



TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Ortopedia

Instabilidade do primeiro raio. Qual a sua origem? Um estudo anatómico

Mário José Lopes Andrade

Orientado por:

Dr. Francisco Flores

Co-Orientado por:

Dr. Pedro Oliveira

Maio'2023

Resumo

Hallux valgus constitui a deformidade mais frequente do antepé e caracteriza-se por um desvio medial do primeiro metatársico (*metatarsus primus varus*) e desvio lateral do primeiro dedo. É uma patologia complexa que compreende várias deformidades. Como consequência desta diversidade e complexidade, foram já descritos mais de 150 procedimentos cirúrgicos para o seu tratamento.

A sua etiologia compreende diversos fatores, sendo que alguns são universalmente aceites e outros mantêm-se controversos. Um destes exemplos é a hiper mobilidade do primeiro raio.

No nosso estudo, colocamos a hipótese de que a instabilidade no plano sagital está associada à instabilidade no plano axial. Esta é inerente ao *hallux valgus* e à instabilidade sagital. Assim o objetivo deste estudo é avaliar a contribuição de diferentes estruturas anatómicas que atuando no primeiro metatársico conferem a estabilidade do primeiro raio.

Para o nosso estudo utilizamos cadáveres frescos congelados, gentilmente cedidos pelo Instituto de Anatomia da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. Nestes cadáveres aplicamos uma força horizontal e uma sagital no primeiro raio e sequencialmente, seccionamos estruturas que atuam sobre o primeiro metatársico (cápsula articular cuneo-metatársica, tendão longo peroneal, cápsula articular metatarsofalângica, tendão adutor do hálux, ligamento intermetatársico e fáschia plantar). Em seguida mediu-se a deformidade daí resultante, respetivamente, nos planos axial (A) e sagital (S) de forma a avaliar o seu efeito estabilizador.

Quer no plano axial, quer no plano sagital as estruturas distais demonstram serem as mais relevantes na estabilização do primeiro raio, fáschia plantar (A-25,15%, S-28,4%) e ligamento intermetatársico (A-56,21%, S-22,43%). Os protocolos de tratamento são questionados quanto à artrodese cuneo-metatársica, devido à baixa relevância da articulação cuneo-metatársica (A-7,34%, S-11,50%).

O estudo deixa boas perspectivas para uma melhor compreensão da hiper mobilidade do primeiro raio e do seu impacto no *hallux valgus*, perspectivando que com uma amostra maior, se consiga obter relevância clínica e científica.

Palavras-chave: *Hallux valgus*, hiper mobilidade do primeiro raio, cadáver, anatomia.

Abstract

Hallux valgus is the more common forefoot deformity and it's characterized by a medial deflection of the first metatarsal (*metatarsus primus varus*) and a lateral deflection of first toe. It's a complex pathology that embraces numerous deformities. As a result of this diversity and complexity have already been described more than 150 surgical procedures for its treatment.

Its etiology has many factors, some of them accepted universally and others remain controversial. One of those examples is the hypermobility of the first ray.

The hypothesis of our study is that instability of sagittal plane is associated with instability of axial plane and is intrinsic to *hallux valgus* and sagittal instability. The goal of our study is to measure the contribution of different anatomical structures that grant stability to first metatarsal.

We used fresh frozen cadaveric specimen, kindly transferred by the Anatomy Institute of Lisbon's University, Faculty of Medicine. On those cadaveric specimens we applied a horizontal and sagittal strength on first ray and sequentially we had cut structures that act on first metatarsal (metatarsocuneiform joint capsule, peroneus longus tendon, first metatarsophalangeal joint capsule, adductor hallucis tendon, deep transverse intermetatarsal ligament and plantar fascia). Respectively we measure the consequent deformity in axial and sagittal planes looking to evaluate stabilizer effect.

The distal structures were demonstrated to be more relevant on first ray stabilization in both planes. Plantar fascia (A-25,15%, S-28,4%) and deep transverse intermetatarsal ligament (A-56,21%, S-22,43%). The protocols are questioned when we talk about metatarsocuneiform joint arthrodesis, due to metatarsocuneiform joint low relevance on first ray hypermobility (A-7,34%, S-11,50%).

Our study gives us good prospects for a better understanding of first ray hypermobility and its impact on *hallux valgus*, envisioning that with a bigger sample we could achieve clinic and scientific impacting results.

Keywords: *Hallux Valgus*, first ray hypermobility, cadaveric specimen, anatomy.

O Trabalho Final é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não cabendo qualquer responsabilidade à FMUL pelos conteúdos nele apresentados

Índice

Resumo	1
Abstract	3
Agradecimentos.....	9
Introdução	11
Aspetos históricos.....	11
Epidemiologia	12
Anatomia Normal.....	12
Biomecânica em situação fisiológica	14
<i>Hallux Valgus</i>	19
Definição.....	19
Etiologia.....	19
Fisiopatologia e biomecânica alterada.....	20
Avaliação clínica e radiográfica	24
Tratamento.....	26
A hiper mobilidade do primeiro raio	28
Objetivos.....	31
Materiais e Métodos	32
Resultados	36
Cadáveres incluídos e excluídos	36
Avaliação no plano axial.....	36
Avaliação no plano sagital	39
Discussão	41

Resultados relevantes.....	43
Pontos fortes.....	43
Limitações	44
Implicações nas diretrizes e tomadas de decisão.....	45
Material para futuras pesquisas	45
Conclusões e perspectivas futuras	46
Referências bibliográficas.....	47

Agradecimentos

Agradecer desde logo à minha família, em particular aos meus pais e irmãs, pelo apoio e alento dado nos bons e maus momentos que tive durante esta longa caminhada. A todos os meus amigos que me acompanharam durante estes 6 anos, com os quais tive a oportunidade de privar e de partilhar muitos bons momentos mas também algumas mágoas e que enriqueceram em muito o meu percurso académico.

Agradecer profundamente ao meu orientador, o Dr. Francisco Flores, pelo auxílio e motivação durante todo o longo processo que levou à elaboração deste trabalho, começando com as disseções de cadáveres e acabando com a redação deste documento. Ao Instituto de Anatomia da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa pela disponibilização dos cadáveres, do espaço e de algum material fundamental para a realização deste estudo e da pessoa, o Dr. Pedro Henriques pela sua constante disponibilidade em nos dar as melhores condições, os melhores cadáveres para o estudo e o seu tempo para que tudo estivesse sempre nas melhores condições. Um agradecimento também à Dra. Ângela Pinto pelo auxílio na realização de várias disseções e pelo seu apoio e encorajamento.

E, por fim, mas como sabemos não menos importante, dedico esta tese a todos aqueles com quem me cruzei durante o curso e aos doentes do meu passado, presente e futuro.

Introdução

O *Hallux Valgus* constitui a deformidade mais frequente do antepé e caracteriza-se por um desvio medial do primeiro metatársico (*metatarsos primus varus*) e desvio em lateral do primeiro dedo. É uma patologia complexa que compreende várias deformidades. Como consequência desta diversidade, foram já descritos mais de 150 procedimentos cirúrgicos para o seu tratamento.

A sua etiologia compreende diversos fatores, sendo que alguns são universalmente aceites e outros mantêm-se controversos. Um destes exemplos é a hipermobilidade do primeiro raio.

Existem vários fatores que podem contribuir para a hipermobilidade do primeiro raio e que abordaremos neste trabalho. No entanto a origem desta instabilidade e qual o seu papel como uma etiologia do *hallux valgus* continuam a ser muito debatíveis.

Aspetos históricos

O *Hallux Valgus* é uma patologia conhecida desde há vários séculos, no entanto só no século XIX é que tivemos os primeiros registos documentados relativos à sua origem. Inicialmente pensava-se que esta era devido a um alargamento da articulação metatarsofalângica do primeiro dedo. Isto até que o cirurgião alemão Carl Hueter (1838-1882) a descreveu como sendo o desvio lateral do primeiro dedo ao nível da articulação metatarsofalângica. Um século de debate falhou em estabelecer a importância dos fatores intrínsecos *versus* extrínsecos como causas na etiologia do *hallux valgus*. A utilização de calçado constritivo tem sido considerado um fator importante na etiologia do *hallux valgus*. Esta hipótese é no entanto incapaz de justificar a prevalência de *hallux valgus* em indivíduos que nunca usaram calçado ou de explicar que alguns indivíduos que utilizam este tipo calçado não apresentam *hallux valgus*. Esta é claramente uma questão mais complexa do que um simples problema

de calçado. Entretanto tem sido feita alguma investigação na tentativa de definir a origem multifatorial do *hallux valgus* e qual o efeito destes fatores nos resultados cirúrgicos, mas a qualidade e a força desta evidência tem sido variável (Perera et al., 2011).

Epidemiologia

Existe uma prevalência importante do *hallux valgus* o que torna o seu estudo bastante relevante. Uma metanálise de *Nix et al.* permitiu perceber qual o impacto desta doença na população. Percebeu-se desde logo que é uma doença que tem uma prevalência crescente consoante o grupo etário. Nos jovens com menos de 18 anos, a prevalência foi de 7,8% (6,2 a 9,5%), nos adultos entre os 18 e os 65 anos a prevalência foi de 20,0% (16,3 a 29,6%) e nos idosos com mais de 65 anos a prevalência é de 35,7% (29,5 a 42,0%). A nível de género, percebeu-se que as mulheres têm uma prevalência maior da doença, cerca 30,0% (22 a 38%) contra os 13% (9 a 17%) nos homens, isto sem ter em conta a faixa etária (Nix et al., 2010). Estes dados refletem a importância que tem o conhecimento etiológico detalhado do *hallux valgus* e o impacto que isso pode ter nos resultados dos tratamentos cirúrgicos, na prática clínica e na qualidade de vida dos doentes que sofrem desta patologia.

Anatomia Normal

O pé é uma estrutura com uma anatomia complexa constituída por diversos ossos, articulações e músculos. De proximal para distal são três grupos de ossos que podemos descrever. O tarso, com o tálus e o calcâneo mais proximais, o navicular a nível intermédio e distalmente o cubóide e os três cuneiformes, medial, intermédio e lateral. O metatarso, com cinco ossos metatársicos que conectam o tarso às falanges. E as falanges, medialmente

com o hálux que possui uma falange proximal e outra distal e as restantes quatro falanges possuem três falanges, proximal, intermédia e distal. A nível articular existem quatro grupos principais de articulações, de proximal para distal temos as articulações intertarsais, as tarsometatarsais, as metatarsofalângicas e as interfalângicas. Já a nível muscular temos dois grandes grupos, o grupo de músculos dorsais, responsáveis pelos movimentos de extensão e o grupo dos músculos plantares responsáveis pelos movimentos de flexão, que está dividido em três subgrupos, os músculos plantares laterais, os músculos plantares intermédios e os músculos plantares mediais. Neste último subgrupo estão os músculos responsáveis pelos movimentos do hálux, o músculo abductor do hálux, o músculo adutor do hálux e o músculo flexor curto do hálux.

No grupo das articulações metatarsofalângicas temos a primeira articulação metatarsofalângica, que é importante na estabilidade do primeiro raio e a sua anatomia é complexa. É constituída pelas superfícies articulares da cabeça do primeiro metatársico e da base da falange proximal do hálux, protegidos pela cápsula articular da metatarsofalângica, juntamente com dois ossos sesamoides plantares. Os sesamoides estão ligados por um ligamento intersesamoidal, separados por uma crista óssea, colocando-se entre os dois tendões do flexor curto do hálux. Medialmente e lateralmente, os ligamentos colaterais estabilizam a articulação metatarsofalângica em direção sagital, misturando-se com os tendões do adutor e abductor do hálux ao longo dos lados medial e lateral da articulação. Adicionalmente em direção à superfície plantar os sesamoides são estabilizados pela firme ligação da aponevrose plantar que se insere na base da falange proximal. Na face plantar dos sesamoides passa o tendão do flexor longo do hálux inserindo-se na base da falange distal do hálux. Enquanto o músculo extensor breve dos dedos se insere na falange proximal ao longo da face lateral da articulação. O movimento normal da articulação metatarsofalângica consiste na dorsiflexão e flexão plantar (Kelikian, 2012).

Os tendões e os músculos que movimentam o hálux estão organizados em quatro grupos em torno da articulação metatarsofalângica do primeiro dedo. O grupo dorsal é composto pelos tendões dos extensores longo e curto. O grupo plantar contém os tendões flexores longo e curto. O grupo medial, com o abductor do hálux, que se origina no processo medial

da tuberosidade calcânea, no retináculo dos flexores e na aponevrose plantar. O grupo lateral, com o adutor do hálux, que se origina a partir de duas porções que se situam na região lateral do pé, a oblíqua com origem nas bases do segundo e quarto ossos metatársicos, no osso cubóide, no osso cuneiforme lateral e no tendão do longo peroneal e a transversa com origem nos terceiro e quinto ligamentos metatarsfalângicos plantares e nos terceiro e quinto ligamentos metatarsais transversos profundos. Estas duas porções juntam-se e inserem-se no aspeto lateral da base da falange proximal do hálux (Michael J. Coughlin, 2014; Standring, 2016).

A articulação cuneo-metatársica do primeiro raio faz parte do grupo das articulações tarsometatársicas. É constituída pela base do primeiro metatársico que tem uma superfície articular ligeiramente sinusoidal com a superfície articular distal do cuneiforme medial. Tem um grupo de ligamentos capsulares que formam a cápsula articular da cuneo-metatársica, os ligamentos tarsometatársicos dorsais, laterais e plantares. O músculo longo peroneal com origem na cabeça do peróneo insere-se no osso cuneiforme medial e no primeiro metatársico. (Standring, 2016).

A fásia plantar é uma faixa de tecido fibrosa que tem origem na tuberosidade do calcâneo que se estende distalmente e superficialmente inserindo-se na base das falanges proximais. Assim que a fásia plantar passa a região plantar das articulações metatarsfalângicas, combina-se com a cápsula articular das articulações formando a aponevrose plantar (Michael J. Coughlin, 2014).

Biomecânica em situação fisiológica

A função da articulação cuneo-metatársica do primeiro raio tem sido tema de debate e controvérsia. O eixo de movimento típico da articulação é nos planos latero-plantar e dorso-medial.

Vários trabalhos referem a mobilidade da articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio como a causa primária das deformidades encontradas no *hallux valgus* (Lapidus, 1934; LAPIDUS, 1956), no entanto outros trabalhos têm refutado alguns dos argumentos apresentados (Coughlin et al., 2004, 2005; Coughlin & Shurnas, 2003). Enquanto a mobilidade no plano coronal da articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio pode permitir uma deformidade do *hallux valgus* mais substancial, a mobilidade do plano sagital parece mais ser o resultado da deformidade em si e não a sua causa. (Doty & Coughlin, 2013) No entanto, embora existam vários autores que defendem como sendo um dos principais fatores para o desenvolvimento do *hallux valgus*, até hoje não existe ainda uma evidência robusta nesse sentido.

A articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio tem uma inclinação medial plantar ligeira. A articulação é estabilizada por ligamentos capsulares e está em contacto lateralmente pelo ponto proximal com o segundo metatarsico, que oferece estabilidade lateral à articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio. O eixo de movimento da articulação é alinhado para permitir o movimento no plano dorso-medial para o plano latero-plantar (Michael J. Coughlin, 2014).

A primeira articulação metatarsofalângica funciona maioritariamente como uma estrutura que suporta o peso e estabiliza a região medial do arco longitudinal. A estabilidade estática da primeira articulação metatarsofalângica é fornecida pelos ligamentos colaterais e cápsula plantar, que consistem na aponevrose plantar e na cápsula articular. A estabilidade dinâmica adicional é dada pelos músculos abductor do hálux e adutor do hálux, que se inserem na cabeça do primeiro metatarsico medial e lateralmente, respetivamente. Nenhum músculo se insere na cabeça do primeiro metatarsico, desta forma, ele está suspenso numa faixa de músculos e tendões. Isto permite que a cabeça do primeiro metatarsico seja tracionada numa direção medial ou lateral, dependendo do desvio da falange proximal (Kelikian, 2012). A inexistência de um número de inserções considerável faz da primeira articulação metatarsofalângica uma articulação com pouca estabilidade.

A fásia plantar é fundamental no suporte do primeiro raio e por conseguinte da articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio. No que toca às articulações tarso-metatarsicas existe uma grande rede de ligamentos entre as estruturas do tarso e do metatarso, criando nestas articulações uma morfologia constrictiva, ou seja, uma maior estabilidade. No entanto uma destas articulações, a cuneo-metatarsica do primeiro raio, não tem qualquer conexão ligamentar ao segundo raio, o que faz com que tenha uma morfologia menos constrictiva e por conseguinte uma menor estabilidade. Para além da fásia plantar, o longo peroneal é também importante na estabilização desta articulação (Kelikian, 2012).

A fásia plantar promove a flexão-plantar da cabeça do metatarsico durante o último terço do ciclo da marcha, o hálux sofre enorme tensão assim que esta é transferida da cabeça do metatarsico para os dedos. Se o mecanismo de *windlass* se perder ocorre deformidade do *hallux valgus*, a tensão deixa de ser transferida para os dedos e permanece entre as cabeças dos metatarsicos. A metatarsalgia resulta da transferência desta carga. O segundo metatarsico suporta frequentemente o peso devido à perda de capacidade de suporte de peso do primeiro metatarsico que está perturbada. Mudanças na biomecânica normal da articulação metatarsofalângica podem resultar numa lesão hiperqueratótica plantar às cabeças dos metatarsicos (Manchanda et al.).

O primeiro raio tem um papel fundamental na manutenção da estrutura do arco medial, sendo mesmo a sua estrutura de manutenção mais importante, no entanto é uma estrutura bastante instável por vários motivos, tais como o facto de não existirem conexões proximais ou distais entre o primeiro e segundo metatarsico. A inexistência de inserções musculares na cabeça do primeiro metatarsico faz com que a sua posição seja influenciada pela posição da falange proximal. Como os movimentos medial e lateral do primeiro metatarsico são em grande parte controlados pela posição da falange proximal, um certo grau de mobilidade na articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio tem de existir para que isto ocorra. Uma orientação horizontal da articulação cuneo-metatarsica tende a resistir ao aumento do ângulo intermetatarsico, enquanto uma orientação oblíqua leva a uma articulação menos estável (Michael J. Coughlin, 2014). É por isso fundamental para manter uma estabilidade no primeiro raio, uma articulação metatarsofalângica estável e congruente, um ângulo da

articulação distal do metatársico que promova a estabilidade, uma contenção dinâmica e estática equilibrada e uma articulação tarsometatársica estável. Uma falha ao longo do primeiro raio, desde a falange distal até à articulação talonavicular, pode levar a um *hallux valgus* (Perera et al., 2011). O peroneal longo tem também um papel de estabilidade fundamental no primeiro raio (Kelikian, 2012).

O mecanismo de *windlass* é um modelo mecânico que descreve a forma como a fásia plantar suporta o pé durante atividades de peso/suporte, dando-nos informação relativamente ao stress biomecânico localizado na fásia plantar.

O pé e os seus ligamentos foram inicialmente descrito por *Hicks* (J.H.Hicks, 2003) como uma estrutura triangular com uma curvatura tipo arco, constituída pelo calcâneo, os restantes ossos do tarso e o metatarso formando o arco longitudinal medial. A fásia plantar constitui o lado do triângulo que conectava o calcâneo às falanges. As forças verticais do peso do corpo descem através da tibia fazendo com que o arco longitudinal medial se torne plano. As forças reativas do solo progredam em sentido proximal através do calcâneo e das cabeças dos metatársicos, que atenuam o efeito de achatamento do arco longitudinal medial, uma vez que são posteriores e anteriores à tibia.

A fásia plantar tem origem na base do calcâneo e estende-se distalmente até às falanges. A força de extensão da fásia plantar previne a movimentação do calcâneo e dos metatársicos e mantém o arco longitudinal medial. A fásia plantar previne deste modo o colapso do pé em virtude da sua orientação anatómica e da sua tensão.

A fásia plantar simula um cabo entre o calcâneo e as articulações metatarsofalângicas. A dorsiflexão durante a fase propulsiva da marcha curva a fásia plantar na zona da cabeça dos metatarsos. Este curvar da fásia plantar reduz a distância entre o calcâneo e as cabeças dos metatársicos, elevando o arco longitudinal medial. O encurtamento da fásia plantar que resulta da dorsiflexão do hálux é a essência do princípio do mecanismo de *windlass* (Bolgla & Malone, 2004).

O teste de *windlass* procura uma extensão direta da aponevrose plantar que pode ser útil no resultado do exame de disfunções da fásia plantar.

Executando o teste:

Um teste de *windlass* é positivo quando uma dor no calcâneo é reproduzida com a dorsiflexão passiva dos dedos (Nadler & Malanga, 2006). O teste de *windlass* pode ser feito com suporte do peso do corpo ou sem este suporte (McPoil, 2008).

Hallux Valgus

Definição

O termo *hallux valgus* foi introduzido por *Carl Hueter* para definir a subluxação estática da primeira articulação metatarsofalângica caracterizada pelo desvio lateral do hálux e desvio medial do primeiro metatársico. Hoje em dia é também reconhecida, em particular nos doentes jovens, em que uma deformidade do *hallux valgus* pode ter origem no desvio articular lateral da superfície articular da cabeça do primeiro metatársico sem existir subluxação da primeira articulação metatarsofalângica (Smith & Coughlin, 2009).

Etiologia

As causas etiológicas do *hallux valgus* são diversas e nenhuma delas tem uma evidência robusta o suficiente para ser um fator etiológico indiscutível. No entanto, tendo em conta o conhecimento atual e o maior ou menor nível de evidência, estas podem ser divididas em dois grandes grupos, as causas intrínsecas e as causas extrínsecas.

Dentro das causas extrínsecas, aquelas que reúnem um nível de evidência mais robusto e devemos por isso destacá-las, são a utilização de calçado constritivo (Smith & Coughlin, 2009) ou sapatos nos quais é suportado uma grande carga pela região do hálux e ainda o trauma, sendo que esta é mais comum como causa aguda da deformação.

Já dentro das causas intrínsecas, aquelas que reúnem um grau de evidência mais robusto são os fatores genéticos, o *pes planus*, a laxidão generalizada dos ligamentos, um tendão de Aquiles curto, a hipermobilidade do primeiro raio e da articulação cuneo-metatársica do primeiro raio.

Fisiopatologia e biomecânica alterada

O *hallux valgus* é uma deformidade complexa que inclui um desvio lateral da falange proximal resultante da tensão medialmente direcionada e exercida contra a cabeça do primeiro metatársico. A eminência medial torna-se proeminente à medida que a falange proximal se desvia para uma posição valga e o metatársico para uma posição varo. Com a deformidade da proeminência medial crônica, a cápsula da articulação torna-se atenuada medialmente e contraí lateralmente. À medida que a cabeça do primeiro metatársico é puxada medialmente, os sesamoides, que estão firmemente ancorados pelo adutor do hálux e pelo ligamento metatársico transversal, podem erodir a crista. Isto permite a subluxação lateral dos sesamoides em vez de serem diretamente plantares ao primeiro metatársico. Com o desvio lateral do hálux, o extensor longo do hálux e o flexor longo do hálux assumem uma posição lateral e contribuem para as forças laterais. Assim, quer os músculos extrínsecos quer os músculos intrínsecos se posicionam lateralmente ao eixo longitudinal da primeira articulação metatarsofalângica, reforçando a deformidade. À medida que a deformação progride, ocorre mais pronação do hálux devido à atenuação da porção mais fraca da cápsula. Isto permite que o tendão abductor do hálux deslize entre a cabeça do primeiro metatársico e rode a falange proximal para uma posição de pronação. Uma progressão mais rápida da deformidade pode ocorrer numa pequena percentagem de doentes cuja primeira articulação cuneo-metatársica demonstra um grau significativo de instabilidade (Manchanda et al.) (Kelikian, 2012).

A anatomia do primeiro raio tem vários fatores predisponentes à deformidade do *hallux valgus*, no entanto é geralmente aceite que o processo ocorra em estádios (Eustace et al., 1996; Perera et al., 2011) que não decorrem necessariamente em série, podendo ocorrer em paralelo. Os passos são os seguintes:

1. Como as únicas estruturas mediais de suporte da articulação do primeiro metatársico são os sesamoides e os ligamentos colaterais mediais, a sua falência precoce é essencial à lesão (Wilson, 1980);

2. A cabeça do primeiro metatársico pode desviar medialmente, desassociando-se do aparato do sesamoide. Uma articulação tarso-metatársica oblíqua ou instável pode predispor ao movimento;
3. A falange proximal move-se para uma posição valga à medida que está amarrada à base dos sesamoides, do ligamento profundo transverso e do tendão adutor do hálux;
4. A cabeça do primeiro metatársico posiciona-se no sesamoide medial e pode erodir a cartilagem. O sesamoide lateral pode aparecer e posicionar-se no espaço intermetatársico embora não se mova efetivamente;
5. A sobreposição da bolsa sobre a eminência medial pode encurtar devido ao efeito de pressão dos sapatos na eminência medial proeminente;
6. O tendão do extensor e flexor longo do hálux aparecem em trave lateralmente, aumentando a disposição em valgo e ocasionalmente atuando como dorsiflexores da falange proximal;

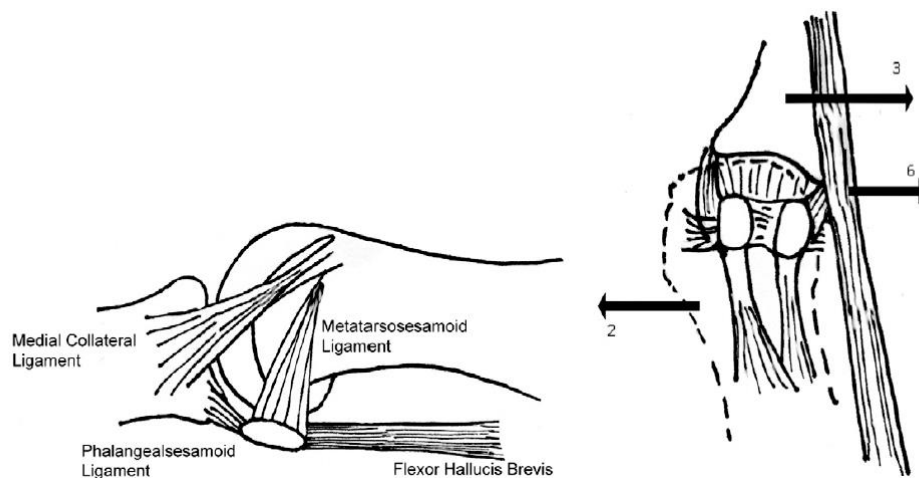


Figura 1 (esq.) - Ilustração da visão medial do hálux, mostrando as estruturas mediais cuja falência é essencial para que ocorra o hallux valgus. **Figura 2 (dir.)** – Ilustração da cabeça do primeiro metatársico do hálux no plano anteroposterior, mostrando o desvio medial (passo 2) com o deslocamento em valgo da falange proximal à medida que está amarrada à base dos sesamoides do ligamento profundo transverso e ao tendão adutor do hálux (passo 3). O tendão extensor e flexor longo do hálux aparece em trave lateralmente (passo 6).

Retirado de: Perera, A. M., Mason, L., & Stephens, M. M. (2011). *The pathogenesis of hallux valgus*. In *Journal of Bone and Joint Surgery* (Vol. 93, Issue 17, pp. 1650–1661). *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.* <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01630>

7. A cabeça do primeiro metatársico faz a pronação assim que deixa o aparato sesamoide, uma vez que o músculo força o cruzamento;
8. Normalmente o abductor do hálux resiste fortemente ao valgo da falange proximal, mas torna-se disfuncional à medida que as inserções medial e plantar fazem rotação inferiormente. O adutor do hálux está inserido na superfície plantar lateralmente e por isso tende a puxar a falange para pronação bem como a prender a sua base;
9. A cápsula articular metatarsofalângica dorsal mais fraca não está reforçada por qualquer tendão e faz rotação medialmente com a pronação, oferecendo má estabilidade;
10. A elevação da cabeça do primeiro metatársico com movimento medial pode transferir pressão plantar lateralmente. A mobilidade relativa do quinto metatársico também pode alargar (Perera et al., 2011).

A incidência da deformidade de *hallux valgus* é 10 vezes maior em mulheres que em homens e é significativamente maior em populações caucasianas do que em não caucasianas. Como há um número muito maior de mulheres com *hallux valgus*, podemos concluir que um dos fatores que contribuem para a deformidade do *hallux valgus* é o uso de calçado constritivo. Outros fatores que podem contribuir para o *hallux valgus* são a

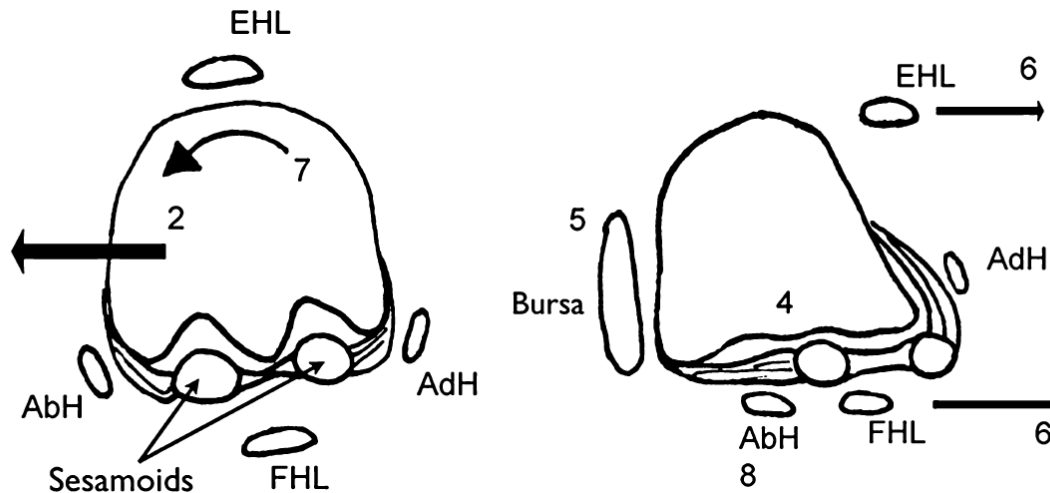


Figura 3 (esq.) – Ilustração demonstrando o deslocamento da cabeça do primeiro metatársico no plano axial (passo 2) e a pronação da cabeça do primeiro metatársico resultante das forças musculares que aí atuam (passo 7). Posicionamento dos sesamoides, abductor do hálux (AbH), adutor do hálux (AdH), flexor longo do hálux (FHL) e extensor longo do hálux (EHL). **Figura 4 (dir.)** – Ilustração da deformidade do *hállux valgus* no plano axial. O primeiro metatársico é pronado e deslocado medialmente, levando ao deslocamento lateral das restantes estruturas (passos 6 e 8). Há sobreposição da bolsa sobre a eminência medial e pode encurtar devido ao efeito de pressão dos sapatos na eminência medial proeminente (passo 5).

Retirado de: Perera, A. M., Mason, L., & Stephens, M. M. (2011). *The pathogenesis of hallux valgus*. In *Journal of Bone and Joint Surgery* (Vol. 93, Issue 17, pp. 1650–1661). *Journal of Bone and Joint Surgery Inc.* <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01630>

história familiar de *hallux valgus*, o envolvimento bilateral, um primeiro raio longo, uma superfície articular metatarsofalângica curva ou oval, espasticidade e doenças sistémicas como a artrite reumatóide. Fatores coexistentes comuns podem incluir a tensão crónica do tendão de Aquiles ou gastrocnémio, aumento da mobilidade do primeiro raio ou *pes planus* (Viladot).

Como já referido, os fatores etiológicos do *hallux valgus* são variados e nem todos têm uma evidência que se possa considerar robusta. Alguns dos fatores etiológicos com uma evidência mais robusta são os seguintes:

Intrínsecas:

- Genética;
- Laxidão ligamentar;

- *Metatarsus Primus Varus*;
- *Pes Planus*;
- *Hallux limitus* funcional;
- Dismorfismo sexual;
- Idade;
- **Hipermobilidade do primeiro raio**;
- Tendão de aquiles curto;

Extrinsecas:

- Calçado constritivo;
- Suporte excessivo de peso.

Avaliação clínica e radiográfica

O sintoma mais comum é a dor sobre a eminência medial. Os doentes também se queixam de dor na articulação e dor plantar da cabeça do segundo metatársico. A deformidade pode ter impacto no tipo de sapato que pode ser usado e a limitação de atividade podem ser parte da constelação de sintomas. A profissão do doente, a atividade desportiva que pratica e o tipo de sapatos que utiliza devem ser registados.

Uma avaliação completa é feita em ambas as extremidades com o paciente despido dos joelhos até aos pés. O paciente é instruído para se manter de pé e andar. A posição do pé, do hálux e dos dedos é avaliada. Na pele avalia-se a existência de eritema, edema, ulceração ou calosidades. A amplitude de movimentos é avaliada nas articulações do tornozelo,

subtalares, transversa do tarso e metatarsal-falângicas. O estado neurovascular do pé é avaliado cuidadosamente para perceber alterações dos pulsos e estase venosa. Os sesamoides devem ser avaliados para macicez. A primeira articulação cuneo-metatarsal é examinada para hiper mobilidade através da estabilização do cuneiforme medial, compreendendo o primeiro metatarsal dorsomedialmente e plantar lateralmente, sendo que temos hiper mobilidade quando temos mais de 10 mm de mobilidade (Manchanda et al.).

O seu diagnóstico é feito a partir da avaliação da mobilidade do primeiro raio no plano sagital. A avaliação da mobilidade pode ser feita empiricamente através do exame objetivo manual ou então, de forma mais objetiva, através de dispositivos como o descrito por *Klaue* (Klaue et al., 1994) ou por *Glasoe* (Glasoe et al., 2002). A avaliação feita pelo exame objetivo tem uma boa fiabilidade intra-avaliador, no entanto uma má fiabilidade inter-avaliador (Glasoe et al., 2002). Já o dispositivo de *Klaue* tem o problema de apenas avaliar o movimento na direção dorsoplantar e de não existir uma distinção exata da mobilidade entre a primeira articulação tarsometatarsal e de todo o primeiro raio (Faber et al., 1999). Portanto se não somos capazes de medir a mobilidade do primeiro raio, como seremos capazes de a estudar?

A nível imagiológico, a radiografia em carga é importante para avaliar a severidade da deformidade do *hallux valgus*. A vista axial dos sesamoides também é importante. A evolução imagiológica da primeira articulação metatarsal-falângica inclui:

- Avaliação do ângulo do *hallux valgus*: Ângulo criado entre as linhas longitudinais que dividem em dois a primeira falange proximal e o primeiro metatarsal. Um ângulo normal é inferior a 15 graus;
- O ângulo entre o primeiro e segundo metatarsal: ângulo criado pela interseção entre as linhas que dividem em dois o primeiro e segundo eixos metatarsais. Um ângulo normal é inferior a 9 graus;

- O ângulo articular metatársico distal: ângulo da superfície articular distal do primeiro metatársico com o eixo do metatarso. O normal é com desvio lateral inferior a 10 graus;
- Congruência da primeira articulação metatarsofalângica: Uma articulação congruente não tem subluxação lateral da falange proximal em relação à cabeça do primeiro metatársico;
- A primeira articulação cuneo-metatársica: O ângulo é baseado na superfície articular distal do cuneiforme medial e o eixo longitudinal do primeiro metatársico. Desvio medial excessivo pode indicar que a hiper mobilidade esteja presente. O espaço lateral no raio-x é indicativo de hiper mobilidade;
- Artrose da articulação metatarsofalângica: estreitamento do espaço articular, osteófitos, esclerose subcondral e quistos;
- O ângulo interfalângico do *hallux valgus* está presente quando temos um desvio lateral da falange proximal ou distal, ou ambas, em relação com a linha desenhada através da base da falange proximal. O normal tem menos de 10 graus de desvio lateral (Manchanda et al.).

Tratamento

O *hallux valgus* pode ter uma de duas abordagens, conservadora ou cirúrgica. A abordagem inicial é por norma conservadora. O tratamento cirúrgico tem em conta diferentes fatores, uma vez que nem todos os *hallux valgus* são iguais. Os diferentes fatores a ter em conta são as queixas do doente, a ocupação e interesse atlético, o exame objetivo, a evolução radiológica, a idade do doente, o estado neurovascular do pé e as expectativas do doente (Michael J. Coughlin, 2014).

A maioria destes fatores são objetivos, no entanto existe um fator que é muito subjetivo, as expectativas do doente, e que acaba por ter um grande peso na decisão de se fazer ou

não a cirurgia. Existem mais de 100 técnicas cirúrgicas diferentes descritas na literatura para tratar o *hallux valgus*, não existindo uma que seja a ideal. Posto isto criaram-se algoritmos que ajudam a tomar decisões consoante determinadas características do problema, tais como a existência de uma articulação congruente, incongruente ou com artrose. Embora útil, este algoritmo é incapaz de integrar todas as técnicas existentes.

Assim, quando temos uma articulação congruente alguns exemplos de procedimentos eficazes são a osteotomia do metatarso, um procedimento de *Akin* com excisão de uma eminência medial, uma osteotomia dupla/tripla do primeiro raio e uma osteotomia de *Scarf*.

Já quando falamos de uma articulação incongruente temos de ter em conta o ângulo da deformidade, ligeira se ângulo inferior a 20°, utilizam-se procedimentos como a osteotomia do metatarso, o procedimento distal nos tecidos moles com ou sem osteotomia do metatarso proximal e a osteotomia do terço médio; moderada se ângulo inferior a 40°, utilizam-se o procedimento distal dos tecidos moles com osteotomia proximal do metatarso, a osteotomia do terço médio em *Scarf* e a osteotomia distal do metatarso; e severa se ângulo superior a 40°, utilizando-se o procedimento distal dos tecidos moles com osteotomia proximal do metatarso, a osteotomia de *Scarf*, o procedimento de *Lapidus* e a artrodese da primeira articulação metatarsalângica.

Posto isto, é necessário ter em consideração os objetivos cirúrgicos. A correção da deformidade anatómica tem um resultado satisfatório a longo prazo quando não há disrupção biomecânica ou alteração da função do complexo da primeira articulação metatarsalângica (Michael J. Coughlin, 2014).

É interessante perceber que, apesar de não haver um consenso quanto ao papel etiológico da instabilidade da articulação cuneo-metatarsal do primeiro raio, muitas vezes consta como indicação para tratamento do *hallux valgus* a artrodese da cuneo-metatarsal quando existe uma grande instabilidade como vemos na *figura 5* (Michael J. Coughlin, 2014).

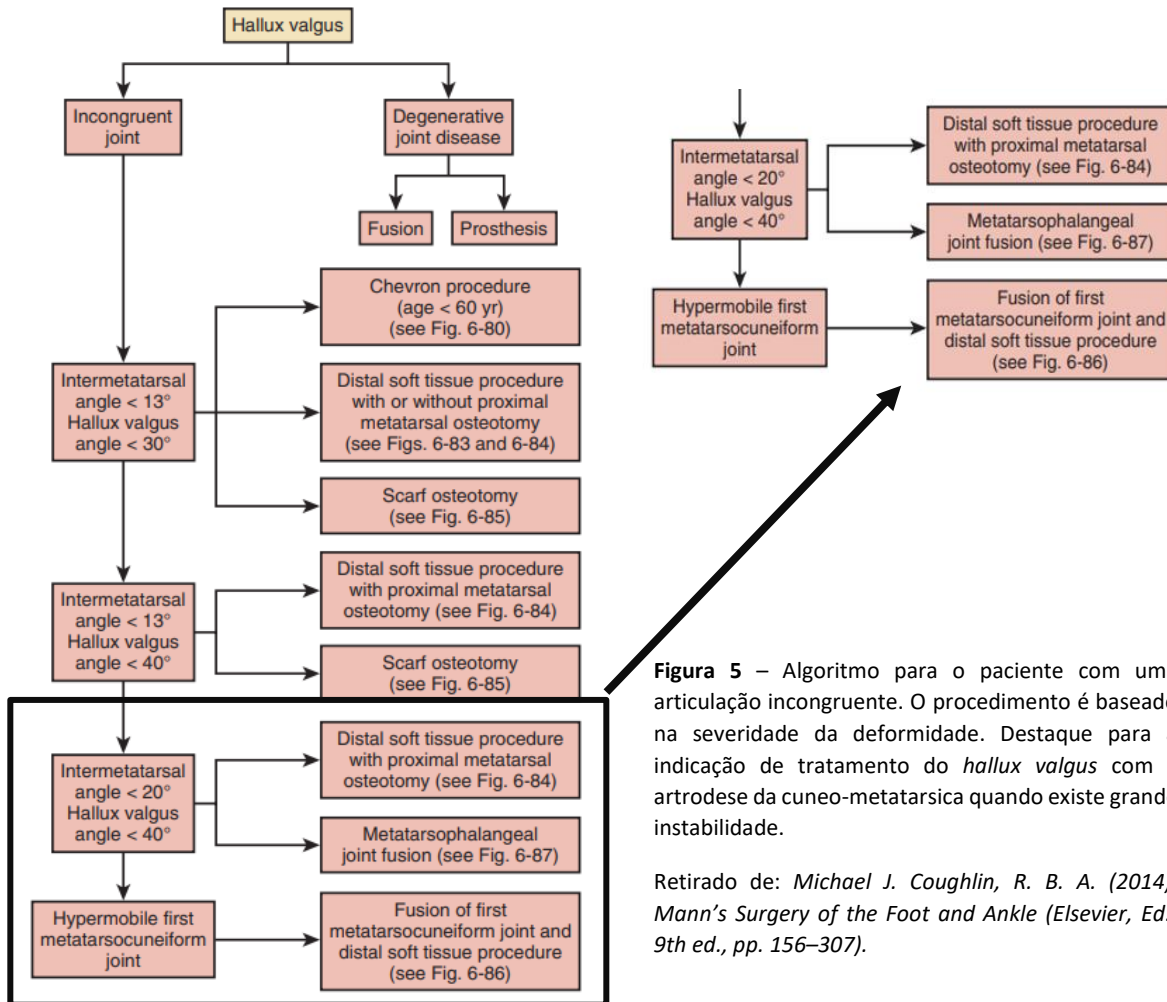


Figura 5 – Algoritmo para o paciente com uma articulação incongruente. O procedimento é baseado na severidade da deformidade. Destaque para a indicação de tratamento do *hallux valgus* com a artroese da cuneo-metatarsica quando existe grande instabilidade.

Retirado de: Michael J. Coughlin, R. B. A. (2014). *Mann's Surgery of the Foot and Ankle* (Elsevier, Ed.; 9th ed., pp. 156–307).

A hiper mobilidade do primeiro raio

Vários estudos e autores já tentaram avaliar se a hiper mobilidade do primeiro raio é ou não um dos fatores responsáveis pelo surgimento do *hallux valgus*, uns com mais, outros com menos sucesso. É portanto ainda muito discutível se este é um fator a ter em conta quando falamos em etiologias do *hallux valgus* (Michael J. Coughlin, 2014). E quando falamos da

mobilidade da articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio ser um fator etiológico a ter em conta no *hallux valgus*, a discussão é ainda menos consensual.

O conceito de hipermobilidade do primeiro raio foi inicialmente introduzido por *Morton* em 1928, defendendo que esta tinha origem na instabilidade da articulação entre o cuneiforme medial e o navicular e a articulação entre o cuneiforme medial e o cuneiforme intermédio (*Morton*, 1928). No entanto, em 1956, *Lapidus* introduziu a hipótese de o aumento da mobilidade da articulação cuneo-metatarsica do primeiro raio como causa do *hallux valgus* e propôs a artrodese do cuneiforme com o primeiro e segundo metatarsicos como tratamento (*Lapidus*, 1934; *Lapidus*, 1956).

A avaliação clínica do movimento do primeiro raio no plano sagital foi descrita inicialmente por *Morton*, usando uma combinação de exame físico e radiográfico para fazer a sua avaliação subjetiva, (*Morton*, 1928; *Morton Dudley* 1936) não conseguindo objetivar o grau de movimento. Até hoje ainda não se encontrou uma forma de quantificar objetivamente a instabilidade do primeiro raio (*Bednarz & Manoli*, 2000; *Jackson et al.*, 2021; *Johnson & Kile*, 1994; *Myerson*, 1990; *Myerson et al.*, 1992).

Mais recentemente tem-se demonstrado que utilizando medidores externos existe fiabilidade no que toca a quantificar a mobilidade do primeiro raio (*Cornwall et al.*, 2004; *Glasoe et al.*, 1998, 2000; *Klaue et al.*, 1994).

Um trabalho realizado em 2015 por *Grebling e Coughlin* estudou o efeito da posição do tornozelo na estabilidade do primeiro raio e constatou-se que havia um aumento da estabilidade em todos os doentes com o tornozelo em dorsiflexão. Neste trabalho comparou-se a instabilidade do primeiro raio entre vários grupos de doentes e constatou-se que esta era maior no grupo de doentes submetidos a fasciotomia plantar seguindo-se por ordem decrescente o grupo do *hallux valgus*, o grupo de controlo e por último o grupo da artrodese metatarsofalângica (*Grebling & Coughlin*). Os resultados obtidos neste estudo sugerem assim que a fásia plantar e o mecanismo de *windlass* são fundamentais para a estabilidade do plano sagital. A instabilidade sagital estabelece-se quando deixam de

exercer o seu efeito biomecânico, pela perda de integridade da fásia plantar ou pela perda da sua ação, quando o plano sagital do primeiro raio não a interceta.

Diversos artigos têm proposto diferentes articulações para a origem da instabilidade do primeiro raio. Numa revisão de *Roukis TS and Landsman AS.*, defende-se que esta tem origem nas articulações entre o cuneiforme medial e o navicular; o cuneiforme medial, a base do segundo metatársico e a base do primeiro metatársico (Roukis & Landsman, 2003). Já *Gellman et al* no artigo de investigação que publicou defende que a origem da mobilidade sagital do primeiro raio é repartida por duas articulações, 90% com origem na articulação do cuneiforme medial com o navicular e 10% na primeira articulação tarsometatársica (Botte et al., 1987).

Objetivos

No trabalho que desenvolvemos, colocamos a hipótese de que antes de se estabelecer a instabilidade no plano sagital surge a instabilidade no plano axial que leva ao *hallux valgus* e à instabilidade sagital.

Com o nosso estudo propusemo-nos a estudar cadáveres com o intuito de corroborar a nossa hipótese. Os objetivos são:

- Avaliar o efeito de uma série de estruturas anatómicas na estabilidade do primeiro raio nos planos sagital (S) e axial (A);

Materiais e Métodos

Para o estudo, utilizaram-se 4 cadáveres congelados, fornecidos pelo Instituto de Anatomia da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa, sendo que se excluíram cadáveres com deformidades evidentes à inspeção do tornozelo ou pé, cicatrizes de intervenções ou feridas a nível do pé ou tornozelo e rigidez do tornozelo que torne impossível o seu posicionamento em flexão neutra. Utilizou-se o material de disseção do Instituto de Anatomia e do investigador, o fixador externo de Ilizarov com montagem padronizada para todos os cadáveres e um dinamómetro electrónico.

A metodologia utilizada foi padronizada para todos os cadáveres e teve os seguintes passos:

1) Abordagem e disseção cirúrgica criando-se janela cutânea com os seguintes limites:

- Dorsal: linha longitudinal paralela ao eixo do segundo metatársico e paralela a este;
- Proximal: linha perpendicular à primeira e que passa imediatamente proximal ao primeiro cuneiforme;
- Plantar: ao longo do eixo do segundo metatársico;
- Distal: perpendicular ao eixo do segundo metatársico 2 cm distal à articulação metatarsofalângica.

Fez-se a disseção segundo a janela descrita removendo a pele, tecido celular subcutâneo, vasos e nervos, sem danificar as estruturas em estudo.

2) Estabilização do pé numa posição do pé em relação à perna de 90° ou tão próxima quanto possível, aplicando o fixador externo de Ilizarov:

- Pins em 2 pontos para fixação à tibia;



Figura 6 (esq.) – Fotografia medial do pé após disseção cirúrgica com janela cutânea. 1– Tendão do extensor do hálux; 2- Plano para disseção até ao longo peroneal (entre osso e músculo abductor hálux); 3- Tendão do tibial anterior. **Figura 7 (dir.)** – Fotografia anterior do pé após disseção cirúrgica com janela cutânea. 4- Cápsula da articulação cuneo-metatarsal do primeiro raio.

- 1 pin para fixação ao calcâneo;
 - 1 pin de menor diâmetro para fixação do segundo metatársico;
- 3) Aplicação de pontos de tração “camarão” na face dorsal do primeiro e segundo metatársicos e na face medial do primeiro metatársico. A sua função é permitir tração e constituir pontos de referência para medição da posição relativa dos metatársicos após ser aplicada essa força;
 - 4) Uma força horizontal de sentido medial de 35N aplicou-se ao ponto de tração medial do primeiro metatársico em sentido medial (plano axial) e uma força vertical de sentido proximal de 35N aplicou-se ao ponto de tração dorsal do primeiro metatársico (plano sagital);
 - 5) As distâncias entre as referências foram medidas;

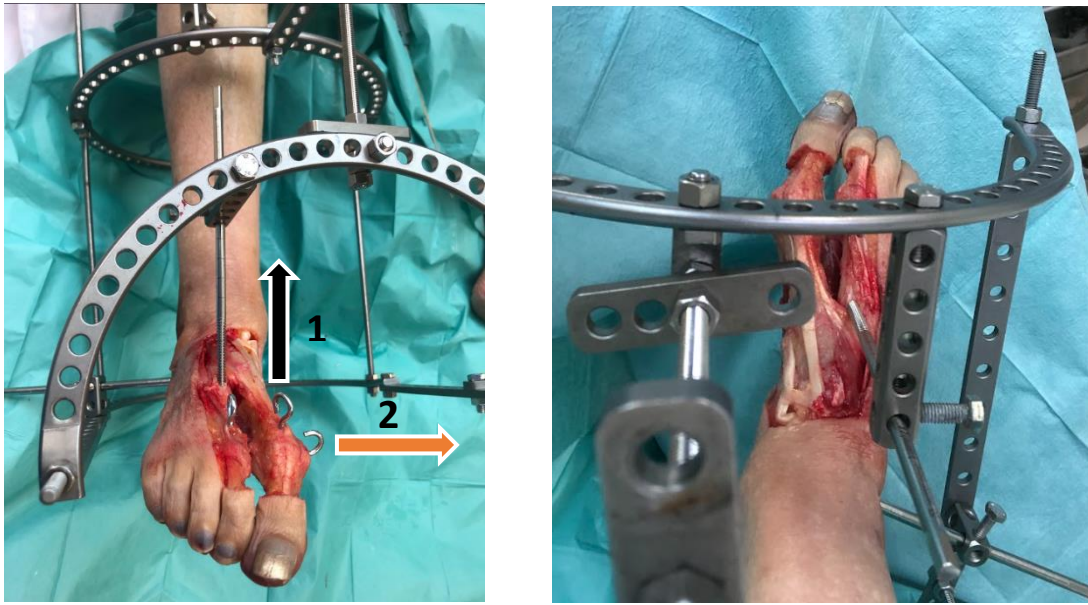


Figura 8 (esq.) e Figura 9 (dir.) – Após montagem do fixador externo de Ilizarov. 1 – Direção de aplicação da força no plano sagital. 2 – Direção de aplicação da força no plano horizontal.

- 6) De forma sequencial foram seccionadas as seguintes estruturas: cápsula articular da cuneo-metatarsica do primeiro raio (TMT), inserção do longo peroneal no primeiro metatarsico, cápsula articular interna da metatarsofalângica do primeiro raio (MTF), tendão adutor do hálux, ligamento intermetatarsico e por fim a fáscia plantar;
- 7) Após secção de cada estrutura foram medidas e registadas as distâncias entre as referências. Pontos de tração dorsais dos primeiro e segundo metatarsicos para medição de translação no plano horizontal; ponto de tração dorsal do primeiro metatarsico e placa da montagem do fixador de Ilizarov para medição no plano sagital.

O efeito da força na translação, e em particular, os valores absolutos obtidos a partir da medição da distância entre referências podem ser condicionados por vários fatores incluindo: a dimensão do pé e outras características específicas de cada indivíduo, variações na aplicação da montagem de Ilizarov ao cadáver em estudo, estado de congelação do cadáver e ponto de aplicação das referências nos metatarsicos.

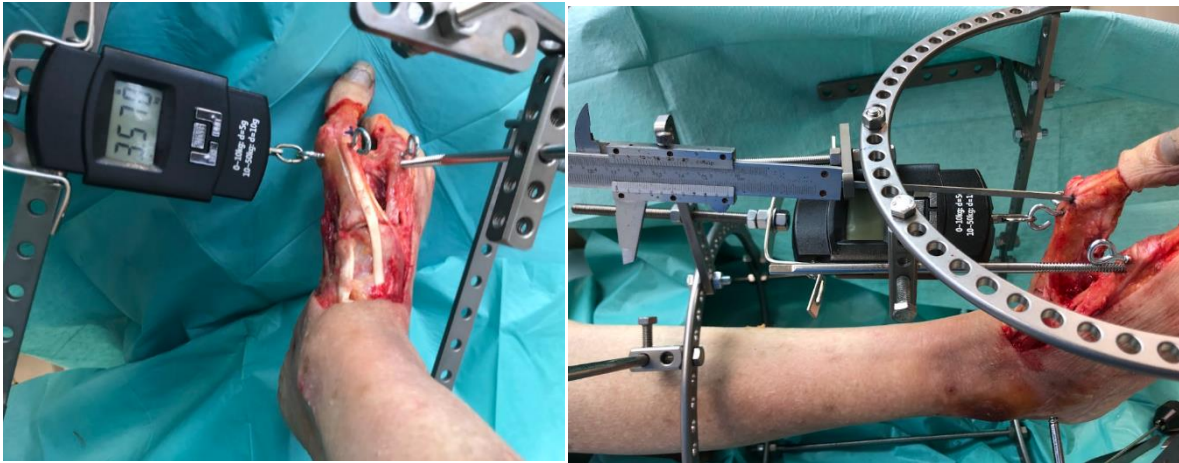


Figura 10 (esq.) – Aplicação de força medialmente pelo dinamómetro no plano horizontal. **Figura 11 (dir.)** – Aplicação de força superiormente pelo dinamómetro no plano sagital.

Para ultrapassar estes vieses utilizaram-se valores relativos para comparação e interpretação de dados resultantes de vários cadáveres e aplicações de fixador externo.

Desta forma procurou-se calcular um valor relativo para a translação obtida após secção de cada estrutura. Para isso utilizou-se uma equação em que o denominador é a translação total, isto é, a diferença entre a distância obtida após o corte de todas as estruturas, e a distância inicial, obtida sob tração sem qualquer secção de estruturas. O numerador é a diferença entre a distância entre as referências obtida após uma determinada secção, e a distância obtida pela secção anterior – translação por secção de estrutura.

$$\text{Valor relativo} = \frac{(\text{translação por secção de estrutura})}{(\text{translação total})} * 100$$

Com a secção das estruturas de forma sequencial, seguida da medição da translação obtida, pretende-se determinar quais das estruturas têm uma maior importância na estabilidade do primeiro raio.

Resultados

Cadáveres incluídos e excluídos

Características de cada cadáver: cadáver 1, sexo masculino e pé direito; cadáver 2 sexo feminino e pé direito; cadáver 3 sexo masculino, pé direito e pé esquerdo; cadáver 4 sexo feminino e pé direito.

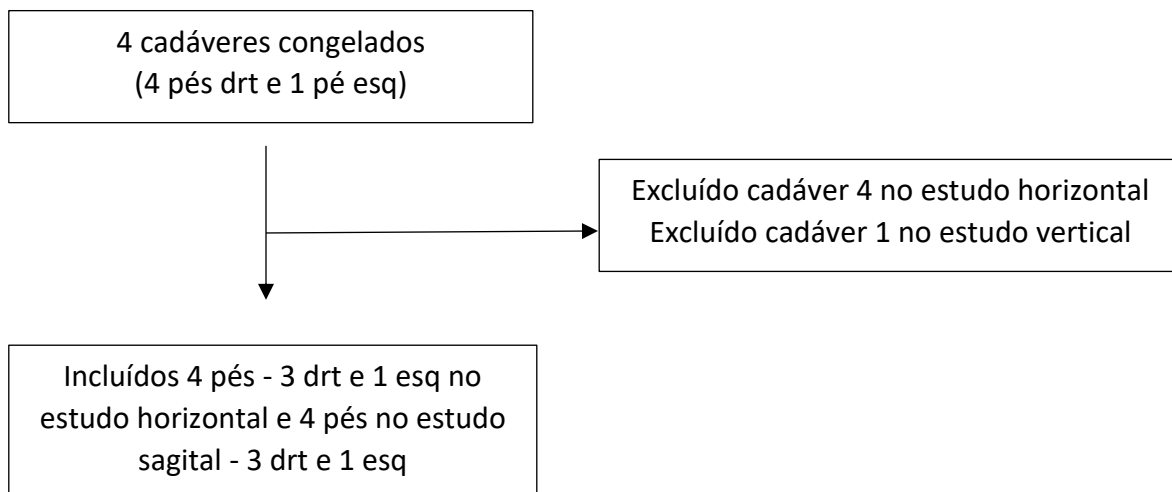


Figura 12 – Diagrama de fluxo.

Avaliação no plano axial

Foi excluído um pé do estudo completo com secção de todas as estruturas, uma vez que nesse pé não se calculou a distância após secção da fáscia plantar devido a uma fratura do metatársico. Avaliou-se assim de duas formas a distância horizontal, numa delas temos quatro cadáveres onde avaliámos os valores até à secção do ligamento intermetatársico, sendo este o valor assumido como *última secção*, e na outra três cadáveres com avaliação

completa de todas as secções. A decisão de manter estas duas tabelas foi com o objetivo de não perder os dados de um cadáver para o estudo do plano axial faltando apenas a secção de uma estrutura. Não se decidiu calcular uma média entre os dois valores uma vez que havendo menos uma estrutura seccionada, os valores em percentagem não significam exatamente a mesma coisa. Na *tabela 1* só temos em consideração cinco estruturas seccionadas, já na *tabela 2* temos em consideração seis estruturas, diminuindo a relevância de cada estrutura visto haver mais uma estrutura e os resultados serem em valor relativo. A *tabela 2*, com os valores onde houve secção de todas as estruturas foi a tida em conta para a interpretação de resultados. Os valores obtidos encontram-se na *tabela 1* e *tabela 2* para as duas avaliações.

Cadáver	1			2			3			4			global
	Medição	Diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	Medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	Percentagem em média
S/ tração	24	-2	-13,30%	22,0	-6	-75,0%	19,9	3,9	-36,80%	17,1	-4,4	-34,60%	-39,90%
C/ tração	26	0		28,0	0	0,0%	23,8	0	0%	21,5	0	0%	0%
Capsula TMT	32	6	40,00%	28,9	0,9	11,3%	25,3	1,5	14,20%	22,0	0,5	3,90%	17,35%
PL	32	0	0,0%	29,1	0,2	2,5%	25,7	0,4	3,80%	22,3	0,3	2,40%	2,18%
Capsula MTF	34	2	13,30%	29,3	0,2	2,5%	26,4	0,7	6,60%	24,9	1,6	12,60%	8,75%
Adutor hallux	35	1	6,70%	29,5	0,2	2,5%	26,6	0,2	1,90%	25,3	0,4	3,10%	3,55%
Lig. intermetatársico	41	6	40,0%	36,0	6,5	81,2%	34,6	8	75,50%	34,2	8,9	70,10%	66,70%
	abertura total: 41-26=15,0			abertura total: 36-28=8,0			Abertura total: 10,6			abertura total: 12,7			

Tabela 1 – Avaliação até à secção do ligamento intermetatársico no plano axial - 4 cadáveres. (todos os valores sem unidades são em milímetros (mm))

Cadáver	2			3			4			global
	medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	Percentagem em média
s/ tração	22,0	-6	-55,60%	19,9	-3,9	-28,47%	17,1	-4,4	-25,29%	-36,45%
c/ tração	28,0	0	0,0%	23,8	0	0%	21,5	0	0%	0%
Capsula TMT	28,9	0,9	8,20%	25,3	1,5	10,95%	22,0	0,5	2,87%	7,34%
PL	29,1	0,2	1,80%	25,7	0,4	2,92%	22,3	0,3	1,72%	2,15%
Capsula MTF	29,3	0,2	1,80%	26,4	0,7	5,11%	24,9	1,6	9,20%	5,37%
Adutor hallux	29,5	0,2	1,80%	26,6	0,2	1,46%	25,3	0,4	2,30%	1,85%
Lig. Intermetatársico	36,0	6,5	59,10%	34,6	8	58,39%	34,2	8,9	51,15%	56,21%
Fascia Plantar	39,0	3	27,27%	37,5	2,9	21,17%	38,9	4,7	27,01%	25,15%
	abertura total=11,0			abertura total=13,7			abertura total=17,4			

Tabela 2 – Avaliação completa de todas as secções no plano axial - 3 cadáveres. (todos os valores sem unidades são em milímetros (mm))

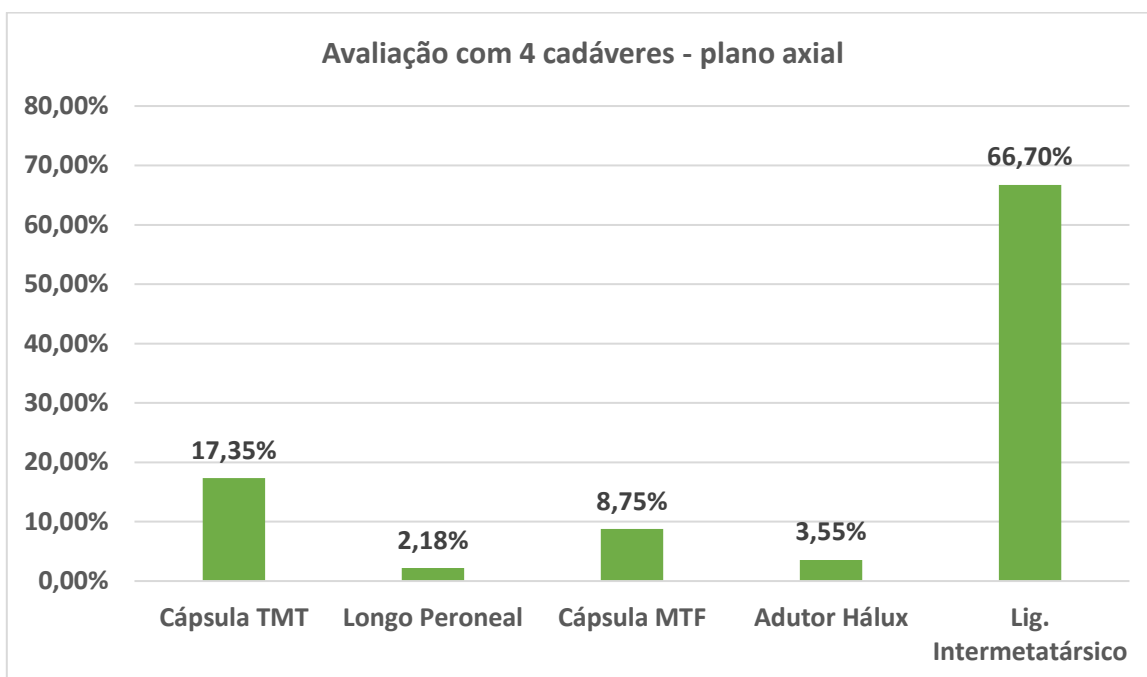


Tabela 3 – Valores totais da avaliação até à secção do ligamento intermetatársico no plano axial – 4 cadáveres.

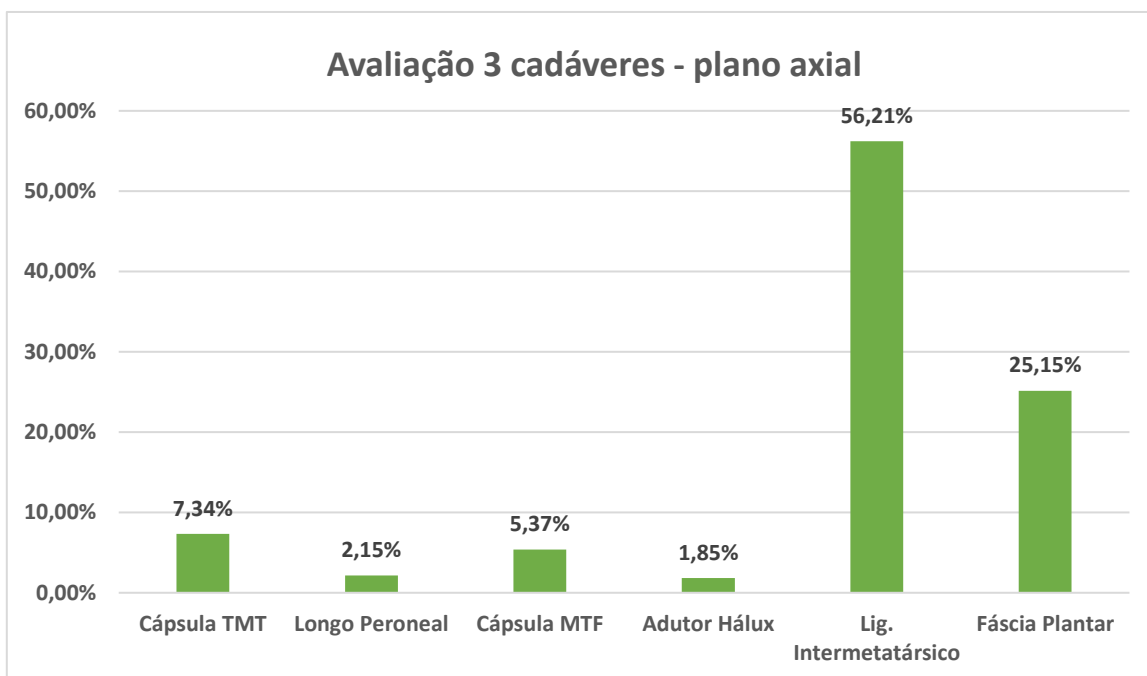


Tabela 4 – Valores totais da avaliação completa de todas as secções no plano axial - 3 cadáveres.

Avaliação no plano sagital

Aqui na *tabela 5* temos os resultados obtidos após avaliação dos valores do plano sagital.

Cadáver	2			3			4			5			global Percentagem em média
	medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	medição	diferença	percentagem	
Vertical													
S/ tração	132,1	10,0	-95,20%	120,5	4,5	-41,28%	123,0	9,4	-100,00%	125,4	12,7	-138%	93,62%
C/ tração	122,1	0	0,0%	116,0	0	0%	113,4	0	0%	112,7	0	0%	0%
Capsula TMT	122,4	0,3	-2,90%	113,7	-2,3	21,10%	111,4	-2	21,28%	112,1	-0,6	6,52%	11,50%
PL	121,9	-0,5	4,80%	112,0	-1,7	15,60%	108,8	-2,6	27,66%	108,2	-3,9	42,00%	22,52%
Capsula MTF	122,3	0,4	-3,80%	109,2	-2,8	25,69%	108,8	0	0,00%	106,8	-1,4	15,22%	9,28%
Adutor hallux	121,8	-0,5	4,80%	109,9	0,7	-6,42%	108,3	-0,5	5,32%	105,1	-1,7	18,48%	5,55%
Lig. Intermetatársico	118,7	-3,1	29,50%	106,2	-3,7	33,94%	106,3	-2,0	21,28%	104,6	-0,5	5,00%	22,43%
Fascia plantar	111,6	-7,1	67,62%	105,1	-1,1	10,09%	104,0	-2,3	24,27%	103,5	-1,1	11,96%	28,49%
	abertura total=-10,5			abertura total = -10,9			abertura total = -9,4			abertura total = -9,2			

Tabela 5 – Avaliação completa de todas as secções no plano sagital - 4 cadáveres. (todos os valores sem unidades são em milímetros (mm))

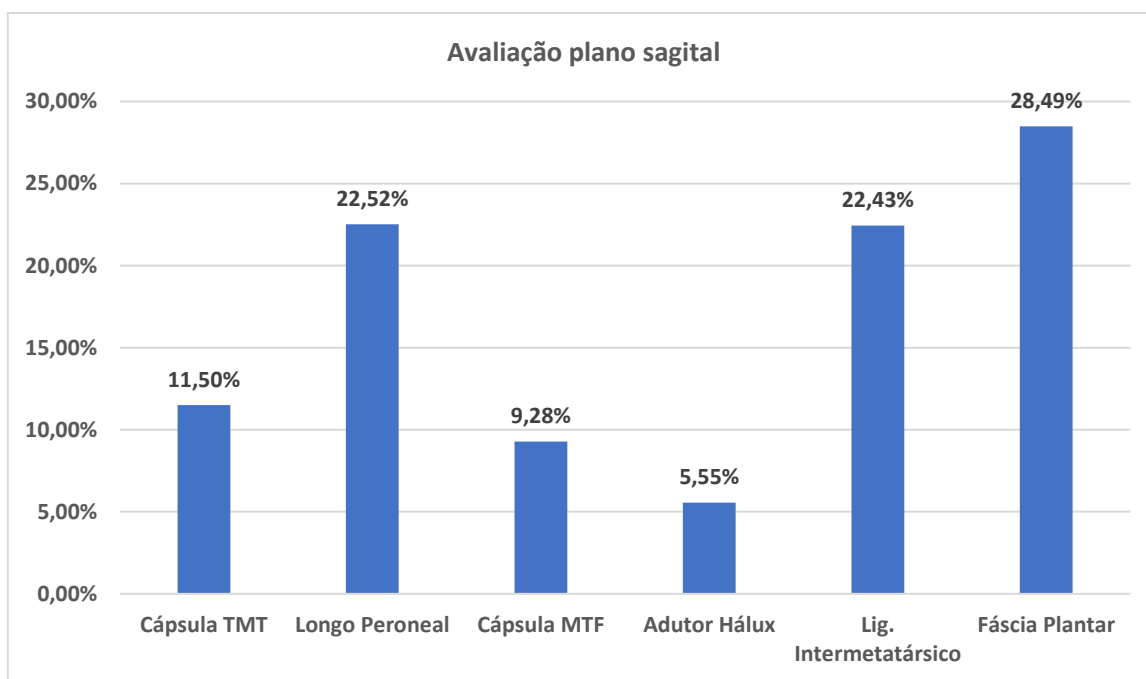


Tabela 6 – Valores totais da avaliação completa de todas as secções no plano sagital - 4 cadáveres.

A *tabela 7* apresenta uma comparação entre os valores relativos da translação nos planos axial e sagital que foram obtidos pela secção de cada estrutura.

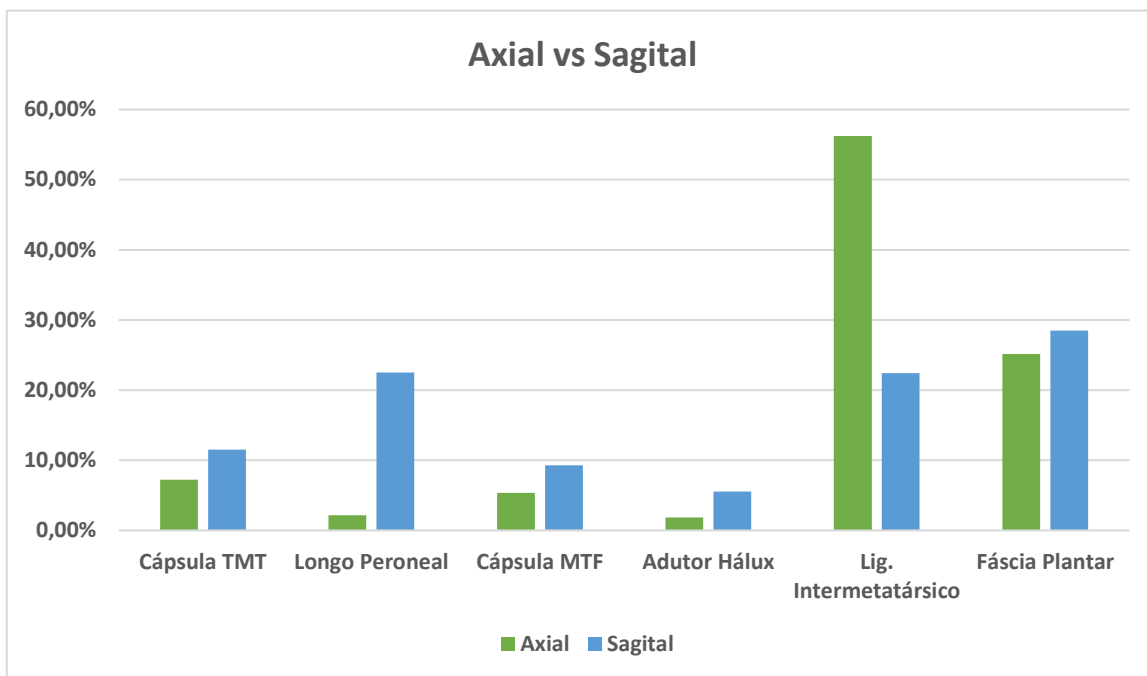


Tabela 7 – Quadro comparativo dos valores no plano axial vs plano sagital para as mesmas estruturas seccionadas.

Discussão

Neste trabalho realizámos uma abordagem inovadora à compreensão da hipermobilidade do primeiro raio. Que seja do nosso conhecimento esta abordagem nunca foi realizada, isto tendo em conta a literatura que recolhemos e consultamos. Por este motivo foi impossível fazer uma comparação direta com outros estudos já realizados. No entanto o que parece estar mais solidificado na literatura é o papel fundamental da fásia plantar e do longo peroneal na estabilidade do primeiro raio, quer no plano horizontal quer no plano sagital (Kelikian, 2012; Manchanda et al.; Perera et al., 2011).

O papel que a articulação cuneo-metatarsica tem como determinante da estabilidade do primeiro raio é alvo de inúmeras dúvidas, uma vez que muitos autores a colocam como sendo um determinante importante (Coughlin et al., 2004, 2005; Coughlin & Shurnas, 2003), no entanto aquilo que sabemos hoje não nos permite criar um consenso. Existem na verdade mais questões não respondidas do que respostas clínicas e científicas relevantes (Roukis & Landsman, 2003). O nosso estudo revela que existe alguma relevância desta articulação e estruturas periarticulares, sendo no entanto claramente inferior à das estruturas distais que parecem ser os fatores determinantes. Os nossos resultados foram consistentes nesta questão apesar de existirem provavelmente alterações da morfologia da articulação cuneo-metatarsica entre os nossos cadáveres.

A dificuldade inerente que existe na medição precisa do segmento responsável pela mobilidade do primeiro raio está descrita na literatura. Diversos métodos de medição, desenhos de protocolos e análise de dados foram já feitos, com as inúmeras inconsistências a permanecerem, revelando o quão difícil é criar conhecimento relevante nesta área, em particular quando se fala dos segmentos proximais, como é o caso da articulação cuneo-metatarsica (Roukis & Landsman, 2003). O nosso estudo traz um novo desenho de metodologia que abre mais uma porta para tornar mais clara esta zona cinzenta do conhecimento.

Os valores medidos no plano horizontal demonstram que as estruturas distais são aquelas com um papel mais relevante na estabilização do primeiro raio, o ligamento intermetatársico (56,21% e 66,70%) e a fásia plantar (25,15%). Isto vai de encontro ao que já era conhecido quando falamos da fásia plantar, mas que surpreendeu quanto à importância que o ligamento intermetatársico tem na estabilidade horizontal. A cápsula cuneo-metatársica, sendo a sua articulação uma estrutura que suscita muitas dúvidas na literatura (Doty & Coughlin, 2013), revelou ter um papel importante (7,24% e 17,35%) na hiper mobilidade do primeiro raio, segundo os resultados do nosso estudo. O longo peroneal tem resultados modestos (2,15% e 2,18%), indo contra aquilo que está estabelecido na literatura (Perera et al., 2011), o que se pode dever ao facto de a amostra ser pequena.

No plano sagital as estruturas distais continuam a ter um papel relevante embora de menor importância relativa na estabilização do primeiro raio quando comparados com os resultados do plano horizontal. O ligamento intermetatársico (22,43%) e a fásia plantar (28,49%) mantêm-se como os mais relevantes, mas desta vez com a companhia do longo peroneal que tem um papel equivalente (22,52%), indo de encontro ao que conhecemos da literatura (Perera et al., 2011). Aqui todas as estruturas, sem exceção, parecem ser mais relevantes, com destaque para as cápsulas cuneo-metatársica (11,50%) e metatarsofalângica (9,28%).

Quando comparamos os resultados nos dois planos percebemos que existem algumas alterações na relevância de cada uma das estruturas. Na fásia plantar (A-25,15%, S-28,49%) a relevância é muito próxima entre planos, sendo em ambos com impacto importante. O longo peroneal demonstrou uma relevância muito importante no plano sagital (22,52%) e tendo em conta os dois valores obtidos no plano horizontal (2,15%, 2,18%) esta influência é muito modesta, o que contraria o conhecimento já estabelecido (Perera et al., 2011). O ligamento intermetatársico, estrutura raramente mencionada na literatura quando se fala em hiper mobilidade do primeiro raio, mostrou ser uma estrutura com enorme relevância em ambos os planos (A-56,21%, S-22,43%) e deve ter sido em conta em futuros estudos desta temática. Quer a cápsula cuneo-metatársica do primeiro raio, quer a cápsula metatarsofalângica do primeiro raio demonstraram ter impacto na estabilização, tendo um

maior impacto relativo no plano sagital. O adutor do hálux foi, de entre as estruturas estudadas, aquela com menor impacto na estabilização do primeiro raio, tendo no entanto também um impacto que não pode ser descurado (A-1,85%, S-5,55%).

Resultados relevantes

De destacar a descoberta da relevância que o ligamento intermetatársico tem na estabilização do primeiro raio em ambos os planos e o corroborar da importância que o longo peroneal tem na estabilização no plano sagital e que a fásia plantar tem na estabilização do primeiro raio em ambos os planos. Ainda a maior importância que as estruturas distais, como o ligamento intermetatársico e a fásia plantar apresentam na estabilização do primeiro raio em relação às outras estruturas.

Pontos fortes

Em primeiro lugar este é, segundo o nosso conhecimento da literatura, o primeiro estudo que realizou uma abordagem em cadáver com esta metodologia e com o objetivo de estudar a hipermobilidade do primeiro raio, o que tendo em conta a dificuldade que existe em arranjar formas fidedignas de estudar a hipermobilidade do primeiro raio lhe confere valor no estudo desta patologia. De seguida utiliza-se uma metodologia com secção sequencial específica de estruturas que nunca foi realizada anteriormente. E ainda o facto de os resultados se obterem em valores relativos, permitindo comparar inicialmente cada indivíduo em si e depois compará-lo com outros indivíduos mesmo tendo em conta as características específicas de cada indivíduo que poderiam ser um vies, caso utilizássemos valores absolutos.

Limitações

- A distância entre os pins não foi sempre a mesma o que faz com que quando aplicamos a força, esta não seja sempre equivalente entre medições de indivíduo para indivíduo, uma vez que quanto maior for a distância entre o local onde se aplica a força e o local onde essa força é aplicada, maior vai ser o braço de alavanca e maior será a sua eficácia em produzir um movimento. No entanto na comparação dos resultados da secção das várias estruturas do mesmo cadáver o pin estava na mesma posição, isto é, no estudo de um determinado cadáver, o pin manteve-se constante. Quando houve comparação entre cadáveres foram utilizados os valores relativos e não os valores absolutos;
- As observações das medições, na maioria das vezes não foram efetuadas por vários observadores, sendo efetuadas apenas por um observador, o que não permitiu avaliar a variação interobservador e minimizar o impacto de um eventual erro na medição;
- A colocação dos pins nem sempre foi a ideal, havendo problemas com a qualidade do osso e a estabilidade do pin, o que levou a que alguns dos cadáveres estudados não pudessem ser considerados;
- A posição do pé nem sempre foi rigorosamente a ideal (90°) mas foi a mais próxima possível dos 90° e mantida durante todo o período em que o cadáver foi estudado;
- O nível de descongelamento e a qualidade dos diferentes cadáveres foi variável. No entanto quando comparamos o efeito da secção das diferentes estruturas, medindo distâncias, estamos a trabalhar num só cadáver ou seja, em condições constantes. Apenas um ligeiro descongelamento pode ocorrer ao longo do período em que decorria a disseção e o restante trabalho com o cadáver;
- Estamos a comparar o impacto do corte de estruturas, mas este corte não é isolado apenas para uma estrutura, em vez disso quando seccionamos uma estrutura, já temos várias estruturas cortadas anteriormente que podem influenciar o impacto que a estrutura seccionada em último lugar teve;

Implicações nas diretrizes e tomadas de decisão

Tendo em conta a tomada de decisão da cirurgia no tratamento do *hallux valgus*, o nosso trabalho não apoia ou contraria a realização da artrodese da articulação cuneo-metatarsica como um método cirúrgico, isto tendo em conta o modesto impacto (A-7,34%, S-11,50%) como fator etiológico na hiper mobilidade do primeiro raio. No entanto, o nosso estudo sugere que se pode esperar algum grau de estabilização do primeiro raio com procedimentos com preservação articular, que atuem nas estruturas distais a nível da articulação metatarsfalângica. Eventualmente, não será necessária artrodese em todos os casos de hiper mobilidade do primeiro raio. A compreensão da relevância de cada uma das estruturas na estabilidade do primeiro raio pode ser importante na segurança da tomada de decisão da técnica cirúrgica a escolher em cada doente de forma a melhorar os *outcomes* cirúrgicos.

Material para futuras pesquisas

A dificuldade que existe nos dias de hoje com as ferramentas existentes no estudo da etiologia do *hallux valgus* e da hiper mobilidade do primeiro raio, demonstram a urgência que existe na descoberta de técnicas capazes de fazer este estudo com resultados fidedignos e relevantes. O nosso estudo vai continuar a ser desenvolvido com o objetivo de obter mais dados que possam tornar os resultados mais relevantes científica e clinicamente. O desenvolvimento do estudo em cadáveres com esta ou outras metodologias demonstra relevância na ajuda da definição dos tratamentos cirúrgicos menos ambíguos para cada tipo de paciente. Sabendo a origem do problema, conseguiremos soluções mais eficazes para o mesmo.

Conclusões e perspectivas futuras

O nosso trabalho, apesar da pequena amostra, revelou a relevância que as estruturas anatómicas localizadas a nível da extremidade distal do primeiro raio ou que atuam ao nível da articulação metatarsofalângica do primeiro raio, o ligamento intermetatársico e a fásia plantar. Estes, quando comparados com as que atuam ao nível da extremidade proximal do primeiro metatársico e articulação cuneo-metatársica, têm uma maior relevância, na sua estabilidade e na falência da hiper mobilidade do primeiro raio. Os nossos resultados demonstram a pertinência e relevância que a nossa abordagem pode ter na compreensão da hiper mobilidade do primeiro raio, uma vez que se enquadra na literatura sobre o tema, abrindo desta forma portas para o impacto que outras estruturas, não tidas em conta antes, possam ter na etiologia do *hallux valgus*. O continuar do nosso estudo, com um maior número de cadáveres estudados, parece ser um caminho que levará à criação de dados sólidos científica e clinicamente, que tenham impacto na tomada de decisão diária e no tratamento do *hallux valgus*.

Sendo o *hallux valgus* uma patologia com uma grande prevalência e impacto na qualidade de vida dos doentes, os estudos realizados em cadáveres parecem ser de uma grande relevância para a compreensão e adoção de estratégias que possam resolver os problemas criados por esta deformidade. Os resultados do nosso trabalho questionam os protocolos de tratamento existentes, em particular quando falamos da realização artrodese cuneo-metatársica, tendo em conta o baixo impacto que a cápsula cuneo-metatársica teve na hiper mobilidade do primeiro raio. Abrem-se assim portas para um maior investimento futuro em estudos nesta temática que englobem a avaliação de cadáveres e uma metodologia semelhante que possam ter impacto na decisão clínica.

Referências bibliográficas

- Bednarz, P. A., & Manoli, A. (2000). Modified Lapidus procedure for the treatment of hypermobile hallux valgus. *Foot and Ankle International*, 21(10).
<https://doi.org/10.1177/107110070002101004>
- Bolgia, L. A., & Malone, T. R. (2004). Plantar Fasciitis and the Windlass Mechanism: A Biomechanical Link to Clinical Practice. *Journal of Athletic Training*, 39(1).
- Botte, M. J., Halikis, N., Gellman, H., Lenihan, M., Giordani, M., & Perry, J. (1987). Selective Tarsal Arthrodesis: An in Vitro Analysis of the Effect on Foot Motion. *Foot & Ankle International*, 8(3). <https://doi.org/10.1177/107110078700800302>
- Cornwall, M. W., Fishco, W. D., McPoil, T. G., Lane, C. R., O'Donnell, D., & Hunt, L. (2004). Reliability and validity of clinically assessing first-ray mobility of the foot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 94(5). <https://doi.org/10.7547/0940470>
- Coughlin, M. J., Grebing, B. R., & Jones, C. P. (2005). Arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint for idiopathic hallux valgus: Intermediate results. *Foot and Ankle International*, 26(10). <https://doi.org/10.1177/107110070502601001>
- Coughlin, M. J., Jones, C. P., Viladot, R., Glanó, P., Grebing, B. R., Kennedy, M. J., Shurnas, P. S., & Alvarez, F. (2004). Hallux valgus and first ray mobility: A cadaveric study. *Foot and Ankle International*, 25(8). <https://doi.org/10.1177/107110070402500805>
- Coughlin, M. J., & Shurnas, P. S. (2003). Hallux valgus in men part II: First ray mobility after bunionectomy and factors associated with hallux valgus deformity. *Foot and Ankle International*, 24(1). <https://doi.org/10.1177/107110070302400112>
- Doty, J. F., & Coughlin, M. J. (2013). Hallux valgus and hypermobility of the first ray: Facts and fiction. Em *International Orthopaedics* (Vol. 37, Número 9, pp. 1655–1660).
<https://doi.org/10.1007/s00264-013-1977-3>

- Eustace, S., Williamson, D., Wilson, M., O'Byrne, J., Bussolari, L., Thomas, M., Stephens, M., Stack, J., & Weissman, B. (1996). Tendon shift in hallux valgus: Observations at MR imaging. *Skeletal Radiology*, *25*(6). <https://doi.org/10.1007/s002560050128>
- Faber, F. W. M., Kleinrensink, G. J., Verhoog, M. W., Vijn, A. H., Snijders, C. J., Mulder, P. G. H., & Verhaar, J. A. N. (1999). Mobility of the First Tarsometatarsal Joint in Relation to Hallux Valgus Deformity: Anatomical and Biomechanical Aspects. *Foot and Ankle International*, *20*(10). <https://doi.org/10.1177/107110079902001007>
- Glasoe, W. M., Allen, M. K., Saltzman, C. L., Ludewig, P. M., & Sublett, S. H. (2002). Comparison of two methods used to assess first-ray mobility. *Foot and Ankle International*, *23*(3). <https://doi.org/10.1177/107110070202300310>
- Glasoe, W. M., Allen, M. K., & Yack, H. J. (1998). Measurement of dorsal mobility in the first ray: Elimination of fat pad compression as a variable. *Foot and Ankle International*, *19*(8). <https://doi.org/10.1177/107110079801900807>
- Glasoe, W. M., Yack, H. J., & Saltzman, C. L. (2000). The reliability and validity of a first ray measurement device. *Foot and Ankle International*, *21*(3). <https://doi.org/10.1177/107110070002100310>
- Grebing, B. R., & Coughlin, M. J. (sem data). *The Effect of Ankle Position on the Exam for First Ray Mobility*.
- Jackson, J. B., Kennedy, B., Deal, P., & Gonzalez, T. (2021). The Surgical Learning Curve for Modified Lapidus Procedure for Hallux Valgus Deformity. *Foot and Ankle Specialist*. <https://doi.org/10.1177/19386400211029148>
- J.H.Hicks. (2003). The Mechanics of the Foot. II. The Plantar Aponeurosis and the Arch. *Journal of Anatomy*, *88*, Part 1(5).
- Johnson, K. A., & Kile, T. A. (1994). Hallux valgus due to cuneiform-metatarsal instability. *Journal of the Southern Orthopaedic Association*, *3*(4).

- Kelikian, A. S. (2012). Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: Descriptive, topographic, functional: Third edition. Em *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle: Descriptive, Topographic, Functional: Third Edition*.
- Klaue, K., Hansen, S. T., & Masquelet, A. C. (1994). Clinical, quantitative assessment of first tarsometatarsal mobility in the sagittal plane and its relation to hallux valgus deformity. *Foot and Ankle International*, *15*(1), 9–13.
<https://doi.org/10.1177/107110079401500103>
- Lapidus, P. W. (1934). The operative correction of metatarsus varus primus in hallux valgus. Em *Surg Gynecol Obstet* (Vol. 58).
- LAPIDUS, P. W. (1956). A quarter of a century of experience with the operative correction of the metatarsus varus primus in hallux valgus. *Bulletin of the Hospital for Joint Diseases*, *17*(2).
- Manchanda, K., Ross, S. D. K., & Wukich, D. K. (sem data). *Chapter 10: Foot and Ankle Surgery BIOMECHANIC PRINCIPLES OF THE FOOT AND ANKLE*.
- McPoil. (2008). Heel pain - Plantar fasciitis (Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy (2008) (A4)). Em *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* (Vol. 38, Número 10).
- Michael J. Coughlin, R. B. A. (2014). *Mann's Surgery of the Foot and Ankle* (Elsevier, Ed.; 9th ed., pp. 156–307).
- MORTON, D. J. (1928). HYPERMOBILITY OF THE FIRST METATARSAL BONE: THE INTERLINKING FACTOR BETWEEN METATARSALGIA AND LONGITUDINAL ARCH STRAINS. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *10*(2).
- Myerson, M. (1990). Metatarsocuneiform arthrodesis for treatment of hallux valgus and metatarsus primus varus. Em *Orthopedics* (Vol. 13, Número 9).
<https://doi.org/10.3928/0147-7447-19900901-15>

- Myerson, M., Allon, S., & McGarvey, W. (1992). Metatarsocuneiform arthrodesis for management of hallux valgus and metatarsus primus varus. *Foot and Ankle*, 13(3). <https://doi.org/10.1177/107110079201300301>
- NADLER, S. F., & MALANGA, G. A. (2006). Introduction: An Evidence-based Approach to the Musculoskeletal Physical Examination. Em *Musculoskeletal Physical Examination*. <https://doi.org/10.1016/b978-1-56053-591-1.50008-1>
- Nix, S., Smith, M., & Vicenzino, B. (2010). Prevalence of hallux valgus in the general population: A systematic review and meta-analysis. Em *Journal of Foot and Ankle Research* (Vol. 3, Número 1). <https://doi.org/10.1186/1757-1146-3-21>
- Perera, A. M., Mason, L., & Stephens, M. M. (2011). The pathogenesis of hallux valgus. Em *Journal of Bone and Joint Surgery* (Vol. 93, Número 17, pp. 1650–1661). Journal of Bone and Joint Surgery Inc. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01630>
- Roukis, T. S., & Landsman, A. S. (2003). Hypermobility of the first ray: A critical review of the literature. Em *Journal of Foot and Ankle Surgery* (Vol. 42, Número 6). <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2003.09.010>
- Smith, B. W., & Coughlin, M. J. (2009). Treatment of Hallux Valgus with Increased Distal Metatarsal Articular Angle: Use of Double and Triple Osteotomies. *Foot and Ankle Clinics*, 14(3), 369–382. <https://doi.org/10.1016/J.FCL.2009.03.005>
- Standring, S. (2016). Gray's Anatomy 41th edition. Em *Elsevier*.
- The Human Foot: Its Evolution, Physiology, and Functional Disorders
The Human Foot: Its Evolution, Physiology, and Functional Disorders. By Morton Dudley J., Associate Professor of Anatomy, College of Physicians and Surgeons, Columbia University. A volume of 244 pages with 100 illustrations. Published by Columbia University Press, 2060 Broadway, New York City, 1935. Price: \$3.00. (1936). *Radiology*, 26(2). <https://doi.org/10.1148/26.2.249>

Wilson, D. W. (1980). Treatment of hallux valgus and bunions. *British Journal of Hospital Medicine*, 24(6).