

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ**  
**ESCOLA POLITÉCNICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE TECNOLOGIA EM SAÚDE**

**NOVA ÓRTESE ARTICULADA PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DE  
PACIENTES COM PÉ EQUINO**

**CURITIBA**

**2013**

**GISELLE ABAGGE LUZZI**

**NOVA ÓRTESE ARTICULADA PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DE  
PACIENTES COM PÉ EQUINO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Tecnologia em Saúde, da Escola Politécnica, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Tecnologia em Saúde.

Orientadora: **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Beatriz L. Fernandes**

**CURITIBA**

**2013**



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Escola Politécnica  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde

**ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

**DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 168**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: BIOENGENHARIA**

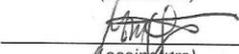
Aos 28 dias do mês de fevereiro de 2013, no auditório Maria Montessori, realizou-se a sessão pública de Defesa da Dissertação "**Nova Órtese Articulada para Auxílio na Reabilitação de Pacientes com Pé Equino**", apresentada pela aluna **Giselle Abagge Luzzi**, sob orientação da Profª. Drª. **Beatriz Luci Fernandes**, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Tecnologia em Saúde**, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

**Profª. Drª. Beatriz Luci Fernandes,**  
PUCPR (Orientadora e presidente)

  
(assinatura)

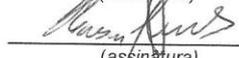
APROVADO  
(Aprov/Reprov.)

**Prof. Dr. Munir Antonio Gariba,**  
PUCPR (Examinador)

  
(assinatura)

APROVADO  
(Aprov/Reprov.)

**Prof. Dr. Julio Cesar Fernandes,**  
Universit  de Montr al (Examinador)

  
(assinatura)

APROVADO  
(Aprov/Reprov.)

Inicio: 9:00h T rmino: 10:55h

Conforme as normas regimentais do PPGTS e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado APROVADO (aprovado/reprovado), segundo avalia o da maioria dos membros desta Banca Examinadora.

Observa es: CORRE ES E SUGEST ES DA BANCA

O aluno est  ciente que a homologa o deste resultado est  condicionada: (I) ao cumprimento integral das solicita es da Banca Examinadora, que determina um prazo de 60 dias para o cumprimento dos requisitos; (II) entrega da disserta o em conformidade com as normas especificadas no Regulamento do PPGTS/PUCPR; (III) entrega da documenta o necess ria para elabora o do Diploma.

ALUNA: Giselle Abagge Luzzi   
(assinatura)

Profª. Drª. Marcia Regina Cubas  
Coordenadora do PPGTS PUCPR



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer inicialmente ao Programa de Pós-Graduação de Tecnologia em Saúde da PUC – PR, especialmente ao Professor Doutor Munir Antônio Gariba, pela oportunidade de interação com áreas do conhecimento que se mostraram indispensáveis para o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço também a minha orientadora, a Professora Doutora Beatriz Luci Fernandes, por todos os momentos intensos de reflexão e esforço para transformar uma idéia em realidade.

Especialmente agradeço também ao Engenheiro e Mestre Carlos Roberto Fernandes, um entusiasta e empenhado companheiro que não mediu esforços para auxiliar a qualquer hora.

Agradeço a minha família pela paciência nas horas de ausência.

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de auxiliar as pessoas.

## RESUMO

Deformidade em pé em equino acarreta no abaixamento da porção anterior do pé e elevação da porção posterior e as causas desta deformidade podem ser congênitas ou adquiridas. Estudos apontam maior eficácia no alongamento mecânico prolongado de baixa intensidade utilizando órteses, do que no alongamento passivo manual, com mesma duração, em pacientes com contraturas articulares. No entanto, as órteses existentes não se adaptam em pés com deformidades. Portanto, o objetivo geral deste trabalho é projetar, fabricar e avaliar uma órtese articulada para auxílio na reabilitação de pacientes com deformidades do pé em equino. Os materiais selecionados para a construção da órtese foram o polietileno de ultra alto peso molecular, UHMWPE, e aço inoxidável 316L. Para o projeto da órtese foi considerado um sistema com múltiplos centros de rotação ajustáveis respeitando o eixo de movimento do tornozelo. Os protótipos foram avaliados em situações clínicas reais. Participaram do estudo 8 pessoas em tratamento de reconstrução e alongamento ósseo. Para avaliação, foi utilizado um Goniômetro universal para mensuração de amplitude articular avaliando, desta maneira, a amplitude de movimento de dorsiflexão ativa e passiva do tornozelo. A mensuração foi comparada nos pacientes que utilizaram e os que não utilizaram a órtese proposta neste estudo. A órtese desenvolvida foi do tipo “híbrida”, em aço 316L e UHMWPE, por proporcionar leveza e resistência mecânica adequada. Para fixação da órtese à perna e ao pé foram utilizadas fitas com velcro. Para fornecer maior conforto aos pacientes, as hastes foram forradas com espuma e no suporte do pé foi encaixada a base de uma sandália de borracha. Comparando os pacientes que utilizaram a órtese com os que não a utilizaram, observou-se que os resultados nos primeiros surpreenderam, revertendo casos que tendiam a ser irreversíveis, evitando novos procedimentos cirúrgicos e diminuindo o tempo de tratamento dos pacientes, enquanto que, nos pacientes que não utilizaram a órtese os resultados foram os esperados como descritos na literatura, sendo que, dois destes necessitaram de procedimentos cirúrgicos para correção de deformidade em equino. Concluindo, os pacientes que usaram esta nova órtese, apresentaram tendência a resultados clínicos superiores em relação aos pacientes que receberam tratamentos convencionais, em um período mais curto de tempo e evitando novas intervenções cirúrgicas.

**Palavras chave:** Órtese universal, Alongamento ósseo, Deformidade do pé, Reabilitação.

## **ABSTRACT**

Equine foot deformity leads to anterior part of foot positioned plantarly and posterior foot in elevation. Etiology can be congenital or acquired. Studies found better efficiency in low intensity mechanical stretching using orthosis, than manual passive stretching, during the same time of treatment in patients with joint contractures. Existing orthosis cannot be adapted in deformed feet. Therefore, the aim of this work is to project, to manufacture, and to evaluate an articulated orthosis that helps patients to correct equine foot deformity during their rehabilitation/physical therapy programs. The material selected to manufacture the orthosis were Ultra High Molecular Weight Polyethylene, UHMWPE, and stainless steel 316L. For the project was considered the development of a system with multiples and adjustable centers of rotation respecting the average ankle rotation axis. Prototypes were evaluated in real clinical situations. Eight subjects participated in this study that were on treatment due equine foot. Range of motion measurements were made with a universal goniometer. Values of maximal dorsal and plantar mobility, active and passive, were recorded. Half of subjects used an orthosis and half did not. Values obtained during their treatment were compared between groups. The orthosis developed was hybrid, using stainless steel and UHMWPE, by providing mechanical resistance and lightness. To stabilize this orthosis in leg and foot, were used velcro strips and to promote additional comfort for patients, medial and lateral support bars were covered with foam and a rubber sandal was adapted to the orthosis foot base. Results observed in all subjects that did not use the orthosis was the same as founded in literature. In this group, two patients needed additional surgeries to reach the desired correction. For all subjects that used the orthosis, results were surprisingly better, because it could reverse deformity with formal surgical indication, avoiding new surgeries and decreasing treatment time. The subjects that used the orthosis proposed in this study, had faster and bigger increase of ankle range of motion when compared with patients that did not use it. In conclusion, subjects that used this new orthosis presented a tendency for better clinical results compared to patients receiving conventional treatment, in a shorter period of time, and in some cases avoid new surgeries.

**Key words:** Universal orthosis, Bone Lengthening, Foot deformities, Rehabilitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Divisões anatômicas do pé.....	12
Figura 2– Articulações tonozelo/pé.....	12
Figura 3– Ligamentos que dão estabilidade ao tornozelo .....	13
Figura 4 – Graus de mobilidade das articulações do pé e tornozelo: (a) vista lateral, (b) vista anterior, (c) vista inferior .....	14
Figura 5– Pronação-supinação. Se a região plantar tender a virar para fora, o pé se coloca em valgo, se para dentro, se coloca em varo.....	14
Figura 6 - Vista anterior do tornozelo, mostrando o posicionamento dos maléolos .....	15
Figura 7 – Obliquidade do eixo do tornozelo na rotação do pé no plano horizontal.....	15
Figura 8 – Flexões do pé que causam rotação horizontal da perna .....	16
Figura 9 – O eixo de movimento do pé é uma linha entre .....	16
Figura 10 - Sistemas responsáveis pela manutenção da posição do calcânhar no sentido frontal .....	17
Figura 11 - Sistema calcaneoquileo plantar.....	17
Figura 12 - Diagrama mostrando a porção distal da tíbia e o tornozelo.....	18
Figura 13– (a) Localização da articulação subtalar ou talocalcânea; (b) detalhes da articulação subtalar e talocalcânea navicular.....	18
Figura 14 – Variação do movimento do pé em relação ao eixo da articulação subtalar: (A) desvio máximo de 23° em relação à linha mediana e (B) desvio máximo de 42° em relação ao plano horizontal.....	19
Figura 15– Goniômetro universal utilizado nas medições de amplitude de movimento.....	20
Figura 16 - Sequência das fases do alongamento por calotase.....	21
Figura 17 - Posição anatômica da tíbia e da fíbula.....	23
Figura 18 – Músculo triceps sural da tíbia .....	24
Figura 19 – Vista lateral da tíbia mostrando o tendão de Aquiles e os músculos associados (gastrocnêmios e sóleo): (A) anterior ao alongamento; (B) depois do alongamento ideal (o músculo é alongado à medida que o osso é estendido); (C) contratura de joelho: ocorre quando o joelho não é mantido em extensão durante o alongamento ósseo; (D) contratura em equino: ocorre quando a dorsiflexão não é mantida durante o alongamento .....	25
Figura 20 – Alongamento passivo do gastrocnêmio .....	26
Figura 21 – Órtese desenvolvida por Ilizarov .....	26
Figura 22 – Deformidades do pé: (a) pé varo; (b) pé valgo; (c) pé equino; (d) pé talo cavo .....	27
Figura 23 – Terminações musculares nos dedos: (A) no pé normal; (B) no pé cavo;.....	28
Figura 24 – Retração do sistema calcaneoquileoplantar .....	28

Figura 25 – (a) vista posterior: equino e varo do retropé, supinação do antepé e cavo do médio pé, (b) vista anterior: adução do antepé.....	29
Figura 26 – Deformidade em equino causada pela doença de Charcot-Marie Tooth .....	30
Figura 27 – Exemplo de órtese para correção de pé equino cavo .....	32
Figura 28 – Órtese de metatarso varo para crianças.....	32
Figura 29 – Órtese regulável para imobilização articular e estabilização: ligamentar do joelho	33
Figura 30 – Vista frontal do tornozelo, mostrando as relações e valores do eixo de rotação do tornozelo e o eixo da tíbia e articulação tibiotársica. O eixo do tálus é coincidente com o topo dos maléolos medial e lateral. As flechas indicam o grau de liberdade vertical de um tornozelo normal .....	35
Figura 31 – Representação esquemática da porção plantar da órtese, com vistas em perfil (cavo, neutro e dorsiflexão), plantar (aduto, neutro e abduto) e frontal (pronado, neutro e supinado). As placas da esquerda representam o retropé e as da direita o antepé, unidas por uma barra.....	36
Figura 32 – Projeto da órtese, em SolidWorks: (a) vista oblíqua, (b) vista lateral e (c) vista posterior. A: hastes laterais para fixação da órtese à perna; B: placa posterior; C: placa anterior; D: articulação entre as placas posterior e anterior; E: haste para fixação do pé à placa anterior e à perna; F: dobradiças laterais.....	36
Figura 33 – (a) Posicionamento inicial do goniômetro: linha mediana do braço fixo do goniômetro (A) sobre a linha da fíbula e a linha externa do braço móvel (B) posicionado sobre a cabeça do quinto metatarsal; (b) Reposicionamento do goniômetro com o eixo na região inframaleolar e o braço móvel (B) permanecendo paralelo à linha do quinto metatarsal. ....	39
Figura 34 – Esquema da medição da amplitude de movimento usando o goniometro universal	39
Figura 35 – Órtese confeccionada em aço inox 316L para pé direito e pé esquerdo: (a) vista frontal, (b) detalhamento do sistema de fixação entre a placa anterior e a posterior, A, que permite movimentos independentes entre as mesmas e ajuste de distância para melhor adaptação à anatomia do paciente. B: sistema de rosca e dobradiça que permite ajuste de altura e ângulo. C: passadores de cinta para fixação da órtese na perna do paciente. ....	41
Figura 36 – Órtese confeccionada parcialmente em aço inox 316L e parcialmente em UHMWPE.....	42
Figura 37 – Órtese “híbrida” com os revestimentos de espuma nas hastes, as cintas com velcro para fixação e a base de sandália para melhor conforto para o paciente.....	42
Figura 38 – O sistema de dobradiça da órtese permite vários graus de mobilidade.....	43
Figura 39 - Vista frontal da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem as adaptações às deformidades ilustradas à direita.....	44
Figura 40 - Vista lateral da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem ajustes das hastes à anatomia do paciente (maléolos) e ajustes da base posterior para adaptações às deformidades ilustradas à direita. ....	44

Figura 41 - Vista superior da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem as adaptações às posições ilustradas à direita. ....	45
Figura 42 – Órtese instalada no paciente A. (a) a órtese permite o ajuste das cintas pelo próprio paciente, caso sinta desconforto pelo excesso de pressão, (b) a órtese (A) pode ser usada simultaneamente com o fixador externo (B) sem que a reabilitação seja prejudicada ou cause desconforto do paciente.....	56
Figura 43 - Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente A. ....	57
Figura 44 - Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente E. ....	59
Figura 45 – Órtese instalada no paciente B. (a) vista lateral, a órtese permite ajustes que mantém o conforto, mesmo em pé com edema como o apresentado pelo paciente (b) vista anterior. ....	60
Figura 46– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente B. ....	61
Figura 47 – Representação gráfica dos resultados da goniometria realizada no paciente F. ....	63
Figura 48 – Órtese instalada no paciente C. (a) vista lateral, (b) vista posterior.....	65
Figura 49– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente C.. ....	66
Figura 50– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente G. ....	67
Figura 51 – Órtese instalada no paciente D com fixador externo. (a) vista lateral, (b) vista anterior .....	69
Figura 52- Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente D. ....	70
Figura 53 – Representação gráfica dos resultados da goniometria realizada no paciente H.....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades dos materiais utilizados no projeto da órtese .....	34
Quadro 2 - Pacientes, diagnóstico e medidas durante a reabilitação usando a órtese. ....	48
Quadro 3 - Medidas dos casos clínicos usando a órtese.....	50
Quadro 4 - Pacientes, diagnóstico e medidas durante a reabilitação sem o uso da órtese (dados de prontuários). ....	53
Quadro 5 - Medidas extraídas dos prontuários de pacientes que não usaram a órtese durante a fisioterapia.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA ENVOLVIDA NO PÉ E TORNOZELO .....	11
3.2 MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO .....	19
3.3 ALONGAMENTO ÓSSEO .....	20
<b>3.3.1 Complicações pós-cirúrgicas do alongamento ósseo de tíbia</b> .....	<b>22</b>
3.4 CAUSAS DE PÉ EQUINO .....	30
3.5 DISPOSITIVOS ATUAIS DE REABILITAÇÃO .....	31
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
4.1 DESENVOLVIMENTO DA ÓRTESE .....	34
4.2 AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DA ÓRTESE .....	37
<b>4.2.1 Seleção dos participantes</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2.2 Coleta de dados</b> .....	<b>38</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>41</b>
5.1 DESENVOLVIMENTO DA ÓRTESE .....	41
5.2 PACIENTES QUE USARAM A ÓRTESE .....	45
5.3 PACIENTES QUE NÃO UTILIZARAM A ÓRTESE .....	51
5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS PACIENTES QUE USARAM ÓRTESE E OS PACIENTES QUE NÃO A USARAM .....	55
<b>5.4.1 Comparação entre o paciente A (participante) e E (prontuário)</b> .....	<b>55</b>
<b>5.4.2 Comparação entre o paciente B (participante) e F (prontuário)</b> .....	<b>60</b>
<b>5.4.3 Comparação entre o paciente C (participante) e G (prontuário)</b> .....	<b>64</b>
<b>5.4.4 Comparação entre o paciente D (participante) e H (prontuário)</b> .....	<b>68</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>
<b>APÊNDICE A – PROTOCOLO DE APROVAÇÃO DO CEP-PUCPR</b> .....	<b>79</b>
<b>APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>80</b>
<b>APÊNDICE C: AUTORIZAÇÃO</b> .....	<b>82</b>
<b>APÊNDICE D: TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS</b> .....	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A deformidade do pé em equino é caracterizada pelo abaixamento da porção anterior do pé e elevação da porção posterior (VILADOT, 2003). Esta deformidade impossibilita a manutenção do pé em posição plantígrada, especialmente durante a marcha. As causas do equinismo nos seres humanos podem ser congênicas ou adquiridas. Dentre as adquiridas destacam-se as pós-traumáticas, algumas doenças neurológicas e o associado a alongamento ósseo cirúrgico.

A poliomielite é uma das causas de discrepâncias de membros inferiores, e pode estar associada com paralisia flácida que afeta, com frequência, os membros inferiores. O alongamento ósseo de tíbia em pacientes com poliomielite pode trazer algumas complicações como retardo na consolidação óssea e contratura em equino (KHALED; KHAMES, 2008).

A tíbia está, geralmente, envolvida nos casos de discrepância de membros causada por trauma, sendo o osso longo mais acometido nas fraturas expostas com perda de segmento ósseo, principalmente devido a acidentes automobilísticos. Por isso, existe a tendência dos estudos se concentrarem nas fraturas expostas da tíbia (ALITO; SANTIAGO, 2010).

Fratura em tíbia pode causar síndrome compartimental e o atraso no diagnóstico e tratamento desta síndrome pode causar contraturas em equino, infecções, amputação e até morte. Quando necróticos, os músculos e nervos não se regeneram o que pode resultar em deficiência permanente (JANZING; BROOS, 2001).

A deformidade em equino varo é um dos padrões de pacientes com “Charcot-Marie-Tooth” e esta deformidade tende a ser pior quando a doença é severa (CHO et al., 2011).

A desigualdade longitudinal dos membros inferiores é um dos fatores de sobrecarga para a coluna, além de implicar em prejuízos estéticos. Os métodos disponíveis para projeção do final do crescimento da criança tornam factíveis os planejamentos das equalizações, quer sejam mediante a epifisiodesse (bloqueio da placa de crescimento) do membro são ou através do alongamento ósseo do membro afetado (SANTILI, 1998).

As discrepâncias podem ser corrigidas de maneira conservadora como, por exemplo, o uso de palmilhas ou através de cirurgias para alongamento do membro

afetado ou, ainda, pelo encurtamento do membro contralateral. O alongamento do membro é, tradicionalmente, indicado para discrepâncias de membro igual ou acima de 5 cm (STANITSKI, 1994).

Disfunções temporárias de partes moles são comuns nos pacientes submetidos ao alongamento ósseo. Contraturas musculares, hipotrofia muscular, contratura articular, lesões nervosas e subluxação articular podem se tornar permanentes se o paciente não realizar reabilitação fisioterápica individualizada, intensa e agressiva. No alongamento ósseo de tíbia é indicado que o paciente permaneça na posição de extensão de joelho e dorsiflexão de tornozelo. Contraturas musculares em equino dos pés com flexão dos joelhos e redução da amplitude de movimento são as complicações mais comuns durante o alongamento ósseo (BHAVE, 1997; MOTMANS; LAMMENS, 2008; CATAGNI et al., 2010).

Os dispositivos de alongamento muscular mecânicos como órteses, por exemplo, aplicam uma força de alongamento de intensidade muito baixa por um tempo prolongado para criar uma deformação plástica (alongamento) dos tecidos. Períodos mais longos de alongamento são necessários para pacientes com contraturas crônicas. Estudos apontam maior eficácia no alongamento mecânico prolongado de baixa intensidade do que no alongamento passivo manual, com mesma duração, em pacientes com contraturas articulares, mostrando a importância do alongamento muscular mecânico durante e após os alongamentos ósseos (KISNER; COLBY, 2005).

No entanto, as órteses existentes atualmente para promover o alongamento muscular mecânico foram projetadas para adaptação em pés sem deformidades complexas e, portanto, são deficitárias para vários pacientes, pois não auxiliam na correção de eventual varismo nem tracionam o tornozelo para promover flexibilidade no tendão de Aquiles.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi desenvolver, fabricar e avaliar uma órtese para ser usada na prevenção e no auxílio da correção de deformidades em equino, decorrentes de intervenções cirúrgicas para alongamento do tendão de Aquiles. A intenção é que esta órtese também possa ser utilizada em pacientes com deformidades no pé, auxiliando na correção para melhora da amplitude de movimento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e avaliar uma nova órtese articulada para auxílio na reabilitação de pacientes com tendência ou com pé em equino.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) elaborar projeto de órtese articulada para pacientes com tendência ou com equino, com base em dados clínicos e na biomecânica do pé e tornozelo;
- b) fabricar órtese articulada para pacientes com tendência ou com equino, de acordo com os elementos do projeto, utilizando materiais biocompatíveis e que forneçam resistência mecânica adequada aliada à leveza;
- c) avaliar a eficácia da órtese na reabilitação do pé equino em pacientes, comparando resultados dos dados clínicos de pacientes que utilizaram a órtese com os resultados dos dados clínicos de pacientes que foram submetidos ao tratamento convencional com o mesmo propósito.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA ENVOLVIDA NO PÉ E TORNOZELO

Durante a evolução biológica, o homem foi o único animal que adquiriu a bipedestação e posteriormente, a postura ortostática e locomoção. Nesse contexto, para que haja bipedia, algumas estruturas trabalham em constante interação, sendo o pé uma das principais (RODRIGUEZ et al., 1998).

O pé assume funções muito importantes, como sustentação corporal, manutenção do equilíbrio e postura durante a locomoção, conferindo estabilidade na postura estática e assegurando a locomoção (RODRIGUEZ et al., 1998). Assume, também, uma parte do controle antigravitacional e propriocepção (TRIBASTONE, 2001), além de ser responsável pela transmissão das forças de propulsão do solo (SMITH; WEISS; LEHMKUHL, 1997).

Segundo Tribastone (2001) o pé é uma estrutura tridimensional com função motora, sensorial, amortecedora e reflexógena que apresenta uma linha mediana curvilínea de concavidade medial, a qual assegura a sustentação de carga. Considerando um pé fisiológico para um indivíduo de 60 kg, a pressão exercida é de, aproximadamente,  $1 \text{ kg/cm}^2$ , porém para um pé não fisiológico este valor varia entre 4 e  $8 \text{ kg/cm}^2$ .

A estrutura do pé é composta por 26 ossos: sete ossos tarsais que compõem o retro e o médio-pé (tálus, calcâneo, navicular, cubóide e três cuneiformes), 5 ossos metatarsais e 14 nas falanges, que compõem o antepé (ANDREWS; HARRELSON; WILK, 2000), figura 1. As articulações presentes no complexo tornozelo/pé (figura 2) são talocrural, tibiofibulares proximal e distal, subtalar (talocalcânea), transversa do tarso (mediotarsiana), tarsometatarsianas, metatarsofalangeanas e interfalangeanas (NORKIN; WHITE, 1997).

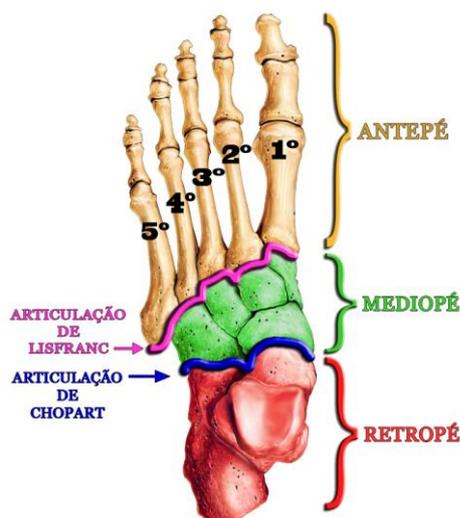


Figura 1– Divisões anatômicas do pé (MAFFI, 2010).

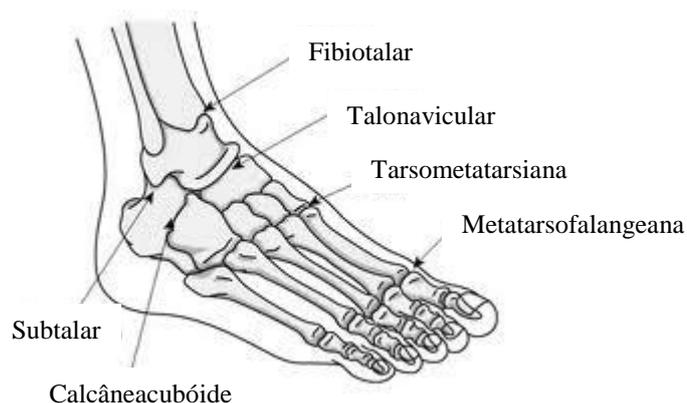


Figura 2– Articulações tonozelo/pé (Adaptado de ORTHOPOD, 2009).

As cápsulas e ligamentos fornecem sustentação das forças durante a estática e dinâmica. Quando as forças são maiores que a resistência dessas estruturas os grupos musculares extrínsecos e intrínsecos intervêm, contribuindo para que o arranjo estrutural e funcional seja mantido (NORKIN; LEVANGIE, 2001).

Segundo Kapandji (2000), a estrutura da planta do pé é definida como sendo uma abóbada plantar sustentada por três arcos, que tem três pontos de apoio: cabeça do 1° osso metatarso, cabeça do 5° osso metatarso e as tuberosidades posteriores do calcâneo. O arco interno se estende do calcanhar ao 1° metatarso; o arco externo do calcanhar ao 5° metatarso e arco anterior do 1° ao 5° metatarso. A função destes arcos é amortecer as forças em compressão, transferência de forças e adaptação a qualquer

irregularidade, tanto na posição ortostática quanto durante a marcha. Entretanto, há divergências quanto à presença e função dos arcos. A presença ou ausência do arco transversal na cabeça dos metatarsos na posição ereta sempre foi muito discutida. Este mesmo autor sugere que o arco anterior desaparece sob carga e todas as cabeças dos metatarsos entram em contato com o solo, recebendo diversas pressões.

Durante a marcha o pé desempenha quatro funções biomecânicas fundamentais: a) acomodar as irregularidades do solo, mantendo o equilíbrio; b) absorver impactos, bem como o peso corporal; c) transmitir forças e preparar o movimento seguinte; d) propriocepção (SMITH; WEISS; LEHMKUHL, 1997; NORKIN; WHITE, 1997).

A tíbia e a fíbula formam a estrutura esquelética da perna. Estes ossos são mantidos juntos por uma membrana interóssea ao longo do corpo dos ossos, por ligamentos tibiofibulares que mantêm a articulação distal unida e por uma cápsula forte que envolve a articulação tibiofibular proximal (KISNER; COLBY, 2005). A figura 3 ilustra os ligamentos que estabilizam lateralmente o tornozelo e a figura 4 mostra os graus de mobilidade da articulação do tornozelo.

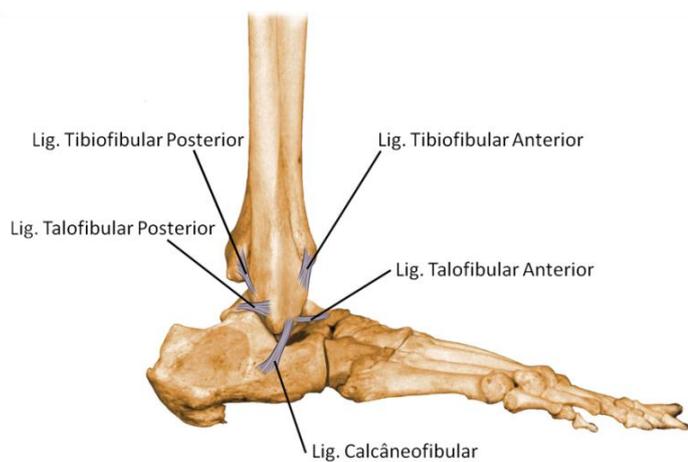


Figura 3– Ligamentos que dão estabilidade ao tornozelo (MAFFI, 2010).

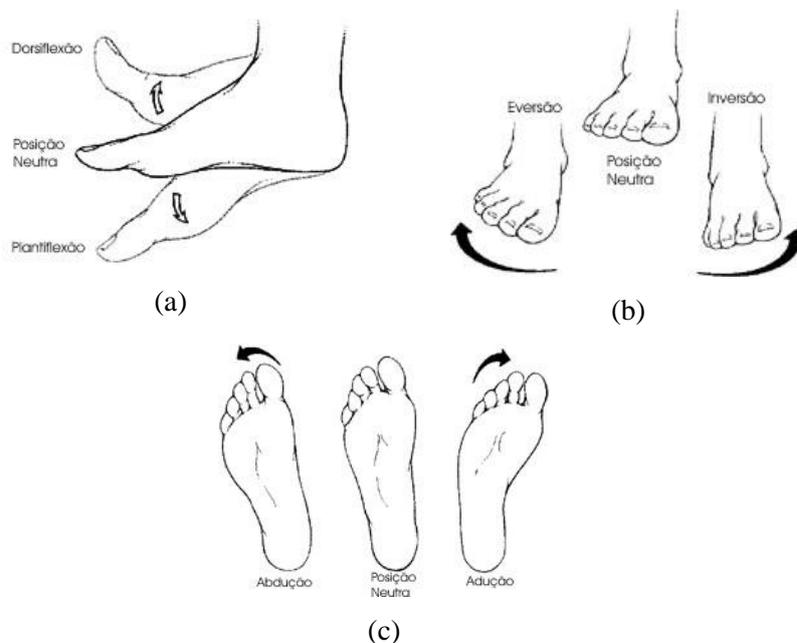


Figura 4 – Graus de mobilidade das articulações do pé e tornozelo: (a) vista lateral, (b) vista anterior, (c) vista inferior (BIOMECÂNICA ONLINE, 2004)

No movimento de plantiflexão baixa-se a porção anterior e eleva-se a posterior: o pé se coloca em equino. Na dorsiflexão a porção anterior sobe e o calcanhar baixa: o pé adota a posição de tálus. A rotação interna (adução) e rotação externa (abdução) ocorrem conforme a ponta do pé se dirija para dentro ou para fora do eixo médio do corpo, respectivamente, como ilustra a figura 5 (VILADOT, 2003).

A mobilidade de plantiflexão e dorsiflexão do pé é produzida, principalmente, no nível da articulação tibiofibular e a considerada normal é de, aproximadamente, 40° de plantiflexão e de aproximadamente 30° de dorsiflexão (VILADOT, 2003)

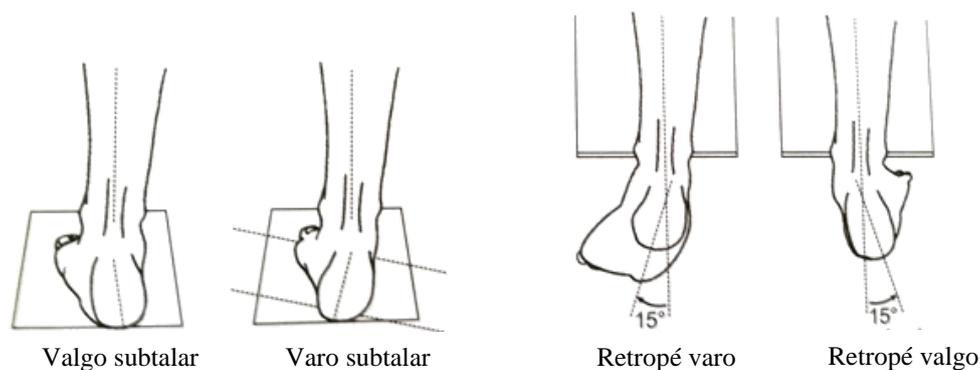


Figura 5– Pronação-supinação. Se a região plantar tender a virar para fora, o pé se coloca em valgo, se para dentro, se coloca em varo (Adaptado de VILADOT, 2003).

A fíbula forma o maléolo lateral e a tibia forma o maléolo medial, como mostra a figura 6.

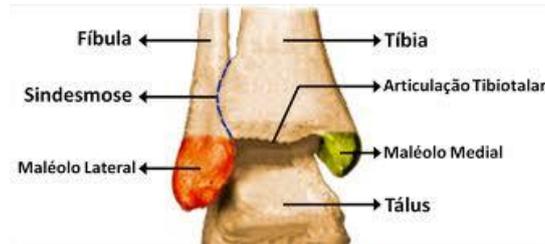


Figura 6 - Vista anterior do tornozelo, mostrando o posicionamento dos maléolos (MAFFI, 2010).

O eixo de rotação do tornozelo, em geral, é coincidente com o ápice dos maléolos lateral e medial. Com o pé no solo, a plantiflexão e a dorsiflexão do tornozelo produz rotação horizontal da perna devido à obliquidade do eixo do tornozelo. A obliquidade do eixo do tornozelo impõe, em seguida, uma rotação interna da perna. O montante da rotação irá variar com a obliquidade do eixo do tornozelo e o montante da dorsiflexão e plantiflexão como ilustram as figuras 7 e 8 (MANN et al., 1993).

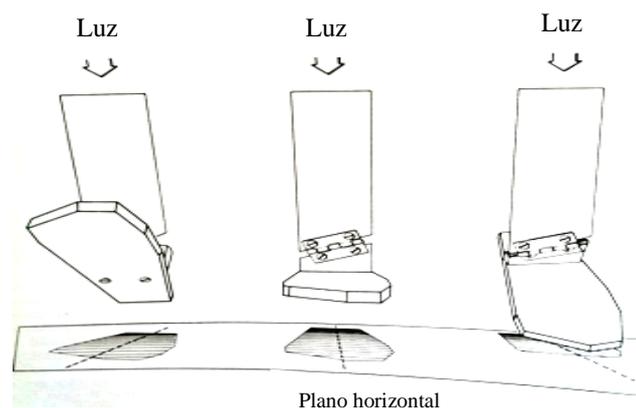


Figura 7 – Obliquidade do eixo do tornozelo na rotação do pé no plano horizontal durante a dorsiflexão e a plantiflexão, com a perna fixa no espaço e o pé livre (Adaptado de MANN et al., 1993).

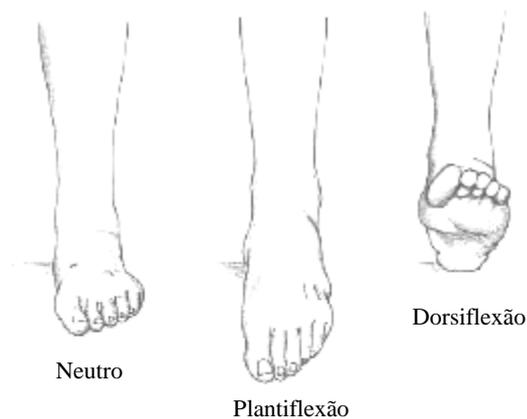


Figura 8 – Flexões do pé que causam rotação horizontal da perna (ORTHOTEERS, 2006).

No tornozelo, as dobradiças de um fixador externo são colocadas numa posição coincidente com uma linha imaginária que vai da ponta do maléolo medial ao lateral, como mostra a figura 9 (BAIÃO, 2010).



Figura 9 – O eixo de movimento do pé é uma linha entre o maléolo medial e o lateral (ORTHOTEERS, 2006).

A manutenção da posição do calcânar no sentido frontal ocorre devido ao maléolo fibular que está posicionado na parte externa do tálus impedindo o valgo do mesmo, ao sistema do sustentáculo do tálus que mantém a faceta articular ântero-interna, e aos ligamentos, figura 10 (VILADOT, 2003).

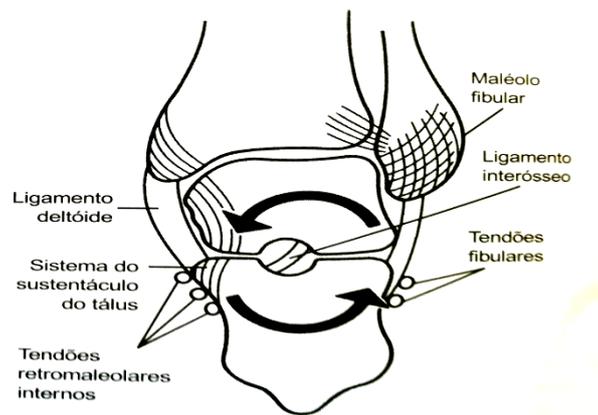


Figura 10 - Sistemas responsáveis pela manutenção da posição do calcâneo no sentido frontal (VILADOT, 2003).

A estabilidade do tarso posterior se mantém graças ao sistema calcâneo-aquileo plantar, figura 11. Este sistema constitui uma unidade funcional que serve para colocar o pé na posição de ponta que é básica na fase de deslocamento da marcha normal (VILADOT, 2003).

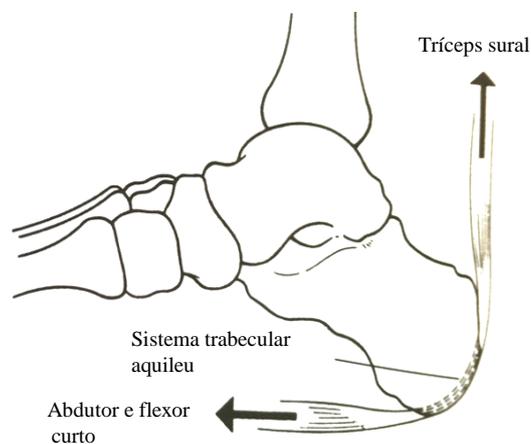


Figura 11 - Sistema calcâneo-aquileo plantar (Adaptado de VILADOT, 2003).

No plano coronal, que divide o pé em porção anterior e posterior, o ângulo  $\gamma$ , entre a linha articular da tíbia distal e o eixo anatômico da tíbia, mostrado na figura 12, pode variar de  $88^\circ$  a  $100^\circ$  (MANN et al., 1993).

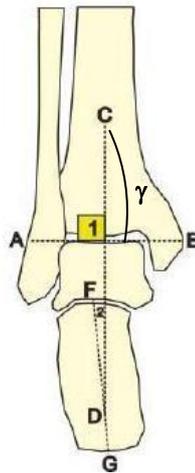


Figura 12 - Diagrama mostrando a porção distal da tíbia e o tornozelo: linha da articulação do tornozelo AB; eixo anatômico da tíbia CD; eixo do calcâneo FG; ângulo entre o eixo da tíbia e a linha de articulação do tornozelo,  $\gamma$ ; ângulo calcaneotibial,  $x$  (SHALABY e HEFNY, 2007).

A articulação subtalar está localizada entre a superfície inferior do tálus e a superfície superior do calcâneo, figura 13, e possui um único eixo que atua como uma dobradiça. A figura 14 mostra o ângulo de desvio máximo de  $42^\circ$  do eixo da articulação subtalar em relação ao plano horizontal de  $23^\circ$  deste em relação à linha mediana (MANN et al., 1993).

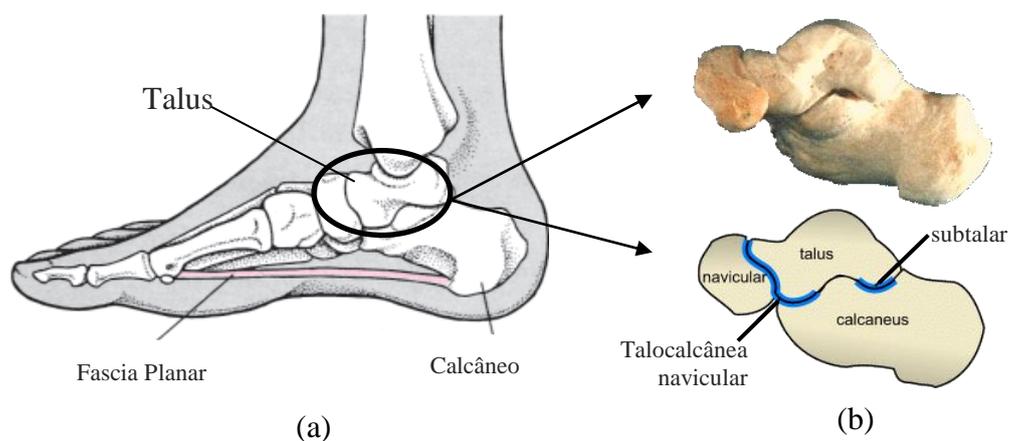


Figura 13– (a) Localização da articulação subtalar ou talocalcânea; (b) detalhes da articulação subtalar e talocalcânea navicular (Adaptado de NEVES, 2010 e ClydeNET, 2010)

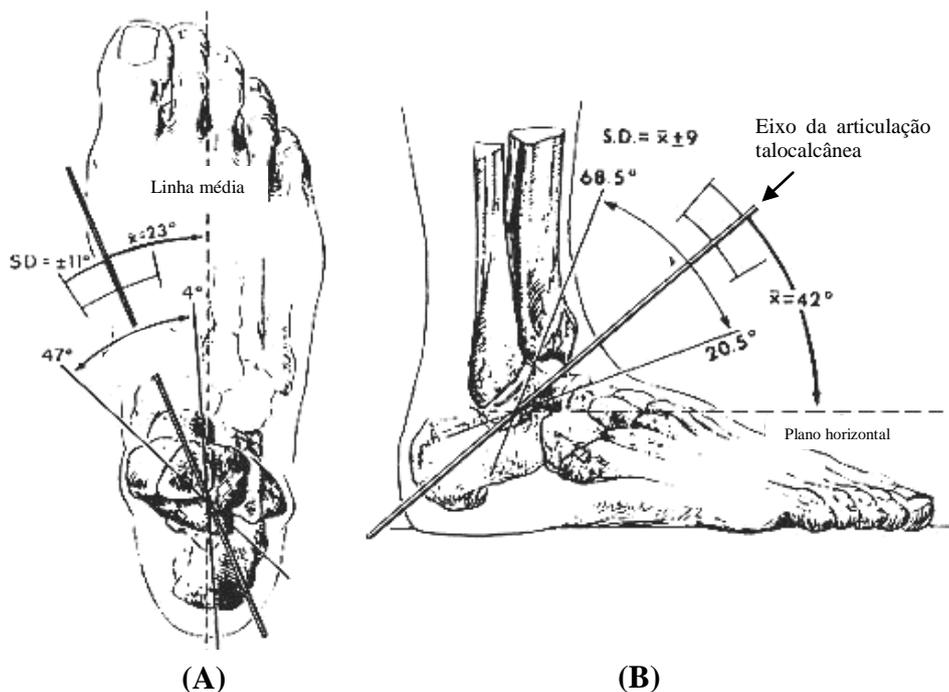


Figura 14 – Variação do movimento do pé em relação ao eixo da articulação subtalar: (A) desvio máximo de  $23^\circ$  em relação à linha mediana e (B) desvio máximo de  $42^\circ$  em relação ao plano horizontal (Adaptado de ORTHOTEERS, 2006).

### 3.2 MENSURAÇÃO DA AMPLITUDE DE MOVIMENTO

A medida da amplitude de movimento de uma articulação é um parâmetro importante e determinante utilizado na avaliação e no acompanhamento fisioterápico. Muitas vezes, a avaliação da amplitude de movimento permite aos profissionais acompanhar de modo quantitativo a eficácia das intervenções terapêuticas durante a reabilitação, participando também da definição da propedêutica e do prognóstico de um indivíduo submetido à fisioterapia (PORTNEY et al., 2000).

O método de mensuração da amplitude de movimento (ADM) mais utilizado na prática clínica é a goniometria (medida de ângulos) (ALLINGER; ENGSBERG, 1993). Existem diferentes instrumentos para avaliar essas medidas como o goniômetro fluido, o eletrogoniômetro e o goniômetro universal (GOGIA et al., 1987).

O goniômetro universal, figura 15, é o instrumento mais utilizado na prática clínica (BROSSEAU et al., 2001; ANDRADE et al., 2003). Este instrumento apresenta vantagens quanto à facilidade de aplicação e ao baixo custo (MILLER, 1985).

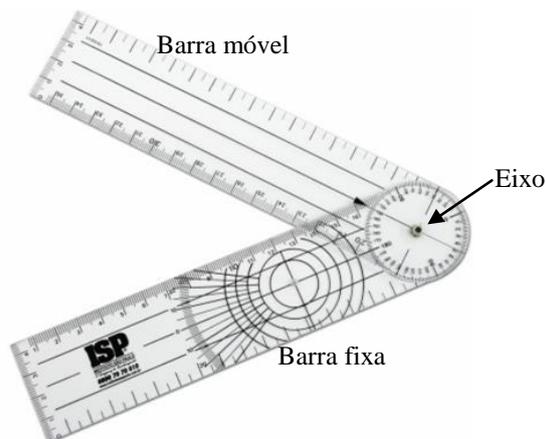


Figura 15– Goniômetro universal utilizado nas medições de amplitude de movimento (INSTITUTO SÃO PAULO, 2012).

A reprodutibilidade de suas medidas é limitada quando comparada a outros goniômetros quando envolve diferentes examinadores, o que compromete as reavaliações periódicas que envolvam essas condições (ROME; COWIESON, 1996). Portanto, a reprodutibilidade do goniômetro universal é examinador-dependente e varia de acordo com o nível de treinamento (PORTNEY et al., 2000).

Não existe consenso na literatura quanto à padronização da medida de algumas articulações (BROSSEAU et al., 2001). A posição de medição, o procedimento de medida e os pontos de referências anatômicos variam de estudo para estudo para uma mesma articulação (JHONSON et al., 1997).

A padronização da metodologia é parâmetro fundamental para controlar as fontes de erro proporcionando, assim, uma medida confiável (MILLER, 1986; ELVERU; ROTHSTEIN, 1988; MARTIN; McPOIL, 2005).

### 3.3 ALONGAMENTO ÓSSEO

O alongamento ósseo cirúrgico, como é realizado atualmente, é fruto dos resultados de três décadas de estudo, entre 1950 e 1970, de Kawamura e Ilizarov, com base no princípio da osteogênese distracional. Em 1980, de Bastiani apresentou seu método de alongamento ósseo por calotase (distracção gradual pelo calo ósseo formado

após a realização de uma osteotomia completa) usando, para tal, um fixador externo monolateral (ADOLPHSSON, 2010).

A figura 16 ilustra as etapas sequenciais do processo de alongamento ósseo. Inicialmente é posicionado o fixador e realizada a osteotomia, seguida de um período de latência ou espera de 7 a 14 dias. Posteriormente é realizada a distração constante de 1 mm por dia, em quatro etapas de 0,25 mm, velocidade esta que pode ser modulada de acordo com a qualidade do tecido regenerado. Depois de obtido o alongamento desejado, inicia-se a etapa de neutralização, cerca de 30 dias, ocorrendo a dinamização. Finalmente, ocorre a corticalização do tecido regenerado quando, então, o fixador é removido (ADOLPHSSON, 2010).

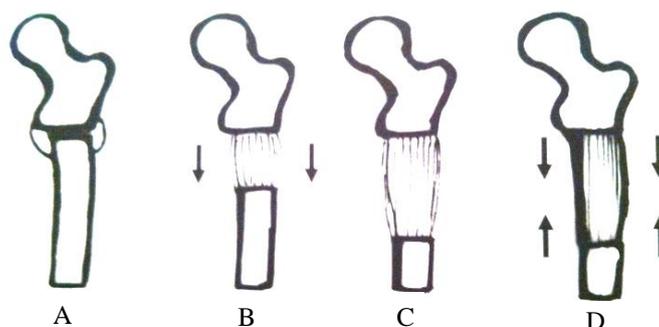


Figura 16 - Sequência das fases do alongamento por calotase: (A) osteotomia, (B) distração, (C) dinamização, (D) corticalização (ADOLPHSSON, 2010).

As osteotomias são secções ósseas utilizadas, principalmente, em correções de desvios angulares e desigualdades de membros inferiores. O uso da osteotomia para equalização dos membros inferiores teve início em 1905 com Codivilla, através de osteotomia oblíqua do fêmur proximal, alongamento por tração aplicada ao membro e posterior imobilização em aparelho gessado (DURIGAN; BATISTA, 1997).

Os alongamentos de membros eram indicados para discrepâncias atuais ou projetados, acima de 5 cm. Métodos de distração rápida para alongamento de membro, iniciado por Codivilla e popularizado por Wagner, tiveram índices de complicações considerados inaceitáveis (STANISTSKI, 1994).

Em alguns casos, métodos de distrações graduais resultaram em regeneração óssea, porém com problemas de contratura de partes moles e perda de amplitude de

movimento articular os quais ainda não foram solucionados. A redução da amplitude de movimento produz um aumento na pressão articular, podendo causar necrose na cartilagem articular e, eventualmente, levar a artrose articular (STANITSKI, 1994).

O alongamento estético é indicado quando a baixa estatura gera problemas psicológicos, mesmo quando os físicos são contornáveis sem cirurgias. Estas condições envolvem três componentes: atividade física, reação emocional e relacionamentos sociais. Os problemas psicológicos podem ocorrer devido à dificuldade na realização de atividades de vida diária em comparação com os indivíduos de estatura normal como lavar o rosto, pentear os cabelos, usar banheiros públicos e praticar atividades esportivas. Estes pacientes apresentam queixas com meios de transporte público e privado além de sofrerem restrições no campo de trabalho como, por exemplo, serviços militares. As implicações psicológicas associadas com a baixa estatura podem ocorrer na família, na escola, causando problemas nos relacionamentos sociais. O fator social pode desenvolver o complexo de inferioridade. Na maioria das sociedades a altura é relacionada com força, poder, saúde e sucesso (ALDEGUERI; DALL'OCCA, 2001).

### **3.3.1 Complicações pós-cirúrgicas do alongamento ósseo de tíbia**

Os alongamentos ósseos podem causar complicações pós-cirúrgicas como disfunção temporária de partes moles, contraturas musculares, hipotrofias musculares, lesão nervosa e subluxação articulares, que podem se tornar permanentes se o paciente não tiver reabilitação individualizada de forma intensa e agressiva. Essas complicações podem ocorrer durante as três fases do tratamento: alongamento ou distração, quando o osso é alongado 1 mm por dia, durante a consolidação e após a retirada do fixador externo (PALEY, 1990; BHAVE, 1997).

A contratura muscular se não for devidamente tratada pode evoluir para contratura articular, adesões capsulares e intra-articulares. A contratura de dois músculos articulares também introduz força compressiva na cartilagem articular podendo lesar ou necrosar a cartilagem articular (STANITSKI, 1994).

Se as articulações do quadril, joelho, tornozelo e pé forem estáveis, mas móveis, e os membros equalizados no tamanho, o paciente poderá desenvolver marcha com elegância e com menor desgaste mecânico (SANTILI et al., 1998).

O alongamento permanente dos tecidos de conexão com baixa tensão e de duração prolongada causa remodelação fisiológica do tecido de conexão através da resposta bioquímica, promovendo ganho de flexibilidade muscular. O alongamento prolongado de baixa intensidade e um aumento na amplitude podem também ser conseguidos mediante a utilização de um “splint” dinâmico, utilizado entre oito e dez horas (HEPBURN; CRIVELLI, 1984).

A redução de amplitude de movimento articular pode ser prevenida com mobilização passiva e ativa, sempre realizando mobilização passiva combinada com tração articular. Existe a possibilidade de o osso fraturar no regenerado ósseo ou na região de pinos e para prevenir refraturas, nas primeiras seis semanas de reabilitação após a retirada do fixador externo, podem ser utilizadas gesso ou “brace” para promover estabilidade adicional. Para a retirada do fixador externo é importante visualizar três corticais em duas incidências nos RX, mesmo assim refraturas podem ocorrer (ADOLPHSSON, 2010; BHAVE, 1997).

Devido a sua posição anatômica, como mostra a figura 17, perdas ósseas na tíbia são comuns no trauma. Com o aumento do número de acidentes motociclístico, elevou-se ainda mais o número de casos de fraturas expostas na perna (ALITO; SANTIAGO, 2010).

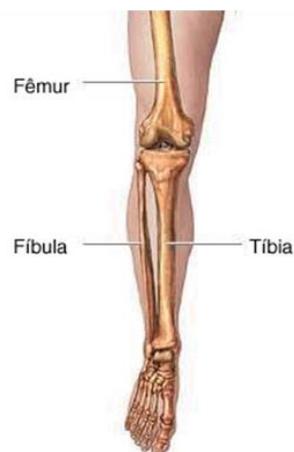


Figura 17 - Posição anatômica da tíbia e da fíbula  
(Adaptado de A.D.A.M, 2011).

O maior índice de complicações associadas ao alongamento ósseo está nos procedimentos ocorridos na tíbia, em acondroplásicos, caracterizados por apresentarem baixa estatura final, de 120 cm a 135 cm, e crescimento desproporcionado. Nestes casos, a complicação mais frequente é a contratura em equino dos pés com flexão dos joelhos (MARCHESE; CHAVES; FRANÇÃO, 2002; CATAGNI et al., 2010).

Alguns cuidados devem ser tomados no alongamento ósseo para que não seja prejudicada a função das articulações adjacentes, a qual dificilmente pode ser reestabelecida se comprometida. Quando se pretende alongar a perna mais de 5 cm, é prudente fixar o pé para prevenir a deformidade em equino. Mesmo que o pé e os artelhos não sejam fixados, os mesmos devem ser protegidos com bandas elásticas para prevenir o equino e garra dos artelhos (BAIÃO, 2010).

Contraturas musculares normalmente ocorrem pela tensão gerada no músculo devido à distração e tendem a ocorrer em grupos musculares potentes devido ao desequilíbrio de força entre flexores e extensores. No alongamento de tíbia, por exemplo, o músculo tríceps sural (gastrocnêmicos e sóleo), como pode se observar na figura 18, oferece o máximo de resistência ao alongamento devido à sua grande força e massa muscular. Ele tende a fletir o joelho e causar plantiflexão do tornozelo. A contratura ocorre quando o músculo alongado se torna relativamente curto comparado ao osso, como ilustra a figura 19 (PALEY, 1990).



Figura 18 – Músculo tríceps sural da tíbia (Adaptado de A.D.A.M., 201).

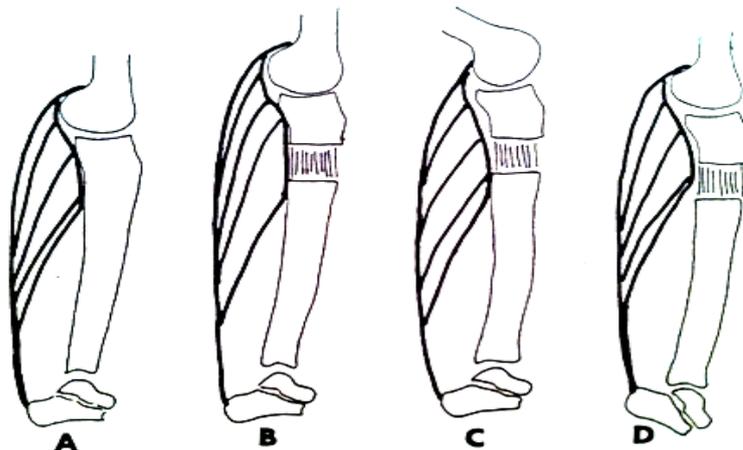


Figura 19 – Vista lateral da tíbia mostrando o tendão de Aquiles e os músculos associados (gastrocnêmios e sóleo): (A) anterior ao alongamento; (B) depois do alongamento ideal (o músculo é alongado à medida que o osso é estendido); (C) contratura de joelho: ocorre quando o joelho não é mantido em extensão durante o alongamento ósseo; (D) contratura em equino: ocorre quando a dorsiflexão não é mantida durante o alongamento (PALEY, 1990).

Outra causa de contraturas é a transfixação de músculos e tendões em pinos do fixador externo. Transfixação de tendões e fáscia podem restringir mais o movimento articular do que a transfixação do músculo (ADOLPHSSON, 2010; PALEY, 1990).

Geralmente, a contratura torna-se um fator limitante do alongamento. Isto ocorre enquanto a distração progride e a tensão gerada pelas partes moles torna-se progressivamente maior, lutando contra o aumento de comprimento. Portanto, no pós-operatório, é recomendado manter o pé plantigrado (totalmente voltado para o solo) nos momentos de repouso e, se necessário, recorrer a órteses mantenedoras (ADOLPHSSON, 2010).

A profilaxia de contraturas musculares é, portanto, parte essencial do alongamento ósseo. A prevenção de contraturas inclui fisioterapia, “splinting” (órteses adaptadas ao fixador externo) e a fixação através da articulação. A fisioterapia deve se concentrar em exercícios de alongamento passivo nos grupos musculares envolvidos. Quando o músculo cruza duas articulações não é suficiente alongar o músculo somente em uma articulação. No caso do tríceps sural, o pé deve ficar no máximo de dorsiflexão com o joelho em flexão, então, quando o tornozelo estiver em dorsiflexão, o joelho deve ser passivamente estendido, como ilustra a figura 20. O paciente deve ser encorajado a repetir os exercícios durante o dia (PALEY, 1990).



Figura 20 – Alongamento passivo do gastrocnêmio: pé em máxima dorsiflexão, joelho em flexão passivamente estendido (BHAVE, 1997).

Para diminuir as contraturas é necessário manter o músculo sob tensão o máximo de tempo possível, realizando os exercícios de alongamento por, no mínimo, 6 h diárias, como sugere o programa de reabilitação proposto por Ilizarov (PALEY, 1990). Para manter a tensão nos músculos, Ilizarov desenvolveu a órtese mostrada na figura 21.



Figura 21 – Órtese desenvolvida por Ilizarov (HOLMSTROM e STEVENS, 2010).

O alongamento de tíbia não leva a degenerações na cartilagem articular do joelho e do menisco quando a carga na articulação do joelho e a mobilidade são mantidas em níveis normais. A complicação que mais preocupa nos alongamentos ósseos de tíbia são as deformidades desenvolvidas no pé como o equino (FINCK et al., 2001). A figura 22 mostra as deformidades possíveis do pé.

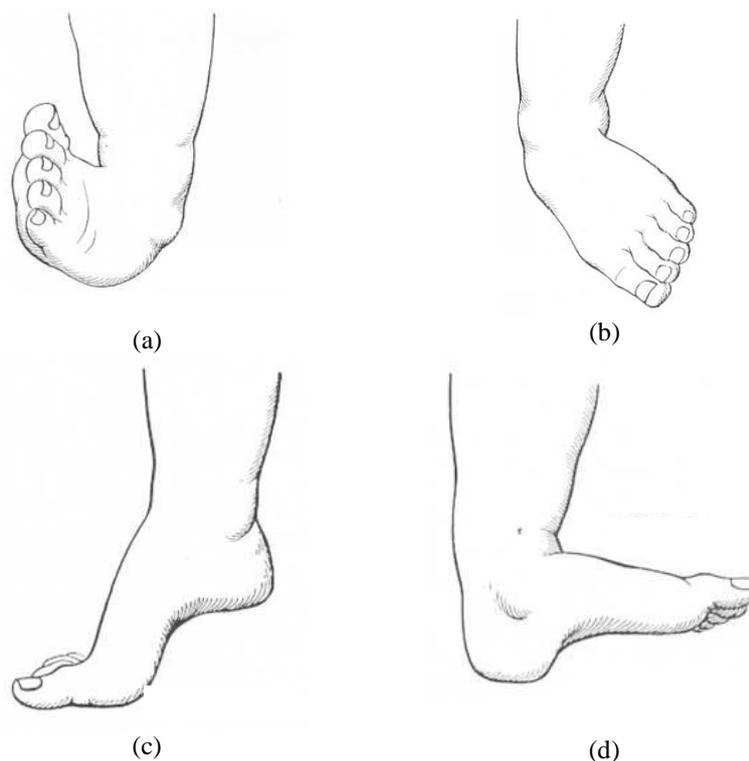


Figura 22 – Deformidades do pé: (a) pé varo; (b) pé valgo; (c) pé equino; (d) pé talo cavo (ROSA Fo., 2002).

Alguns músculos como os gastrocnêmios desenvolvem tensão passiva muito mais rápido do que outros músculos em resposta ao alongamento do membro. No alongamento de tíbia, por exemplo, problemas musculares ocorrem nos gastrocnêmios e pododáctilos. O paciente pode desenvolver flexão do joelho, plantiflexão do tornozelo e contratura em flexão dos pododáctilos, ou posição de garra dos dedos (BHAVE, 1997).

No pé cavo observa-se uma queda dos metatarsianos que não se comprometem uniformemente, sendo mais frequente a sobrecarga ao nível do primeiro metatarsiano. Esta deformidade reforça-se com a posição em garra dos dedos: as primeiras falanges em hiperextensão e as segundas em flexão forçada, figura 23 (VILADOT, 2003).

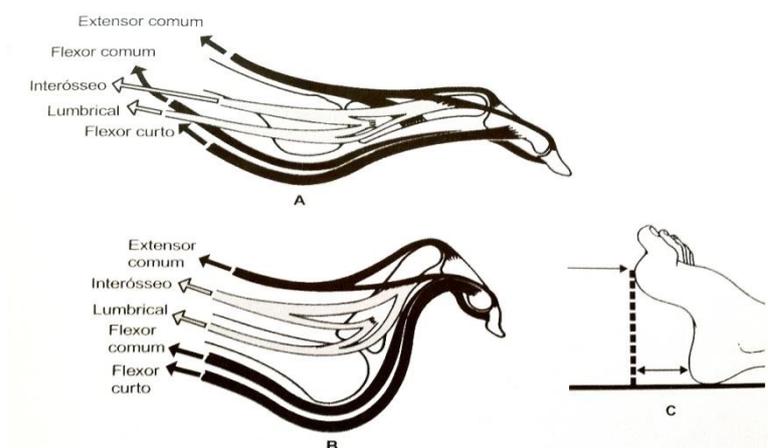


Figura 23 – Terminações musculares nos dedos: (A) no pé normal; (B) no pé cavo; (C) desnivelamento metatarsiano em consequência do anterior (VILADOT, 2003).

Existem alterações dos tendões retromaleolares: tibial posterior, flexor comum e flexor próprio do hálux, e do sistema calcâneo-aquileoplantar formado pelo tendão calcâneo e a musculatura curta plantar. Essas alterações podem provocar equino, varismo, supinação do retropé e adução do antepé, como ilustra a figura 24 (VILADOT, 2003).

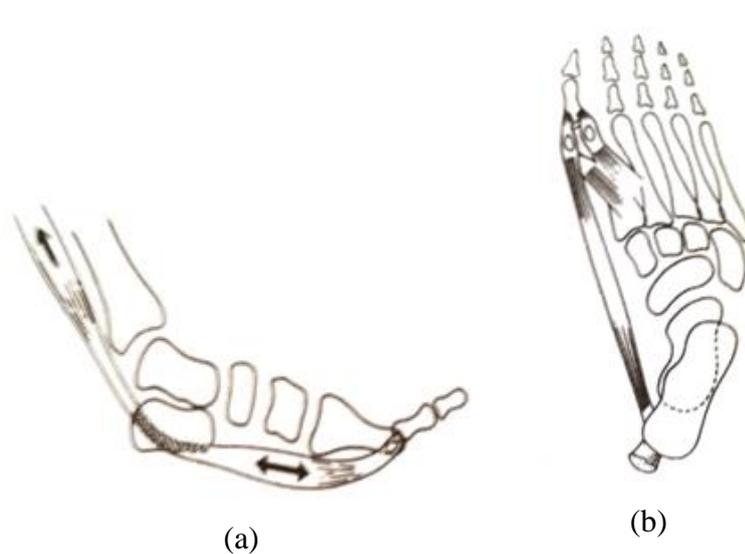
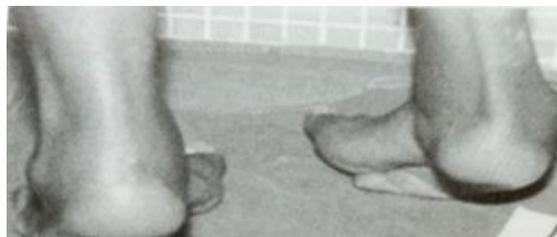


Figura 24 – Retração do sistema calcâneo-aquileoplantar: (a) vista lateral, (b) vista superior (VILADOT, 2003).

No pé equino-cavo-varo todo o sistema encontra-se orientado para dentro arqueando o pé para equino e supinação. A porção posterior e anterior da hélice

supinam. O ângulo tálus-calcâneo desaparece no plano horizontal e longitudinal. Os eixos destes ossos se tornam paralelos, figura 25 (VILADOT, 2003).



(a)



(b)

Figura 25 – (a) vista posterior: equino e varo do retropé, supinação do antepé e cavo do médio pé, (b) vista anterior: adução do antepé (BONGIOVANNI, BOATTO e CATAGNI, 2010).

Subluxação articular também pode ocorrer durante o alongamento ósseo. O fator de predisposição mais comum é a instabilidade articular pré-existente e que, normalmente, ocorre por causas congênitas (PALEY, 1990; ADOLPHSSON, 2010).

As lesões nervosas, definidas por sinais clínicos e sintomas da função motora, alterações sensoriais e dor no trajeto do nervo afetado ocorrem, principalmente, em pacientes que foram submetidos ao alongamento ósseo de tíbia. Os sintomas de lesões no nervo fibular são referidos por dor no dorso do pé. Esta dor pode apresentar, inicialmente, hiperestesia seguido por hipoestesia. Pode ser observada hipotrofia de extensores longo do hálux, extensor longo dos dedos e tibial anterior. A dor referida no dorso do pé piora com a extensão do joelho e alivia com a flexão do joelho (BHAVE, 1997).

A maioria das lesões nervosas ocorre depois da obtenção de 2,0 cm a 5,5 cm de alongamento, sugerindo que o problema pode ser a predisposição anatômica do peroneal aprisionado na cabeça da fíbula, ferindo o nervo (NOGUEIRA et al., 2003).

### 3.4 CAUSAS DE PÉ EQUINO

A deformidade do pé em equino é caracterizada pelo abaixamento da porção anterior do pé e elevação da porção posterior. Quando o pé se apóia no solo por sua parte anterior, o calcâneo fica livre (VILADOT, 2003). Esta deformidade impossibilita a manutenção do pé em posição plantígrada, especialmente durante a marcha.

Dentre as doenças que associadas à deformidade do pé em equino tem-se a poliomielite e doença de Charcot-Marie-Tooth.

A poliomielite é uma doença antiga, a primeira data epidemiológica no Brasil é de 1910. Em 1994, a Organização Mundial de Saúde declarou a erradicação desta doença no Brasil (CONDE et al, 2012).

A poliomielite é uma das causas de discrepâncias de membros inferiores e pode estar associada com paralisia flácida que afeta com frequência os membros inferiores. O alongamento ósseo de tibia em pacientes com poliomielite pode ser associado com algumas complicações como retardo na consolidação óssea e contratura em equino (KHALED; KHAMES, 2008).

As neuropatias hereditárias são grupos de doenças geneticamente heterogêneas que afetam o sistema nervoso periférico. A forma mais comum é a neuropatia sensitivo-motora hereditária e neuropatia sensitiva, também chamada de doença de “Charcot-Marie-Tooth” (ALBERT et al., 2009). A figura 26 mostra o comprometimento neurológico causado por esta doença.



Figura 26 – Deformidade em equino causada pela doença de Charcot-Marie-Tooth (ALBERT et al., 2009).

Uma complicação grave do trauma, que pode levar à deformidade do pé em equino, é a síndrome compartimental que pode ser definida como a “condição que causa aumento da pressão em um espaço limitado comprometendo a circulação e função dos tecidos neste espaço” (MATSEN, 1980).

Frações e lesões arteriais podem resultar em aumento da pressão nos tecidos em espaços fechados acarretando danos irreparáveis nos músculos ou nervos (ADEPAPO et al., 2001).

O atraso no diagnóstico e tratamento da síndrome compartimental pode causar contraturas, infecções, amputação e até morte. Quando os músculos e nervos sofrem necrose, não se regeneram o que pode resultar em deficiência permanente. O tratamento é complexo e o diagnóstico precoce é muito importante (JANZING; BROOS, 2001).

### 3.5 DISPOSITIVOS ATUAIS DE REABILITAÇÃO

Órteses são quaisquer dispositivos médicos aplicados ao ou em torno de qualquer segmento corporal no cuidado de deficiência física. Literalmente, significa posição correta, de dois termos gregos: “ortho” que significa reto e “thesis” que significa posição (BENNET, 1963).

Para pé equino cavo, o ideal são órteses de uso noturno, como a ilustrada na figura 27, que podem ser classificadas em passivas e ativas, de acordo com a fase de redutibilidade em que se encontra o membro (VILADOT, 2003).

As órteses passivas não apresentam articulações que permitem movimento e as ativas diminuem o ângulo de dorsiflexão do pé, tendo no tornozelo a articulação livre, assim como alguns tensores laterais que permitem o tensionamento da órtese, diminuindo o equinismo (VILADOT, 2003).

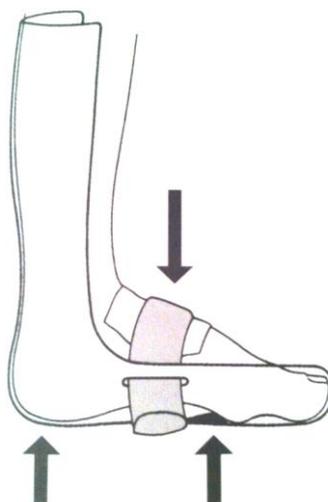


Figura 27 – Exemplo de órtese para correção de pé equino cavo (VILADOT, 2003).

A órtese do metatarso varo para crianças (figura 28) é uma botina com uma palmilha metálica de forma invertida, partida de forma semilunar na região medial da mesma, permitindo uma graduação e forçando a correção do antepé para o lado externo (VILADOT, 2003).

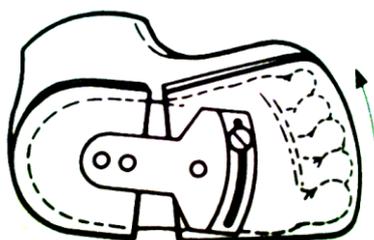


Figura 28 – Órtese de metatarso varo para crianças (VILADOT, 2003).

Uma órtese que pode ser utilizada para flexão de joelho, desenvolvida por alongamento ósseo é mostrada na figura 29. O objetivo da órtese é o ganho de amplitude da articulação do joelho e a eliminação da contratura em flexo da mesma. A frequência de uso recomendada é de três vezes ao dia por um período de quarenta minutos cada vez, antes da fisioterapia. Em alguns casos específicos, a órtese pode ser indicada por um período mais longo, por mais de 8 h no total (BHAVE et al., 2005).



Figura 29 – Órtese regulável para imobilização articular e estabilização: ligamentar do joelho (STEEL JOINT, 2011).

## 4 METODOLOGIA

Tendo como objetivo o projeto, fabricação e avaliação de uma nova órtese articulada para auxílio na reabilitação de pacientes que apresentam deformidades do(s) pé(s) em equino, foi estabelecida esta metodologia dividida em duas partes, sendo a primeira o projeto e a fabricação da órtese e a segunda a sua avaliação funcional.

### 4.1 DESENVOLVIMENTO DA ÓRTESE

Os materiais selecionados para a construção da órtese (Protocolo de depósito de patente de invenção 15120000624 de 16/03/2012) foram: o polietileno de ultra alto peso molecular, UHMWPE, devido à sua baixa densidade em relação aos metais, sua usinabilidade, biocompatibilidade e baixo custo; o aço inoxidável AISI 316 L devido à sua resistência mecânica e conhecida biocompatibilidade. Ambos os materiais foram adquiridos em barras e usinados, sendo o aço inoxidável fornecido no estado recozido. Algumas propriedades desses materiais, de interesse para este trabalho, são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades dos materiais utilizados no projeto da órtese

<b>Propriedades</b>	<b>UHMWPE</b>	<b>Aço Inox AISI 316L</b>
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	0,94	8,00
Resistência a tração (MPa)	38,6 – 48,3	620
Limite de escoamento (MPa)	21,4 – 27,6	310
Módulo elástico (GPa)	0,69	193

Fonte: CALLISTER Jr., 2002

Para o projeto da órtese foi considerado um sistema com múltiplos centros de rotação ajustáveis, como ilustra a figura 30, respeitando o eixo de movimento do tornozelo.

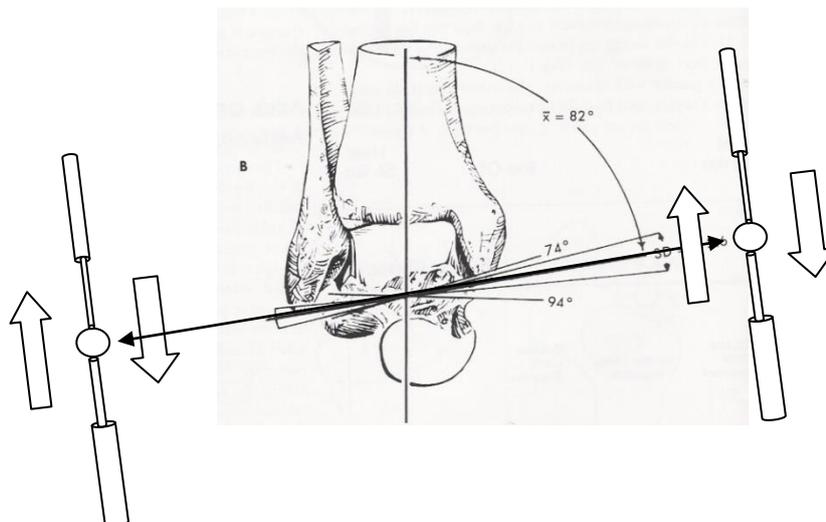


Figura 30 – Vista frontal do tornozelo, mostrando as relações e valores do eixo de rotação do tornozelo e o eixo da tibia e articulação tibiotalar. O eixo do tálus é coincidente com o topo dos maléolos medial e lateral. As flechas indicam o grau de liberdade vertical de um tornozelo normal (Adaptado de MANN et al., 1993).

Inicialmente foram estudadas as possibilidades de movimento necessárias para o desenvolvimento da órtese, considerando as principais articulações envolvidas nas deformidades do pé e tornozelo (figura 31). Desta forma, foram avaliados os ajustes exigidos e os tipos de dobradiças a serem usadas.

Para que a órtese possa ser ajustada de forma adequada às necessidades de reabilitação de cada paciente, com vários graus de deformidade, a órtese necessita possuir duas partes, uma anterior e outra posterior, presas entre si, porém que permitam movimentos independentes uma em relação à outra. As placas do retopé (posterior) e a do antepé (anterior) devem permitir ajustes, podendo ser bloqueadas ou desbloqueadas dependendo da deformidade do pé.

A órtese deve, ainda, permitir fixação à perna do paciente, ser de fácil inserção e remoção e fornecer o máximo de conforto.

Com estas restrições, a órtese foi projetada com desenho assistido por computador (figura 32) usando o programa SolidWorks® versão 2011 (licença 9701003924806729JBJJ57J4). As cotas não são mostradas devido à invenção estar em fase de sigilo junto ao INPI.

Para a fixação da órtese à perna do paciente, optou-se por barras quadradas, inicialmente fabricadas em aço inox e, posteriormente, em UHMWPE com a finalidade de tornar a órtese mais leve.

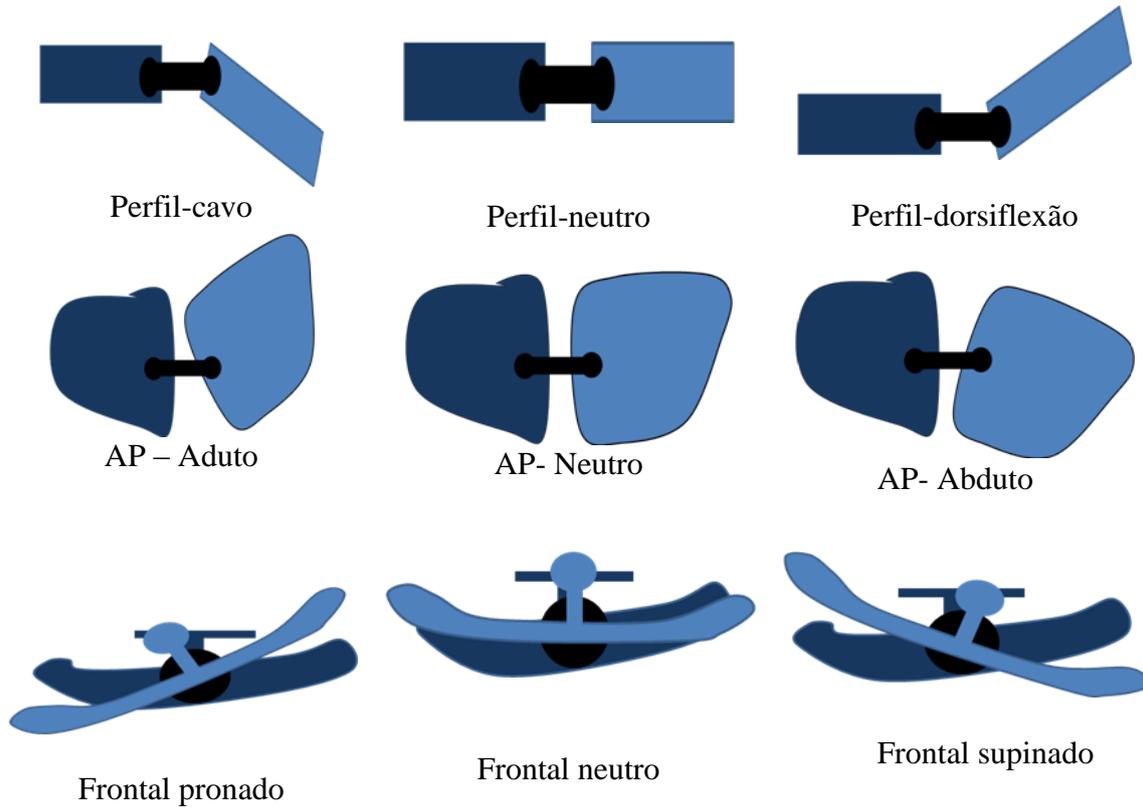


Figura 31 – Representação esquemática da porção plantar da órtese, com vistas em perfil (cavo, neutro e dorsiflexão), plantar (aduto, neutro e abduto) e frontal (pronado, neutro e supinado). As placas da esquerda representam o retopé e as da direita o antepé, unidas por uma barra.

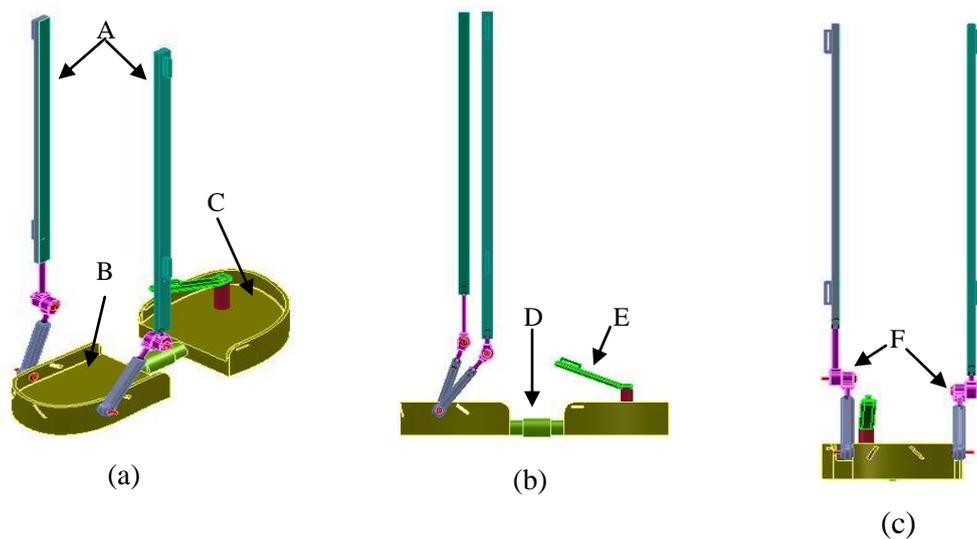


Figura 32 – Projeto da órtese, em SolidWorks: (a) vista oblíqua, (b) vista lateral e (c) vista posterior. A: hastes laterais para fixação da órtese à perna; B: placa posterior; C: placa anterior; D: articulação entre as placas posterior e anterior; E: haste para fixação do pé à placa anterior e à perna; F: dobradiças laterais.

O sistema de fixação entre as placas posterior e anterior, D, foi definido para permitir o distanciamento entre as mesmas para ajuste ao tamanho do pé do paciente, assim como para fornecer mobilidade ao pé em supinação, pronação, adução, abdução, cavo e nas posições neutras. Este sistema de fixação também permite o travamento das placas na posição determinada pelo fisioterapeuta para a reabilitação do paciente.

As hastes, A, acima e abaixo das dobradiças F, foram projetadas de forma a permitir o ajuste de altura para cada indivíduo e adaptação a diferentes posições do pé e tornozelo. Permitem, também, movimento anterior e posterior, fazendo com que se obtenha uma posição exata da dobradiça respeitando, desta forma, as diferenças anatômicas entre os pacientes.

## 4.2 AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DA ÓRTESE

### 4.2.1 Seleção dos participantes

Os protótipos foram avaliados em situações clínicas reais, em pacientes em reabilitação pós-cirúrgica de alongamento ósseo no Hospital Vita, operados através do Centro de Excelência em Reconstrução e Alongamento ósseo (CERO).

Antes do convite aos pacientes para participação da pesquisa, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) e, após aprovação (protocolo n. 0005826/12), os participantes foram escolhidos de acordo com os critérios de inclusão: pacientes submetidos a procedimentos de alongamento ou reconstrução óssea e ter idade igual ou superior a 18 anos. Os critérios de exclusão foram: estar gestante; apresentar pé insensível; apresentar diagnóstico de Diabetes Mellitus; apresentar quadro de insuficiência arterial e/ou venosa periférica.

O critério de retirada do participante da pesquisa foi o aparecimento de qualquer tipo de irritação cutânea persistente ou ferimento devido à utilização da órtese, especialmente após ajustes pelo fisioterapeuta, ou ainda devido à hiperpressão da mesma nos pontos de apoio.

Após consentimento dos responsáveis pela área de pesquisa do Hospital, os pacientes que foram submetidos ao procedimento cirúrgico e foram encaminhados para a reabilitação foram selecionados dentro dos critérios de inclusão e exclusão. Aos pacientes selecionados foram informados, pelo pesquisador responsável, de todos os detalhes técnicos e éticos do projeto e foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os pacientes que aceitaram participar da pesquisa, após assinatura do TCLE, iniciaram o procedimento de reabilitação usando a órtese projetada, recebendo orientações adequadas quanto à utilização da mesma em sua residência.

Da população de pacientes enviados para a reabilitação, oito indivíduos foram selecionados e assinaram o TCLE.

O estudo não apresentou riscos aos indivíduos, uma vez que a órtese foi confeccionada de material biocompatível, podendo ser removida com facilidade pelo próprio paciente, caso observasse o aparecimento de qualquer irritação cutânea, dor e/ou inchaço nos locais de apoio da órtese na pele.

Para a avaliação da eficácia da órtese, foram realizadas buscas da evolução da reabilitação em prontuários médicos de pacientes que não utilizaram a órtese e que tiveram quadros semelhantes aos que usaram a órtese no presente estudo. O acesso aos prontuários também foi realizado após a aprovação do projeto pelo CEP-PUCPR.

#### **4.2.2 Coleta de dados**

Um Goniômetro universal em acrílico transparente com 2 réguas para mensuração de amplitude articular com sistema de transferidor de 0° a 360°, foi utilizado para a avaliação da amplitude de movimento de dorsiflexão ativa do tornozelo de acordo com a metodologia proposta por Norkin e White (1997). Os pontos de referência utilizados foram a linha mediana do braço fixo do goniômetro sobre a linha da fíbula e a linha externa do braço móvel posicionado sobre a cabeça do quinto metatarsal. Após a fixação dos braços do goniômetro, o fulcro foi secundariamente posicionado na região inframaleolar, de forma que o braço móvel permanecesse paralelo

a linha do quinto metatarsal de acordo com os pontos de referência utilizados por Johnson e Gross (1976). Um esquema da medida é mostrado nas figuras 33 e 34.

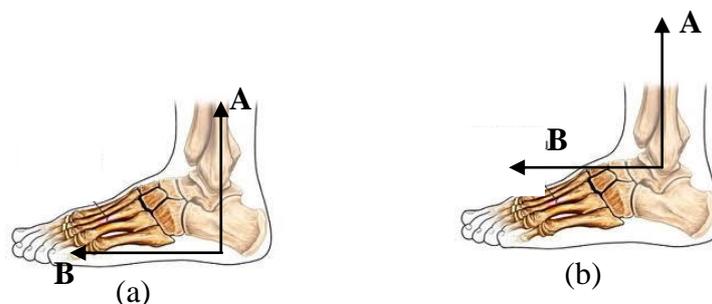


Figura 33 – (a) Posicionamento inicial do goniômetro: linha mediana do braço fixo do goniômetro (A) sobre a linha da fíbula e a linha externa do braço móvel (B) posicionado sobre a cabeça do quinto metatarsal; (b) Reposicionamento do goniômetro com o eixo na região inframaleolar e o braço móvel (B) permanecendo paralelo à linha do quinto metatarsal.

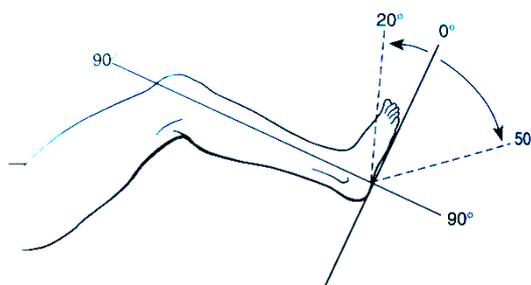


Figura 34 – Esquema da medição da amplitude de movimento usando o goniômetro universal (GREENE e HECKMAN, 1994).

Para garantir a reprodutibilidade e confiabilidade, já que o goniômetro universal é examinador-dependente e as medidas variam de acordo com o nível de treinamento, as medidas foram realizadas pelo mesmo examinador, pesquisador responsável, que possui treinamento adequado e experiência na manipulação e extração de dados com este instrumento.

Para cada participante foi aplicado o protocolo padrão de avaliação e tratamento: evolução do tratamento registrada fotograficamente e através de radiografias do

paciente e mensuradas por goniometria quanto a amplitude do pé e tornozelo. Os registros fotográficos clínicos e da goniometria foram realizados semanalmente.

A instalação e ajuste da órtese articulada foram realizadas pelo pesquisador principal que repassou as instruções para os cuidadores, acompanhantes ou para o próprio participante, para a que a órtese fosse usada nos períodos de repouso do paciente, em sua casa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DESENVOLVIMENTO DA ÓRTESE

O primeiro protótipo da órtese, mostrado na figura 35, foi usinado totalmente em aço inoxidável 316L. Com a intenção de diminuir o peso da órtese sem perder a resistência estrutural necessária, um segundo protótipo foi confeccionado em UHMWPE. No entanto, o polímero se mostrou inadequado para a fixação das hastes laterais, pois não era possível dar o torque necessário aos parafusos por perda da rosca, fazendo com que as hastes se movimentassem com os esforços de tração necessários à reabilitação. Com isso, as hastes poliméricas foram mantidas e fixadas nas bases metálicas, criando-se uma órtese “híbrida”, como mostra a figura 36.

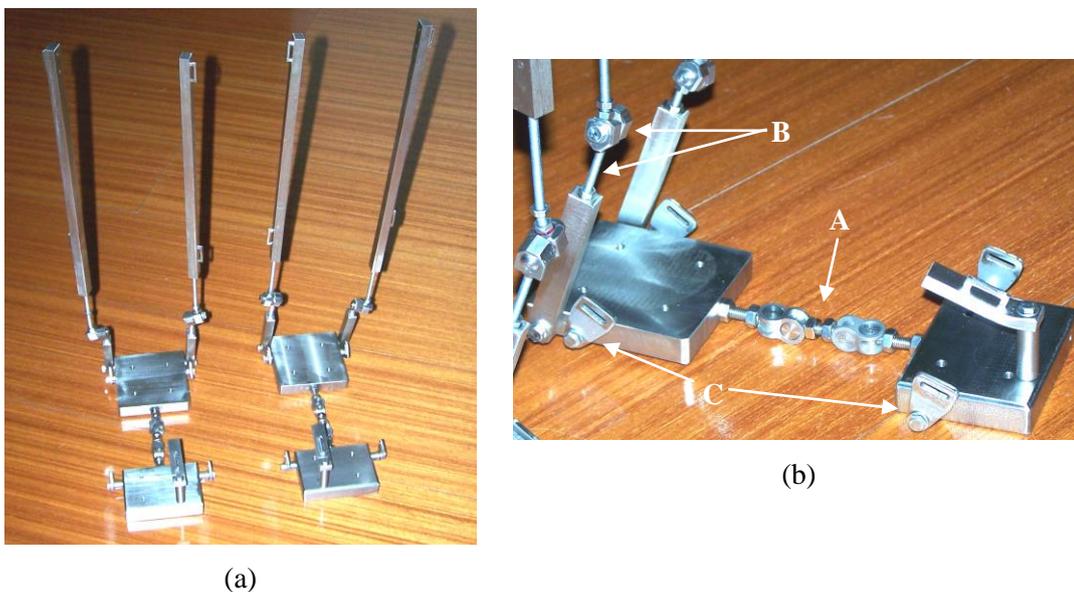


Figura 35 – Órtese confeccionada em aço inox 316L para pé direito e pé esquerdo: (a) vista frontal, (b) detalhamento do sistema de fixação entre a placa anterior e a posterior, A, que permite movimentos independentes entre as mesmas e ajuste de distância para melhor adaptação à anatomia do paciente. B: sistema de rosca e dobradiça que permite ajuste de altura e ângulo. C: passadores de cinta para fixação da órtese na perna do paciente.



Figura 36 – Órtese confeccionada parcialmente em aço inox 316L e parcialmente em UHMWPE (parte anterior e as hastes acima das dobradiças - setas).

Para fixação da órtese à perna e ao pé, foram utilizadas fitas com velcro. Para fornecer maior conforto aos pacientes, as hastes foram forradas com espuma e no suporte do pé foi encaixada a base de uma sandália de borracha (fornecida pelo próprio paciente), figura 37.



Figura 37 – Órtese “híbrida” com os revestimentos de espuma nas hastes, as cintas com velcro para fixação e a base de sandália para melhor conforto para o paciente.

A figura 38 mostra como o sistema de dobradiça permite variações em flexão e torção de acordo com a necessidade do protocolo de reabilitação.

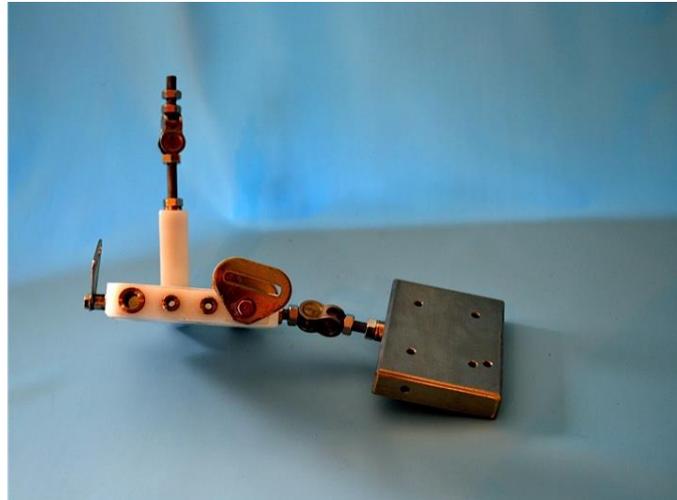


Figura 38 – O sistema de dobradiça da órtese permite vários graus de flexão e torção da base, de acordo com o protocolo de reabilitação.

Como as deformidades do pé e tornozelo geralmente apresentam múltiplos desvios, a órtese foi desenvolvida para se adaptar mesmo em situações com múltiplas deformidades.

As figuras 39, 40 e 41 mostram as direções dos movimentos permitidas pela órtese. Depois de adaptada ao pé, a órtese pode ser travada em qualquer posição, de acordo com o protocolo de reabilitação.

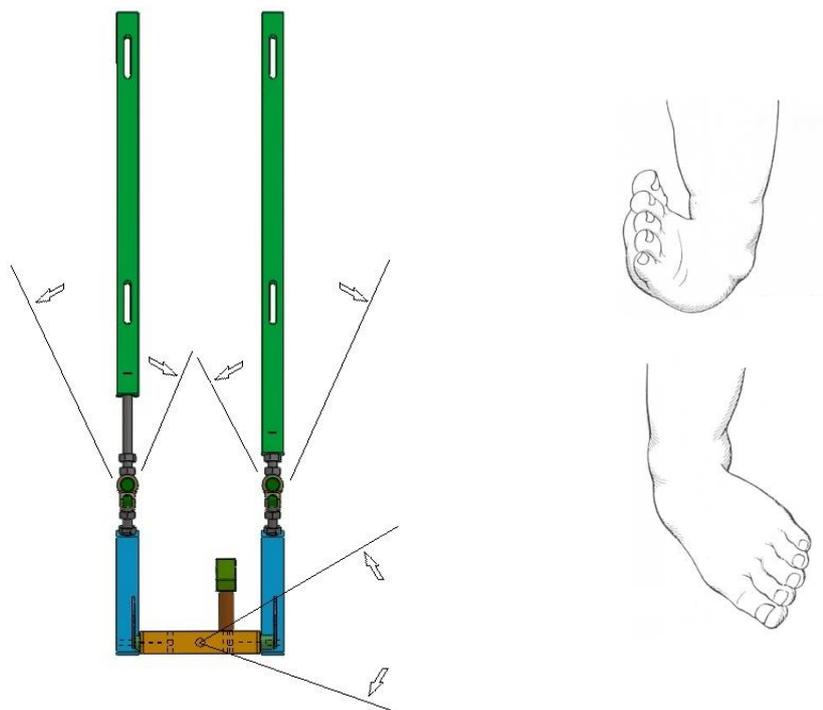


Figura 39 - Vista frontal da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem as adaptações às deformidades ilustradas à direita.

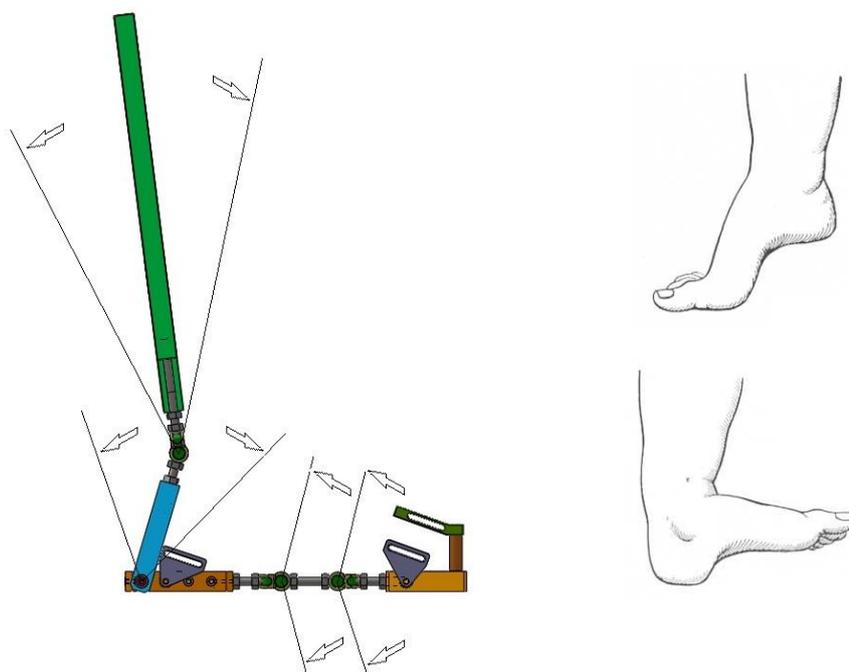


Figura 40 - Vista lateral da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem ajustes das hastas à anatomia do paciente (maléolos) e ajustes da base posterior para adaptações às deformidades ilustradas à direita.

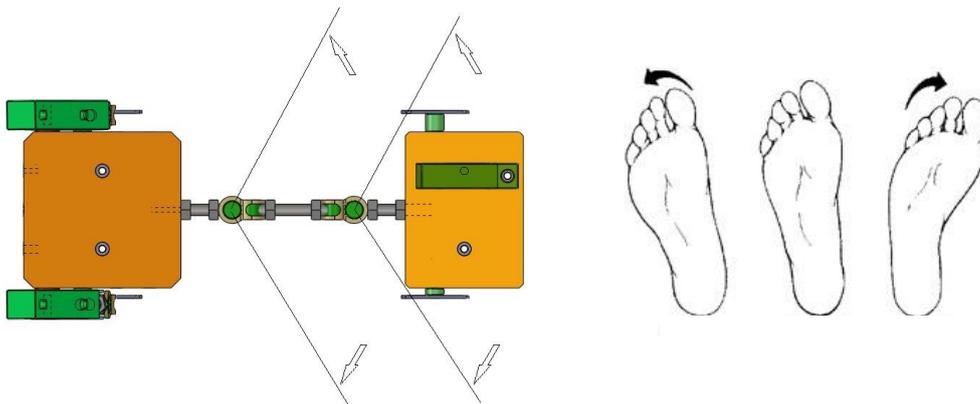


Figura 41 - Vista superior da órtese (esquerda) mostrando os movimentos possíveis que permitem as adaptações às posições ilustradas à direita.

## 5.2 PACIENTES QUE USARAM A ÓRTESE

Para cada paciente é apresentado um comentário sobre a fisioterapia a sua evolução e os dados da medida goniométrica são mostrados em tabelas.

Foram medidas a dorsiflexão ativa e passiva, plantiflexão, ambos com extensão do joelho, além de varo e equino.

- Paciente A.

O paciente A apresentava seqüela de poliomielite e encurtamento ósseo de três centímetros em tíbia. Foi realizada osteotomia em tíbia e fíbula, tenotomia de Aquiles e colocação de haste e fixador externo monolateral. No 2º e 3º dias foi realizada fisioterapia domiciliar sem a órtese. A utilização da órtese teve início no 9º dia quando a medida goniométrica foi de 0º de dorsiflexão e plantiflexão normal. O paciente não utilizou a órtese em casa como orientado e no 15º dia apresentou equino de 6º ativo e de 4º passivo. No 18º dia afirmou ter usado a órtese nos períodos de repouso e apresentou pé plantígrado, com 0º de dorsiflexão. Neste dia foi realizado ajuste na órtese para manter o tornozelo em dorsiflexão. O paciente continuou a usar a órtese conforme orientação e no 22º dia apresentou 2º de dorsiflexão. No 36º dia apresentou 0º de dorsiflexão de tornozelo. O alongamento ósseo foi finalizado e a órtese retirada.

- Paciente B

O paciente B apresentava doença de Charcot-Marie-Tooth. Foi realizada correção de deformidade em equino, cavo e varo no pé direito através de osteotomia em médio pé e calcâneo e instalação de fixador externo circular Ilizarov com correção progressiva. No 1º dia depois de retirado o fixador externo, o paciente foi orientado a utilizar órtese do tipo robofoot para caminhar. Apresentava equino com o joelho em extensão ativo de 15º e passivo de 20º, plantiflexão normal e varo de 15º. A utilização da órtese foi iniciada no 7º dia depois de retirado o fixador externo quando apresentava equino com o joelho em extensão ativo de 15º e passivo de 20º, plantiflexão normal e varo de 15º. No 15º dia o paciente apresentou 5º de dorsiflexão e correção total do varo. Foi realizado ajuste da órtese para manter a correção em 6º de dorsiflexão. No 30º dia apresentou 10º de dorsiflexão e foi realizado outro ajuste na órtese para manter 12º de dorsiflexão. No 34º dia o paciente foi orientado a caminhar sem robofoot e com carga total. A órtese foi retirada no 40º dia quando apresentava 12º de dorsiflexão. No 85º dia apresentou 12º de dorsiflexão, plantiflexão normal, varo corrigido, e boa recuperação funcional da marcha.

- Paciente C

O paciente C apresentava síndrome compartimental em perna direita (lesão do nervo de fibular), pé com hiperestesia e parestesia causados por trauma ocorrido cerca de 3 anos antes de iniciado o tratamento. Apesar de ter sido indicado, o paciente se recusou a ser submetido a novo procedimento cirúrgico. A avaliação fisioterápica foi realizada no 1º dia do início do tratamento de reabilitação quando foi instalada a órtese e o paciente apresentava 30º de equino e 20º de varo. No 6º dia apresentou equino ativo de 18º e passivo de 15º, com 10º de varo. No 14º dia apresentou equino ativo de 17º e passivo de 10º. A mobilidade foi mantida até o 40º dia quando foi iniciada a correção do varo na órtese com o paciente apresentando equino passivo de 8º e ativo de 18º. No 52º dia apresentou equino ativo de 10º e passivo de 7º com varo de 18º. No 57º dia apresentou equino de 7º e varo de 16º. No 69º dia apresentou equino passivo de 10º e varo de 4º. No 77º dia apresentou equino passivo de 5º e varo de 4º. A dorsiflexão estava neutra no 95º dia e o varo em 15º. O varo foi corrigido no 99º dia quando a

dorsiflexão era de 6°. No 120º dia o paciente apresentou 4° de dorsiflexão e 4° graus de varo. A dorsiflexão estava neutra no 126º dia apresentou 3° de varo.

- Paciente D

O paciente D sofreu acidente automobilístico com fratura em fêmur e tíbia. Foi submetido a procedimento cirúrgico com colocação de fixador externo monolateral. Na tíbia foi realizado transporte e alongamento ósseo de 8 cm. A avaliação fisioterápica foi realizada no 1º dia quando o paciente apresentava 15° de equino de tornozelo com o joelho em extensão ativa, passiva de 8° e varo de 25°. Neste mesmo dia foi iniciada a utilização da órtese. No 16º dia o paciente apresentou equino ativo com o joelho em extensão de 10°, passivo de 6° e varo de 18°. O varo foi corrigido no 23º dia apresentando equino ativo de 10° e passivo de 5°. No 30º dia o paciente apresentou dorsiflexão passiva de 0° e o varo manteve-se corrigido. Entre o 30º e o 44º dias, apesar de orientado a não realizar ajustes na órtese, o paciente o fez de maneira inadequada e no 44º dia apresentou dorsiflexão passiva de 0°, equino passivo de 4° continuando o varo corrigido. As medidas não sofreram alterações no 64º dia. No 73º dia apresentou dorsiflexão de 2°. A retirada do fixador externo foi realizada no 77º dia. No 93º dia apresentou dorsiflexão de 4°. A dorsiflexão estava neutra no 109º dia. O paciente foi reorientado quanto a utilização da órtese por estar fazendo uso incorreto. No 122º dia apresentou 8° de dorsiflexão que passou a 0° no 126º dia. No 132º dia o paciente apresentou varo de 10° e dorsiflexão de 0°.

O quadro 2 apresenta os casos clínicos com uso da órtese (pacientes A, B, C e D) e as medidas goniométricas incluindo equino e o quadro 3 mostra as medidas de equino como dorsiflexão negativa para possibilitar a representação gráfica e para melhor avaliação dos dados.

Quadro 2 - Pacientes, diagnóstico e medidas durante a reabilitação usando a órtese.

Paciente	Diagnóstico	Procedimento cirúrgico	Dias	Reabilitação
A	Sequela de poliomielite e encurtamento ósseo de três centímetros em tibia	Osteotomia em tibia e fíbula, tenotomia de Aquiles, colocação de haste e fixador externo monolateral	2 <sup>o</sup> e 3 <sup>o</sup> 9 <sup>o</sup> 15 <sup>o</sup> 18 <sup>o</sup> 22 <sup>o</sup> 36 <sup>o</sup>	Sem órtese; 0° dorsiflexão , instalação da órtese; Equino de 6° ativo e de 4° passivo; Pé plantígrado, 0° de dorsiflexão; 2° de dorsiflexão; 0° de dorsiflexão. Alongamento ósseo finalizado e órtese retirada.
B	Doença de Charcot-Marie-Tooth	Correção de deformidade em equino, cavo, varo em pé direito: realizada osteotomia em médio pé e calcâneo, instalação de fixador externo circular Ilizarov com correção progressiva	1 <sup>o</sup> 7 <sup>o</sup> 15 <sup>o</sup> 30 <sup>o</sup> 34 <sup>o</sup> 40 <sup>o</sup> 85 <sup>o</sup>	Utilizando robofoot . Equino ativo de 15° e passivo de 20° e varo de 15°; Iniciada a utilização da órtese. Equino ativo de 15° e passivo de 20° e varo de 15°; 5° de dorsiflexão e correção do varo; 10° de dorsiflexão; Paciente orientado a caminhar sem robofoot; 12° de dorsiflexão. Retirado a órtese; 12° de dorsiflexão, plantiflexão normal e varo corrigido.
C	Síndrome compartimental (lesão do nervo fibular), pé com hiperestesia e parestesia causados por trauma muito anterior a reabilitação com a órtese.	—	1 <sup>o</sup> 6 <sup>o</sup> 14 <sup>o</sup> 40 <sup>o</sup> 52 <sup>o</sup> 57 <sup>o</sup> 69 <sup>o</sup> 77 <sup>o</sup> 95 <sup>o</sup> 99 <sup>o</sup> 120 <sup>o</sup> 126 <sup>o</sup>	Avaliação fisioterápica. Equino de 30° e 20° de varo. Instalada a órtese; Equino ativo de 18° e passivo de 15°, com 10° de varo; Equino de 17° ativo e de 10° passivo. Mobilidade mantida até o 40° dia; Equino de 8° passivo e 18° ativo; Equino ativo de 10° e passivo de 7° com varo de 18°; Equino de 7° e varo de 16°; Equino passivo de 10° e varo de 4°; Equino passivo de 5° e varo de 4°; Varo de 15° e dorsiflexão neutra; Varo corrigido e a dorsiflexão era de 6°; 4° de dorsiflexão e 4° de varo; 3° de varo e dorsiflexão neutra.

D	Trauma	Fêmur e tíbia com colocação de fixador externo monolateral. Na tíbia foi realizado transporte e alongamento ósseo de 8cm.	1 <sup>o</sup> 16 <sup>o</sup> 23 <sup>o</sup> 30 <sup>o</sup> 44 <sup>o</sup> - 64 <sup>o</sup> 73 <sup>o</sup> - 77 <sup>o</sup> 93 <sup>o</sup> 109 <sup>o</sup> 122 <sup>o</sup> 126 <sup>o</sup> 132 <sup>o</sup>	15° de equino ativo, 8° passivo e varo de 25°. Iniciada a utilização da órtese; Equino ativo de 10° e passivo de 6° e varo de 18°; Equino ativo de 10° e passivo de 5° e varo corrigido; Dorsiflexão passiva de zero grau e o varo manteve-se corrigido; Dorsiflexão passivo de 0° e o varo corrigido. O equino passivo de 4°; Varo corrigido e dorsiflexão de 2°. Retirada do fixador externo; Dorsiflexão de 4°; 0° de dorsiflexão; 8° de dorsiflexão; Varo corrigido e dorsiflexão 0°; Varo de 10° e dorsiflexão de 0°.
---	--------	---	--	--

Quadro 3 - Medidas dos casos clínicos usando a órtese.

Semana	Paciente A	Paciente B	Paciente C	Paciente D
1 (instalação da órtese)	0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva Plantiflexão e varo normais	-15° dorsiflexão ativa -20° dorsiflexão passiva 15° varo e plantiflexão normal	-30° dorsiflexão ativa e passiva. 20° varo Plantiflexão normal	-15° dorsiflexão ativo -8° dorsiflexão passivo -25° Varo
2 <sup>a</sup>	-6° dorsiflexão ativa -4° dorsiflexão passiva	5° dorsiflexão ativa e passiva Varo corrigido	-18° dorsiflexão ativa -15° dorsiflexão passiva 20° varo	-10° dorsiflexão ativo -6° dorsiflexão passivo -18° Varo
3 <sup>a</sup>	2° dorsiflexão ativa e passiva	5° dorsiflexão ativa e passiva Varo corrigido	-17° dorsiflexão ativa -10° dorsiflexão passiva 20° Varo	-10° dorsiflexão ativa -5° dorsiflexão passiva Varo corrigido
4 <sup>a</sup>	0° dorsiflexão ativa e passiva Plantiflexão normal	10° dorsiflexão passiva e ativa	-16° dorsiflexão ativa -9° dorsiflexão passiva 20° Varo	-2° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva Varo corrigido
5 <sup>a</sup>		12° dorsiflexão ativa e passiva.	-15° dorsiflexão ativa -10° dorsiflexão passiva 20° Varo	Paciente Faltou
6 <sup>a</sup>			-18° dorsiflexão ativa -8° dorsiflexão passiva 20° Varo	-4° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva Varo corrigido
7 <sup>a</sup>			-10° dorsiflexão ativa -8° dorsiflexão passiva 18° Varo	-3° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva Varo corrigido
8 <sup>a</sup>			-9° dorsiflexão ativa -7° dorsiflexão passiva 16° Varo	0° dorsiflexão ativa 8° dorsiflexão passiva Varo corrigido
9 <sup>a</sup>			-15° dorsiflexão ativa -8° dorsiflexão passiva 4° Varo	0° dorsiflexão ativa 6° dorsiflexão passiva
10 <sup>a</sup>			-15° dorsiflexão ativa -6° dorsiflexão passiva Varo corrigido	Paciente faltou
14 <sup>a</sup>			-15° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 6° Varo	0° dorsiflexão ativa 8° dorsiflexão passiva Varo corrigido
18 <sup>a</sup>			-15° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva -3° Varo	0° dorsiflexão ativa e passiva. 10° Varo

### 5.3 PACIENTES QUE NÃO UTILIZARAM A ÓRTESE

Assim como para os pacientes que usaram a órtese, para cada paciente que não a utilizou é apresentado um comentário sobre a fisioterapia a sua evolução e os dados da medida goniométrica são mostrados em tabelas.

- Paciente E

O paciente E apresentava sequela de poliomielite e encurtamento ósseo tíbia. Foi submetido ao alongamento ósseo cirúrgico com fixação externa para ganho de 3 cm em comprimento da tíbia. No 1º dia foi iniciado o tratamento fisioterápico com o paciente apresentando dorsiflexão passiva e ativa de 3º. No 9º dia o paciente apresentava equino ativo e passivo de 2º e essas medidas se mantiveram até o 72º dia.

- Paciente F

O paciente F apresentava sequela de poliomielite, com deformidades em equino, varo e flexão dos dedos. Foi submetido a procedimento cirúrgico com fixação externa da tíbia, calcâneo e metatarsos para correção de deformidades. Retirado o gesso no 58º dia, foi iniciado o tratamento fisioterápico. No 65º dia o paciente apresentava equino de 10º, plantiflexão de aproximadamente 40º e 12º de varo. Apresentava dorsiflexão neutra e 12º de varo no 79º dia. Esses valores foram mantidos até o 147º dia. No 156º dia o paciente apresentava dorsiflexão ativa de 0º, passiva de 4º e varo de 15º. No 179º dia apresentava dorsiflexão ativo e passivo de 0º, e varo de 20º. Manteve a mesma amplitude de movimento até o 184º dia.

- Paciente G

O paciente G sofreu acidente motociclístico com trauma, necrose após fratura exposta e síndrome compartimental. Foi submetido a procedimento cirúrgico para ressecção óssea segmentar, transporte ósseo e debridamento de extensa necrose da musculatura do compartimento posterior profundo (sóleio, tendão tibial posterior, flexor

longo do hálux e flexor longo dos dedos). No 1º dia do tratamento fisioterápico o paciente apresentava equino ativo e passivo de 25º e plantiflexão de 38º. Apresentou melhora no 7º dia, mas o equino ainda era de 15º. No 79º dia o paciente apresentava pé plantígrado, 0º de dorsiflexão e 12º de varo. No 82º dia apresentava 2º de dorsiflexão. Depois de 49 atendimentos fisioterápicos o paciente apresentou dorsiflexão normal.

- Paciente H

O paciente sofreu trauma por acidente motociclístico e foi submetido a procedimento cirúrgico para transporte ósseo e alongamento ósseo de 8 cm com instalação de fixador externo. No 1º dia de fisioterapia o paciente apresentava 40º de equino e 10º de varo. Depois de 35 dias apresentava equino passivo de 10º e ativo de 22º. No 66º dia apresentava equino ativo de 20º, passivo de 10º, e varo de 5º, quando foi submetido a novo procedimento cirúrgico para correção de deformidade em equino e colocação de novos pinos.

O quadro 4 apresenta, de forma detalhada, os dados referentes aos 4 pacientes que não usaram a órtese durante a reabilitação. Esses dados foram levantados junto aos prontuários dos pacientes depois de estarem cientes dos objetivos da pesquisa e de terem assinado o TCLE. O quadro 5 mostra as medidas goniométricas. O equino foi representado como dorsiflexão negativa para possibilitar a representação gráfica e melhor avaliação dos dados.

Da mesma forma que para os pacientes que usaram órtese, as medidas usadas para representação gráfica foram a dorsiflexão ativa, passiva, varo e equino.

Quadro 4 - Pacientes, diagnóstico e medidas durante a reabilitação sem o uso da órtese (dados de prontuários).

Paciente	Diagnóstico	Procedimento cirúrgico	Dia	Reabilitação
E	Sequela de poliomielite e encurtamento ósseo tíbia	Alongamento ósseo de tíbia de 3 cm	1 <sup>o</sup> 9 <sup>o</sup> 72 <sup>o</sup>	Dorsiflexão passiva e ativa de 3°; Equino ativo e passivo de 2°; Equino de 2°.
F	Sequela de poliomielite deformidades em equino, varo e flexão de dedos	Fixação externa da tíbia, calcâneo e metatarsos para correção de deformidades.	1 <sup>o</sup> 58 <sup>o</sup> 65 <sup>o</sup> 79 <sup>o</sup> - 87 <sup>o</sup> 121 <sup>o</sup> 147 <sup>o</sup> 156 <sup>o</sup> 179 <sup>o</sup> - 184 <sup>o</sup>	Imobilização gessada; Início do tratamento fisioterápico; Equino de 10°, plantiflexão de 40° e 12° de varo; Pé plantígrado, 0° de dorsiflexão e 12° de varo; Dorsiflexão de 0° e varo de 12°; Dorsiflexão de 0° e varo de 12°; Dorsiflexão ativa de 0°, passiva de 4° e varo de 15°; Dorsiflexão ativo e passivo de 0°, e varo de 20°;
G	Trauma, necrose após fratura exposta e síndrome compartimental	Ressecção óssea segmentar e transporte ósseo e debridamento de extensa necrose da musculatura do compartimento posterior profundo (sóleo, tendão tibial posterior, flexor longo do hálx e flexor longo dos dedos).	1 <sup>o</sup> 7 <sup>o</sup> 79 <sup>o</sup> 82 <sup>o</sup>	Equino ativo e passivo de 25° e plantiflexão de 38°; Equino de 15°; Pé plantígrado, 0° de dorsiflexão e 12° de varo; 2° de dorsiflexão;
H	Trauma por acidente motociclístico	Transporte ósseo e alongamento ósseo de 8 cm com instalação de fixador externo	1 <sup>o</sup> 35 <sup>o</sup> 66 <sup>o</sup>	40° de equino e 10° de varo; Equino passivo de 10° e ativo de 22°; Equino ativo de 20°, passivo de 10°, e varo de 5°;

Quadro 5 - Medidas extraídas dos prontuários de pacientes que não usaram a órtese durante a fisioterapia.

Semana	Paciente E	Paciente F	Paciente G	Paciente H
1 <sup>a</sup>	3° dorsiflexão ativa 3° dorsiflexão passiva 0° varo	Paciente com imobilização gessada, não foi possível fazer a goniometria	-25° dorsiflexão ativa -25° dorsiflexão passiva 0° varo 38° plantiflexão	-40° dorsiflexão ativa -40° dorsiflexão passiva 10° varo
2 <sup>a</sup>	-2° dorsiflexão ativa -2° dorsiflexão passiva 0° varo	_____	-15° dorsiflexão ativa -15° dorsiflexão passiva 0° varo 38° plantiflexão	_____
4 <sup>a</sup>	-2° dorsiflexão ativa -2° dorsiflexão passiva 0° varo	_____	_____	-22° dorsiflexão ativa -10° dorsiflexão passiva
8 <sup>a</sup>	-2° dorsiflexão ativa -2° dorsiflexão passiva 0° varo	-10° dorsiflexão ativa -10° dorsiflexão passiva 12° varo 40° plantiflexão	_____	-20° dorsiflexão ativa -10° dorsiflexão passiva 5° varo
10 <sup>a</sup>	-2° dorsiflexão ativa -2° dorsiflexão passiva	0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 12° varo	0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva	_____
12 <sup>a</sup>	_____	0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 12° varo	2° dorsiflexão ativa 2° dorsiflexão passiva	_____
17 <sup>a</sup>		0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 12° varo		
21 <sup>a</sup>		0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 12° varo		
22 <sup>a</sup>		0° dorsiflexão ativa 4° dorsiflexão passiva 15° varo		
25 <sup>a</sup>		0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 20° varo		
26 <sup>a</sup>		0° dorsiflexão ativa 0° dorsiflexão passiva 20° varo		

## 5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS PACIENTES QUE USARAM ÓRTESE E OS PACIENTES QUE NÃO A USARAM

### 5.4.1 Comparação entre o paciente A (participante) e E (prontuário)

Os resultados, para cada paciente foram representados graficamente para facilitar a visualização da evolução do quadro e auxiliar na discussão dos resultados. Foram utilizados, para comparação entre pacientes, apenas os dados de dorsiflexão, plantiflexão e varo. Os valores de equino foram demonstrados como dorsiflexão negativo, já que o equino é considerado como o quanto falta para que se atinja 0° de dorsiflexão.

Os pacientes denominados como A, B, C e D foram os participantes da pesquisa que fizeram uso da órtese durante a reabilitação e os designados como E, F, G e H tiveram os dados retirados dos prontuários e, portanto, não usaram a órtese.

O paciente A, que apresentava sequela de poliomielite, foi submetido a procedimento cirúrgico para osteotomia em tíbia e fíbula, tenotomia de Aquiles e colocação de haste e fixador externo monolateral e, no momento de colocação da órtese apresentava plantiflexão normal de 40°. A plantiflexão normal pode variar de 35° a 45°, dependendo da idade e gênero do indivíduo (GREENE; HECKMAN, 1994).

A figura 42 mostra a órtese instalada. Para a intervenção cirúrgica a que foi submetido o paciente, para realização de alongamento ósseo, são esperadas sequelas como contratura muscular e a perda de amplitude de movimento articular com o risco de se tornar uma condição permanente (STANITSKI, 1994; MOTMANS et al., 2008). No alongamento ósseo da tíbia os problemas musculares ocorrem nos gastrocnêmicos e flexores dos dedos no pé. Como resultado o paciente desenvolve flexão de joelho, equino de tornozelo e contratura em flexão dos dedos (BHAVE, 1997).

Portanto, o protocolo fisioterápico para a reabilitação dos movimentos deve envolver exercícios de alongamento passivo nos grupos musculares envolvidos. Quando o músculo cruza duas articulações, não é suficiente alongar o músculo somente em uma articulação. No caso do tríceps sural, o pé deve ficar no máximo de dorsiflexão com o joelho em flexão, então, quando o tornozelo estiver em dorsiflexão, o joelho deve ser

passivamente estendido. O paciente deve ser encorajado a repetir os exercícios durante o dia (PALEY, 1990). A figura 43 mostra as medidas goniométricas durante o período do tratamento fisioterápico.

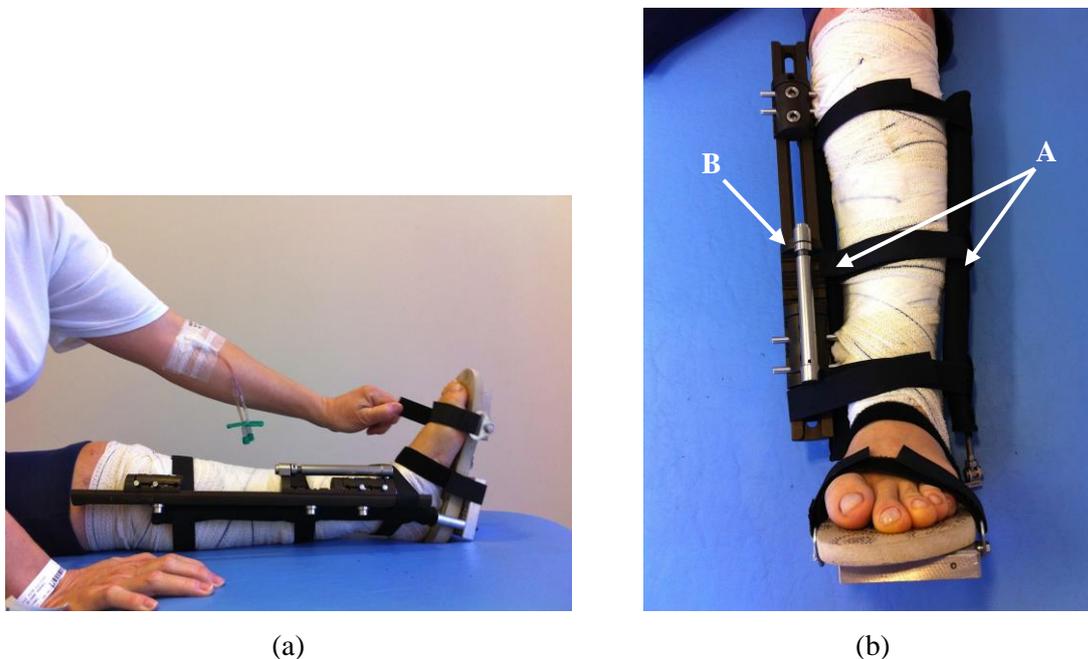


Figura 42 – Órtese instalada no paciente A. (a) a órtese permite o ajuste das cintas pelo próprio paciente, caso sinta desconforto pelo excesso de pressão, (b) a órtese (A) pode ser usada simultaneamente com o fixador externo (B) sem que a reabilitação seja prejudicada ou cause desconforto do paciente.

Na segunda semana pós-cirúrgica, o paciente, apesar de orientado, não utilizou a órtese e a leitura dos ângulos foi de 6° de equino ativo e 4° de equino passivo, decorrente de contratura muscular. Contraturas musculares normalmente ocorrem pela tensão gerada no músculo devido à distração e tendem a ocorrer em grupos musculares potentes devido ao desequilíbrio de força entre flexores e extensores. No alongamento de tibia, por exemplo, o músculo tríceps sural (gastrocnêmicos e sóleo) oferece o máximo de resistência ao alongamento devido à sua grande força e massa muscular. Eles tendem a fletir o joelho e causar plantiflexão do tornozelo. A contratura ocorre quando o músculo alongado se torna relativamente curto comparado ao osso (PALEY, 1990). Os músculos, principalmente os gastrocnêmicos, no paciente A, tornaram-se curtos em comparação ao osso da tibia causando plantiflexão do tornozelo, ou contratura em equino.

### PACIENTE A

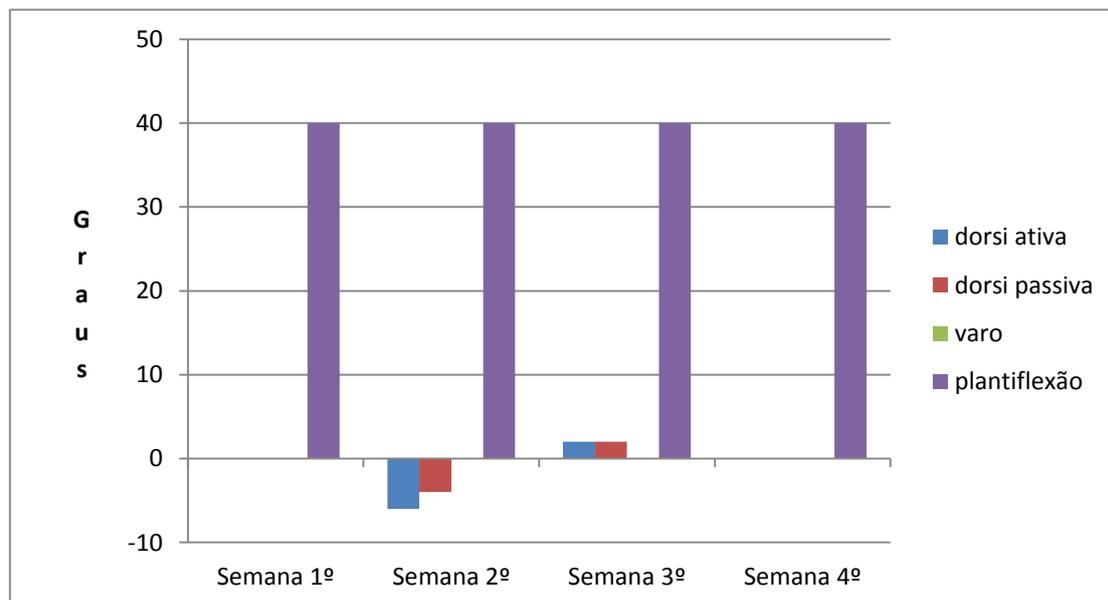


Figura 43 - Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente A. Na quarta semana, com o uso da órtese, a dorsiflexão foi corrigida e a plantiflexão normal foi mantida.

Entre a segunda e a terceira semanas, o paciente utilizou a órtese conforme recomendado e apresentou 2° de dorsiflexão ativa e 2° de dorsiflexão passiva. A tendência durante o alongamento ósseo é desenvolver contraturas, e o paciente corrigiu a contratura adquirida, e ainda estava realizando o alongamento ósseo. Se a contratura muscular não for devidamente tratada pode evoluir para contratura articular, adesões capsulares e intra-articulares. A contratura de dois músculos articulares também introduz força compressiva na cartilagem articular, podendo, desta maneira, lesar ou necrosar a cartilagem articular (STANITSKI, 1994). A contratura muscular que o paciente apresentava foi devidamente tratada em um período crítico, durante o alongamento ósseo, fase esta que o paciente tende a adquiri-la. Sem o auxílio da órtese um resultado como este não seria esperado, pois, alongamento ósseo de tíbia em pacientes com poliomielite pode ser associado com algumas complicações como retardo na consolidação óssea e contratura em equino (KHALED; KHAMES, 2008). Geralmente, o paciente apresenta correção do equino com fisioterapia individualizada, intensa e agressiva (PALEY, 1990; BHAVE, 1997). O paciente A realizou a fisioterapia somente 2 vezes por semana.

Na quarta semana o paciente apresentou 0° de dorsiflexão tanto ativa quanto passiva. O pé estava plantígrado, sem deformidade em equino ou varo e o paciente estava terminando o alongamento ósseo. O alongamento permanente dos tecidos de conexão com baixa tensão e de duração prolongada causa remodelação fisiológica do tecido de conexão através da resposta bioquímica, promovendo ganho de flexibilidade muscular (HEPBURN, 1987). O paciente apresentou este resultado positivo com o auxílio da órtese que promove alongamento permanente dos tecidos exercendo baixa tensão por período prolongado.

Durante as quatro semanas, o paciente relatou pouca dor e não sentiu necessidade de utilizar medicação para analgesia. Geralmente, o paciente é orientado a realizar fisioterapia diariamente e a repetir os exercícios em casa. Este paciente estava impossibilitado de repetir os exercícios em casa por não ter auxílio e necessitar trabalhar. Portanto, sem repetir os exercícios, mas utilizando a órtese, alcançou os objetivos da reabilitação em poucas semanas. Desta forma, a órtese facilitou o tratamento fisioterápico do paciente, pois permitiu manipulações passivas realizadas sem grandes esforços, e o paciente não desenvolveu rigidez. O paciente tinha grande chance de desenvolver equino, pois possuía sequelas causadas pela poliomielite e apresentava equino antes de iniciar o alongamento ósseo, por isso foi realizado a tenotomia em Aquiles. Apesar dessa tendência, com o uso da órtese, o paciente não sofreu recidiva no equino, apresentando resultado melhor e mais rápido do que o esperado se realizasse a fisioterapia convencional.

O paciente E (prontuário) apresenta sequela de poliomielite e realizou alongamento ósseo de 3 cm. O alongamento ósseo de tíbia em pacientes com poliomielite pode ser associado com algumas complicações como retardo na consolidação óssea e contratura em equino (KHALED; KHAMES, 2008). A figura 44 mostra os dados do paciente arranjados graficamente.

O tratamento fisioterápico teve início na primeira semana após a cirurgia, com dorsiflexão passiva e ativa de 3°. Foi iniciado o alongamento ósseo. Na segunda semana o equino ativo e passivo foi de 2°. O paciente retornou na oitava semana com o equino em 2°. O paciente foi submetido ao alongamento ósseo de 3 cm e após 2 meses de tratamento fisioterápico desenvolveu contratura em equino. Para a intervenção cirúrgica a que foi submetido são esperadas sequelas como contratura muscular e perda de amplitude de movimento articular com o risco de se tornar uma condição permanente

(STANITSKI, 1994; MOTMANS et al., 2008). Para a contratura não se tornar uma condição permanente o paciente necessitou continuar o tratamento fisioterápico.

### PACIENTE E

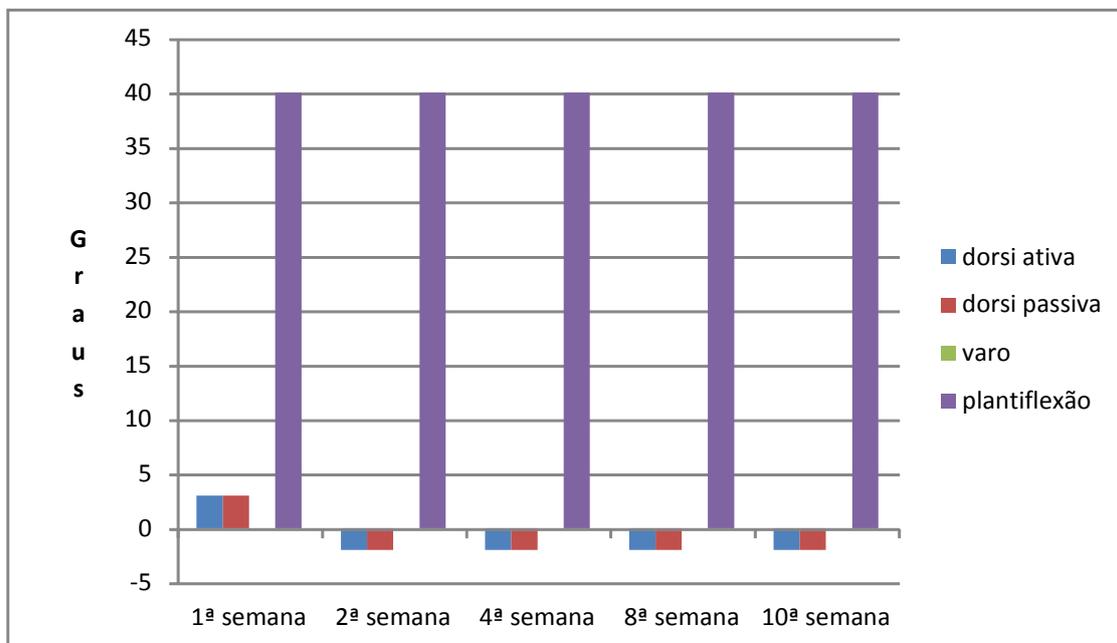


Figura 44 - Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente E. A plantiflexão normal foi mantida, no entanto, mesmo depois de 10 semanas de tratamento não ocorreu correção da dorsiflexão.

O quadro do paciente E é similar ao do paciente A que utilizou a órtese universal (sequela de poliomielite e alongamento ósseo). Enquanto o primeiro necessitou manter a continuidade da fisioterapia, mesmo depois de 10 semanas, para impedir a contratura permanente e, mesmo assim, desenvolvendo equino, o paciente A já apresentava 0° de dorsiflexão tanto ativa quanto passiva na quarta semana, com o pé plantígrado e sem deformidade em equino. Portanto, a órtese acelerou os resultados esperados para a reabilitação do paciente A.

#### 5.4.2 Comparação entre o paciente B (participante) e F (prontuário)

O paciente B apresenta doença de Charcot-Marie-Tooth e foi submetido à osteotomia em médio pé e calcâneo com instalação de fixador externo circular Ilizarov para correção de deformidade em equino, cavo e varo. O tratamento cirúrgico teve como objetivo obter um pé plantígrado, indolor, estável e, se possível, com flexibilidade e força muscular (MARANHO; VOLPON, 2009).

O objetivo maior de um programa de fisioterapia está na manutenção da funcionalidade, necessária para a maior independência do indivíduo (TARINI et al., 2005) e, neste caso, foi realizada fisioterapia com exercícios de fortalecimento e manipulação. Para manter a correção obtida foi instalada a órtese proposta neste trabalho, figura 45.



Figura 45 – Órtese instalada no paciente B. (a) vista lateral, a órtese permite ajustes que mantém o conforto, mesmo em pé com edema como o apresentado pelo paciente (b) vista anterior.

A figura 46 mostra as medidas goniométricas do paciente B, realizadas durante o período de tratamento fisioterápico.

Na primeira avaliação o paciente apresentava equino com o joelho em extensão ativo de 15° e passivo de 20°, plantiflexão normal e varo de 15°. Após o início da utilização da órtese as medidas apresentaram melhora a cada semana demonstrado,

desta forma, que se a órtese não tivesse sido utilizada, ocorreria recidiva. A recidiva da deformidade tem sido observada com frequência e é atribuída ao desequilíbrio muscular residual e à característica progressiva da doença. O uso de órteses bem adaptadas e palmilhas no período pós-operatório são válidos e tem como objetivos manter a correção e prevenir o aparecimento de lesões tegumentares neuropáticas (MARANHÃO; VOLPON, 2009). No entanto, na atualidade, existe dificuldade em se adaptar órteses em pés com deformidades sendo necessário, muitas vezes, fabricar órteses customizadas que encarecem o tratamento e não acompanham a melhora do paciente por não permitir ajustes. A órtese universal proposta neste trabalho adaptou-se perfeitamente ao membro com deformidade e permitiu os ajustes necessários à manutenção dos ganhos de movimento.

#### PACIENTE B

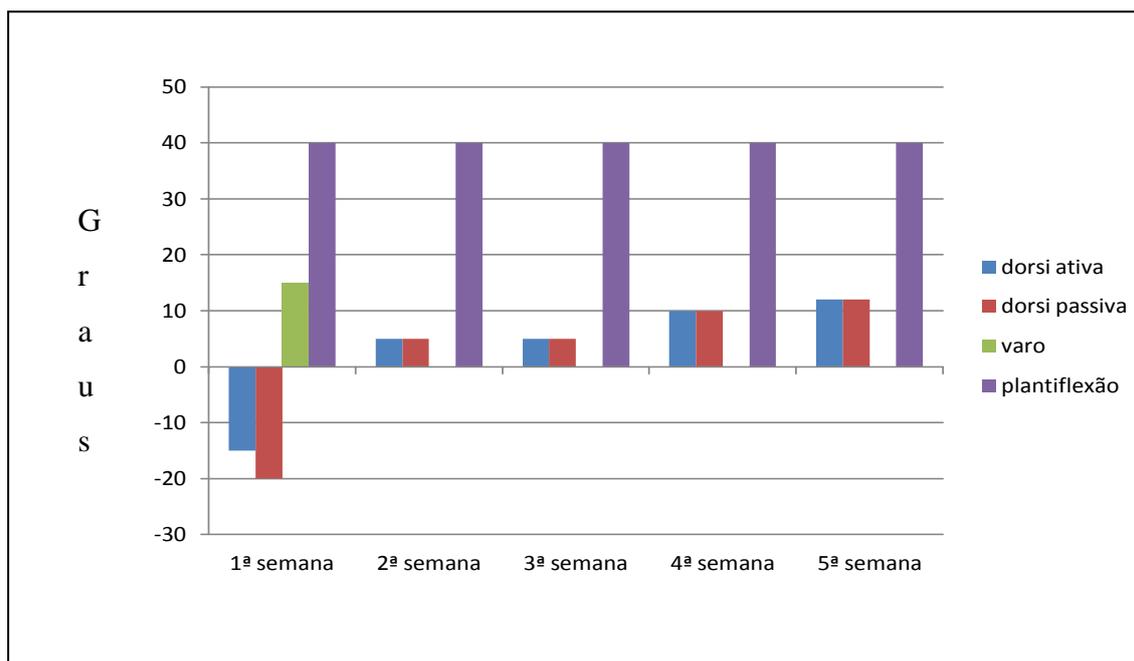


Figura 46– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente B. A plantiflexão normal foi mantida, o varo corrigido e a dorsiflexão passou de negativa para positiva na segunda semana.

Na segunda semana, a dorsiflexão era de 5° e ocorreu a correção total do varo. Foi realizado o ajuste da órtese para manter a correção em 6° de dorsiflexão. Como, imediatamente após a retirada do fixador o paciente apresentava pé plantígrado e varo neutro, recuperar estas medidas foi relativamente rápido.

Na quarta semana a dorsiflexão era de 10° e foi realizado outro ajuste na órtese para manter o paciente em 12° de dorsiflexão. Na quinta semana o paciente foi orientado a caminhar com carga total, apresentava 12° de dorsiflexão e a órtese foi retirada. Durante este período, foram realizados ajustes semanais na órtese para melhorar e manter a amplitude de movimento. O paciente retornou 85 dias depois da retirada do fixador com a mesma mobilidade de tornozelo e recebeu alta da fisioterapia, com mobilidade de 12° de dorsiflexão, plantiflexão normal, varo corrigido, e com boa recuperação funcional da marcha.

Com a utilização da órtese, a possibilidade de recidiva, comum em casos de Charcot-Marie-Tooth (MARANHO; VOLPON, 2009), foi reduzida. Além disso, obteve-se um ganho significativo na amplitude de movimento. Em geral, não se observa ganho na amplitude de movimento além daquele adquirido com a cirurgia. O tratamento de pés na doença neuromuscular é desafiador, porque a natureza progressiva do desequilíbrio muscular tende a causar recidivas, mesmo após correção cirúrgica adequada (ALEXANDER; JOHNSON, 1989).

O paciente F (prontuário) apresenta sequela de poliomielite e foi submetido a procedimento cirúrgico com fixação externa da tibia, calcâneo e metatarsos para correção de deformidades em varo, equino e flexão de dedos. Iniciou o tratamento fisioterápico na oitava semana após a cirurgia, com alongamentos e manipulações. A figura 47 mostra os dados do paciente F.

No início do tratamento, o paciente apresentava equino de 10°, plantiflexão de aproximadamente 40° e 12° de varo. O paciente realizou quinze atendimentos fisioterápicos. O equino foi corrigido com o tratamento proposto, mas houve piora do varo. O paciente foi, então, encaminhado para avaliação médica e foi indicado tratamento cirúrgico (tríplice artrodese remodelante) para a correção da deformidade.

### PACIENTE F

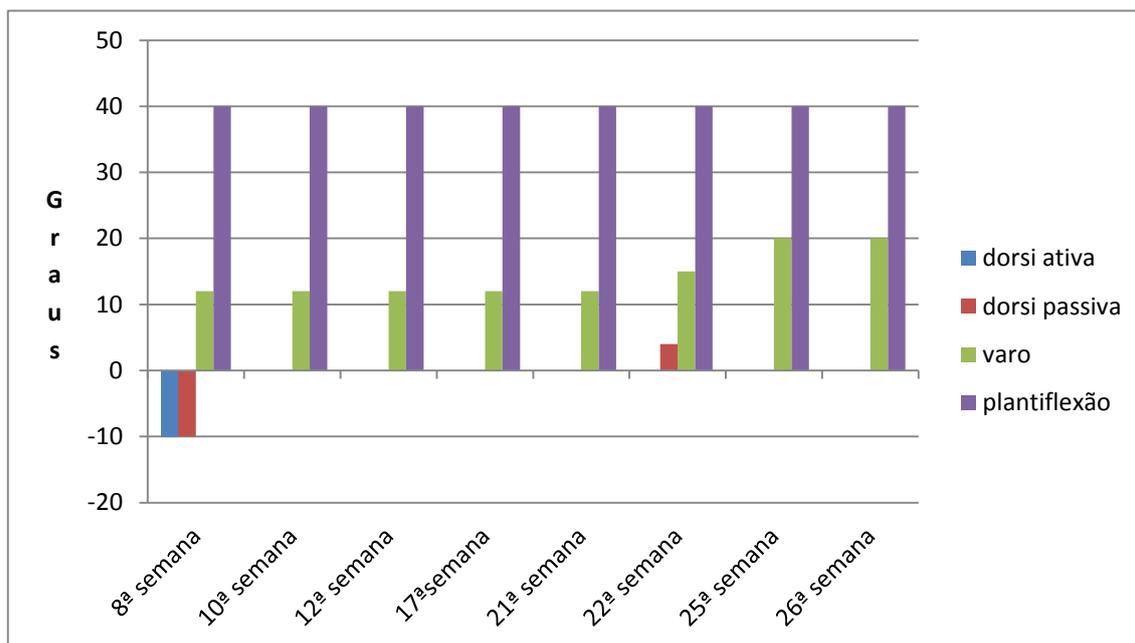


Figura 47 – Representação gráfica dos resultados da goniometria realizada no paciente F. Mesmo na 26ª semana, o paciente ainda apresentava varo.

O paciente B e o F, apesar de causas diferentes, apresentavam deformidades em varo e equino por condição neurológica e foram submetidas à correção com fixador externo. Novamente, é possível notar a eficácia da órtese universal proposta neste trabalho, pois o paciente B que utilizou a órtese apresentou resultados melhores do que o esperado nos tratamentos convencionais, além de apresentar uma recuperação mais rápida que a do paciente F e um ganho de amplitude de movimento além do adquirido com a cirurgia, incomum neste caso. O paciente F, que sofreu tratamento fisioterápico convencional, depois de quinze semanas teve correção de equino, mas piora do varo, o que exigiu correção cirúrgica. Pode-se perceber que o uso da órtese diminuiu sensivelmente o tempo de tratamento e recuperou a marcha, diminuindo os custos do tratamento e melhorando a qualidade de vida do paciente. Mesmo o caso B sendo mais complexo por ser uma doença progressiva, os resultados foram superiores devido ao auxílio da órtese.

### 5.4.3 Comparação entre o paciente C (participante) e G (prontuário)

O paciente C apresentava síndrome compartimental em perna direita com lesão do nervo fibular, pé com hiperestesia e parestesia causados por trauma (acidente motociclístico) ocorrido há, aproximadamente, 3 anos antes do início da reabilitação com a órtese.

A síndrome compartimental é uma complicação grave do trauma. Fraturas e lesões arteriais podem resultar em aumento da pressão nos tecidos em espaços fechados podendo causar danos irreparáveis nos músculos ou nervos e levando a uma redução da função no paciente (ADEPAPPO et al., 2001). O atraso no diagnóstico e tratamento da síndrome compartimental pode causar contraturas, infecções, amputação e até morte. Quando necróticos, os músculos e nervos não se regeneram o que pode resultar em deficiência permanente (JANZING; BROOS, 2001).

As complicações como contratura e lesão nervosa ocorrem em cerca de 10% das fraturas fechadas da tibia. Dependendo do compartimento acometido, a seqüela será variável. O pé poderá apresentar deformidades fixas como dedo em garra, equino e inversão (ALVES et al., 2011). O paciente apresentava dedo em garra, equino e varo. A correção do dedo em garra foi realizada cirurgicamente. A equipe indicou fixador externo para correção das deformidades restantes, mas o paciente se recusou sendo, então, encaminhado para a fisioterapia na tentativa de melhorar as deformidades para, posteriormente, realizar novos procedimentos cirúrgicos.

Durante a fisioterapia, o tratamento foi direcionado à correção da contratura em equino e varo. Contratura é o encurtamento de uma unidade musculotendínea e outros tecidos moles que cercam uma articulação, causando resistência significativa ao alongamento e limitações na amplitude de movimento. Há várias intervenções fisioterápicas para aumentar a amplitude de movimento. Alongamentos e mobilizações são manobras que aumentam a extensibilidade dos tecidos (KISNER; COLBY, 2005).

Os dispositivos de alongamento muscular mecânicos como órteses, por exemplo, aplicam uma força de alongamento de intensidade muito baixa por um tempo prolongado para criar uma deformação plástica (alongamento) dos tecidos. Períodos mais longos de alongamento são necessários para pacientes com contraturas crônicas. Estudos mostram maior eficácia no alongamento mecânico prolongado de baixa

intensidade, do que no alongamento passivo manual feito por um tempo igual em pacientes com contraturas articulares, sendo então de grande importância o alongamento muscular mecânico durante e após os alongamentos ósseos (KISNER; COLBY, 2005). Por esse motivo, optou-se pela combinação da utilização da órtese com alongamentos e manipulações fisioterápicas. A órtese foi instalada no primeiro dia de fisioterapia, figura 48.



Figura 48 – Órtese instalada no paciente C. (a) vista lateral, (b) vista posterior.

Como mostra a figura 49, o paciente apresentava a mobilidade passiva e ativa do tornozelo direito de 30° de equino, 20° de varo com plantiflexão normal. A fisioterapia foi realizada diariamente e, na segunda semana, o paciente apresentou melhora significativa com equino de 18° de ativo e 15° passivo. O varo e a plantiflexão mantiveram os mesmos valores. Na sexta semana teve início a correção do varo na órtese que acarretou na redução do varo do paciente para 18° na sétima semana. Na 14ª semana o pé manteve-se plantígrado passivamente e o varo estava em 6°. Na 18ª semana o pé estava plantígrado com varo de apenas 3°.

### PACIENTE C

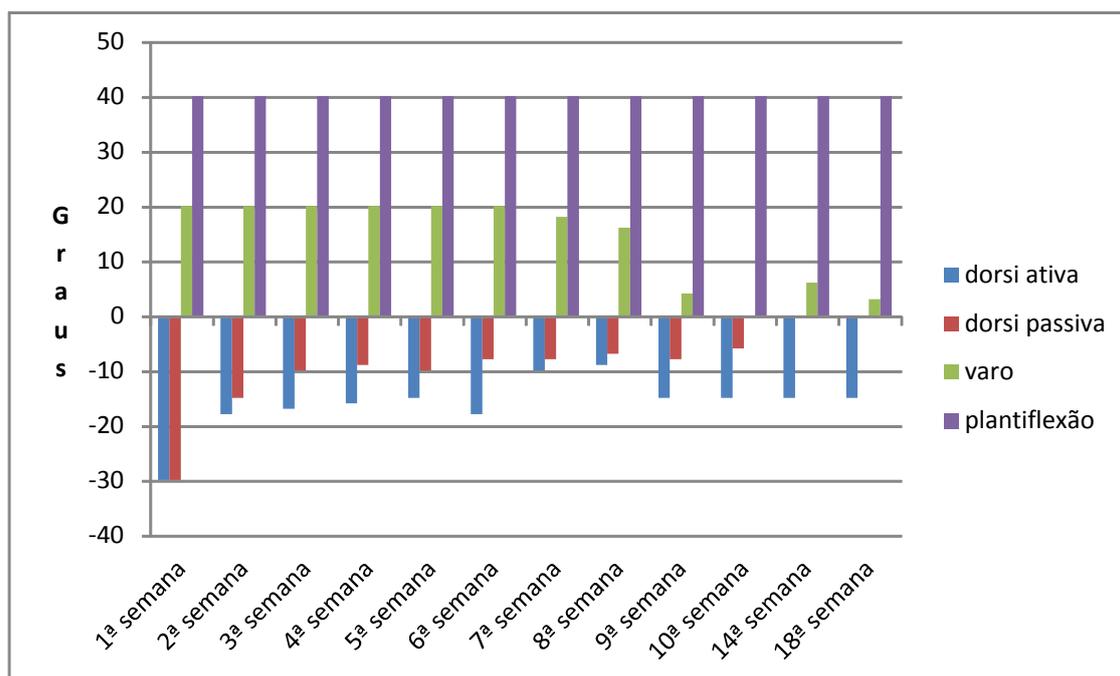


Figura 49– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente C. A plantiflexão normal foi mantida. O varo e a dorsiflexão foram significativamente melhorados.

O paciente C apresentou melhora gradativa lenta devido ao tempo sem tratamento fisioterápico da lesão. Quanto mais antiga for uma contratura mais difícil é a recuperação da mobilidade ideal dos tecidos moles e maior é a probabilidade de a contratura tornar-se irreversível (KISNER; COLBY, 2005). No entanto, apesar da recuperação lenta, o resultado foi excelente, pois atualmente o paciente caminha com auxílio de uma órtese que serve apenas para manter o pé plantígrado.

No início do tratamento o paciente utilizou a órtese toda fabricada em polietileno, mas foi substituída pela híbrida, aço inox e polietileno, pois a primeira não suportou a rigidez da deformidade. O paciente relatou redução da dor ao caminhar e apresentou melhora na contração da musculatura dorsiflexora melhorando, desta maneira, a dorsiflexão ativa. A recuperação não era esperada, pois a lesão nervosa parecia definitiva. A órtese universal proposta neste trabalho adaptou-se perfeitamente, mesmo em uma deformidade de 30° de equino e foi fundamental para que se alcançasse a mobilidade do pé necessária para que o paciente recuperasse, o máximo possível, a marcha e a sua qualidade de vida.

O paciente G sofreu acidente automobilístico apresentando extensa necrose da musculatura do compartimento posterior profundo (sóleio, tendão tibial posterior, flexor longo do hálux e flexor longo dos dedos), necrose secundária após fratura exposta e síndrome compartimental. Foi submetido a procedimento cirúrgico para ressecção óssea segmentar, transporte ósseo e debridamento da necrose. Fratura em tibia pode causar síndrome compartimental e, quando necróticos, os músculos e nervos não se regeneram o que pode resultar em deficiência permanente (JANZING; BROOS, 2001). A figura 50 mostra os dados coletados no prontuário do paciente G.

A fisioterapia teve início cinco meses após o acidente, com equino ativo e passivo de 25° e plantiflexão de 38°. Inicialmente foi tratada a contratura em equino através de alongamentos e mobilizações. Como não foi encontrada órtese que se adaptasse às deformidades do paciente, foram utilizadas bandas elásticas para provocar uma força de alongamento de intensidade baixa por um tempo prolongado, criando uma deformação plástica (alongamento) dos tecidos, procedimento importante para recuperação dos movimentos em pacientes com contraturas como as apresentadas pelo paciente G (KISNER; COLBY, 2005).

### PACIENTE G

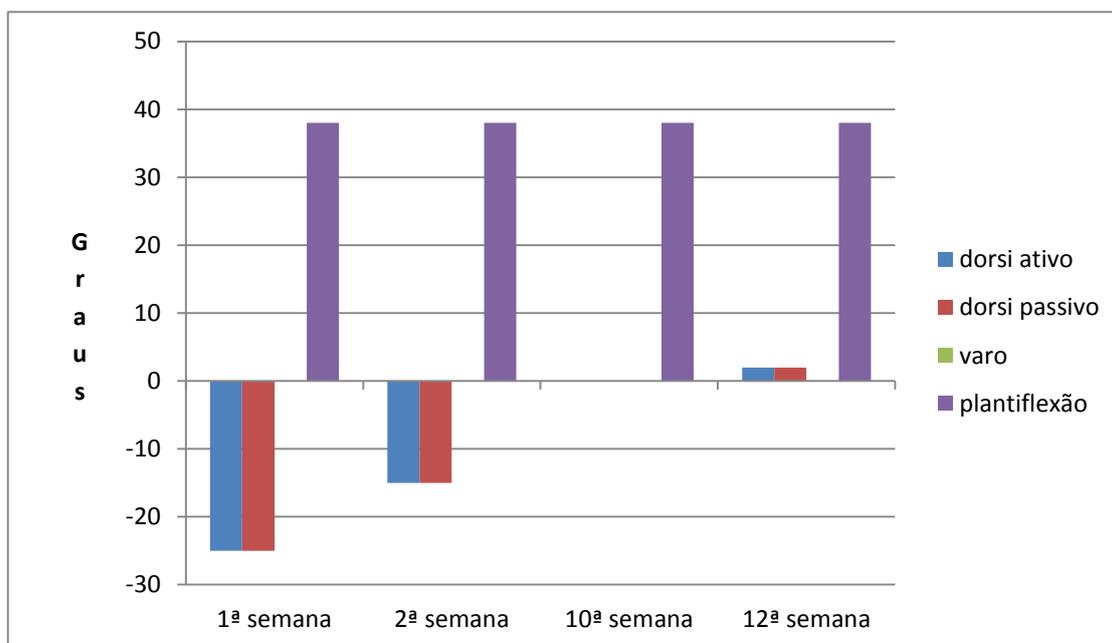


Figura 50– Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente G. A plantiflexão foi mantida, mas mesmo na 12ª semana a dorsiflexão foi corrigida.

Somente depois de 49 atendimentos fisioterápicos o paciente apresentou dorsiflexão normal. A recuperação ocorreu como esperado para um tratamento convencional, pois a contratura era aguda. Quanto mais antiga for uma contratura mais difícil é a recuperação da mobilidade ideal dos tecidos moles e maior é a probabilidade de a contratura tornar-se irreversível (KISNER; COLBY, 2005).

Assim como o paciente G (prontuário) o paciente C (participante) sofreu acidente motociclístico com fratura de tibia e síndrome compartimental. No dia de instalação da órtese, o paciente C apresentava 15° de equino ativo, além de 25° varo, não apresentado pelo paciente G. O paciente G, no entanto, na 12<sup>a</sup> semana apresentava recidiva de plantiflexão.

O paciente G apresentou resposta mais rápida à fisioterapia por se tratar de uma contratura aguda, enquanto que o paciente C apresentava contratura crônica devido ao tempo decorrido entre o acidente e a fisioterapia, aproximadamente 3 anos, o que poderia tornar as deformidades permanentes. No entanto, com o auxílio da órtese, ocorreu uma melhora notável na contratura.

#### **5.4.4 Comparação entre o paciente D (participante) e H (prontuário)**

O paciente D também sofreu acidente automobilístico e necessitou de intervenção cirúrgica no fêmur e tibia com colocação de fixador externo monolateral. Na tibia foi realizado transporte e alongamento ósseo distal de 8 cm. No dia de instalação da órtese (figura 51) o transporte ósseo havia sido finalizado e o paciente apresentava 15° de equino ativo, 8° de equino passivo e 25° varo.

Transporte ósseo é uma técnica cirúrgica utilizada para reconstrução de defeitos ósseos, onde um fixador externo é aplicado para preenchimento lento e progressivo do defeito. O osso saudável é levado pelo fixador, em seu eixo, após a realização de corticotomia ou osteotomia. Se o paciente apresenta cicatrizes e ou aderências no trajeto do transporte ósseo, a chance de ocorrer contraturas é maior e a fisioterapia deve ser intensificada ou o fixador deve englobar a articulação adjacente (LUZZI; SLOMKA, 2010). Como havia a possibilidade de se utilizar a órtese para prevenção e correção de

contraturas, a equipe multidisciplinar optou por não englobar o pé na montagem do fixador externo, considerado um procedimento convencional.

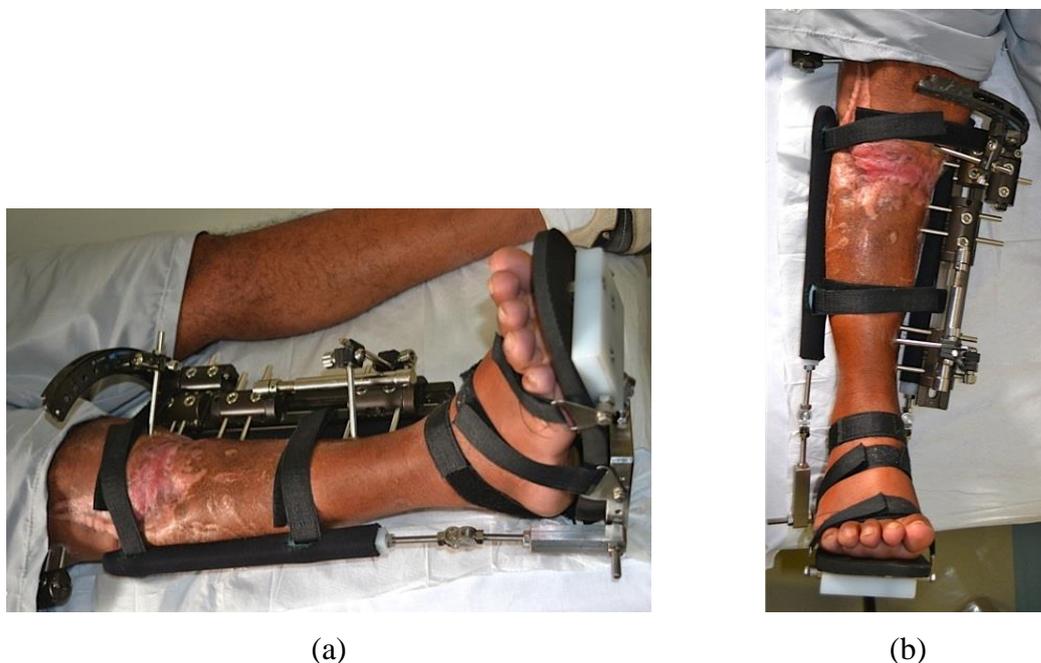


Figura 51 – Órtese instalada no paciente D com fixador externo. (a) vista lateral, (b) vista anterior

A profilaxia de contraturas musculares é a parte essencial do alongamento ósseo. A prevenção de contraturas inclui fisioterapia, “splinting” (órteses adaptadas ao fixador externo) e a fixação através da articulação. A fisioterapia deve se concentrar em exercícios de alongamento passivo nos grupos musculares envolvidos. Quando o músculo cruza duas articulações não é suficiente alongar o músculo somente em uma articulação. No caso do tríceps sural, o pé deve ficar no máximo de dorsiflexão com o joelho em flexão, então, quando o tornozelo estiver em dorsiflexão, o joelho deve ser passivamente estendido, como ilustra a figura 5. O paciente deve ser encorajado a repetir os exercícios durante o dia (PALEY, 1990). A figura 52 mostra as medidas goniométricas do paciente D.

### PACIENTE D

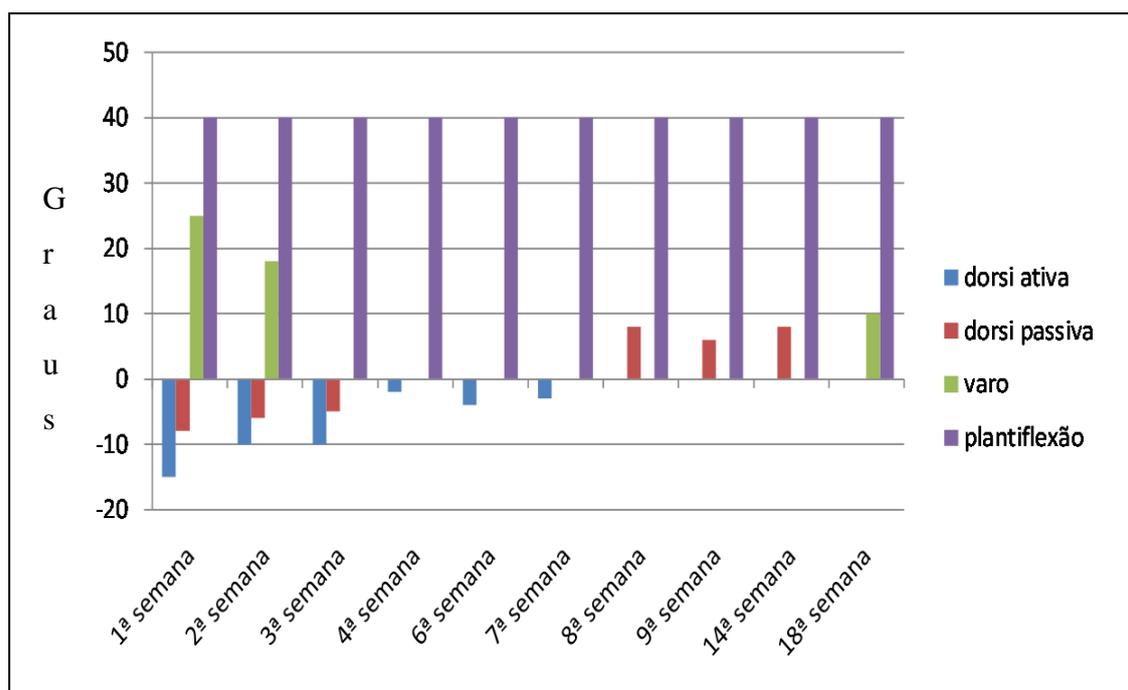


Figura 52- Representação gráfica para melhor visualização dos resultados da goniometria realizada no paciente D. Ocorreu a manutenção da plantiflexão normal com redução significativa do varo e normalização da dorsiflexão.

Na segunda semana de tratamento o paciente D apresentava equino ativo com o joelho em extensão de  $10^\circ$ , passivo de  $6^\circ$  e varo de  $18^\circ$ . Na terceira semana o varo foi corrigido. Na quarta semana a dorsiflexão passiva chegou a  $0^\circ$ , o equino ativo a  $2^\circ$  e o varo manteve-se corrigido. O paciente faltou uma semana e retornou na sexta semana e, embora tenha sido orientado a não realizar o ajuste na órtese sozinho, o fez. O varo e a dorsiflexão passiva mantiveram-se constante, mas o equino ativo passou para  $4^\circ$ . O ajuste inadequado da órtese a deixou posicionada em equino prejudicando o tratamento. Este fato alertou a equipe para desenvolver um sistema de travamento que impeça o paciente de alterar as posições da órtese sem o auxílio do fisioterapeuta responsável pelo tratamento.

Na sétima semana o varo estava corrigido e a dorsiflexão era de  $0^\circ$  passivo e equino de  $3^\circ$  ativo. O fixador externo do fêmur foi retirado na oitava semana e o paciente retornou com  $0^\circ$  de dorsiflexão ativa e  $8^\circ$  passiva.

O alongamento ósseo em tibia foi iniciado na 11ª semana. O paciente retornou após, aproximadamente, 3 semanas, quando foi reinstalada a órtese. Na 14ª semana, o paciente já estava com o varo corrigido e a dorsiflexão ativa em  $0^\circ$ . O paciente

permaneceu, aproximadamente, 21 dias sem realizar fisioterapia durante o alongamento ósseo e, mesmo assim, manteve a amplitude de movimento somente com a utilização da órtese. Alguns músculos como os gastrocnêmios desenvolvem tensão passiva muito mais rápido do que outros músculos em resposta ao alongamento do membro. No alongamento de tibia ocorrem problemas musculares nos gastrocnêmios e pododáctilos. O paciente pode desenvolver flexão do joelho, plantiflexão do tornozelo e contratura em flexão dos pododáctilos, ou posição de garra dos dedos (BHAVE, 1997). O paciente D não desenvolveu contraturas mesmo sem realizar fisioterapia por 21 dias durante o alongamento ósseo, mostrando a funcionalidade e eficácia da órtese universal proposta neste trabalho.

Na 18ª semana, faltando apenas 1 cm para terminar o alongamento ósseo, o paciente não desenvolveu equino como era esperado, novamente devido à interferência da órtese. Neste ponto, foi realizado o ajuste na órtese para trabalhar o varo. Importante notar que, antes de iniciar o alongamento ósseo o paciente apresentava deformidade em equino o que representa uma grande possibilidade de recidiva. Durante a utilização da órtese, não houve queixas de dor, não sendo necessária a utilização de medicação ou eletroterapia para analgesia. A baixa tensão favorece o não aparecimento da dor.

O paciente H sofreu acidente motociclístico. A figura 53 mostra os resultados das medidas para o paciente H.

O paciente foi submetido a tratamento cirúrgico, colocação de fixador externo para transporte e alongamento ósseo de 8 cm. No início da fisioterapia apresentava 40° de equino e 10° de varo. Durante o tratamento fisioterápico, foram realizados alongamentos passivos. Na 4ª semana o paciente apresentava equino passivo de 10° e ativo de 22°. Apesar de mostrar diminuição da contratura, a deformidade não foi corrigida. Após a 8ª semana com equino ativo de 20°, passivo de 10°, e varo de 5°, o paciente foi submetido a procedimento cirúrgico para correção de deformidade e colocação de novos pinos. Antes do alongamento ósseo foi usada banda elástica para tentar prevenir deformidades, porém sem sucesso, o que acarretou em novo procedimento cirúrgico. Quando se alonga a perna em mais de 5 cm, é prudente fixar o pé para prevenir a deformidade em equino. Mesmo que o pé e os artelhos não sejam fixados, os mesmos devem ser protegidos com bandas elásticas pra prevenir o equino e garra dos artelhos (BAIÃO, 2010).

### PACIENTE H

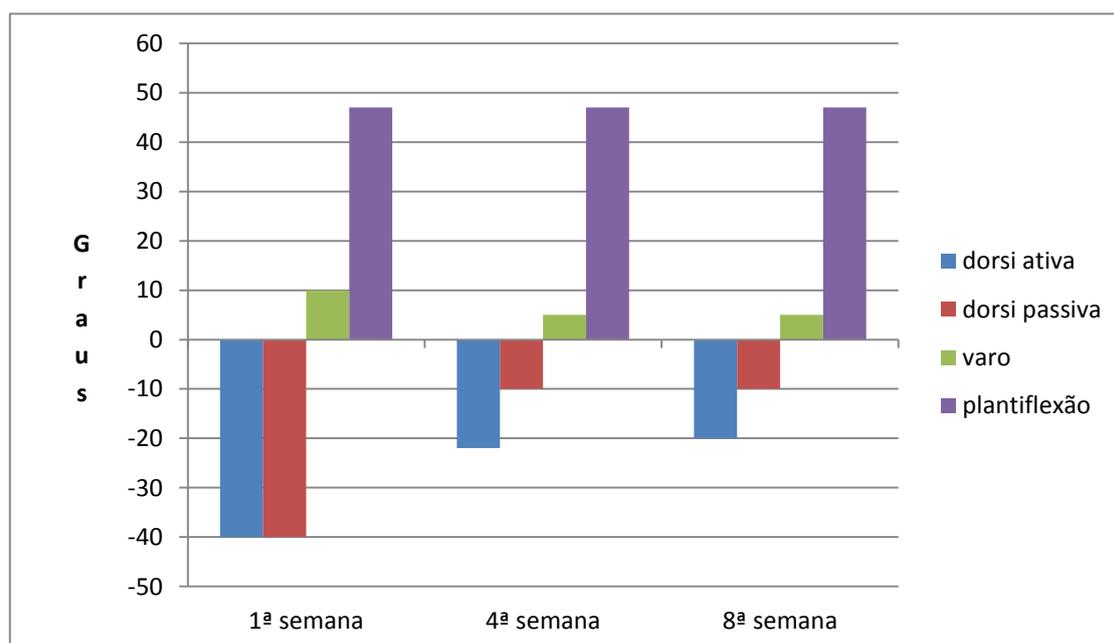


Figura 53 – Representação gráfica dos resultados da goniometria realizada no paciente H. O paciente não apresentou correção total da dorsiflexão e nem do varo.

O resultado insatisfatório obtido neste paciente, apesar do esforço em contornar as contraturas, era esperado em tratamentos fisioterápicos convencionais.

Ambos os pacientes D e H sofreram fratura em tíbia com perda óssea segmentar, sendo necessário transporte e alongamento ósseo para correção das discrepâncias. O paciente D apresentou correção da deformidade em um tempo reduzido e não desenvolveu equino durante o alongamento ósseo e o paciente H, que não utilizou a órtese, necessitou de novo procedimento cirúrgico para correção da deformidade causada durante o tratamento, apesar de ter sido utilizada a banda elástica e realizados exercícios domiciliares adequados, além da fisioterapia assistida.

Como a falha óssea era maior do que 5 cm era esperada deformidade em equino, no entanto, o paciente D não a desenvolveu, apresentando um resultado melhor do que o esperado. Além disso, na 14ª semana o paciente D já estava com o varo corrigido e a dorsiflexão ativa em 0° e, apesar de ter permanecido, aproximadamente, 21 dias sem realizar fisioterapia durante o alongamento ósseo, manteve a amplitude de movimento somente com a utilização da órtese.

## 6 CONCLUSÃO

Utilizando os parâmetros biomecânicos das articulações do pé e as necessidades na reabilitação de pacientes com tendência a ou pé equino instalado, foi possível elaborar um projeto e fabricar uma órtese articulada universal, perfeitamente ajustável aos pacientes com diferentes necessidades.

A órtese híbrida, aço inoxidável com polietileno, mostrou ser a ideal por combinar leveza com resistência mecânica adequada aos esforços necessários para manter a posição desejada, tornando a reabilitação do paciente mais eficaz.

Os resultados dos tratamentos fisioterápicos convencionais, sem uso da órtese, coletados dos prontuários médicos dos pacientes que consentiram o acesso, estiveram de acordo com os descritos na literatura. No entanto, os resultados dos pacientes que utilizaram a órtese surpreenderam, tanto na velocidade de recuperação dos movimentos quanto em relação à reversão de casos que tendiam a ser irreversíveis, evitando novos procedimentos cirúrgicos.

Não houve queixas dos pacientes que fizeram uso da órtese, mostrando que a distensão contínua e de baixa intensidade criada pelo dispositivo, além de eficaz na recuperação do movimento, é bem aceita pelo paciente.

A órtese, portanto, mostrou ser eficiente e eficaz nos propósitos a que foi desenvolvida, fazendo com que os pacientes apresentem um ganho na amplitude de movimento articular maior do que o conseguido nos tratamentos convencionais e em um tempo reduzido.

## REFERÊNCIAS

ADEPAPO, S. et al. The impact of lower leg compartment syndrome on health related quality of life. *Injury, Int. J. Care Injured*, v. 33, p. 117-121, 2002.

A.D.A.M. **Medical encyclopedia**. 2011. Disponível em: <<http://WWW.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/001064.htm>>. Acesso em: 10 set. 2011.

ADOLPHSSON, F. Alongamento no fêmur com fixador monoplanar. In: NOGUEIRA, W. (Org.). **Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 58-68.

ALBERT, A. et al. Diagnosis of Charcot-Marie-Tooth Disease. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2009, Article 985415. doi:10.1155/2009/985415, 2009.

ALDEGHERI, R.; DALLA'OCA, C. Limb lengthening in short stature patients. **J Pediatric Orthop**, Verona, v. 10, n. 3, p. 238-247, 2001.

ALEXANDER, I. J.; JOHNSON, K. A. Assessment and management of pes cavus in Charcot-Marie-Tooth disease. **Clin Orthop Relat Res.**, n. 246, p. 273-281, dez. 1989.

ALLINGER, T. L; ENGSBERG, J. R. A method to determine the range of motion of the ankle joint complex, in vivo. **J Biomech.**, v. 26, n. 1, p. 69-76, 1993.

ALVES, T. F. Síndrome Compartimental Aguda: série de sete casos no Hospital Nossa Senhora da Conceição – Tubarão. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, 0004-2773/11/40 - 02/57, 2011.

ALITO, M. A.; SANTIAGO, A. Tratamento da fratura exposta. In: NOGUEIRA, W. (Org.). **Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 117-130.

ANDREWS, J. R; HARRELSON, G. L.; WILK, K. E. **Reabilitação física das lesões desportivas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 516 p.

BAIÃO, F. R. Tratamento do defeito ósseo da tíbia com o fixador externo de Ilizarov. In: NOGUEIRA, W. (Org.). **Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 52-57.

BENNEL, K. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of a ankle dorsiflexion. **Aust J Physioter.**, v. 44, n. 3, p. 175-180, 1998.

BENNETT, R. L. Orthosis, Orthotics, Orthosis, Orthotics-Reply. **JAMA**, v. 185, n. 7, p. 609, 1963.

BHAVE, A. Stretching the Limits. **Advance for Directors in Rehabilitation**, Baltimore, p. 29-31, 1997.

BHAVE, A. Functional Problems and Treatment Solutions After Total Hip and Knee Joint Arthroplasty. **J Bone Joint Surg. Am.**, v. 87, p. 9-21, 2005.

BIOMECANICA ONLINE. **Tornozelo e pé.** 2004. Disponível em: <<http://www.fm.usp.br/fofito/fisio/pessoal/isabel/biomecanicaonline/articulacoes/tornozelo.php>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

BONGIOVANNI, J. C.; BOATTO, H.; CATAGNI, M. A. Tratamento do pé torto congênito com o método de Ilizarov. In: NOGUEIRA, W. (Org.). **Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 223-237.

BROSSEAU, L. Intra and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 82, n. 3, p. 396-402, 2001.

CALISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 589 p.

CATAGNI, M.A.; GUERRESCHI, F.; LOVISETTI, L. Estratégias e táticas dos alongamentos acondroplásicos: experiência de 28 anos no hospital di Lecco (técnica aplicada no departamento de ortopedia e traumatologia no hospital di Lecco). In: NOGUEIRA, W. (Org.). **Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 104-116.

CHO, S. Y. Foot deformity in Charcot Marie Tooth disease According to disease severity. **Ann Rehabil Med**, v. 35, p. 499-506, 2011.

CONDE, M. T. R. P. Frequência e manifestações clínicas da síndrome pos-poliomielite em um centro terciário brasileiro. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 70, n. 8, p. 571-573, 2012.

CENTRO ORTOPÉDICO E NEUROMUSCULAR EICKHOFF. TORNOZELO E PÉ. Disponível em: <[http://www.cone.med.br/img/t\\_pe\\_02.jpg](http://www.cone.med.br/img/t_pe_02.jpg)>. Acesso em: 10 jun. 2011.

DURIGAN JUNIOR, A.; BATISTA, L. C. Corticotomia. **Revista Brasileira de ortopedia**, p. 272, 1997. Disponível em: <[HTTP://www.rbo.org.br/materia.asp?mt=272&ididioma=1](http://www.rbo.org.br/materia.asp?mt=272&ididioma=1)>. Acesso em: 05 fev. 2011.

ELVERU, R. A.; ROTHSTEIN, J. M.; LAMB, R. L. Goniometric reliability in a clinical setting – subtalar and ankle joint measurements. **Phys Ther.**, v. 68, p. 672-77, 1998.

FINK, B. The effect of tibial lengthening using the Ilizarov method on the cartilage and the menisci of the knee joint. **Journal of Orthopaedic Research.**, v. 19, p. 665-670, 2001.

GOGIA, P. P. Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. **Phys Ther.**, v. 67, n. 2, p. 192-195, 1987.

GREENE, W. B.; HECKMAN, J. D. **The clinical Measurement of joint motion**. p. 117-121, 1994.

HEPBURN, G.; CRIVELLI, K. Use of elbow Dynasplint for reduction of elbow flexion contracture: a case study. **J Orthop Sports Phys Ther**, v. 5, p. 269, 1984.

HOLMSTROM, M. C.; STEVENS, P. M. **Fibular Hemimelia**: treatment. The Orthopedic Specialty Hospital (TOSH). 2010. Disponível em: <<http://emedicine.medscape.com/article/1251558-treatment>>. Acesso em: 13 abr. 2011.

HUCKSTEP, R. L. Poliomyelitis: a guide for developing countries, including appliances and rehabilitation for disabled. Churchill-Livingstone, Edinburgh. 1975. Disponível em: <<http://openlibrary.org/books/OL15045877MPoliomyelitis>>. Acesso em : 14.abr.2011.

INSTITUTO SÃO PAULO. 2012. Disponível em: <<http://www.institutosaopaulo.com.br/isp/loja/Home/Goniometro+Medio+Em+Acrilico+0+20m+ISP/000311>>. Acesso em: 22 ago. 2012.

JANZING, H. M. J.; BROOS, P. L. O. Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: beware of overtreatment Injury, **Int. J. Care Injured**, v. 32, 2001.

JHONSON, L. C.; GROSS, M. T. Intraexaminer reliability, interexaminer reliability, and mean values for nine lower extremity skeletal measures in healthy naval midshipment. **J Orthop Sports Phys Ther**. v. 25, n. 4, p. 253-263, abr. 1997.

KAPANDJI, A. I. **Fisiologia articular**: volume 2 membro inferior. 5. ed. São Paulo: Editorial Médica Panamericana LTDA, 2000. 280 p.

KHALED, M. E.; KHAMES, A. Functional outcome after lengthening with and without deformity correction in polio patients. **International Orthopaedics**, v. 32, p. 403-407, 2008.

KISNER, C.; COLBY, L. A. Exercícios terapêuticos fundamentos e técnicas (3ª ed.). Editora Manole Ltda. São Paulo. p. 189-593; 172-174. 2005.

LUZZI, R.; SLOMKA, R. Transporte ósseo com fixador externo monolateral. In: NOGUEIRA, W. (Org.). Clínica ortopédica da Sociedade brasileira de ortopedia e traumatologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 183-187.

MACKLIN, K.; HEALY A.; CHOCKALINGAM N. The effect os colf muscle stretching exercises on ankle joint dorsiflexion and dynamic foot pressures, force and related temporal parameters. **Foot**, v.22, n.1, p 10-17, 2012.

MAFFI, S. **Fraturas do mediopé**. 2012. Disponível em: <<http://cirurgiadope.blogspot.com.br/2010/12/fraturas-do-mediope.html>>. Acesso em: 12 set. 2012.

- MANN, R. A.; COUGHLIN, M. J. **Surgery of foot and ankle**. St. Louis: Mosby, 1993. p. 3-23.
- MARCHESE, D. M. A.; CHAVES, C. P.; FRANÇÃO, P. **Fisioterapia em acondroplásicos: diferenciar para permitir igualdade**. 2002. Disponível em: <<http://www.cpep-fisio.com.br/PDF/pediatria.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2011.
- MARANHO, D. A. C.; VOLPON, J. B. Pé cavo adquirido na doença de Charcot-Marie-Tooth. **Rev. bras. ortop.**, São Paulo, v. 44, n. 6, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-36162009000600004>>. Acesso em: 12 fev. 2011.
- MARTIN, R. L.; MC POIL, T. G. Reliability of Ankle Goniometric Measurements: a Literature Review. **Journal of the American Podiatric Medical Association**, v. 95, n. 6, p. 564-572, 2005.
- MATSEN, F.; WINQUIST, R.; KRUGMIRE, R. Diagnosis and management of compartmental syndromes. **J Bone Joint Surg**, v. 62-A, p. 286-300, 1980.
- MILLER, P. J. Assesment of joint motion. In: ROTHSTEIN, J. M. **Measurement in Physical Therapy**. New York: Churchill Livingstone, 1985, p. 103-135.
- MOTMANS, R.; LAMMENS, J. Knee mobility in femoral lengthening using Ilizarov's method. **Acta orthop Belg.**, v. 74, n. 2, p. 184-189, abr. 2008.
- NEVES, T. Z. **Fratura do calcâneo**. 2011. Disponível em: <<http://skatesaude.blogspot.com/2010/11/fratura-do-calcaneo.html>. ClydeNET Joints of Inversion and Eversion<<http://www.gla.ac.uk/ibls/US/fab/tutorial/anatomy/jiet.html>>. Acesso em: 15 jan. 2011.
- NOGUEIRA, M. P. Nerve Lesions Associated with Limb-Lengthening. **The Journal of Bone Joint Surgery**, v. 85-A, n. 8, p. 1502-1510, ago. 2003.
- NORKIN, C. C.; LEVANGIE, P. K. **Articulações estrutura e função: uma abordagem prática e abrangente**. 2. ed. São Paulo: Revinter, 2001. 498 p.
- NORKIN, C. C.; WHITE, D. J. **Medida do movimento articular: manual de goniometria**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1997. 260 p.
- ORTHOPOD. 2009. Disponível em: <<http://www.eorthopod.com/content/ankle>>. Acesso em: 03 out. 2011.
- ORTHOTEERS. **Biomechanics of the Foot & Ankle**. 2006. Disponível em: <[http://www.orthoteers.org/\(S\(e4l0f4qyagh3c21tbo2lxy54\)\)/mainpage.aspx?article=72](http://www.orthoteers.org/(S(e4l0f4qyagh3c21tbo2lxy54))/mainpage.aspx?article=72)>. Acesso em: 12 fev. 2011.
- PALEY, D. Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. **Clinical Orthopedics**, n. 250, p. 81-140, jan. 1990.

PORTNEY, L. G.; WATKINS, M. P. Reliability. **Foundations of clinical research applications to practice**. New Jersey: Prentice-Hall, 2000. p. 61-75.

QUADRO, J. A. A. Frequência e manifestações clínicas da síndrome pos-poliomielite em Um centro terciário brasileiro. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 70, n. 8, p. 571-573, 2012.

RODRIGUEZ, M. D. Aspectos antropométricos do pé humano: procedimentos de mensuração e relações com o crescimento físico na segunda infância. **Revista Brasileira de Postura e Movimento**. v. 2, n. 1, p. 15-27, 1998.

ROME, K. M.; COWIESON, F. A reliability study of the universal goniometer, fluid goniometer, and electrogoniometer for the measurement of ankle dorsiflexion. **Foot Ankle Int.**, v. 17, n. 1, p. 28-32, 1996.

ROSA FILHO, B. J. **Luxação congênita do quadril**. 2002. Disponível em: <<http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/traumato/luxacao/luxacaoquadril.htm>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

SANTILI, C. Avaliação das discrepâncias de comprimento dos membros inferiores. **Revista Brasileira de ortopedia**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 1, p. 41-43, 1998.

SHALABY, H.; HENFNY. Strategies in Trauma and Limb Reconstruction, v. 2, n. 1, 2007. Disponível em: <[http://www.springerimages.com/Images/MedicineAndPublicHealth/1-10.1007\\_s11751-007-0015-7-4](http://www.springerimages.com/Images/MedicineAndPublicHealth/1-10.1007_s11751-007-0015-7-4)>. Acesso em: 18 jun. 2011. DOI: 10.1007/s11751-007-0015.

SILVIO, M. **Entorse do tornozelo e instabilidade ligamentar**. 2006. <http://www.clinicaecirurgiadope.com.br/index.php/entorse-do-tornozelo-e-instabilidade-ligamentar/> Dave Thompson PT. Disponível em: <http://moon.ouhsc.edu/dthomпсо/gait/kinetics/pswgrf.htm>. Acesso em: 15 mar. 2011.

SMITH, L. K.; WEISS, E. L.; LEHMKUHL, L. D. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. 5. ed. São Paulo: Manole, 1997. 538 p.

STANITSKI, D.F. The effect of limb lengthening on articular cartilage. An experimental study. **Clinical Orthopedics and related research**, n. 301, p. 68-72, 1994.

STEEL JOINT. **Ortese Imobilizadora Longa**. Disponível em: <<http://www.steeljoint.com.br/joelheira/joelheiras-ortopedicas/ortese-articulada-po-longa.html>>. Acesso em: 25 jan. 2001.

TARINI, V. A. F et al. O exercício em doenças neuromusculares. **Rev Neurocienc**, v. 13, p. 67-73, 2005.

TRIBASTONE, F. **Tratado de exercícios corretivos aplicados à reeducação motora postural**. São Paulo: Manole; 2001. 436 p.

VILADOT, A. **15 lições sobre patologias do pé**. Rio de Janeiro: Revinter; 2003, p 207-209; 19.

## APÊNDICE A – PROTOCOLO DE APROVAÇÃO DO CEP-PUCPR

Página 1 de 1



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
Núcleo de Bioética  
Comitê de Ética em Pesquisa  
*Ciência com Consciência*

### PARECER CONSUBSTANCIADO DE PROTOCOLO DE PESQUISA

Parecer Nº **0005826/12**Protocolo CEP Nº **6180**Título do projeto **Projeto, fabricação e avaliação de órtese articulada para auxílio na reabilitação de pacientes submetidos ao alongamento ósseo de tibia**Grupo **III**Protocolo CONEP **0213.0.084.000-11**Pesquisador responsável **GISELLE ABAGGE LUZZI**Versão **009**Instituição **Hospital Universitário Cajuru**

#### Objetivos

Já relatados e mantidos

#### Comentários e considerações

A modificação da amostra para prontuários, submete o pesquisador a Necessidade de apresentar, também TCUD.

#### Termo de consentimento livre e esclarecido e/ou Termo de compromisso para uso de dados.

Ok.

#### Recomendações

Ver conclusões

#### Conclusões

Aprovado

Devido ao exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, de acordo com as exigências das Resoluções Nacionais 196/96 e demais relacionadas a pesquisas envolvendo seres humanos, em reunião realizada no dia: **25/04/2012**, manifesta-se por considerar o projeto **Aprovado**.

#### Situação Aprovado

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento da Resolução 196/96, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-PUCPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

Se a pesquisa, ou parte dela for realizada em outras instituições, cabe ao pesquisador não iniciá-la antes de receber a autorização formal para a sua realização. O documento que autoriza o início da pesquisa deve ser carimbado e assinado pelo responsável da instituição e deve ser mantido em poder do pesquisador responsável, podendo ser requerido por este CEP em qualquer tempo.

Curitiba, 25 de Abril de 2012.

Prof. MSc. **Nair Akel Filho**  
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa  
PUC PR



## APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, (*nome do sujeito da pesquisa, nacionalidade, idade, estado civil, profissão, endereço, RG*), estou sendo convidado a participar de um estudo denominado Projeto, fabricação e avaliação de órtese articulada para auxílio e prevenção do pé equino, cujos objetivos e justificativas são: Projetar, fabricar e avaliar uma órtese (dispositivos médicos aplicados em qualquer segmento corporal no cuidado de deficiência física) articulada para pacientes que foram submetidos a tratamento de reconstrução e alongamento ósseo. A pesquisa justifica-se pelo fato de contribuir na tentativa de diminuir o índice de pé equino, evitando novos procedimentos cirúrgicos e proporcionando recuperação cinesiológica funcional do membro. Este estudo pretende prevenir e tratar as deformidades e contraturas após o tratamento de reconstrução e alongamento ósseo.

A minha participação no referido estudo será no sentido de avaliar se a órtese articulada pode reduzir os índices de complicações e de deformidade em equino.

Fui alertado de que, da pesquisa a se realizar, posso esperar alguns benefícios, tais como: menores índices de complicações durante o alongamento ósseo. Recebi os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos e riscos decorrentes do estudo, levando-se em conta que é uma pesquisa, e os resultados positivos ou negativos somente serão obtidos após a sua realização. Assim, o estudo não apresenta riscos aos indivíduos, uma vez que a órtese será confeccionada de material biocompatível, e poderá ser removida sempre que necessário, como por exemplo, com o aparecimento de qualquer sinal de irritação cutânea, de dor e/ou de inchaço nos locais de apoio da órtese na pele. O paciente que apresentar qualquer tipo de irritação cutânea persistente ou ferimento devido à utilização da órtese será excluído do estudo, e receberá tratamento adequado. Os pacientes dispensarão tempo após a reabilitação para orientação quanto à utilização da órtese. A referida pesquisa não pretende interferir no tratamento já aplicado ao tratamento de reconstrução e alongamento ósseo, tão apenas pretende avaliar a eficácia de prevenção de deformidades do pé, por tratamento de alongamento e reconstrução óssea.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar e caso deseje sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

As pesquisadoras envolvidas com o referido projeto são Giselle Abagge Luzzi, fisioterapeuta (pesquisador responsável) e Beatriz Luci Fernandes professora colaboradora do Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUCPR, e com as quais poderei manter contato pelos telefones 99280560 ou 30824836.

Estou ciente de que me é assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre

consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há remuneração alguma, a receber ou a pagar, por minha participação.

No entanto, caso eu tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento na forma seguinte: mediante depósito em conta corrente. Da mesma forma, caso ocorra algum dano decorrente da minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Em caso de reclamação ou qualquer tipo de denúncia sobre este estudo devo ligar para o CEP PUCPR (41) 3271-2292 ou (41) 3271-2103, ou entrar em contato pelo e-mail: nep@pucpr.br

Curitiba, ... de ... de 20...

*Nome e assinatura do sujeito da pesquisa*

*Nome e assinatura da pesquisadora responsável*

## APÊNDICE C: AUTORIZAÇÃO

Eu....., abaixo assinado, responsável pelo Hospital Vita Curitiba., autorizo a realização do estudo Projeto, fabricação e avaliação de órtese articulada para auxílio na reabilitação de pacientes com deformidade em equino, a ser conduzido pelos pesquisadores abaixo relacionados. Fui informado pelo responsável do estudo sobre as características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas na instituição a qual represento.

Declaro ainda ter lido e concordar com o parecer ético emitido pelo CEP da instituição proponente, conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 196/96. Esta instituição está ciente de suas co-responsabilidades como instituição co-participante do presente projeto de pesquisa e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infra-estrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Curitiba,..... de .....de 20.....

---

Assinatura e carimbo do responsável institucional

### LISTA NOMINAL DE PESQUISADORES:

Giselle Abagge Luzzi

Beatriz Luci Fernandes

TODOS OS PESQUISADORES QUE VIEREM A PARTICIPAR DO ESTUDO DEVERÃO TER O SEU NOME INFORMADO. PODERÁ SER VEDADO O ACESSO À INSTITUIÇÃO ÀS PESSOAS CUJO NOME NÃO CONSTAR NESTE DOCUMENTO.

**APÊNDICE D: Termo de Compromisso de Utilização de Dados**

Eu, Giselle Abagge Luzzi, abaixo assinado, pesquisadora envolvida no projeto de título: **PROJETO, FABRICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ÓRTESE ARTICULADA PARA AUXÍLIO NA REABILITAÇÃO DE PACIENTES COM DEFORMIDADE EM EQUINO**, me comprometo a manter a confidencialidade sobre os dados coletados nos arquivos do Hospital Vita Curitiba, bem como a privacidade de seus conteúdos, como preconizam os Documentos Internacionais e a Res. 196/96 do Ministério da Saúde.

Informo que os dados a serem coletados dizem respeito a cirurgias de reconstrução e alongamento ósseo.

Curitiba, ..... de .....de 20xx

Nome	R.G.	Assinatura
Giselle Abagge Luzzi		

*TODOS OS PESQUISADORES QUE TERÃO ACESSO AOS DOCUMENTOS DO ARQUIVO DEVERÃO TER O SEU NOME e R.G. INFORMADO E TAMBÉM DEVERÃO ASSINAR ESTE TERMO. SERÁ VEDADO O ACESSO AOS DOCUMENTOS A PESSOAS CUJO NOME E ASSINATURA NÃO CONSTAREM NESTE DOCUMENTO.*