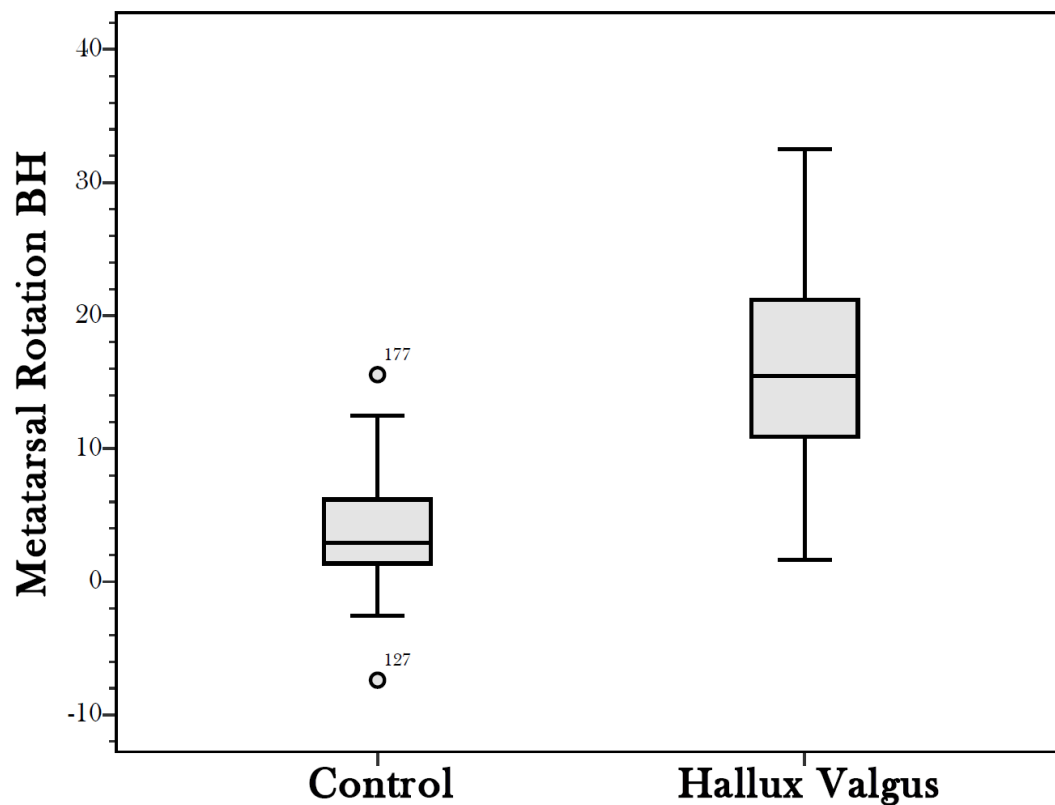
**Figure 3:**

The measurement of bone rotation on CT with multiplanar reconstruction exhibited excellent intraobserver correlation, with a Pearson's coefficient of 0.96 ( $p < 0.001$ ).



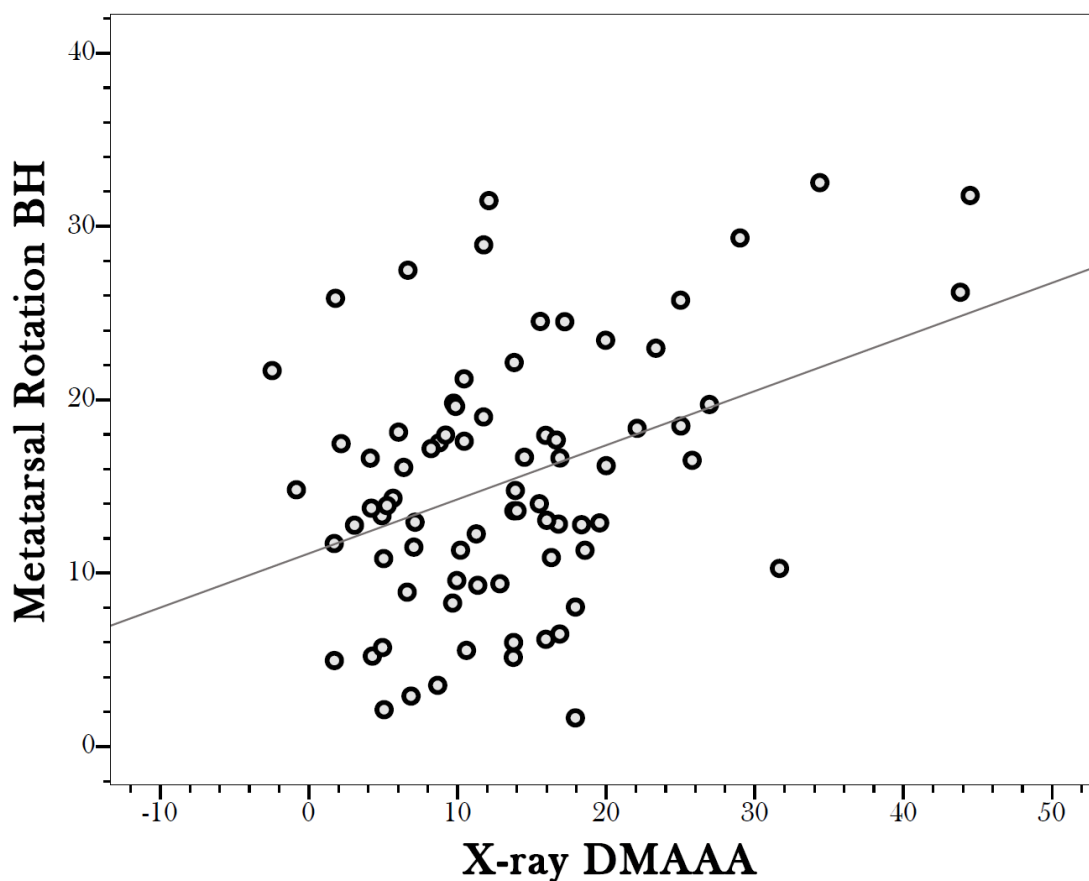
**Figure 4:**

Box plot graph comparing metatarsal rotation in degrees (axis X) (zero: neutral position; positive value: pronation; negative values: supination) in patients with hallux valgus (n = 82) and without hallux valgus (n = 64) (axis Y) (N = 146).



**Figure 5:**

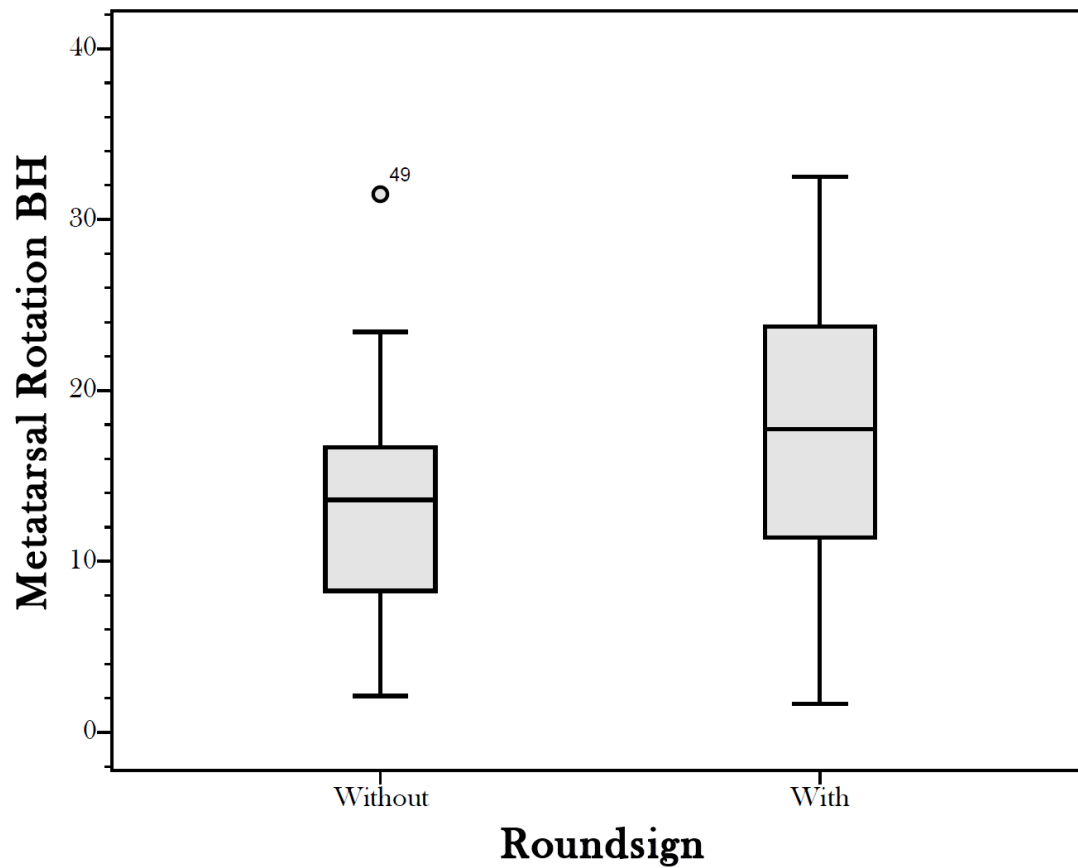
In the hallux valgus group, increased first metatarsal rotation exhibited correlations with the distal metatarsal articular angle ( $p < 0.001$ ;  $r = 0.39$ ).





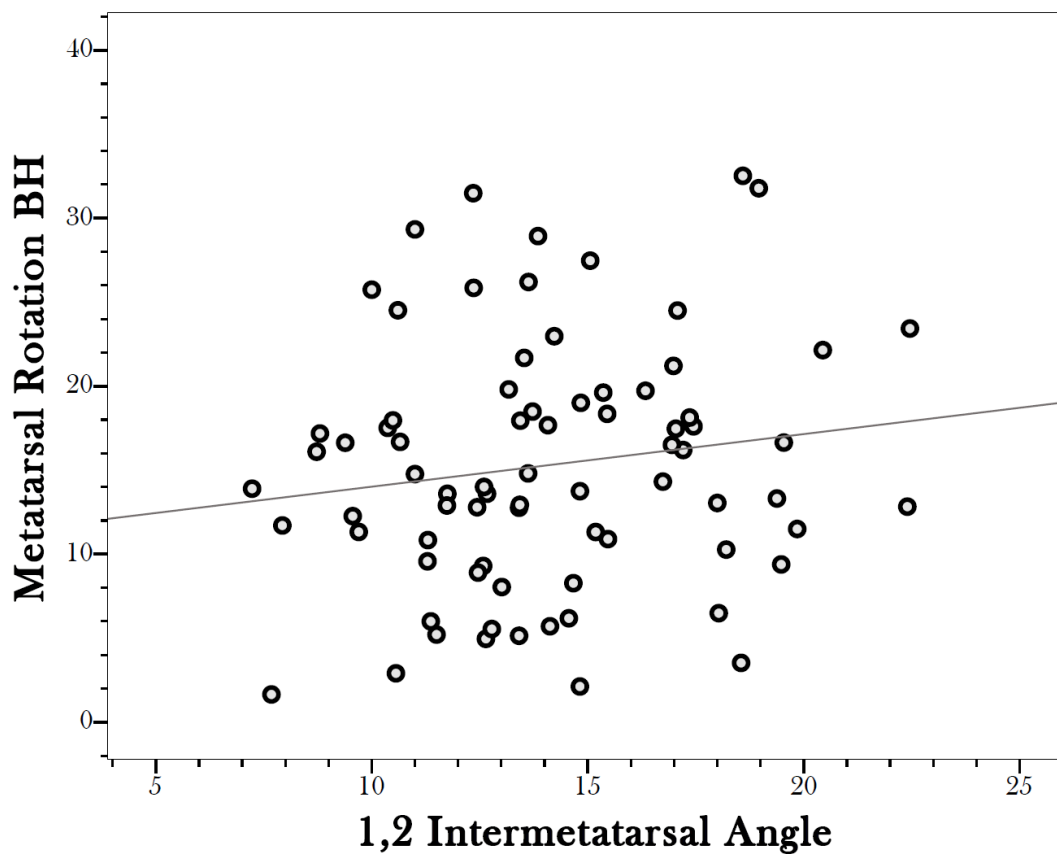
**Figure 6:**

In the hallux valgus group, increased first metatarsal rotation exhibited correlations with the presence of the round sign ( $p = 0.019$ ).



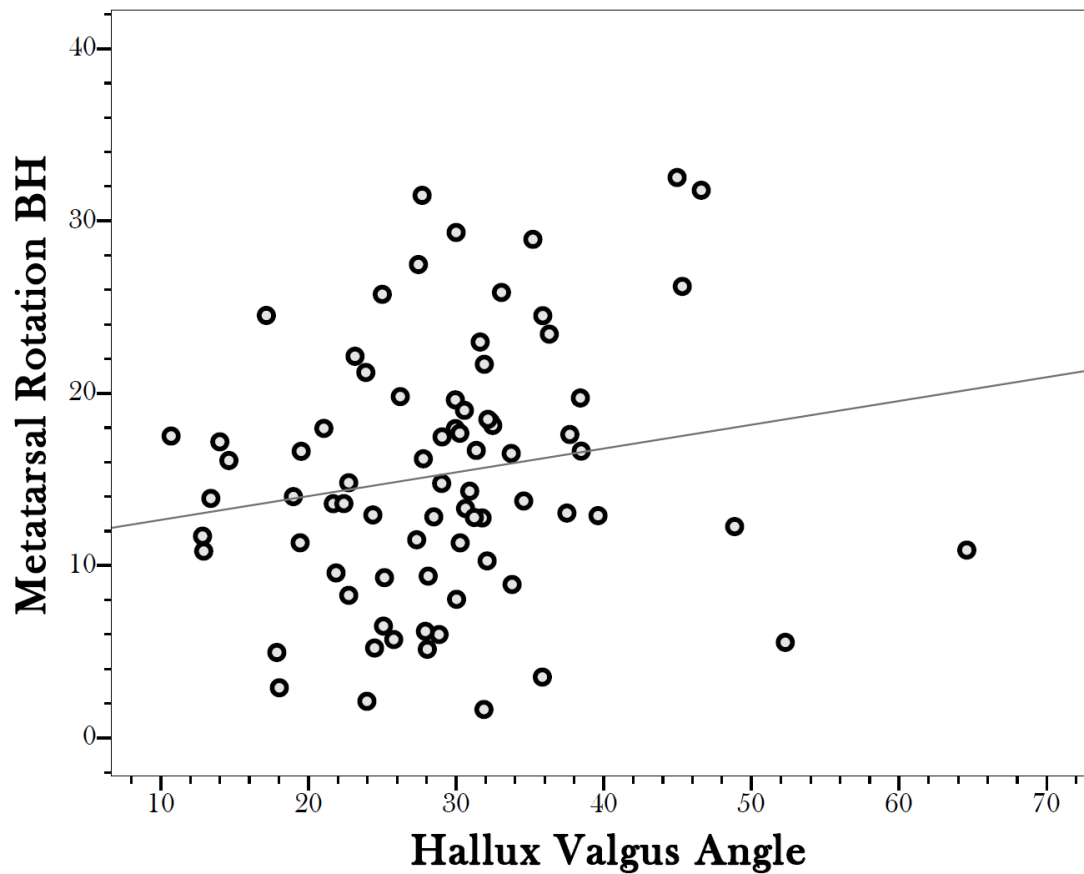
**Figure 7:**

In the hallux valgus group, first metatarsal rotation exhibited no correlations with intermetatarsal angle ( $p = 0.14$ ).



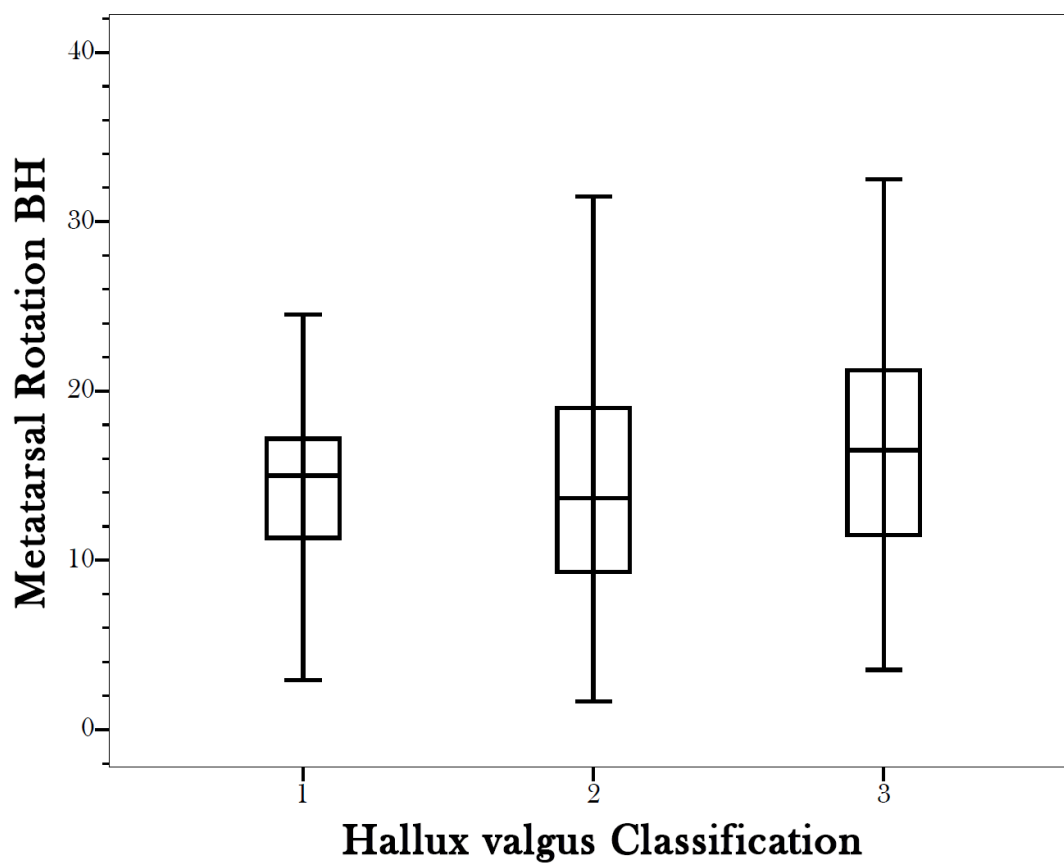
**Figure 8:**

In the hallux valgus group, first metatarsal rotation exhibited no correlations with hallux valgus angle ( $p = 0.096$ ).



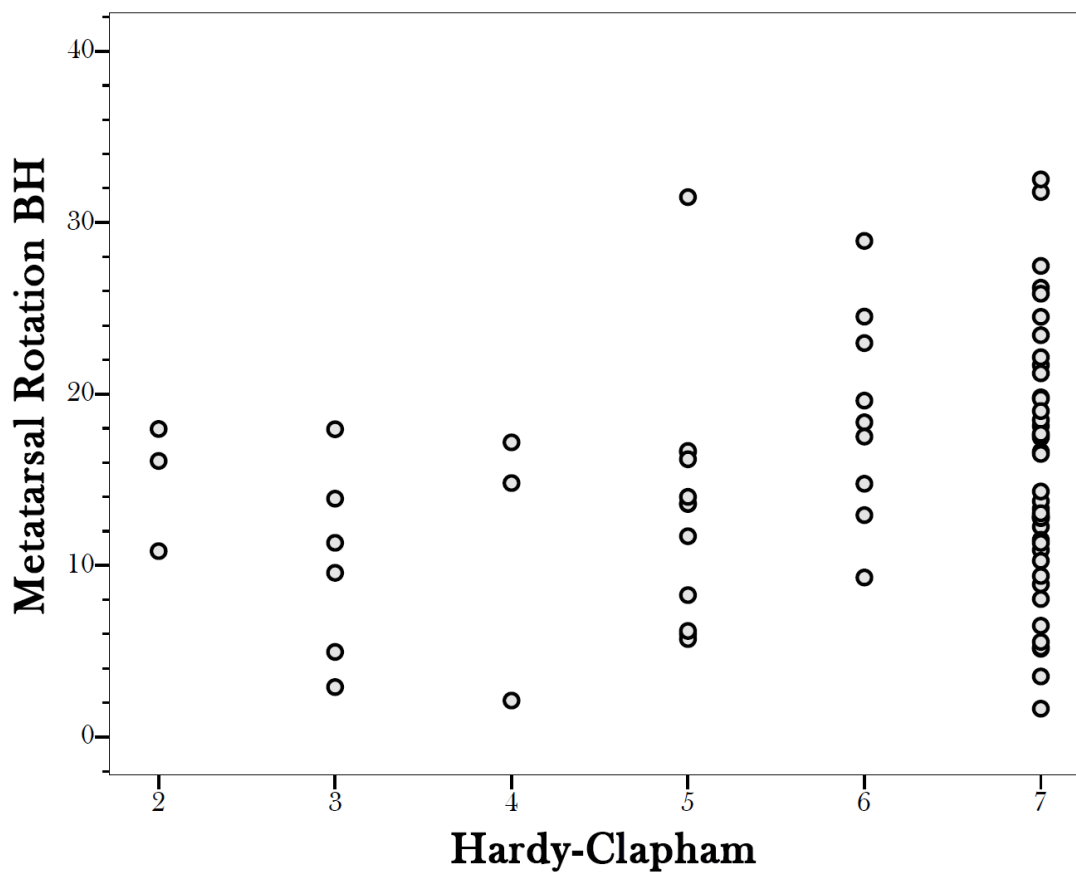
**Figure 9:**

In the hallux valgus group, first metatarsal rotation exhibited no correlations with hallux valgus classification ( $p = 0.38$ ).



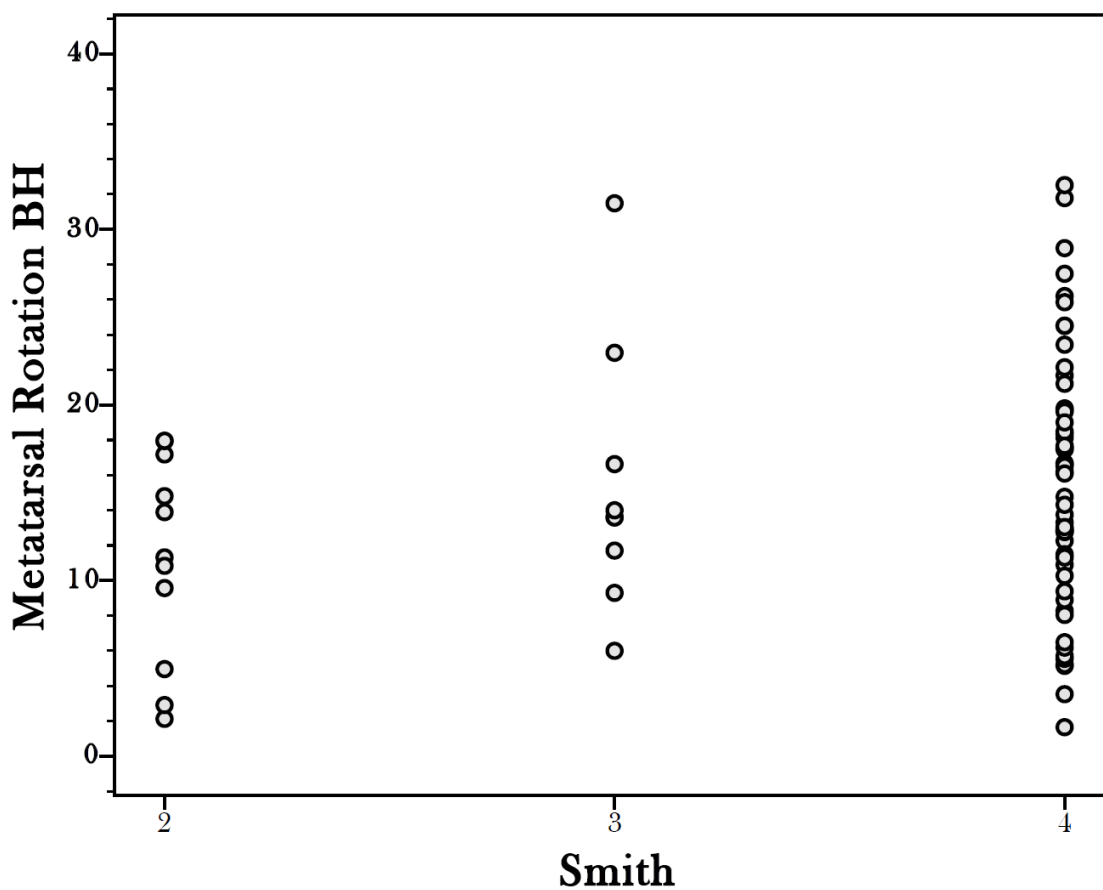
**Figure 10:**

In the hallux valgus group, first metatarsal rotation exhibited no correlations with Hardy and Clapham classification ( $p = 0.12$ ).



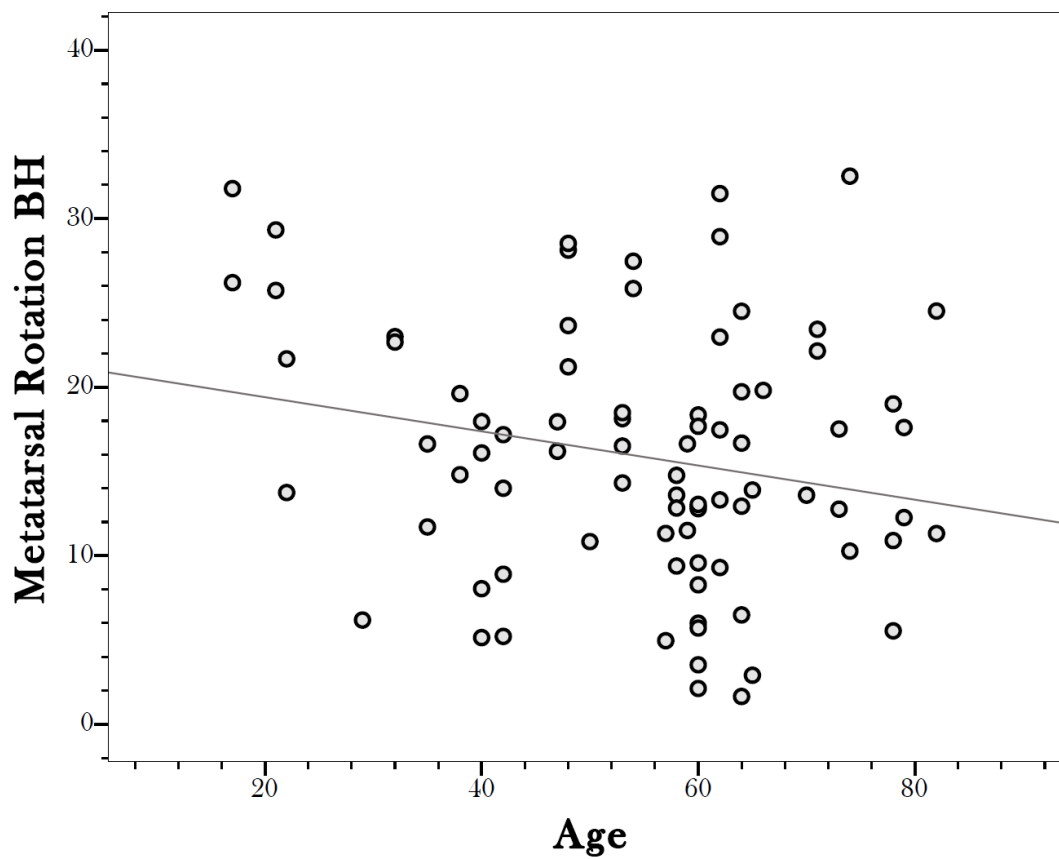
**Figure 11:**

In the hallux valgus group, first metatarsal rotation exhibited no correlations statistically significant with Smith classification ( $p = 0.15$ ).



**Figure 12:**

There were no correlations between first metatarsal rotation and age.



## Tables

**Table 1** Baseline characteristics of patients (N = 146).

<b>Characteristic</b>	<b>Hallux valgus (n = 82)</b>	<b>Control (n = 64)</b>	<b>p</b>
Age/years ( $\bar{x} \pm SD$ )	55.2 $\pm$ 15.6	46.0 $\pm$ 16.0	0.006
Female sex, n (%)	44 (95.7)	25 (55.6)	<0.001

SD, standard deviation;  $\bar{x}$ , mean.

**Table 2** Linear correlation between metatarsal rotation and selected variables among patients with hallux valgus (n = 82).

<b>Variable</b>	<b>Metatarsal bone rotation angle<sup>a</sup></b>	<b>p</b>
Intermetatarsal angle	0.17	0.14
Hallux valgus angle	0.19	0.096
Hallux valgus classification	0.10	0.38
Sesamoid position		
Hardy and Clapham classification	0.18	0.12
Distal metatarsal articular angle	0.39	<0.001

<sup>a</sup> Correlation obtained in linear mixed model adjusting for clustered observations.



---

## ARTIGO EM PORTUGUÊS

**Será que o hálux valgo exibe uma  
deformidade óssea inerente ao primeiro  
metatarso?**

## **Autores**

Eduardo Pedrini Cruz, MD, MSc

Serviço de Ortopedia e Traumatologia da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre

Felipe Victora Wagner, MD

Serviço de Radiologia do Hospital Moinhos de Vento de Porto Alegre

Carlo Henning, MD, MSc

Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

José Antônio Veiga Sanhudo, MD, PhD

Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital Moinhos de Vento

Fernando Pagnussato, BMSc

Serviço de Banco de Tecido do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Carlos Roberto Galia, MD, MSc, PhD

Professor Adjunto do Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre

## Será que o hálux valgo exibe uma deformidade óssea inerente ao primeiro metatarso?

### Resumo

Hálux valgo é uma afecção frequente e ainda apresenta alguns desafios. A identificação de fatores associados ao desenvolvimento da deformidade é de suma importância na obtenção de uma correção completa do transtorno. A pronação do hálux é um dos componentes frequentemente encontrados, especialmente em deformidades maiores, mas a causa e a localização exata dessa condição não são totalmente compreendidas.

O objetivo do presente estudo foi de avaliar, através da tomografia computadorizada, a rotação intrínseca do primeiro metatarsiano entre pacientes com e sem hálux valgo e a relação desta rotação, se existente, com a gravidade da deformidade. Nesse sentido foi realizado um estudo caso-controle. A análise estatística foi realizada por meio de um modelo misto ajustado para pé e sexo. Correlações entre medidas quantitativas numéricas foram investigadas por meio do coeficiente de correlação de *Pearson*.

Um total de 82 pés (testes) foram analisados no grupo hálux valgo e 64 no grupo controle (N = 146). O grupo hálux valgo foi significativamente diferente do grupo controle ( $p < 0,001$ ). A rotação óssea metatársica média foi de  $15,36^\circ$  (intervalo  $1,65^\circ$  a  $32,52^\circ$ ) no grupo hálux valgo e  $3,45^\circ$  (intervalo  $-7,40^\circ$  a  $15,56^\circ$ ) no grupo controle. A diferença entre as médias foi de  $11,9^\circ$  (intervalo de confiança de  $9,2^\circ$  a  $14,6^\circ$ ). Em conclusão, os pacientes com hálux

---

valgo exibiram aumento da rotação óssea exclusiva do primeiro metatarsal em direção à pronação em comparação com a população sem essa condição.

**Nível de evidência clínica: 3**

**Palavras-chave:** Hálux Valgo; Articulação metatarsfalangeana, pronação, rotação, tomografia.

## Introdução

O hálux valgo é caracterizado pela deformidade do primeiro raio com várias manifestações clínicas (1-5). A identificação de fatores associados ao desenvolvimento da deformidade é de suma importância na obtenção de uma correção completa do transtorno. A pronação hálux é um dos componentes frequentemente encontrados, principalmente em deformidades maiores, mas a causa e a localização exata dessa condição ainda não são totalmente compreendidas (2,3,6,7).

Dois estudos compararam a rotação metatársica em pacientes com e sem hálux valgo (8,9). Os pacientes com hálux valgo exibiram maior pronação de primeiro raio em comparação com os pacientes saudáveis. Os autores sugeriram as seguintes causas: arcos caídos, anormalidades ligamentares e distúrbios do equilíbrio muscular na marcha. Ainda, o método utilizado para avaliação foi a radiografia simples, que é suscetível à variação e erro, conforme mostrado na literatura (10-13).

O presente estudo procurou avaliar a rotação óssea intrínseca ao longo do comprimento total do primeiro osso metatársico. O instrumento para análise dos pacientes com e sem hálux valgo foi a tomografia com reconstrução multiplanar.

## Materiais e métodos

O estudo começou após a aprovação pelo comitê institucional de ética em pesquisa. Os participantes elegíveis consistiram em uma amostra de conveniência de 131 pacientes identificados no ambulatório de ortopedia e traumatologia de 1 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2016, com tomografia computadorizada de múltiplos detectores (TC) com aquisição de varreduras isotrópicas dos pés. Desses pacientes, apenas 91 preencheram os critérios de inclusão, correspondendo a 46 casos de hálux valgo e 45 controles. Os pacientes que preencheram os critérios de inclusão em ambos os pés contribuíram com dois exames para análise. O número total de exames incluídos foi de 146, dos quais 82 estavam no grupo hálux valgo e 64 no grupo controle.

Os casos foram identificados e recrutados em um conjunto de dados de um estudo anterior publicado em revista científica pelos mesmos autores (14). Como a CT não é rotineiramente usada para essa doença, preferimos usar esse conjunto de dados. O critério de inclusão nesse grupo foi o diagnóstico de hálux valgo definido por parâmetros radiográficos de ângulo de valgismo do hálux  $> 15^\circ$  ou ângulo intermetatarsal  $> 9^\circ$  (3,15).

Os critérios de exclusão foram pacientes com doença neurológica, artrose avançada da articulação metatarsofalângica, síndromes congênitas, fraturas metatarsais ou cirurgia do pé. Os controles (doentes sem hálux valgo) foram selecionados entre sujeitos submetidos a CT para investigação de outras

condições. Nesse grupo, todos os pacientes com diagnóstico concomitante de hálux valgo foram excluídos (3,15).

Indivíduos com hálux valgo associado foram identificados através de exame clínico em ambulatórios e análise de exames de imagem (radiografias e tomografia computadorizada). Deve-se notar que a radiografia foi realizada de acordo com a doença subjacente dos pacientes. Conseqüentemente, algumas radiografias no grupo controle não apresentavam carga. Outros critérios de exclusão foram: presença de doença neurológica, artrose avançada da articulação metatarsofalângica, fratura prévia ou procedimentos cirúrgicos no primeiro metatarso, nas síndromes congênitas e doenças reumatológicas.

A tomografia foi realizada com um detector cardíaco *Siemens Sensation* de 64 detectores (120 kV; 90 mAs; corte de espessura, 1,0 mm; pitch, 0,9 e dose de radiação de 6,89 mGy). As digitalizações foram adquiridas por meio de aquisições isotrópicas, armazenadas em imagem digital e comunicações em medicina (DICOM) e analisadas por meio de *software* de processamento de imagens (OsiriX MD®, Pixmeo ©, Genebra, Suíça) com reconstrução multiplanar tridimensional com espessura de 2,0 mm – janela de óssea. O ângulo de rotação óssea intrínseco do primeiro metatarso foi determinado utilizando parâmetros já descritos na literatura (14,16-20). Primeiro, o eixo longitudinal central do primeiro metatarsiano foi definido nos planos coronal, sagital e axial, alinhados transversalmente ao córtex lateral do terço médio da diáfise. O córtex lateral da diáfise foi utilizado como parâmetro, seguindo

descrições de estudos prévios realizados com cadáveres, para compensar o efeito da rotação metatarsal na seleção do eixo central (fig. 1) (11,21-24).

Com base nessa referência, duas seções transversais ao longo eixo do primeiro metatarsiano foram selecionadas para a medição. A primeira imagem coronal foi designada por base metatarsal (MB), e a segunda por cabeça metatarsal (MH). A primeira imagem foi selecionada no plano transversal, 1,0 cm distal ao primeiro raio da articulação tarsometatarsal. A segunda imagem foi selecionada no mesmo plano, mas localizada de 0,5 a 1,2 cm proximal ao ápice da superfície articular da cabeça do primeiro metatarsal, incluindo preferencialmente os ossos sesamóides e a crista intersesamoide, mais próxima ao vértice das linhas de força, seguindo critérios utilizado em outros estudos (fig. 2) (9,13,17,24).

A rotação intrínseca do primeiro metatarsal ósseo foi medida após a reconstrução pela fusão das duas imagens (MB e MH). O ângulo foi formado pela linha A paralela ao córtex lateral do MB (Fig. 2A) e pela linha B formada pelo limite medial e lateral da superfície articular plantar do MH (Fig. 2B) menos 90 ° (9, 13,16,17,19,20,24). Valores positivos indicam uma rotação anatômica do osso em direção à pronação, e valores negativos apontam para supinação.

A tomografia computadorizada foi avaliada por um radiologista especializado em doenças musculoesqueléticas, em dois momentos diferentes, com intervalo de 60 dias. Considerando que esse método de medida não é usual, a análise da concordância intraobservador foi realizada para verificar a



confiabilidade da medida (16). A média das duas medidas foi utilizada para aumentar o poder de análise, uma vez que se aproximou do valor verdadeiro. As radiografias foram avaliadas por um ortopedista especializado em cirurgia de pé e tornozelo. As radiografias foram realizadas sob condições de suporte de peso, de acordo com *Coughlin et al.* (15). Os examinadores estavam cegos para o status dos participantes.

É importante ressaltar que a tomografia computadorizada foi realizada sem carga, embora essa condição seja considerada mais completa na avaliação de diversas afecções do pé e tornozelo. Portanto, é apropriado explicar por que seu uso é desnecessário para o estudo. Em primeiro lugar, observa-se que a anatomia óssea não é modificada pela posição do pé durante o exame. Assim, independentemente de o pé estar em flexão plantar ou dorsal, com ou sem apoio de peso, a imagem da anatomia óssea capturada é a mesma. A reconstrução multiplanar oferece uma imagem anatômica óssea que pode ser virtualmente manipulada em todas as direções. Finalmente, o exame tomográfico realizado nos pacientes foi suficiente para atingir o objetivo do estudo. Nesse contexto, diretrizes éticas em pesquisa não recomendam sujeitar os participantes a uma nova intervenção.

O estudo também examinou se o aumento da rotação do primeiro metatarso estava associado a outros parâmetros radiográficos de gravidade no grupo hálux valgo. Os parâmetros avaliados foram ângulo do hálux valgo, ângulo intermetatarsal, ângulo articular metatársico distal, classificação hálux

valgo, posição sesamoide de acordo com a classificação de *Hardy and Clapham* (25) e classificação de *Smith* (26), e presença do sinal redondo como parente modificado para a descrição original (27,28). Sinal redondo negativo foi definido como uma forma angular, e sinal redondo positivo foi definido como uma forma redonda ou uma forma intermediária, uma vez que foi assumido que apenas um tipo não apresentaria rotação óssea ou ligamentar (rotação neutra), de acordo com relatórios anteriores na literatura (14,27,28).

Para detectar uma diferença nas médias com uma magnitude de 0,6 unidades SD (*d de Cohen* = 0,6) com um poder estatístico de 90% em um nível de significância bicaudal de 0,05, estimamos um tamanho de amostra de pelo menos 120 observações (60 observação por grupo), permitindo dados agrupados (alguns pacientes contribuíram com mais de 1 medição).

A análise estatística foi realizada utilizando um modelo linear misto, que considera medidas repetidas dentro de indivíduos, ajustando-se por idade e sexo na comparação da rotação metatársica entre casos e controles. A correlação entre as várias medidas numéricas foi avaliada com o coeficiente de correlação de *Pearson* obtido a partir do modelo linear misto, usando variáveis centralizadas. Nível de significância bicaudal foi estabelecido em 5% ( $p \leq 0,05$ ). Os dados foram processados e analisados no *software* SPSS (versão 22.0) e R versão 3.2.0.

## Resultados

Um total de 91 pacientes foram incluídos no estudo, 46 no grupo hálux valgo e 45 no grupo controle. Os casos tinham idade média de  $54,50 \pm 15,87$  anos, e os controles tinham idade média de  $47,54 \pm 15,81$  anos (Tabela 1). Um total de 82 pés (testes) foram analisados no grupo hálux valgo e 64 no grupo controle (N = 146).

A medida da rotação óssea na TC com reconstrução multiplanar exibiu excelente correlação intraobservador, com um coeficiente de Pearson de 0,96 (Fig. 3) ( $p < 0,001$ ). A comparação do grupo ajustada por idade e sexo demonstrou uma diferença significativa; os pacientes com hálux valgo exibiram maior pronação óssea (fig. 4) ( $p < 0,001$ ). A rotação metatársica média ajustada no grupo hálux valgo foi de  $15,36^\circ$  (intervalo  $1,65^\circ$  a  $32,52^\circ$ ). No grupo controle, a rotação média foi de  $3,45^\circ$  (variação de  $-7,40^\circ$  a  $15,56^\circ$ ). A diferença entre as médias foi de  $11,9^\circ$  (intervalo de confiança de  $9,2^\circ$  a  $14,6^\circ$ ).

No grupo hálux valgo, o aumento da rotação metatársica exibiu correlações positivas com o ângulo articular metatársico distal (Fig. 5) ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,39$ ) e com a presença do sinal redondo (Fig. 6) ( $p = 0,019$ ). Não houve correlações estatisticamente significativas em relação ao ângulo intermetatarsal (Fig. 7) ( $p = 0,14$ ), ângulo do hálux valgo (Fig. 8) ( $p = 0,096$ ), classificação do hálux valgo (Fig. 9) ( $p = 0,38$ ) ou posição do sesamoide de acordo com a classificação de *Hardy and Clapham* (Fig. 10) ( $p = 0,12$ ) e a classificação de *Smith* (Fig. 11) ( $p = 0,15$ ) (Tabela 2). O aumento da rotação do

primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com a idade (Fig. 12).

## Discussão

O hálux valgo é um distúrbio frequente, no qual o tratamento apresenta alguns desafios (1-7,29). A literatura descreve inúmeros tratamentos para o mesmo grau de severidade (1,3,29). Além disso, os desfechos finais são contraditórios e conflitantes, mesmo para casos semelhantes tratados pelo mesmo cirurgião e utilizando a mesma técnica cirúrgica (1,3,6,7,29). A identificação dos fatores associados ao desenvolvimento da deformidade é de suma importância na obtenção de uma correção completa do transtorno. A pronação do hálux é um dos componentes frequentemente encontrados, principalmente em deformidades maiores, mas a causa e a localização exata dessa condição ainda não são totalmente compreendidas (2,3,6,7).

O presente estudo mostrou que pacientes com hálux valgo tinham uma variação anatômica intrínseca do primeiro metatarso, caracterizada por um aumento da rotação óssea em direção à pronação, quando comparados com pacientes sem esse diagnóstico. Esse achado pode contribuir na explicação das divergências nos desfechos clínicos de casos semelhantes submetidos ao tratamento cirúrgico realizado pelo mesmo cirurgião e com a mesma técnica (6,7). Pode-se supor que a rotação óssea intrínseca (pronação) é a razão para os desfechos insatisfatórios exibidos por alguns casos, uma vez que a pronação clínica está associada a pior prognóstico e recidiva (1,3,6,7,27). Além

disso, inúmeras técnicas cirúrgicas de uso frequente, como a osteotomia de *Ludloff* e *Scarf*, que não conseguem corrigir a deformidade óssea rotacional no plano coronal, podem levar a um desfecho desfavorável (6,7,27,29). Nessa situação, as técnicas cirúrgicas capazes de correção coronal, como a osteotomia proximal do primeiro metatarso ou *Lapidus*, podem ser uma opção melhor (3,6,7,27,28).

Houve correlação estatisticamente significativa entre o aumento da rotação óssea do primeiro metatarsiano e o aumento do ângulo articular metatársico distal e com a presença do sinal redondo, mas a associação foi fraca. Esse fato pode ser devido à presença de casos em que a rotação do metatarsal foi devido à frouxidão ligamentar ou arcos caídos ao invés de deformidade óssea intrínseca. Sabe-se que a rotação metatarsiana ou a luxação sesamoide não ocorrem sistematicamente paralelamente ao aumento da deformidade em varo do metatarso ou em valgo da falange proximal do primeiro raio (14,17,22). Assim, a progressão do desvio metatársico nem sempre é acompanhada de pronação (14,17,22).

Além disso, a avaliação radiográfica inclui imprecisões (10,12-14). Sabe-se que a flexão ou dorsiflexão do primeiro raio altera as medidas realizadas por esse método (10,12-14,22). E a progressão do hálux valgo não é simétrica ou proporcional à deformidade, uma vez que há variação em suas manifestações clínicas (14,17). A etiologia da pronação do primeiro raio pode ser devida à instabilidade ligamentar, à deformidade óssea anatômica ou a ambas (14,17).

Correlações estatisticamente significantes não foram encontradas entre o aumento da rotação do primeiro metatarsiano e outros parâmetros de gravidade como o ângulo do hálux valgo, o ângulo intermetatarsal, a classificação do hálux valgo e a classificação de *Hardy and Clapham* ou a classificação de *Smith*. Esses resultados indicam que a deformidade rotacional óssea não é adaptativa, mas, em alguns casos, pode representar uma característica fenotípica intrínseca. O aumento da rotação primeiro metatarsiano não teve correlação estatística com a idade. Esses resultados sugerem que a deformidade não é derivada da lei de remodelação óssea de *Wolff* (30). Alguns casos exibiram aumento do ângulo do hálux valgo sem rotação óssea, enquanto outros exibiram pequena deformidade e aumento da rotação óssea. Mais estudos são necessários para uma melhor análise desse fenômeno.

Dois estudos na literatura compararam a rotação metatarsica entre pacientes com e sem hálux valgo (8,9). Esses estudos sugerem que pacientes diagnosticados com hálux valgo apresentam maior pronação de primeiro raio do que indivíduos saudáveis, cuja causa seriam arcos caídos associados ou não a alterações ligamentares. No entanto, as limitações da radiografia simples não permitem distinguir a pronação de origem ligamentar da de origem óssea (10-12,14,22).

Um dos estudos supracitados examinou amostras anatômicas aleatórias de cadáveres sem hálux valgo para analisar a rotação óssea intrínseca (9). A

maioria dos casos exibiu torção óssea, com a cabeça metatarsal na posição neutra ou em supinação em relação à base, enquanto apenas alguns casos exibiram pronação. Os autores concluíram que a pronação metatársica pode ser devida a fatores ligamentares e biomecânicos em nível cuneiforme-metatarso (9). No entanto, eles observaram ainda que não foi possível descartar rotação óssea metatarsal intrínseca em direção à pronação como um fator que contribui para a deformidade em alguns casos. Esses achados são parcialmente compatíveis com os resultados do grupo controle em nosso estudo. No entanto, houve mais casos com pronação do que com supinação em comparação com o estudo supracitado realizado em cadáveres (9).

O presente estudo corroborou os achados dos dois estudos supracitados, visto que os pacientes com hálux valgo exibiam mais pronação comparados aos sem essa condição (8,9). Em contraste, encontramos maior deformidade rotacional de origem óssea em relação à pronação entre os pacientes com hálux valgo em comparação com aqueles sem essa condição. Tal pronação do osso provavelmente contribui para a gravidade da doença isolada ou em combinação com outras anormalidades já conhecidas. Sabe-se que a pronação está associada a desfechos clínicos mais desfavoráveis (1,3,6,27,28).

Este estudo tem algumas limitações que merecem ser mencionadas, como seu desenho retrospectivo e amostra de conveniência. Não foi possível confirmar os achados através da comparação com o padrão-ouro, ou seja,

espécimes anatômicos. Além disso, os casos não tiveram seguimento ao longo do tempo para avaliar a correlação entre o aumento da rotação óssea do primeiro metatarso e a piora no resultado clínico. A falta de estudos semelhantes na literatura dificulta a interpretação dos resultados, uma vez que existem poucos parâmetros para comparações. Além disso, não é possível estabelecer quais valores de rotação óssea metatarsal são patológicos ou se há necessidade de correção cirúrgica dessa deformidade.

Houve um potencial viés de seleção no grupo hálux valgo, uma vez que todos os pacientes incluídos tinham indicação de tratamento cirúrgico. Esse fator poderia estar associado à seleção de casos mais graves, no entanto a porcentagem de casos em cada estágio da classificação de gravidade do hálux valgo mostrou uma distribuição normal. Outro possível viés poderia ter sido a inclusão de pacientes com critérios radiográficos de hálux valgo no grupo controle, uma vez que nem todos tinham uma radiografia padrão com apoio. Como esse viés reduz a possibilidade de identificar uma diferença estatística significativa entre os grupos, considerou-se desnecessário submeter os participantes a uma nova intervenção.

Por fim, é importante comentar porque não houve correspondência entre sexo e idade entre os grupos. Sabe-se que o emparelhamento de grupos é realizado para reduzir possíveis vieses de confusão. No entanto, recomenda-se evitar o pareamento de variáveis que não estão associadas à modificação do desfecho, uma vez que o pareamento ineficiente reduz a variação do fator



estudado na população-alvo. A esse respeito, há evidências na literatura de que o ângulo de rotação óssea do primeiro metatarso não apresenta diferença estatística entre os gêneros ou faixas etárias (31). Além disso, a análise estatística foi realizada usando um modelo linear misto, que considera medidas repetidas dentro de indivíduos, ajustando para idade e sexo na comparação da rotação metatársica entre casos e controles.

Em conclusão, os pacientes com hálux valgo exibiram maior rotação intrínseca do primeiro metatarso em direção à pronação quando comparados com a população sem essa condição. Os achados deste estudo contribuem para o entendimento da fisiopatologia do hálux valgo, uma vez que apresentam uma deformidade de origem óssea exclusiva não relatada anteriormente na literatura. A rotação do primeiro metatarsiano foi associado com significância estatística somente com o ângulo articular metatarsal distal e com a presença do sinal redondo.

Mais estudos são necessários para entender melhor o impacto dessa deformidade nos desfechos clínicos e na escolha do tratamento. Estudos prospectivos adequados podem ser úteis nesse sentido. Além disso, valores de referência para definir os valores fisiológicos e patológicos também precisam ser esclarecidos.

## Referências

1. Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int* 1995;16(11):682-697. doi: 10.1177/107110079501601104.
2. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part I: pathomechanics, clinical assessment, and nonoperative management. *Foot Ankle Int* 2007;28(5):654-659. doi: 10.3113/FAI.2007.0654.
3. Easley ME, Trnka HJ. Current concepts review: hallux valgus part II: operative treatment. *Foot Ankle Int* 2007;28(6):748-758. doi: 10.3113/FAI.2007.0748.
4. Nery C, Coughlin MJ, Baumfeld D, Ballerini FJ, Kobata S. Hallux valgus in males--part 1: demographics, etiology, and comparative radiology. *Foot Ankle Int* 2013;34(5):629-635. doi: 10.1177/1071100713475350.
5. Young KW, Kim JS, Cho JW, Lee KW, Park YU, Lee KT. Characteristics of male adolescent-onset hallux valgus. *Foot Ankle Int* 2013;34(8):1111-1116. doi: 10.1177/1071100713488764.
6. 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.
7. Raikin SM, Miller AG, Daniel J. Recurrence of hallux valgus: a review. *Foot Ankle Clin* 2014;19(2):259-274. doi: 10.1016/j.fcl.2014.02.008.
8. Eustace S, O'Byrne J, Stack J, Stephens MM. Radiographic features that enable assessment of first metatarsal rotation: the role of pronation in hallux valgus. *Skeletal Radiol* 1993;22(3):153-156.

9. 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.
10. 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.
11. 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. doi: 10.1177/107110070602701207.
12. Sanhudo JV, Gomes JE, Rabello MC, Delucca G. Interobserver and intraobserver reproducibility of hallux valgus angular measurements and the study of a linear measurement. *Foot Ankle Spec* 2012;5(6):374-377. doi: 10.1177/1938640012457939.
13. Yildirim Y, Cabukoglu C, Erol B, Esemeli T. Effect of metatarsophalangeal joint position on the reliability of the tangential sesamoid view in determining sesamoid position. *Foot Ankle Int* 2005;26(3):247-250. doi: 10.1177/107110070502600311.
14. Cruz EP, Wagner FV, Henning C, Sanhudo JAV, Pagnussato F, Galia CR. Comparison between Simple Radiographic and Computed Tomographic Three-Dimensional Reconstruction for Evaluation of the Distal Metatarsal Articular Angle. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(3):505-509. doi: 10.1053/j.jfas.2017.01.017.

15. Coughlin MJ, Saltzman CL, Nunley JA. 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. doi: 10.1177/107110070202300114.
16. Drapeau MS, Harmon EH. Metatarsal torsion in monkeys, apes, humans and australopiths. *J Hum Evol* 2013;64(1):93-108. doi: 10.1016/j.jhevol.2012.10.008.
17. Kim Y, 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;36(8):944-952. doi: 10.1177/1071100715576994.
18. Largey A, Bonnel F, Canovas F, Subsol G, Chemouny S, Banegas F. Three-dimensional analysis of the intrinsic anatomy of the metatarsal bones. *J Foot Ankle Surg* 2007;46(6):434-441. doi: 10.1053/j.jfas.2007.08.003.
19. Maruyama K. Does the first metatarsal bone twist itself in severe cases of hallux valgus? Investigation with CT scans. Presented as poster at the Orthopaedic Research Society (ORS) annual meeting. Mon–Wed, March 20–22, 2017. Poster #2423. San Diego, California, US.
20. Ota T, Nagura T, Kokubo T, Kitashiro M, Ogihara N, Takeshima K, Seki H, Suda Y, Matsumoto M, Nakamura M. Etiological factors in hallux valgus, a three-dimensional analysis of the first metatarsal. *J Foot Ankle Res* 2017; 10:43. doi:10.1186/s13047-017-0226-1.

21. 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.
22. 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):584-587. doi: 10.1053/j.jfas.2014.02.003.
23. Richardson EG, Graves SC, McClure JT, Boone RT. First metatarsal head-shaft angle: a method of determination. *Foot Ankle* 1993;14(4):181-185.
24. 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. doi: 10.1177/107110079401501004.
25. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br* 1951;33-B (3):376-391. doi: 10.1302/0301-620X.33B3.376.
26. Smith RW, Reynolds JC, Stewart MJ. Hallux valgus assessment: report of research committee of American Orthopaedic Foot and Ankle Society. *Foot Ankle* 1984;5(2):92-103. doi: 10.1177/107110078400500208.
27. 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):2163-2172. doi: 10.2106/JBJS.F.01455.

- 
28. 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. doi: 10.1177/1071100715572188.
29. Pinney SJ, Song KR, Chou LB. Surgical treatment of severe hallux valgus: the state of practice among academic foot and ankle surgeons. *Foot Ankle Int* 2006;27(12):1024-1029. doi: 10.1177/107110070602701205.
30. Wolff J. The classic: on the inner architecture of bones and its importance for bone growth. 1870. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(4):1056-1065. doi: 10.1007/s11999-010-1239-2.
31. Kitashiro M, Ogihara N, Kokubo T, Matsumoto M, Nakamura M, Nagura T. Age- and sex-associated morphological variations of metatarsal torsional patterns in humans. *Clin Anat* 2017;30(8):1058-1063. doi: 10.1002/ca.22944.

## Legendas das Figuras

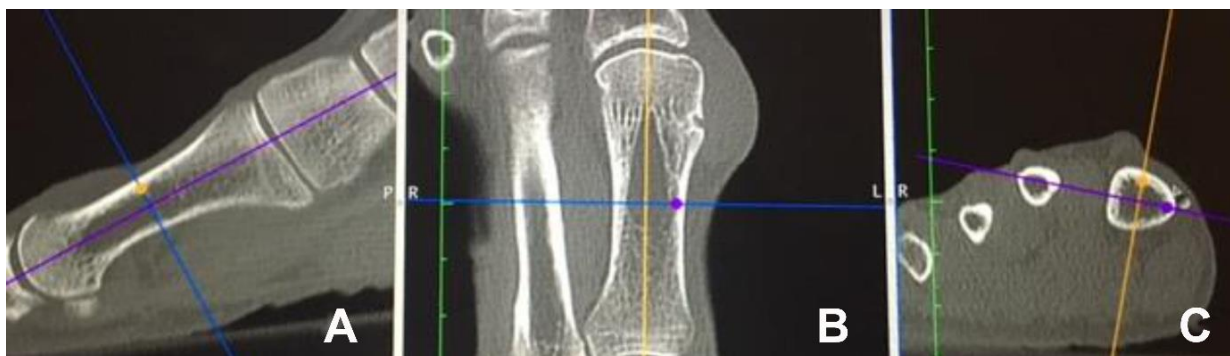
### Figura 1:

Eixo central do primeiro metatarso nos planos:

A) Sagital;

B) axial;

C) coronal.



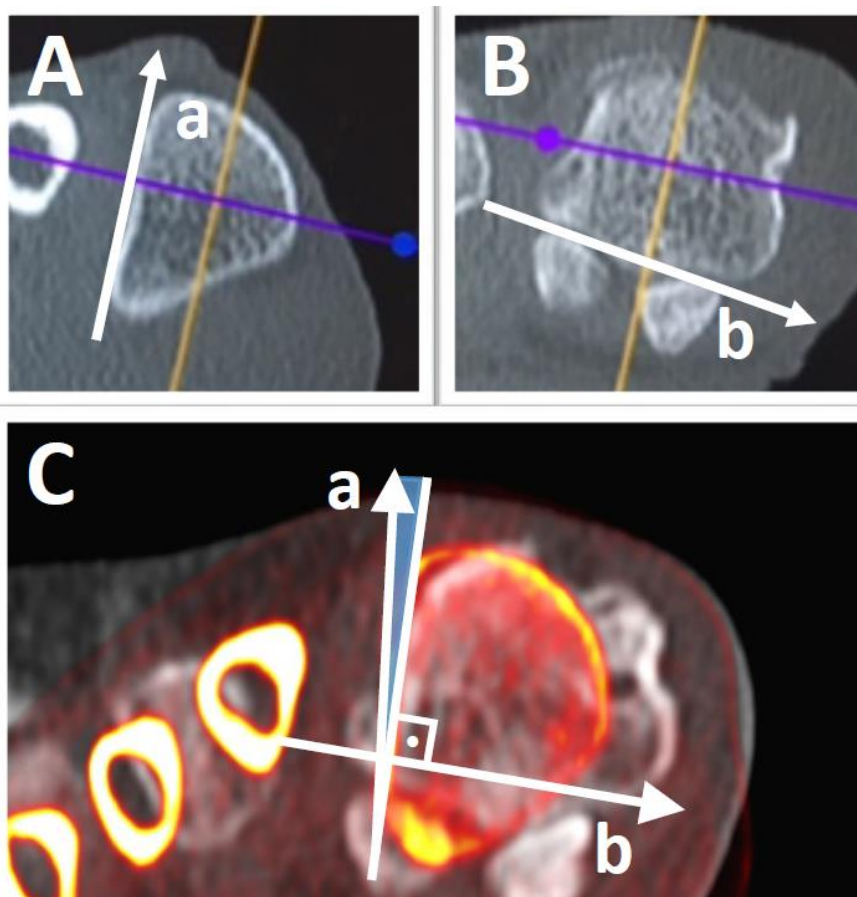
**Figura 2:**

Planos de referência para as medidas:

**A)** Seção coronal selecionada na base metatarsal (MB).

**B)** Seção coronal selecionada na cabeça do metatarsal (MH).

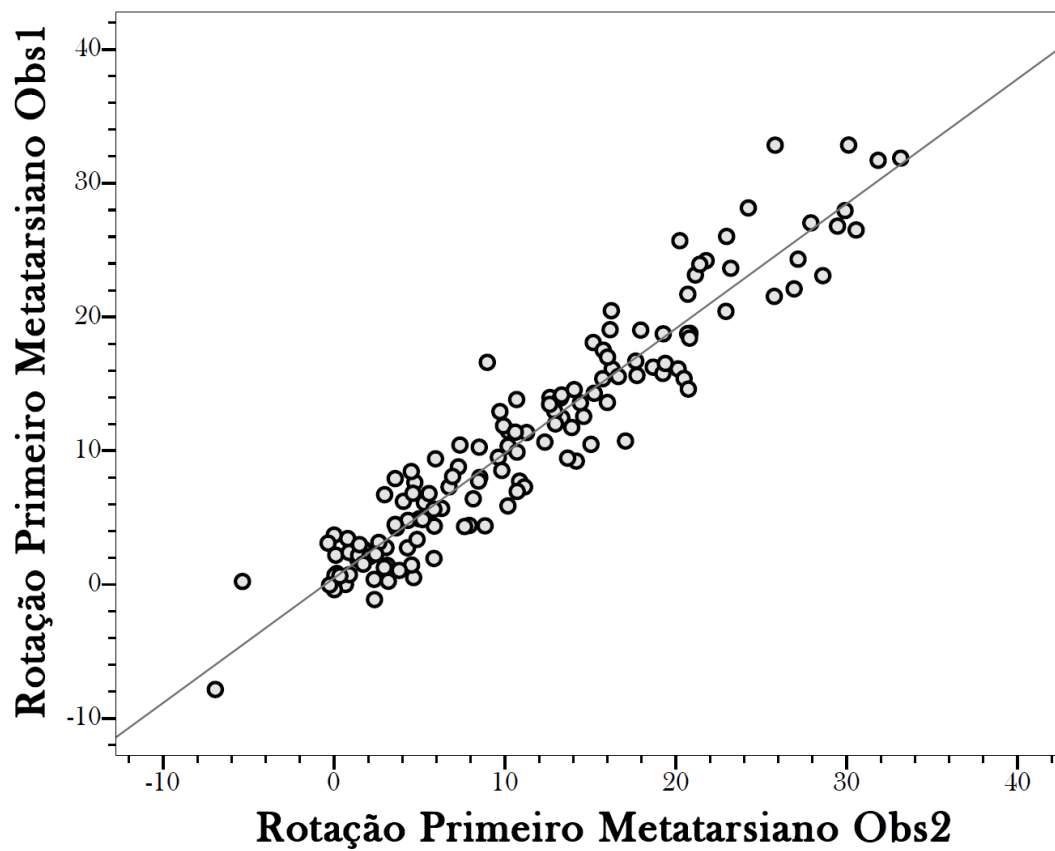
**C)** Fusão das duas imagens (MB e MH) medindo o ângulo entre a linha A paralela à cortical lateral da base (MB) e a linha B formada pelo limite medial e lateral da superfície articular plantar do (MH) menos  $90^\circ$ .





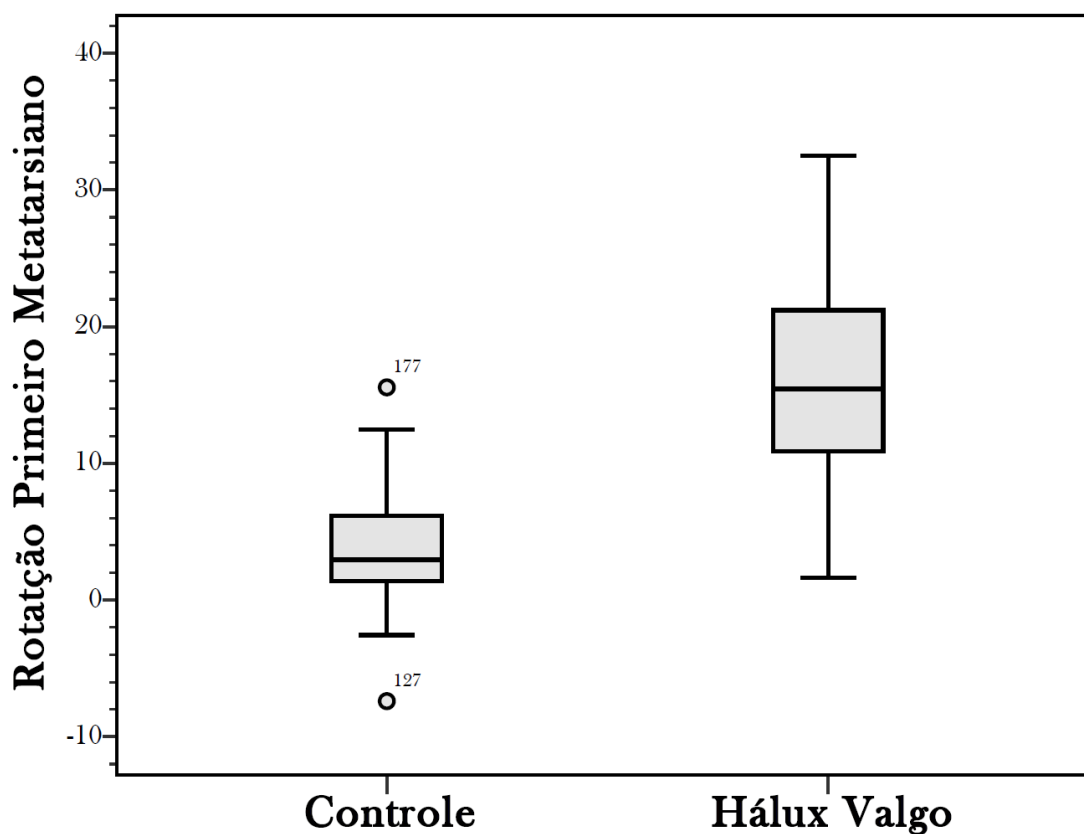
**Figura 3:**

A medida da rotação óssea na TC com reconstrução multiplanar exibiu excelente correlação intraobservador, com um coeficiente de Pearson de 0,96 ( $p < 0,001$ ).



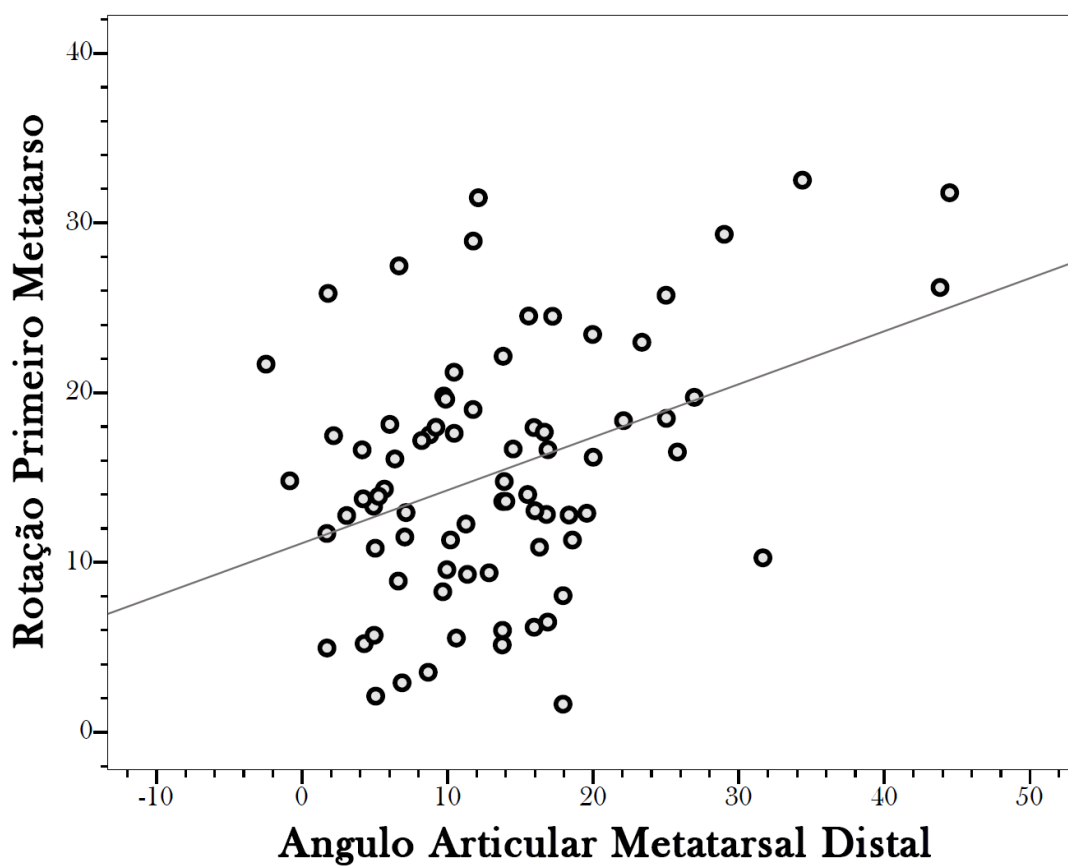
**Figura 4:**

Gráfico de box plot comparando a rotação dos metatarsos em graus (eixo X) (zero: posição neutra; valor positivo: pronação; valores negativos: supinação) em pacientes com hálux valgo (n = 82) e sem hálux valgo (n = 64) eixo Y) (N = 146).



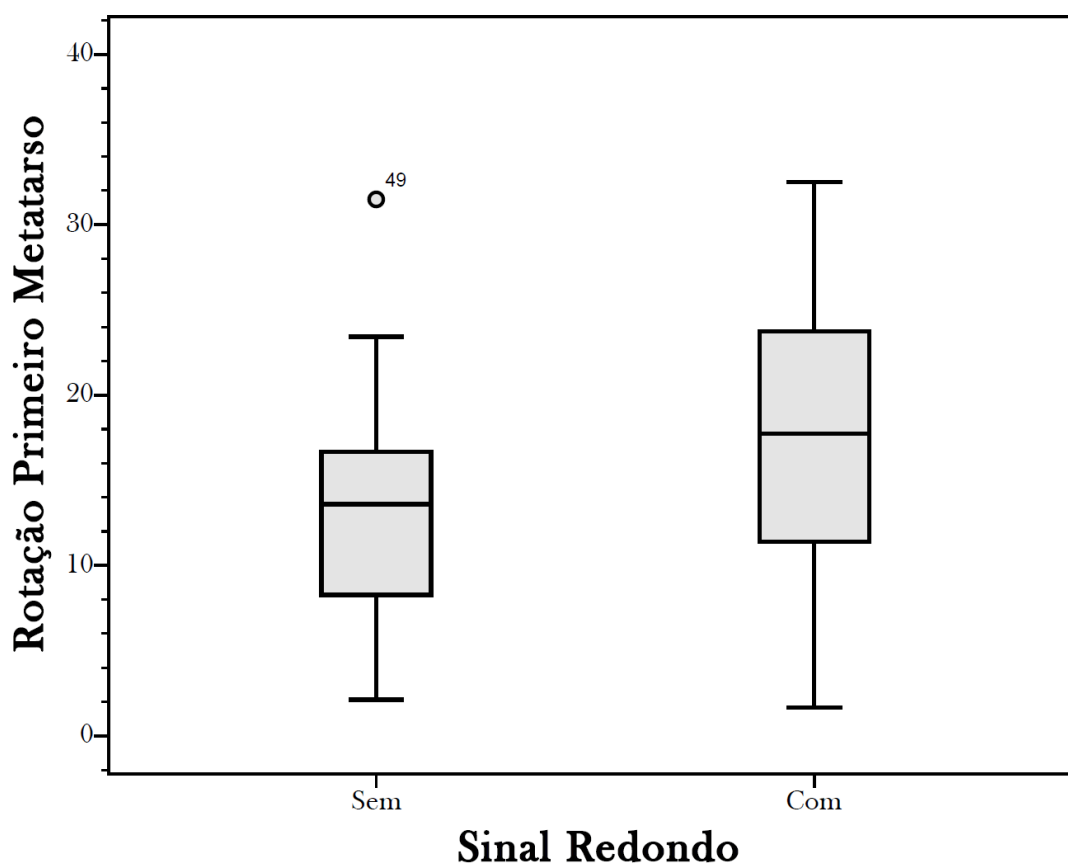
**Figura 5:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano exibiu correlação estatisticamente significativa com o ângulo articular metatarsal distal ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,39$ ).



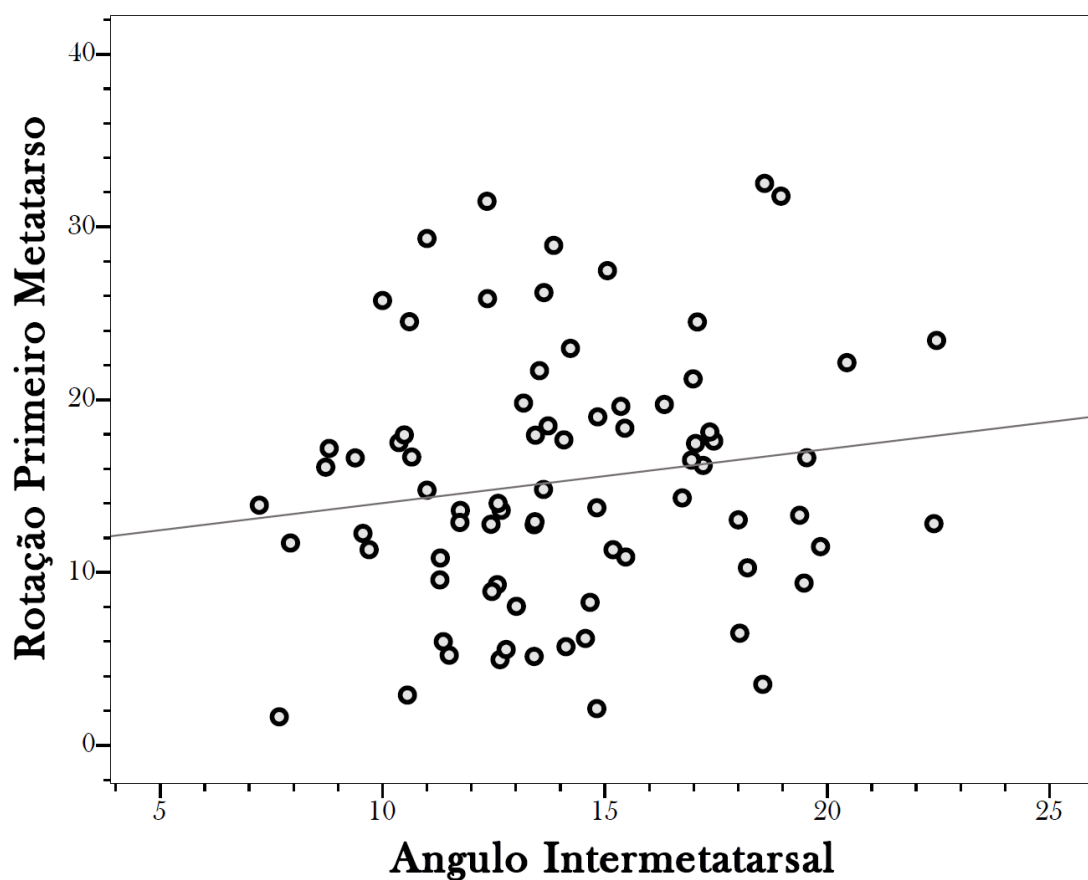
**Figura 6:**

No grupo hálux valgo, a rotação aumentada do primeiro metatarsiano esteve correlacionada com a presença do sinal redondo ( $p = 0,019$ ).



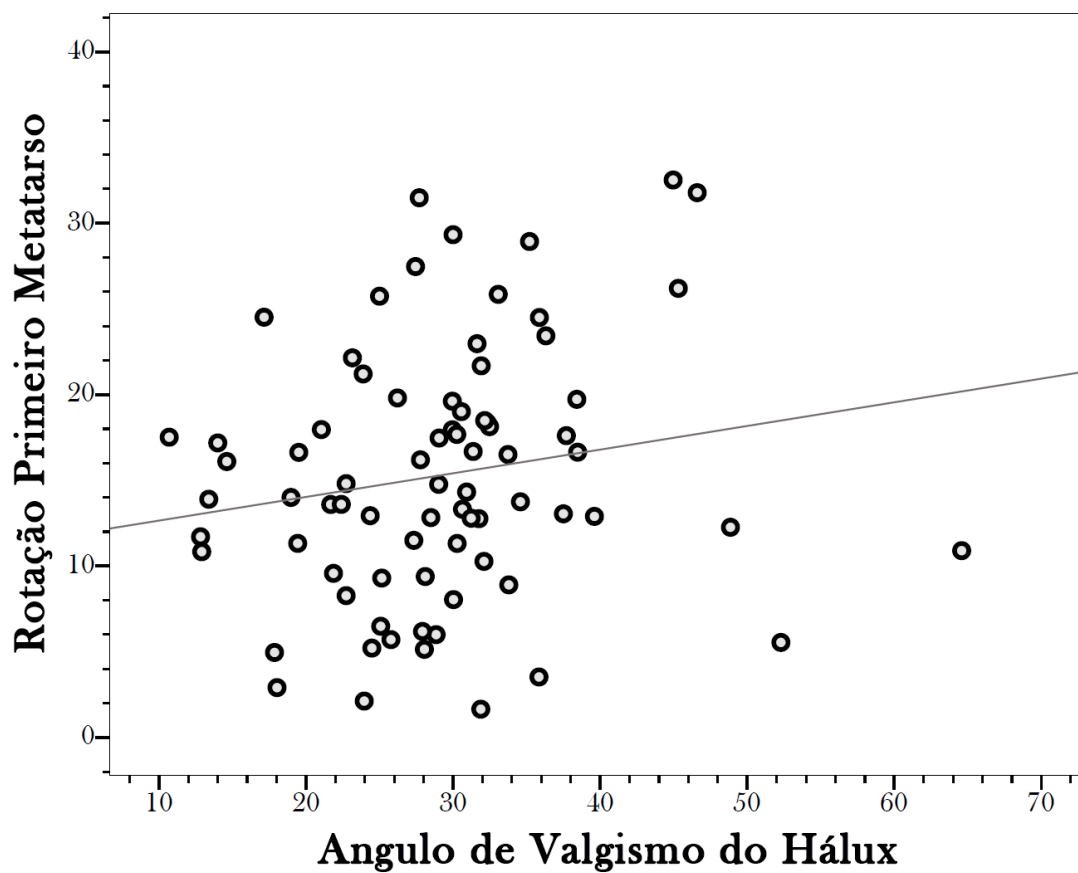
**Figura 7:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarso não teve correlação estatisticamente significativa com o ângulo intermetatarsal ( $p = 0,14$ ).



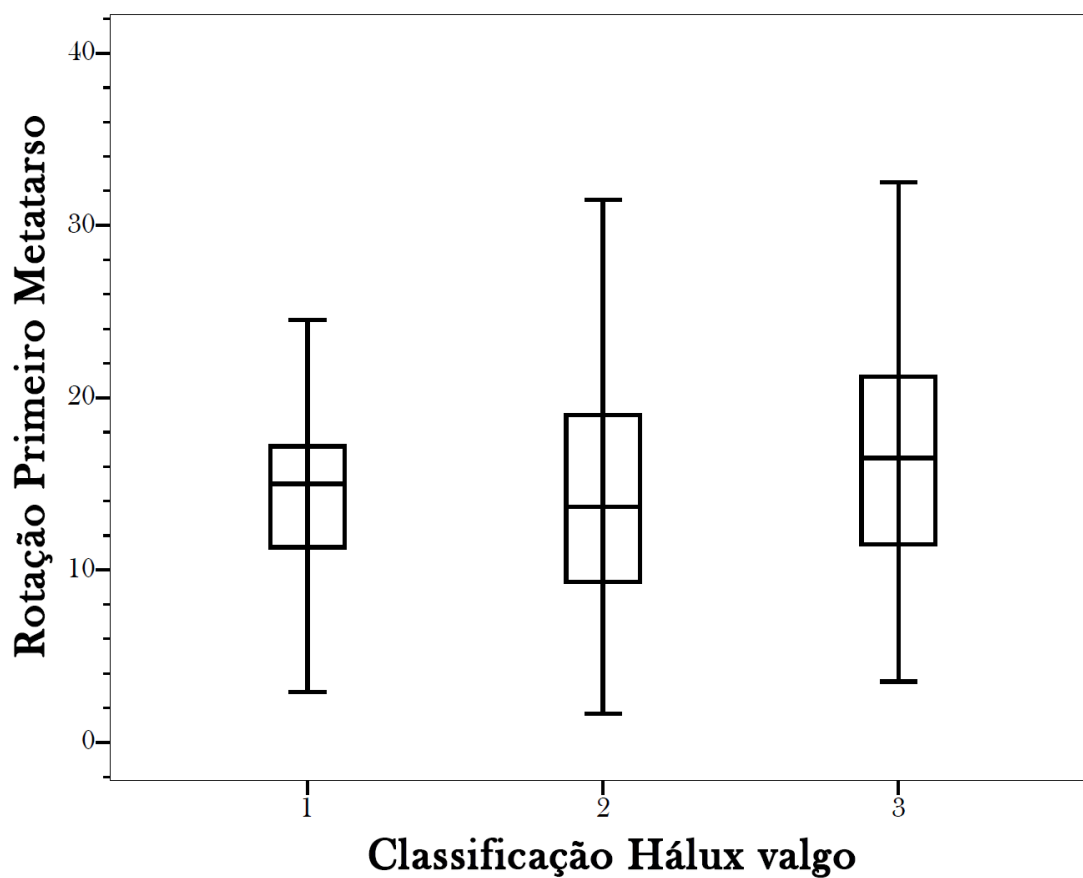
**Figura 8:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com o ângulo de valgismo do hálux ( $p = 0,096$ ).



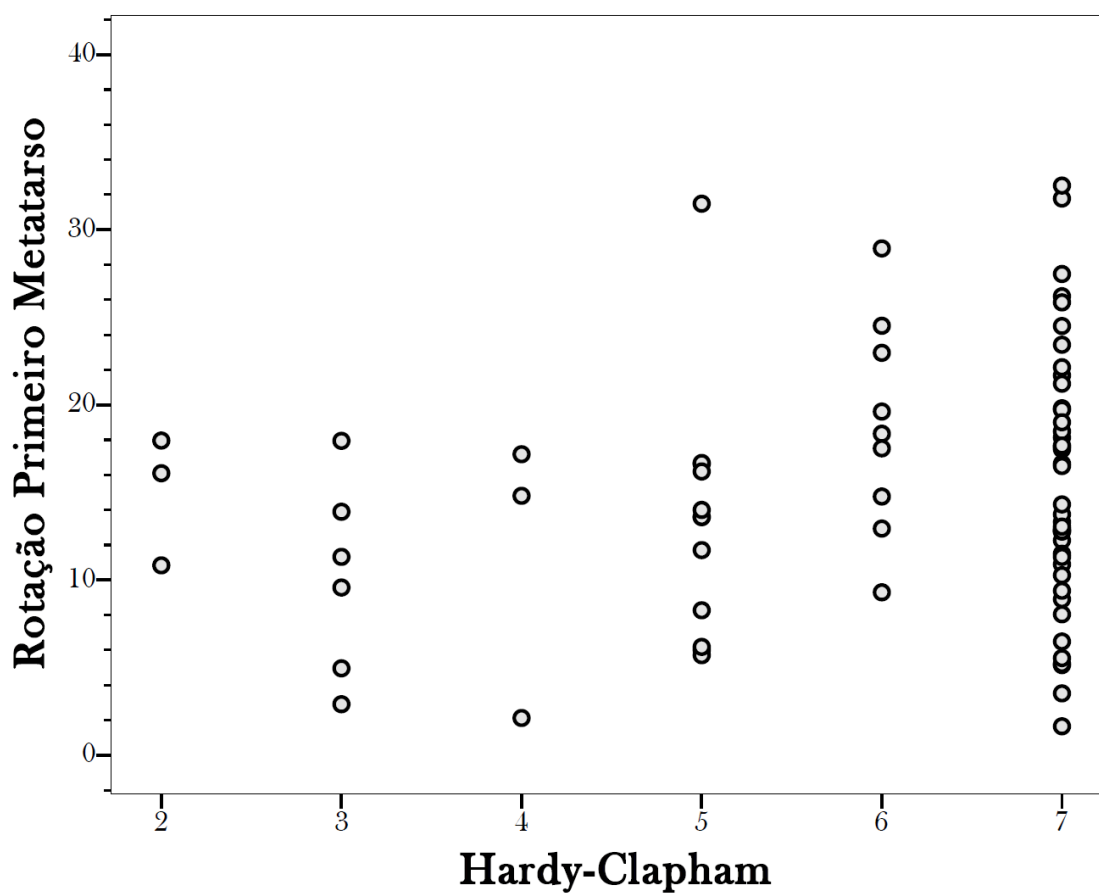
**Figura 9:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com a classificação do hálux valgo ( $p = 0,38$ ).



**Figura 10:**

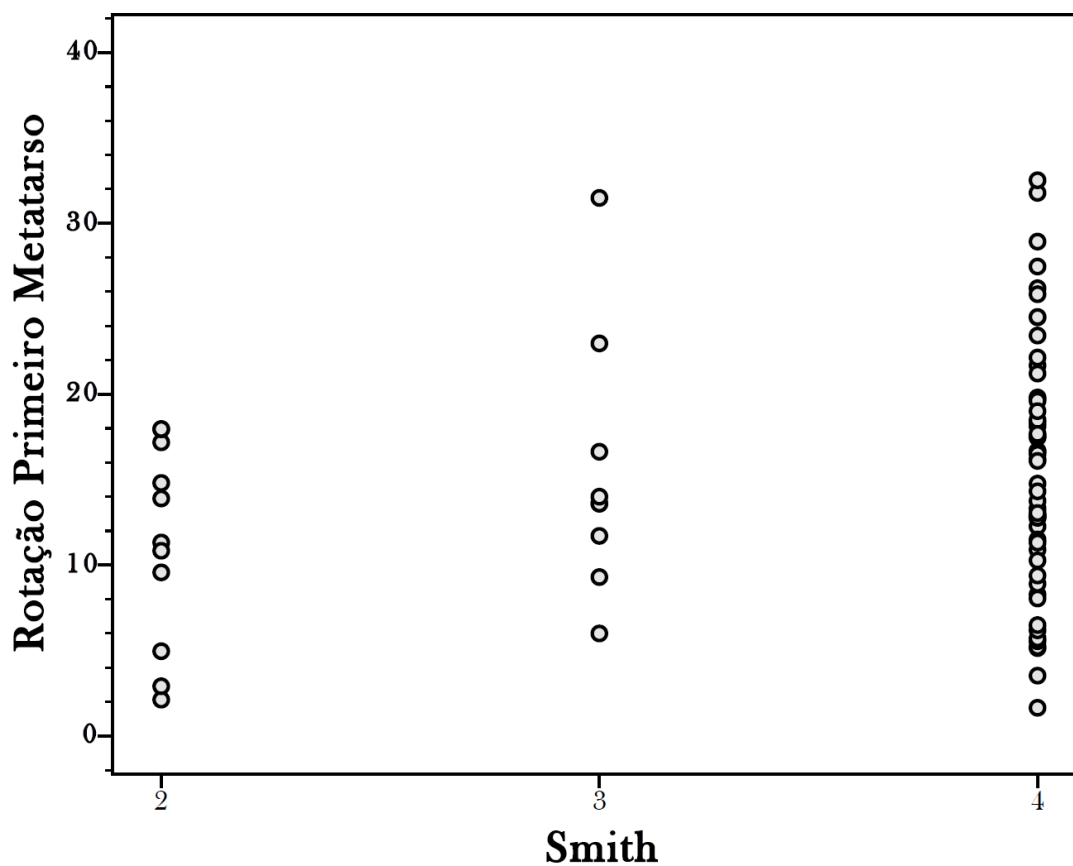
No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com a classificação de *Hardy and Clapham* ( $p = 0,12$ ).





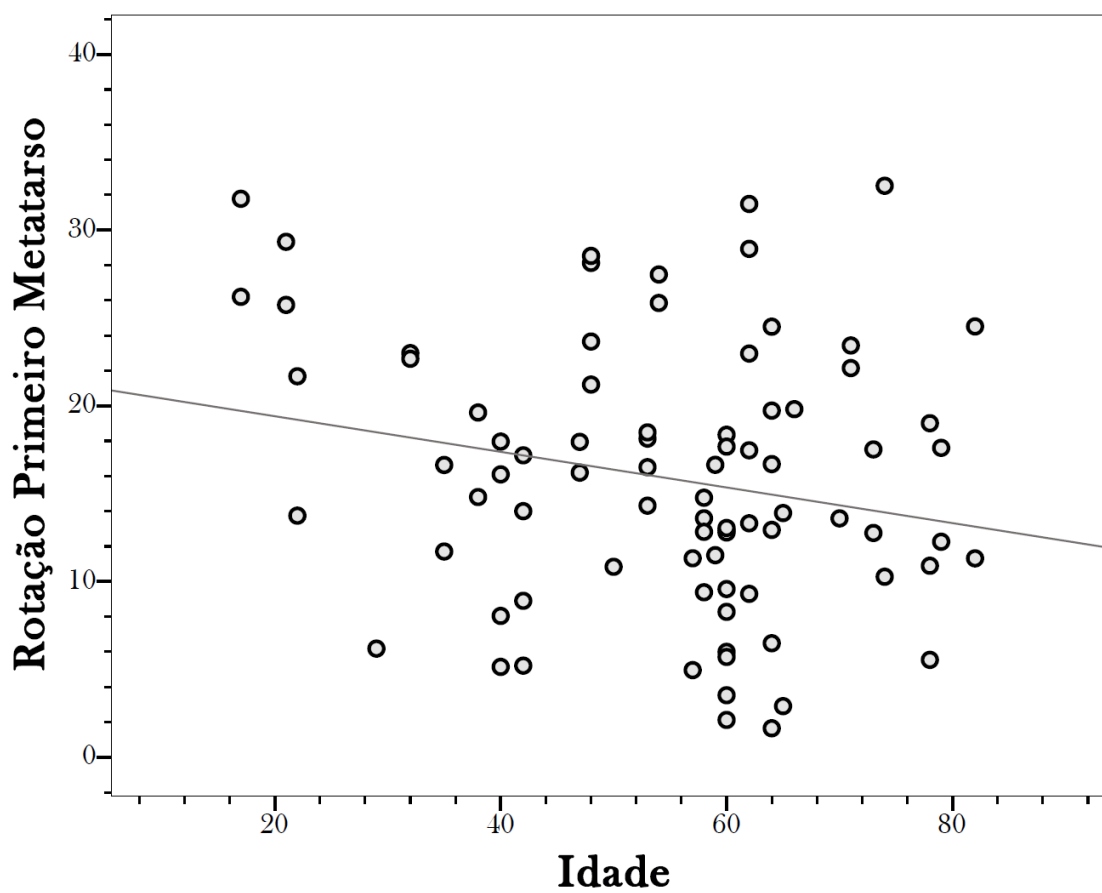
**Figura 11:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com a classificação de *Smith* ( $p = 0,15$ ).



**Figura 12:**

No grupo hálux valgo, a rotação do primeiro metatarsiano não teve correlação estatisticamente significativa com a idade.



## Tabelas

**Tabela 1** (N = 146).

<b>Característica</b>	<b>Hálux valgo (n = 82)</b>	<b>Controle (n = 64)</b>	<b>p</b>
Idade/anos ( $\bar{x} \pm DP$ )	55,2 ± 15,6	46,0 ± 16,0	0,006
Sexo Fem., n (%)	44 (95,7)	25 (55,6)	<0,001

DP, desvio padrão;  $\bar{x}$ , média.

**Tabela 2** Correlação linear entre rotação metatarsal e variáveis selecionadas em pacientes com hálux valgo (n = 82).

<b>Variável</b>	<b>Ângulo de rotação Metatarsal<sup>a</sup></b>	<b>p</b>
Ângulo Intermetatarsal	0,17	0,14
Ângulo Hálux valgo	0,19	0,096
Classificação Hálux valgo	0,10	0,38
Sesamoid posição		
Classificação <i>Hardy&amp;Clapham</i>	0,18	0,12
Ângulo articular metatarsal distal	0,39	<0,001

<sup>a</sup> Correlação obtida no modelo linear misto ajustado.