

Ministério da Saúde
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

DUPLA OSTEOTOMIA DE ABERTURA GRADUAL E CONTROLADA PARA
TRATAMENTO DE GENOVARO GRAVE INFANTIL: UMA SÉRIE DE CASOS

Isabella Sandrini Pizzolatti

Rio de Janeiro
2024

MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE
INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA

Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético

DUPLA OSTEOTOMIA DE ABERTURA GRADUAL E CONTROLADA PARA
TRATAMENTO DE GENOVARO GRAVE INFANTIL: UMA SÉRIE DE CASOS

Isabella Sandrini Pizzolatti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Marco Bernardo Cury Fernandes

Rio de Janeiro
Janeiro
2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
INTO/BIBLIOTECA SÉRGIO EDUARDO VIANNA

P695d Pizzolatti, Isabella Sandrini.

Dupla osteotomia de abertura gradual e controlada para tratamento de genovaro grave infantil, uma série de casos / Isabella Sandrini Pizzolatti. — 2024.

51f.

Orientador: Marco Bernardo Cury Fernandes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) — Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, 2024.

1. Genu Varum. 2. Osteotomia. 3. Fixadores Externos. 4. Doenças do Desenvolvimento Ósseo. 5. Ortopedia. I. Fernandes, Marco Bernardo Cury; orient. II. Título.

NLM WE 850

ATA DA COMISSÃO EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS APLICADAS AO SISTEMA
MUSCULOESQUELÉTICO APRESENTADO E DEFENDIDO POR ISABELLA
SANDRINI PIZZOLATTI

No décimo terceiro dia do mês de março de dois mil e vinte e quatro, às 14h, reuniu-se no Auditório nº 01 do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, a Comissão Examinadora da dissertação de Mestrado Profissional apresentada e defendida por Isabella Sandrini Pizzolatti, intitulada “Dupla osteotomia de abertura gradual e controlada para tratamento de genovaro grave infantil, uma série de casos”. A Comissão Examinadora foi organizada obedecendo ao disposto no Regulamento do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, área de concentração em Morfologia, estando constituída pelos Professores: Amanda dos Santos Cavalcanti, docente do corpo permanente do Mestrado Profissional, sendo designada, conforme o regulamento, Presidente da Banca; Osamu de Sandes Kimura, do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia; Frederico Coutinho de Moura Vallim do Hospital Estadual da Criança e Marco Bernardo Cury Fernandes como orientador, sem direito a voto. Após haver a candidata apresentado os resultados de sua dissertação, obedecendo ao prazo regimental, foi dada a palavra aos examinadores para arguição na seguinte ordem: Frederico Coutinho de Moura Vallim, Osamu de Sandes Kimura e Amanda dos Santos Cavalcanti, tendo a candidata respondido as perguntas formuladas. Logo após reuniu-se a Comissão Examinadora para proceder ao julgamento, tendo decidido... APROVADA..... a candidata para receber o Grau de **Mestre** em Ciências. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão deu por encerrado os trabalhos e foi lavrada a presente Ata que vai devidamente assinada pelos Examinadores, pelo orientador e pela aluna.

Rio de Janeiro, 13 de março de 2024.

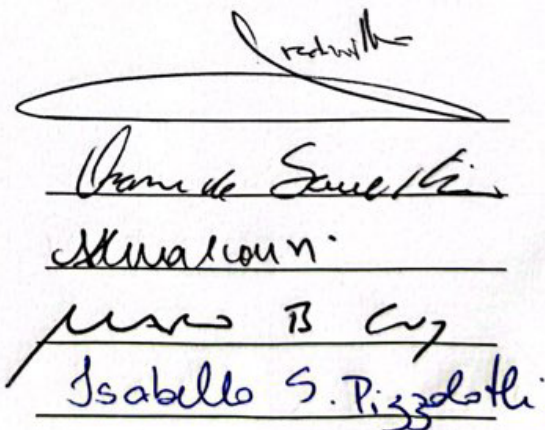
Frederico Coutinho de Moura Vallim

Osamu de Sandes Kimura

Amanda dos Santos Cavalcanti

Marco Bernardo Cury Fernandes

Isabella Sandrini Pizzolatti



The block contains five handwritten signatures, each on a horizontal line. From top to bottom, they are: Frederico Coutinho de Moura Vallim, Osamu de Sandes Kimura, Amanda dos Santos Cavalcanti, Marco Bernardo Cury Fernandes, and Isabella S. Pizzolatti.

***“enquanto estou viva e cheia de graça,
talvez ainda faça um monte de gente feliz”
(Rita Lee)***

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, por proporcionar toda a minha formação na ortopedia.

A toda equipe SEFIX, pelo aprendizado, desenvolvimento pessoal e oportunidades de inovação. Um agradecimento especial à Ana Carolina Leal pela ajuda, disponibilidade e carinho. Aos pacientes, que confiam em nossos cuidados e permitem a construção de algo maior.

A todos que, pelo caminho, dispuseram de um tanto de seu tempo para me ajudar a me tornar mais e melhor. Obrigada.

RESUMO

PIZZOLATTI, Isabella Sandrini. Dupla Osteotomia de Abertura Gradual e Controlada para Tratamento do Genovaro Infantil, uma Série de Casos. Rio de Janeiro, 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas ao Sistema Musculoesquelético) - Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Ministério da Saúde, 2024.

A deformidade angular em varo do joelho, a mais comum na população geral, pode resultar em consequências clínicas, biomecânicas e estéticas significativas. Na população pediátrica, a forma patológica mais grave dessa deformidade é a doença de Blount, caracterizada por uma alteração estrutural na fise e epífise da face medial da tíbia proximal, levando a uma deformidade progressiva em genovaro, rotação interna e procurvatum do membro afetado. A doença de Blount grave, especialmente quando negligenciada ou refratária ao tratamento inicial, representa um desafio terapêutico complexo, para o qual não há consenso na literatura sobre a melhor abordagem cirúrgica terapêutica. Este estudo tem como objetivo avaliar retrospectivamente os resultados clínicos e funcionais de pacientes com doença de Blount grave submetidos a uma técnica cirúrgica inovadora, que envolve uma dupla osteotomia de abertura gradual com fixador externo monolateral. Esta técnica foi desenvolvida pelo Centro de Cirurgia da Dismetria e Deformidades do Aparelho Locomotor do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO). Foram analisados retrospectivamente os prontuários e exames de imagem de 12 pacientes, totalizando 16 tíbias corrigidas cirurgicamente. As radiografias foram utilizadas para mensurar os ângulos pré e pós-operatórios das deformidades tibiais, utilizando o software Mdicomview®. Os resultados mostraram uma predominância de pacientes do sexo feminino (68,8%), com 56,2% apresentando obesidade. Todos os pacientes já haviam sido submetidos a procedimentos cirúrgicos anteriores para correção da deformidade. Todos os ângulos avaliados apresentaram mudanças entre os períodos pré e pós-operatório. A média do ângulo medial proximal da tíbia (MPTA) aumentou de $45,9 \pm 11,8$ graus no pré-operatório para $82,4 \pm 5,4$ graus após a cirurgia (p-valor = 0,001), o ângulo proximal posterior da tíbia (PPTA) variou de $70,2$ graus $\pm 13,6$ a $74,6 \pm 1,3$ graus (p-valor = 0,03), e o ângulo de depressão do platô tibial medial (ADMTP) diminuiu de $43,8 \pm 14,4$ graus no pré para $12,4 \pm 14$ graus no pós-operatório (p-valor = 0,001). O desvio do eixo mecânico (MAD) reduziu de uma média de $101 \pm 31,1$ milímetros antes da cirurgia para $11,4 \pm 11$ milímetros após a correção (p-valor = 0,001). Adicionalmente foi observado que, antes da cirurgia, 2 pacientes frequentavam a escola enquanto no pós-operatório tal número foi de 10 pacientes. Foram registradas duas complicações, uma fratura por queda e uma soltura de pino. Os resultados deste estudo sugerem que a dupla osteotomia de abertura gradual da tíbia, associada ao fixador externo monolateral, é uma técnica eficaz para a correção de deformidades graves, com baixas taxas de complicações, oferecendo uma opção viável para o tratamento da doença de Blount grave.

Palavras-chave: Genu Varum, Osteotomia, Fixadores externos, Doenças do Desenvolvimento Ósseo.

ABSTRACT

PIZZOLATTI, Isabella Sandrini. Controlled Double Gradual Opening Osteotomy as Treatment of Severe Varus Knee. Rio de Janeiro, 2024. Master Thesis. (Master's Degree in Applied Sciences to the Musculoskeletal System) - National Institute of Traumatology and Orthopedics Jamil Haddad, Ministry of Health, 2024.

Angular deformity of the knee, particularly varus deformity, is the most commonly observed in the general population and can lead to significant clinical, biomechanical, and aesthetic consequences. In pediatric patients, the most severe pathological form of this deformity is Blount's disease, which is characterized by structural changes of the medial proximal tibia, leading to progressive genu varum, internal rotation, and procurvatum of the affected limb. Severe Blount's disease, especially when overlooked or resistant to initial treatment, poses a complex therapeutic challenge, with no consensus in the literature regarding the optimal surgical approach. This study aims to retrospectively evaluate the clinical and functional outcomes of patients with severe Blount's disease who underwent an innovative surgical technique involving a gradual opening double osteotomy with a unilateral external fixator. This technique was developed by the Center for Surgery of Limb Deformities and Dysmetria at the National Institute of Traumatology and Orthopedics (INTO). The medical records and imaging studies of 12 patients were analyzed retrospectively, resulting in a total of 16 surgically corrected tibias. Radiographs were utilized to measure the pre- and post-operative angles of the tibial deformities, using Mdicomview® software. The results indicated a predominance of female patients (68.8%), with 56.2% being obese. All patients had previously undergone surgical procedures to correct the deformity. Notable changes were observed in all evaluated angles between the pre- and post-operative periods. The mean medial proximal tibial angle (MPTA) increased from 45.9 ± 11.8 degrees pre-operatively to 82.4 ± 5.4 degrees post-operatively (p -value = 0.001). The posterior proximal tibial angle (PPTA) varied from 70.2 ± 13.6 degrees to 74.6 ± 1.3 degrees (p -value = 0.03), while the medial tibial plateau depression angle (ADMTP) decreased from 43.8 ± 14.4 degrees pre-operatively to 12.4 ± 14 degrees post-operatively (p -value = 0.001). The mechanical axis deviation (MAD) reduced from an average of 101 ± 31.1 millimeters prior to surgery to 11.4 ± 11 millimeters after correction (p -value = 0.001). Additionally, prior to surgery, only 2 patients were attending school, whereas this number increased to 10 patients post-operatively. Two complications were recorded: one case of fracture due to a fall and one pin loosening. The results of this study suggest that the gradual opening double osteotomy of the tibia, combined with a unilateral external fixator, is an effective technique for correcting severe deformities, with low complication rates, providing a viable treatment option for severe Blount's disease.

Keywords: *Blount disease, Genuvarum, Osteotomy, External fixators, Surgical Procedures, Skeletal and Joint Dysplasias.*

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE QUADROS E TABELAS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Doença de Blount	1
1.2 Avaliação de Alinhamento dos membros inferiores	5
1.3 Tratamento cirúrgico da Doença de Blount	8
1.4 Fixador externo	9
1.5 Osteotomia de abertura gradual	11
2. JUSTIFICATIVA	13
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo Principal	15
3.2. Objetivos Específicos	15
4. MÉTODOS	16
4.1 Tipo de estudo	16
4.2 Desenho do estudo	16
4.3 Avaliação qualitativa	16
4.4 População do estudo	17
4.5 Variáveis analisadas	17

4.6 Análise radiográfica	18
4.7 Análise dos resultados	21
5. RESULTADOS	22
5.1 Técnica cirúrgica	22
5.2 Controle de abertura de osteotomia gradual com barra	27
5.3 Participantes	29
5.4 Alinhamento pré e pós-operatório	30
5.5 Avaliação qualitativa subjetiva	32
5.6 Complicações	33
6. DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÃO	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO A. PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	46
APÊNDICE A. ARTIGO PUBLICADO REFERENTE À DESCRIÇÃO DA TÉCNICA	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADMTP	Ângulo de depressão do platô tibial medial
AP	Anteroposterior
CORA	<i>Center of Rotation and Angulation</i> (Centro de rotação e angulação)
IMC	Índice de Massa Corporal
INTO	Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia
KAFO	<i>Knee-Ankle-Foot-Orthosis</i> (Órtese joelho-tornozelo-pé)
MAD	<i>Medial Axis Deviation</i> (Desvio de eixo medial)
MPTA	<i>Medial Proximal Tibial Angle</i> (Ângulo proximal tibial medial)
P	Perfil
PPTA	<i>Posterior Proximal Tibial Angle</i> (Ângulo tibial proximal posterior)
SEFIX.	Serviço de Fixador Externo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Genovaro fisiológico	1
Figura 2. Genovaro grave bilateral	2
Figura 3. Classificação de Langeskiold	4
Figura 4. <i>KAFO</i>	5
Figura 5. Alinhamento Normal dos Membros Inferiores	7
Figura 6. Fixador externo circular vs monolateral	9
Figura 7. Tipos de Fixação externa	11
Figura 8. Osteotomia Incompleta	12
Figura 9. Gráfico de IMC por idade	18
Figura 10. Ângulo de depressão articular	19
Figura 11. <i>MPTA e PPTA.</i>	20
Figura 12. Eixo Mecânico do Membro Inferior	21
Figura 13. Template em papel	22
Figura 14. Componentes do Fixador Externo do tipo Procallus	23
Figura 15. Pré-montagem do aparelho	24
Figura 16. Inserção dos pinos	25
Figura 17. Dupla Osteotomia e Compressão do sistema	26
Figura 18. Técnica cirúrgica	28
Figura 19. Resultado clínico final	29
Figura 20. Acompanhamento radiológico da consolidação da osteotomia	32
Figura 21. Frequência escolar no período pré e pós-operatório	33

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1. Características epidemiológicas da amostra do estudo	31
Tabela 2. Comparação dos dados pré e pós-operatório	32

1. INTRODUÇÃO

1.1 Doença de Blount

Genovaro, conceitualmente, é definido como a deformidade angular em varo da articulação do joelho, em que a mesma se afasta da linha média, o que pode acarretar consequências clínicas, biomecânica e estéticas. Este tipo de deformidade angular nos joelhos é a mais comumente observada na população em geral, com prevalência aproximadamente dez vezes maior que o desvio em valgo da mesma articulação (PALEY, 2014).

Ao longo do crescimento e desenvolvimento, os membros inferiores da criança ultrapassam um período conhecido como “genovaro fisiológico” (Figura 1) em que é comum a procura por atendimento ortopédico. O alinhamento normal dos joelhos, ao nascimento, é de 10 a 15 graus de varo, evoluindo naturalmente para um alinhamento em neutro em torno dos quatorze meses de vida. Porém, algumas crianças mantêm o genovaro após os dezoito meses, o que pode caracterizar uma variação da normalidade e/ou um atraso de remodelamento (WEINSTEIN; FLYNN; HAEMISH CRAWFORD, 2021).

Figura 1. Genovaro fisiológico: Criança de um ano com genovaro fisiológico com tendência a melhora progressiva



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Contudo, pacientes pediátricos podem ser acometidos por esta deformidade de forma patológica, a conhecida doença de Blount (Figura 2), chamada também de tibia vara não-fisiológica. Tal doença corresponde a uma desordem de crescimento da fise e epífise da face medial da tibia proximal, que leva a uma deformidade multiplanar progressiva em genovaro, rotação interna e *procurvatum* do membro inferior acometido (HERRING et al, 2014).

Figura 2. Genovaro grave bilateral: Deformidade secundária à Doença de Blount



Fonte: Cerqueira et al (2021).

Existem duas formas clínicas da doença de Blount. A mais precoce acomete crianças com idade em torno de quatro anos, chamada de Doença de Blount Infantil. A outra forma clínica é o Blount do adolescente, que afeta pacientes esqueleticamente imaturos com mais de dez anos de idade (ROBBINS, 2021).

A causa desta patologia permanece, por ora, indeterminada. Alguns fatores de risco são conhecidos, tais como crianças com sobrepeso, afro-descendentes ou hispânicas (ROBBINS, 2021). A obesidade, por exercer um fator mecânico sobre a articulação, também é uma das causas de progressão da deformidade. *Déficits* metabólicos podem estar associados, assim como a deficiência de vitamina D (SABHARWAL, 2015).

Avaliações histológicas da fise afetada e metáfise correspondente foram realizadas por diversos autores. Os achados incluem ilhas de volumosas células cartilaginosas com hipertrofia maior que a esperada para sua localização fisária; ilhas de fibrocartilagem acelular e *clusters* capilares de tamanho excepcionalmente aumentado. As colunas celulares da fise, na Doença de Blount, apresentam-se irregulares e desorganizadas e a ossificação endocondral é anormal tanto na fise medial quanto na metáfise. Com a ossificação medial defeituosa, o crescimento lateral

continua, o varo progride cada vez mais e forma-se tardiamente uma depressão articular (HERRING *et al*, 2014).

O diagnóstico é feito através da história clínica, análise radiográfica e laboratorial após os trinta meses de vida. Comumente os pacientes acometidos iniciam a marcha antes de um ano de idade e podem apresentar história familiar positiva da doença. O acometimento é inicialmente bilateral em 50% dos casos e as deformidades podem progredir de forma simétrica ou assimétrica (JANOYER, 2019).

Os diagnósticos diferenciais a serem excluídos são, além do genovaro fisiológico, displasias esqueléticas (acondroplasia, pseudoacondroplasia e condrodisplasia metaepifisária), doenças metabólicas como o raquitismo nutricional ou ligado ao cromossomo X e doenças neoplásicas (WEINSTEIN; FLYNN; HAEMISH CRAWFORD, 2021).

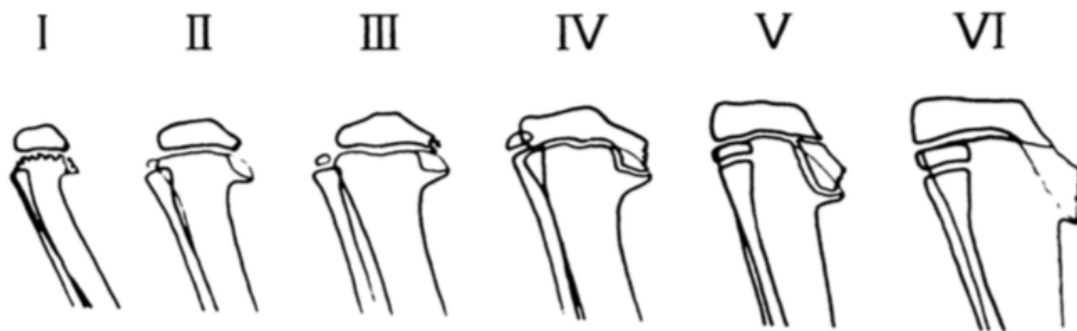
Clinicamente, a tendência de progressão da doença é a piora do genovaro como resultado da formação de uma barra fisária medial, que atua como uma hemiepifisiodesse medial. Com a tensão exercida no ligamento colateral lateral, é comum o desenvolvimento de lassidão lateral e flambagem ao início da fase de apoio da marcha no membro acometido (ROBBINS, 2021).

Apesar do acometimento medial, as fises tibial lateral e fibular mantêm seu crescimento normal. Pelo fato da porção proximal da fíbula apresentar uma inclinação no plano sagital - mais posterior proximal e mais anterior distal - seu sobrecrecimento relativo exerce um “fenômeno *crankshaft*” (virabrequim), ocasionando a rotação interna característica do membro afetado (ROBBINS, 2021; SABHARWAL; LEE; ZHAO, 2007).

A classificação comumente citada que define o estágio da doença é de Langeskiold, descrita em 1952 (Figura 3). A classificação de Langeskiold é radiográfica, a partir da radiografia na incidência anteroposterior (AP) da porção proximal da tíbia, e divide as deformidades em seis estágios evolutivos. Nos estágios I e II existem irregularidades metafisárias reversíveis, difíceis de caracterizar como Blount ou genovaro fisiológico e acometem crianças menores de dois anos e seis meses. O estágio III é definido pela presença de fragmentação proximal na fase tibial proximal medial. O estágio IV consiste na formação de barra óssea metafisária e verticalização da fise, constituindo alteração irreversível. O estágio V é observado em crianças maiores de oito anos, com interrupção fisária grave, crescimento anormal e alteração compensatória de eixo. O estágio VI se apresenta com depressão acentuada da superfície articular. Considera-se doença grave a partir do estágio V em função da alteração anatômica do platô articular (LANGESKIOLD, 1981).

No contexto epidemiológico do estudo, faz-se imprescindível ressaltar a observação de que a classificação de Langeskiold não tem a mesma acurácia na população não-branca, apresentando, nesses pacientes, inconsistências entre os estágios e uma tendência marcante a piora progressiva. Levando em consideração que 55,5% da população brasileira se autodeclara negra ou parda segundo o último censo demográfico, infere-se daí a importância dessa doença no contexto nacional. (HERRING *et al*, 2014; IBGE 2022).

Figura 3. Classificação de Langenskiold: Classificação que divide a doença em seis estágios radiográficos de acordo com a progressão de acometimento da cartilagem fisária medial, em que a partir do estágio IV ocorre a formação de barra óssea, agravo irreversível



Fonte: Langenskiold, (1981).

Outra forma de avaliação objetiva da doença consiste na análise do ângulo *metaphyseal-diaphyseal* (MDA) descrita por Levine e Drennan. Tal aferição é comumente utilizada na tentativa de esboçar um prognóstico de acordo com a chance de progressão da deformidade. Quando este ângulo se apresenta maior que 16° é considerado com anormalidade importante com provável piora clínica. Um MDA entre 10 e 16 graus representa risco moderado, e menor que 10 graus, baixo risco de progressão (LEVINE; DRENNAN, 1982).

O tratamento conservador da doença de Blount pode ser feito, inicialmente, por meio do uso de órteses. Porém, a indicação é bastante restrita: apenas crianças menores de três anos em estágio de Langeskiold menor que III e peso menor que o percentil 90. Ademais, estudos demonstram resultados mais contundentes somente no acometimento unilateral da doença. A órtese consiste em um *knee-ankle-foot-orthosis* (KAFO) (Figura 4), ou seja uma órtese inguinopodálica com distrator medial, que gera uma força varizante e a descompressão do compartimento medial. O tempo de uso não é protocolado, com alguns autores indicando o uso

pelo maior tempo possível (23 horas por dia) e outros indicando o uso noturno. Considera-se falha do tratamento conservador quando, após um ano de uso da órtese, não se observa melhora clínica e radiográfica. (WEINSTEIN; FLYNN; CRAWFORD, 2021; ROBBINS, 2021).

É importante ressaltar que o aspecto radiográfico da doença de Blount nos estágios I e II de Langeskiold pode ser indistinguível do genovaro fisiológico e grande parte das crianças com Blount tem sobrepeso, características que podem ser fator complicador à indicação da ortotização precoce. A órtese é robusta, de alto custo e de difícil aceitação, porém, não apresenta complicações descritas, consistindo de uma primeira tentativa válida aos casos que a cabem (SABHARWAL, 2015).

Figura 4. KAFO: Órtese utilizada para tratamento conservador da Doença de Blount



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Dessa forma, o tratamento cirúrgico perfaz o padrão ouro para a correção desta deformidade. Possíveis opções para correção da deformidade angular gerada são a: Modulação de crescimento; Osteotomias (completa ou incompleta, de correção aguda ou gradual) e Correção gradual por distração da fise (ROBBINS, 2021).

A intervenção cirúrgica precoce é definidora do sucesso do tratamento a longo prazo, por se tratar de uma patologia estrutural, que interfere na formação normal do platô tibial com tendência natural à piora progressiva e recidiva uma vez instalado algum grau de deformidade inicial (WEINSTEIN; FLYNN; CRAWFORD, 2021).

1.2 Avaliação de alinhamento dos membros inferiores

A decisão de correção de todo tipo de deformidade dos membros inferiores inicia-se com a avaliação objetiva de alinhamento, através da análise radiográfica da deformidade nos

planos frontal e sagital. Para isso, seguindo o método de Paley e Tetsworth, é necessária uma radiografia panorâmica de membros inferiores em ortostase nas incidências anteroposterior (AP) e perfil (P) (PALEY, 1994; MARQUES LUÍS; VARATOJO, 2021).

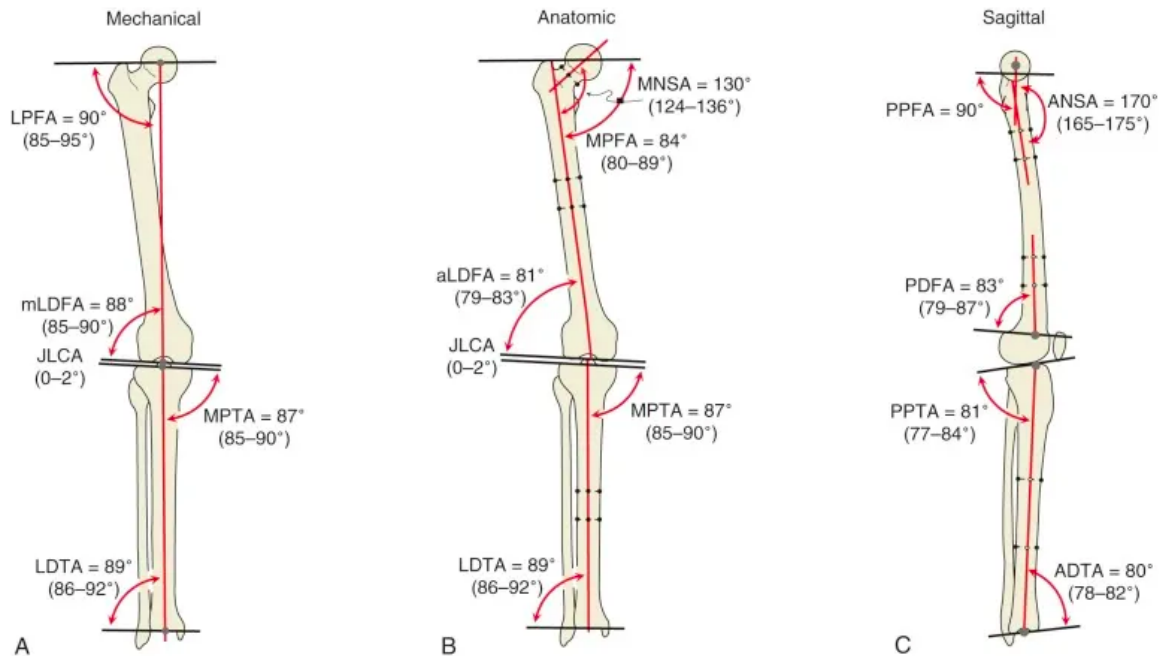
A qualidade da imagem realizada interfere diretamente na deformidade. Isto posto, é essencial o posicionamento adequado do paciente. Para o AP, as patelas devem apontar para frente, o feixe é centrado no joelho e blocos devem ser utilizados caso haja encurtamento do membro para equilibrar a pelve (PALEY, 1994).

É traçada, então, uma linha do centro da cabeça femoral ao centro do tornozelo, que define o eixo mecânico de carregamento do membro inferior. A partir de tal linha, é traçado o *Medial Axis Deviation* (MAD) que, em condições normais, deve passar no centro do joelho ($MAD = 0 \pm 3mm$). Traduzido como o desvio do eixo mecânico, o MAD representa a distância do eixo mecânico do membro inferior ao centro do joelho. Nas crianças com doença de Blount, o eixo mecânico é medial ao centro do joelho, o que se manifesta como valores de MAD superiores a 3mm (PALEY, 2014).

A posição de uma articulação no espaço é definida por uma linha. Na tíbia proximal, a linha articular é a que conecta a região mais plana dos platôs lateral e medial. Ademais, a aferição dos ângulos de orientação articular permite identificar qual segmento ósseo está contribuindo para a deformidade, além de quantificar a deformidade em comparação a média populacional normal (Figura 5) (PALEY, 2014).

Para traçar os ângulos articulares é desenhado o eixo anatômico do segmento ósseo e a linha de referência articular do mesmo segmento. A interseção entre essas duas linhas representa o ângulo de orientação articular.

Figura 5. Alinhamento normal dos membros inferiores: As imagens demonstram as angulações descritas como padrão para definição de alinhamento normal dos membros inferiores. A: padrão de alinhamento coronal em conformidade com o eixo mecânico. B: alinhamento coronal segundo o eixo anatômico. C: alinhamento no eixo sagital.



As medições padrão incluem: Ângulo mecânico lateral Proximal do Fêmur (mLPFA:); Ângulo mecânico Lateral Distal do Fêmur (mLDFA); Ângulo anatômico Medial Proximal do Fêmur (aMPFA); Ângulo anatômico Lateral Distal do Fêmur (aLDFA); Ângulo mecânico Proximal Medial da Tíbia (mMPTA); Ângulo mecânico Lateral Distal da Tíbia (mLDTA); Ângulo Medial Proximal da Tíbia (aMPTA); Ângulo anatômico Lateral Distal da Tíbia (aLDTA). Fonte: Paley, 2014.

Em seguida, deve ser identificado o ápice da deformidade ou *center of rotation and angulation (CORA)* que representa o local exato da deformidade no segmento ósseo. Por ser uma desordem de crescimento, o *CORA* na doença de Blount muitas vezes se localiza na epífise e nos casos mais graves, pode cursar com uma deformidade metafisária compensatória associada (PALEY, 2014).

O objetivo da correção cirúrgica da Doença de Blount, nesse contexto, é de restaurar o alinhamento, tanto articular quanto do membro, diminuir o MAD, equalizar o comprimento e prevenir a recorrência. A osteotomia corretiva tem por indicação todas as crianças com idade acima de 3 anos e doença de Blount confirmada (SABHARWAL; LEE; ZHAO, 2007).

1.3 Tratamento Cirúrgico da Doença de Blount

Classicamente, como protocolo da ortopedia pediátrica, a primeira abordagem cirúrgica inicial da doença de Blount na criança menor de 4 anos é a osteotomia simples infra-tuberositária de tíbia, em que se consegue corrigir a rotação e o varo precocemente, com a fixação com dois fios de kirschner cruzados e colocação de um gesso cruropodálico. A maioria dos autores recomenda a valgização do membro antes dos quatro anos de vida. (HERRING *et al*, 2014).

Quanto às crianças maiores de 4 anos, são descritas diversas técnicas cirúrgicas de correção. Em que pese as osteotomias como tratamento, pode-se dividi-las em correção aguda, correção gradual e osteotomias combinadas. Não existe um consenso na literatura quanto ao alinhamento ideal pós-operatório para a reconstrução da deformidade de Blount. (DAVIDS; HUSKAMP; BAGLEY, 1996; SABHARWAL, 2015).

Múltiplas formas de osteotomia para correção aguda podem ser realizadas: em cunha de abertura ou fechamento, osteotomia serrada em W ou M, osteotomia em domo ou oblíqua, cada uma com suas respectivas vantagens e desvantagens. Quanto à fixação, podem ser usados, como fixação interna, fios de Kirschner ou placa e parafusos associados a retirada de carga pós-operatória e, a depender do caso, gesso cruropodálico. A opção baseia-se na deformidade instalada e material disponível. A osteotomia padrão descrita para o início do tratamento é a osteotomia simples infra-tuberositária da tíbia. Porém, há ainda, a opção de realização de osteotomias mais proximais, para elevação do hemi-platô tibial medial (JANOYER, 2019; ROBBINS, 2021).

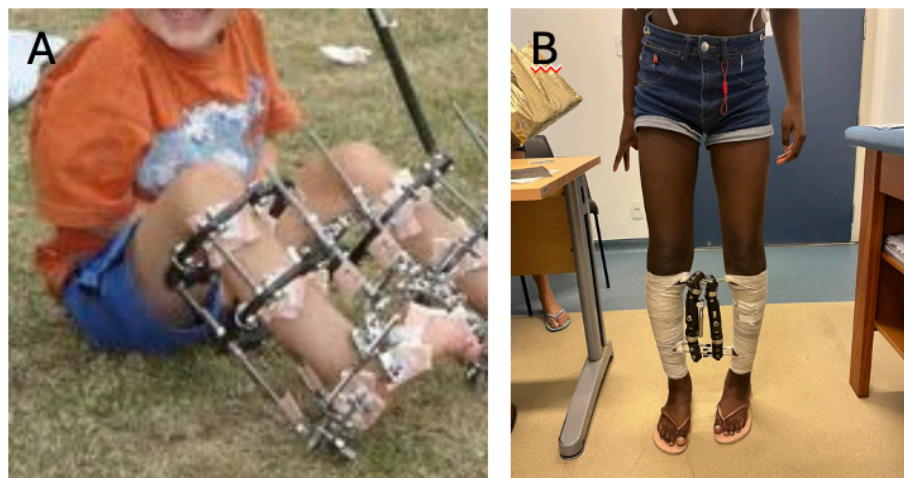
As complicações gerais das osteotomias envolvem lesão vascular, lesão nervosa, falha de material, pseudartrose, infecção e recorrência. Especificamente com relação à correção aguda e fixação interna, pode ocorrer correção insuficiente, hipercorreção e perda da correção (ROBBINS, 2021).

Para mais, as deformidades que exigem mais de dez graus de correção com osteotomia de abertura apresentam maior risco de retardo de consolidação ou não-consolidação. Para esses casos, a osteotomia de abertura gradual apresenta características que atuam no sentido de contornar essas complicações em correções amplas, como na Doença de Blount (SAW *et al*, 2019).

O fixador externo, por sua vez, é peça fundamental na correção de deformidades. Por suas características biomecânicas que somam estabilidade com adaptabilidade e paradoxalmente permitem o micromovimento do foco de fratura, o fixador se configura como

alternativa singular no tratamento da doença de Blount. Os fixadores externos podem ser divididos em grandes categorias - circular, monolateral e híbrido (Figura 6) - com diferentes montagens e adaptações em cada uma delas. Outrossim, o fixador externo proporciona a fixação dinâmica, que permite a correção gradual de deformidades multiplanares (PALEY, 2014; ROBBINS, 2021).

Figura 6. Fixador externo circular vs monolateral. (A) Paciente com fixador externo externo circular do tipo Ilizarov em ambas as tíbias. **(B)** Paciente do estudo com fixador externo monolateral em ambas as tíbias.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

1.4 Fixador externo

A fixação externa consiste de um método de estabilização com o uso de múltiplos pinos inseridos no osso em diversos ângulos e planos e conectados fora da pele por uma barra de suporte rígida. Clayton Parkhill em 1894 foi quem criou o primeiro conceito moderno de fixação externa monolateral (HERNIGOU, 2017).

A multiplicidade de aparelhos, e, ademais, peças, pinos e conectores, permite a montagem de diversos tipos de estruturas de fixador externo, com diferentes finalidades. O objetivo é o de criar uma atmosfera de fratura favorável à consolidação e que permita a aplicação de carga (SEN, 2022).

Originalmente a fixação externa foi desenvolvida para o tratamento de fraturas expostas, porém seu uso foi sendo ampliado até que, atualmente, os fixadores são amplamente

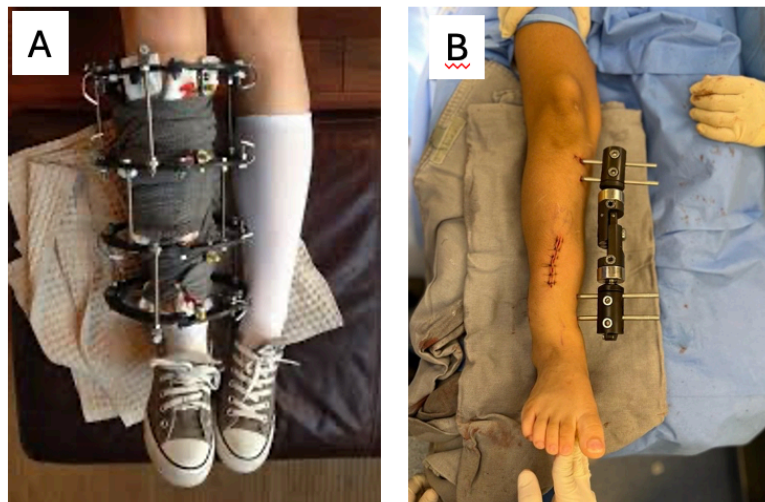
utilizados na correção de deformidades, tratamento de falhas ósseas e pseudartroses, alternativa de estabilização de fratura, dentre outras (SEN, 2022).

O Prof Gavriil Abramovich Ilizarov, posteriormente consagrado como um nome revolucionário no campo do fixador externo, começou sua carreira na década de 1950 na Sibéria tratando pacientes que retornaram da Segunda Guerra Mundial com fraturas que não haviam consolidado. Ilizarov experimentava diversos tipos de desenhos de aparelhos, desenvolveu os princípios da compressão do foco de fratura através do fixador e descobriu, acidentalmente, a osteogênese por distração. Com seus resultados difundidos mundialmente, os princípios de correção de deformidades foram adotados por cirurgiões em escala global (SPIELBERG *et al*, 2010).

O aparelho popularizado a partir disso, denominado de Ilizarov, consiste fundamentalmente de anéis rígidos conectados por barras. Quanto mais anéis são acrescentados à moldura, maior a estabilidade. São necessárias um mínimo de quatro barras e dois pontos de fixação por anel (pinos e/ou fios de aço olivados) para construir uma estrutura multiplanar (Figura 7A) (SPIELBERG *et al*, 2010).

A partir da popularização dos princípios primários da fixação externa, estabelecidos por Ilizarov, passou-se a desenvolver modificações do método, como, por exemplo, a utilização de técnicas combinadas com anéis e semi-anéis somados a fixadores monolaterais na tentativa de diminuir a robustez da montagem sem perda de estabilidade. Posteriormente, com a evolução dos materiais ortopédicos, conseguiu-se embutir funções diversas em aparelhos ainda menores, obtendo-se, por conseguinte, fixadores monolaterais com propriedades semelhantes às dos multiplanares. Dentre essas características estão distratores adaptáveis em módulos encaixados em trilhos, peças multiplanares que deslizam em seu próprio eixo tanto vertical quanto oblíquos, módulos multidirecionais, dentre outros (Figura 7B) (AZIZ, 2020; XIE *et al* 2023).

Figura 7. Tipos de fixação externa: comparação entre os dois tipos de montagens **A:** Quadro de fixador externo do tipo Ilizarov, com quatro anéis **B:** fixador externo monolateral articulado.



Fonte: elaborado pelo autor (2022)

Ao optar por um tipo de fixador (monolateral ou circular), as variáveis envolvidas na decisão consistem, além do tipo de lesão a ser tratada, das propriedades mecânicas do aparelho, da capacitação do cirurgião e, sempre que possível, conforto do paciente. De tal forma que se faz importante ressaltar a diferença entre essas duas montagens, como pode ser visualizada na figura (Figura 6) – em função da montagem circular ser mais pesada e desconfortável, caso haja equivalência funcional e mecânica, o fixador monolateral pode ser uma excelente alternativa (XIE *et al* 2023).

Existe uma tendência recente na literatura em comparar fixadores circulares com monolaterais para tratamento da mesma patologia. Torna-se progressivamente mais claro que entender as propriedades mecânicas do fixador externo a fim de estabelecer uma montagem modificada estável é fator definidor maior de sucesso que a pura escolha do tipo de aparelho (AZIZ, 2020; FERNANDO *et al.*, 2021).

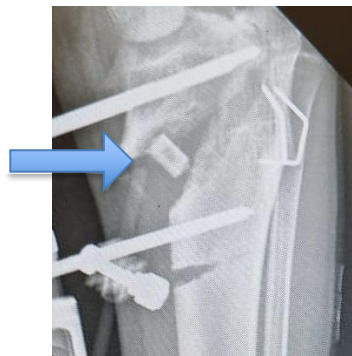
1.5 Osteotomia de Abertura Gradual

No caso da Doença de Blount grave, a osteotomia de abertura gradual é a opção indicada exatamente pela demanda de grandes correções. A superioridade da correção gradual se deve à menor dor pós-operatória, possibilidade de ajuste fino da correção, carga precoce no

membro e menor risco de lesão neurovascular. Como desvantagens, deve-se citar o risco inerente de infecção e soltura dos pinos, quebra do aparelho e consultas de revisão frequentes (semanais ou quinzenais) (ROZBRUCH et al., 2015).

A osteotomia incompleta de abertura gradual segue o princípio da hemicalotase, em que ocorre neoformação óssea no foco da osteotomia induzida por distração (Figura 8). A osteogênese por distração é considerada um dos avanços marcantes na cirurgia musculoesquelética. A osteotomia é realizada através da técnica de “*multi-drilling*”, em que múltiplos orifícios por broca substituem o uso de lâmina, a fim de diminuir o dano ao tecido ósseo. Define-se, então, um tempo de latência, que pode variar de cinco a dez dias até o início da distração (SAW, 2019).

Figura 8. Osteotomia Incompleta: imagem radiográfica na incidência anteroposterior do pós-operatório imediato de duas osteotomias incompletas da porção proximal da tíbia, com enxerto ósseo utilizado como batente, sinalizado na imagem.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A distração é realizada pelo próprio paciente, numa velocidade padrão de 1mm/dia. O paciente ou, no caso, os responsáveis, fazem uso de uma chave Allen 10 para distrair, inicialmente 1/4 de volta a cada oito horas, diariamente, segundo o padrão estabelecido por Ilizarov (PALEY, 2014, ROZBRUCH et al., 2014).

A velocidade da osteogênese varia de acordo com o paciente, sendo, em geral, mais rápida em crianças. Por isso, o acompanhamento clínico e radiográfico define a progressão do tratamento (PALEY, 2014).

2. JUSTIFICATIVA

Pacientes com doença de Blount negligenciada apresentam deformidades graves, com depressão articular de platô tibial medial, que trazem prejuízos funcionais e sociais. Clinicamente, podemos citar o quadro algico, limitação de função e riscos de comprometimento a longo prazo, tais como gonartrose precoce. Aspectos tais que afetam diretamente a qualidade de vida e o potencial laborativo do paciente jovem acometido.

Apesar da estética não representar justificativa isolada para este tipo de intervenção cirúrgica, deve ser pontuado o constrangimento social gerado pela doença. Crianças e adolescentes (faixa etária acometida) são especialmente vulneráveis, sujeitos a agressões psicossociais como o *bullying* escolar, no auge do seu desenvolvimento de habilidades interpessoais.

Não é consagrada uma única técnica cirúrgica como padrão ouro para tratamento da Doença de Blount – são descritas múltiplas abordagens que priorizam aspectos diferentes do tratamento e/ou envolvem fixadores externos multiplanares. Portanto, descrevemos uma nova maneira de abordar este tipo de deformidade, com uma modificação de uma técnica cirúrgica pré-existente, na qual nós realizamos a correção da deformidade de forma gradual e com o uso do fixador externo monolateral.

É sabido que o usuário do Sistema Único de Saúde apresenta alguma dificuldade de acesso ao cuidado primário, o que resulta em uma prevalência maior de casos graves pela característica progressiva da doença. Ademais, o Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO), por definição um centro de alta complexidade, lida com a doença avançada e principalmente com a falha do tratamento inicial, além de dispor dos aparelhos de fixador necessários à técnica, que, por serem relativamente modernos e envolverem um treinamento específico para uso, não estão disponíveis em todos os serviços de ortopedia. Por conseguinte, o presente estudo, ao avaliar o resultado de uma técnica inovadora que preconiza menor

desconforto ao longo do tratamento e cirurgias menos invasivas, torna-se valioso no contexto de cuidado terciário da saúde pública.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Principal

Descrever o resultado clínico e radiográfico de pacientes submetidos a esta técnica cirúrgica de dupla osteotomia de abertura gradual com fixador externo monolateral.

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1 Descrever o passo a passo desta técnica cirúrgica.

3.2.2 Descrever as complicações no decorrer do tratamento.

3.2.3 Comparar os ângulos dos membros inferiores mensurados na radiografia antes e após o procedimento cirúrgico;

3.2.4 Descrever a satisfação dos pacientes submetidos a tal tratamento com no mínimo 6 meses de pós-operatório.

3.2.5 Avaliar o impacto social pré e pós-operatório a partir do absenteísmo escolar.

4. MÉTODOS

4.1 Tipo de estudo

Este é um estudo retrospectivo, referente a uma série de casos de pacientes esqueleticamente imaturos provenientes do SUS. Todos os pacientes foram submetidos à cirurgia de dupla osteotomia de tíbia para correção de deformidade grave secundária a doença de Blount. Toda a amostra foi tratada e acompanhada no INTO pelo Centro de Atenção Especializada de Cirurgia das Dismetrias (conhecido como Serviço de Fixador Externo, SEFIX) e avaliada nos períodos pré-operatório e pós-operatório de no mínimo seis meses. Foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do INTO com parecer 4.939.996 (**Anexo A**).

4.2 Desenho do Estudo

Os pacientes foram selecionados a partir da listagem de pacientes submetidos a cirurgia de dupla osteotomia de abertura gradual tibial pelo SEFIX, técnica criada e descrita pelo próprio serviço. Foram selecionados pacientes com sequelas de doença de Blount em um ou dois joelhos, com doença avançada em grau V de Langenskiöld ou superior e com depressão articular tibial proximal. Foram incluídos participantes que possuíam radiografias em AP e Perfil do Joelho com carga e radiografia panorâmica dos membros inferiores. Todos passaram por avaliações ambulatoriais no Centro de Atenção Especializada de Cirurgia das Dismetrias. Os dados foram obtidos a partir do prontuário físico dos pacientes e das radiografias armazenadas no sistema de imagens do INTO.

4.3 Avaliação Qualitativa

No mesmo ambulatório foram questionadas, no pós-operatório convencional das cirurgias, as famílias e as crianças quanto à satisfação com o resultado. Tal questionamento foi realizado por um avaliador não pertencente à equipe do SEFIX, quantificando a resposta através

de uma nota de 0 a 10, sendo 10 o máximo de satisfação e 0 completa insatisfação. Além disso, foi avaliada a frequência escolar dos pacientes antes e após as cirurgias.

4.4 População do Estudo

Foram selecionados pacientes esqueleticamente imaturos que tenham sido operados pela técnica de dupla osteotomia descrita pelo grupo de pesquisa do SEFIX (Apêndice A). Os critérios de inclusão envolvem os critérios de indicação da técnica cirúrgica presentemente citada, que são: diagnóstico de Doença de Blount com fise medial fechada, genovaro grave (a partir do grau V da classificação de Langenskiöld) e desejo dos responsáveis de realizar a cirurgia.

Como critérios de exclusão foram considerados: pacientes esqueleticamente maduros, pacientes com genovaro secundário a outra causa que não seja a Doença de Blount e pacientes com avaliação radiográfica incompleta pré ou pós-operatória.

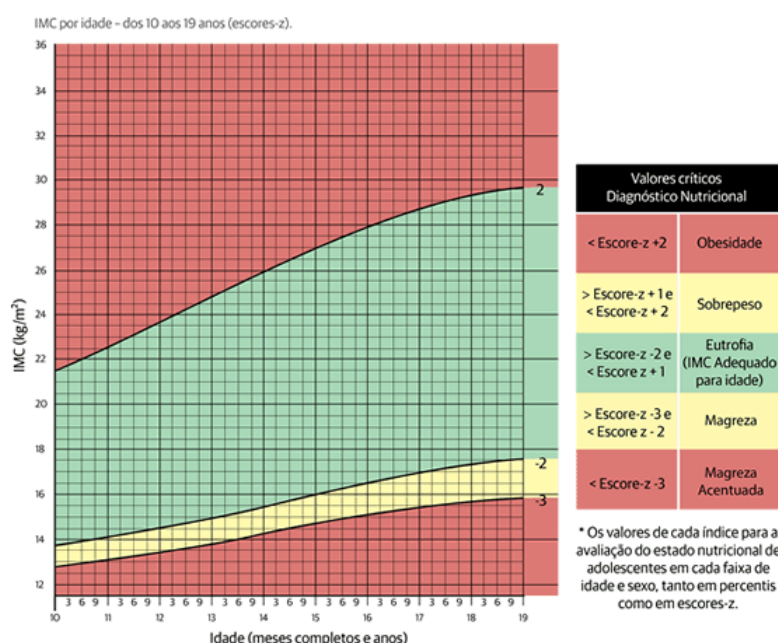
4.5 Variáveis analisadas

Os dados analisados foram obtidos a partir do prontuário, consultados presencialmente em ambulatório. Os dados foram coletados em ficha própria. Foram obtidas informações referentes à idade dos pacientes, sexo (feminino ou masculino), obesidade, confirmação do diagnóstico de Blount, dados referentes à realização ou não de cirurgias prévias, tempo de fixador em meses e a presença ou não de complicações cirúrgicas e/ou ambulatoriais.

Ao avaliar a presença de obesidade, tendo em vista a inacurácia do valor do peso ou índice de massa corporal (IMC) absoluto para comparação de crianças em faixa etária distintas, foi optado pela avaliação categórica de presença ou ausência de obesidade. Cada caso foi analisado com base no percentil de IMC. O percentil do IMC expressa o IMC de uma criança relativo às crianças norte-americanas na mesma faixa etária e foi estabelecido em 1994 pela Academia Americana de Pediatria como uma ferramenta justa na avaliação de obesidade de

crianças e adolescentes (HAMPL *et al*, 2023). O IMC por idade classifica as crianças com peso acima do percentil 95% para a faixa etária como crianças com sobrepeso, mesmo critério utilizado no presente trabalho. Crianças classificadas no percentil 85 a 95% (risco de sobrepeso) foram classificadas no estudo como não-obesas, assim como as crianças nos demais percentis (inferiores a 85%) (Figura 9) (KUCZMARSKI *et al*, 2002).

Figura 9. Gráfico de IMC por idade: avaliação do estado nutricional dos 10 aos 19 anos com base na relação do IMC com a idade cronológica.



Fonte: BRASIL, Ministério da Saúde. Caderneta de Saúde do Adolescente (2014)

4.6 Análise Radiográfica

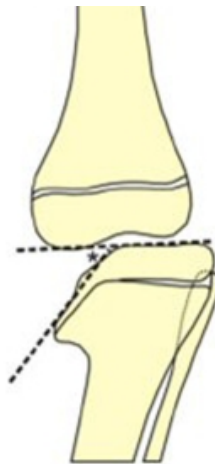
A aferição dos ângulos de orientação articular e do desvio de eixo foi realizada no sistema informatizado de radiologia do INTO (software Mdicom Viewer® 2008).

Os ângulos foram aferidos em radiografias panorâmicas de membros inferiores em ortostase, em projeção ântero posterior e em radiografias simples da tíbia em perfil.

Os ângulos avaliados foram:

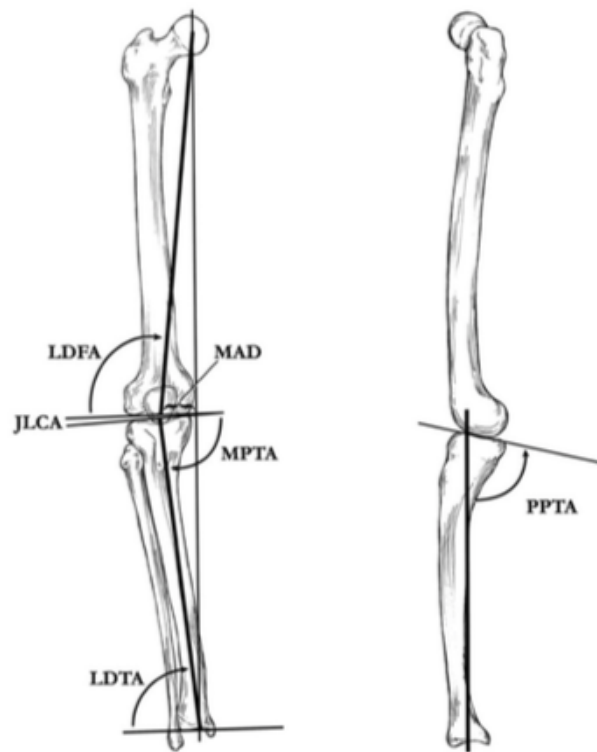
- Ângulo Medial Proximal da Tíbia (*MPTA*, do inglês *medial proximal tibial angle*): traçado no plano coronal a partir da intersecção do eixo da tíbia e sua linha articular proximal. Na tíbia, o eixo anatômico coincide com o mecânico e ambos têm como valor de referência 87° (faixa de 85 a 90°) (Figura 11).
- Ângulo Proximal Posterior da Tíbia (*PPTA* do inglês *posterior proximal tibial angle*): traçado no plano sagital, a partir da intersecção do eixo mecânico modificado da tíbia e sua linha articular proximal. O eixo mecânico modificado é traçado a partir do 1/5 anterior do platô tibial na radiografia em perfil (Figura 11).
- Ângulo de depressão do platô tibial medial (*ADMTP*): ângulo resultante da intersecção de uma linha traçada no platô lateral e outra no platô medial (Figura 10).

Figura 10. Ângulo de depressão articular: Ilustração de porção proximal da tíbia, evidenciando com as linhas traçadas em pontilhado o ângulo de depressão do platô medial (*ADMTP*).



Fonte: Hany Hefny; Shalaby (2010).

Figura 11. *MPTA e PPTA*: desenho ilustrativo dos parâmetros radiográficos traçados para avaliação de correção de eixo de membro inferior e mensuração dos ângulos.

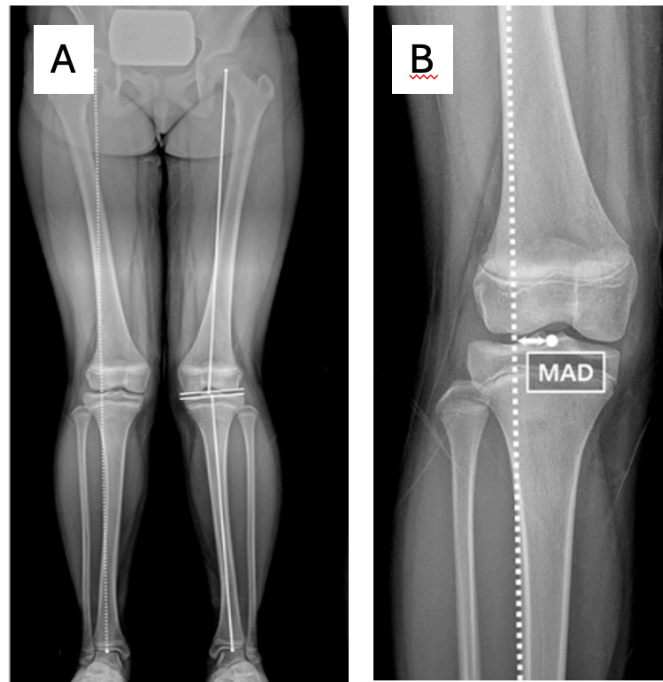


MAD: *Medial Axis Deviation*, JLCA: *Joint Line Convergence Angle*, LDFA: *Lateral Distal Femoral Angle*, LDTA: *Lateral Distal Tibial Angle*, MPTA: *Medial Proximal Tibial Angle*, PPTA: *Proximal Posterior Tibial Angle*. Fonte: Paley (2014).

Além disso, o desvio do eixo mecânico foi aferido em milímetros. O eixo mecânico do membro inferior é definido por uma linha traçada do centro da cabeça femoral ao centro do tornozelo e que normalmente atravessa o centro do joelho com uma variação de $0 \pm 3\text{mm}$. A distância que este eixo se afasta do ponto médio da articulação do joelho é chamada de desvio do eixo mecânico (*Mechanical Axis Deviation*) ou MAD (Figura 12).

Quanto às complicações, foi considerado como complicação evento que exigiu nova intervenção cirúrgica, interrupção ou atraso de tratamento.

Figura 12. Eixo Mecânico do Membro Inferior **A:** Radiografia panorâmica de membros inferiores em que foram traçados os eixos mecânicos do membro inferior. **B:** ilustração evidenciando através da flecha, a distância do eixo mecânico do membro inferior para o centro do joelho (MAD)



Fonte: Hany Hefny; Shalaby (2010).

4.7 Análise dos Resultados

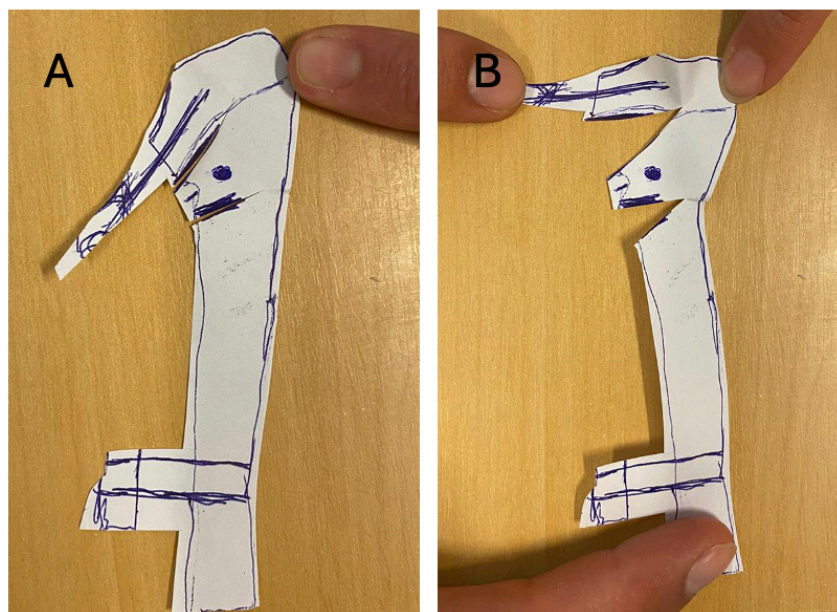
As variáveis numéricas foram descritas como média $\pm$ desvio padrão e mínimo – máximo. A normalidade das variáveis numéricas foi verificada pelo teste de Kolgomorov-Smirnov. As variáveis que apresentaram distribuição normal (paramétricas) foram avaliadas pelo teste t de Student. Variáveis com distribuição não paramétrica foram avaliadas pelo teste de Wilcoxon. As variáveis categóricas foram descritas em número e porcentagem. Foram considerados com significância estatística os resultados com p-valor $< 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas no software estatístico SPSS 23.0 (Statistical Package for Science – Chicago, IL, 2008).

5. RESULTADOS

5.1 Técnica Cirúrgica

Inicialmente, foi realizado um planejamento pré-operatório cuidadoso a fim de traçar os parâmetros de realização das duas osteotomias. Para tal, foi utilizado um *template* de papel, esboçado a partir da radiografia panorâmica dos membros inferiores. Com a colocação de papel vegetal sobre a radiografia panorâmica de membros inferiores em AP, desenhou-se a tíbia. A localização do CORA foi identificada na radiografia e no template, e as osteotomias foram simuladas com cortes realizados no papel a fim de quantificar a dimensão da abertura das osteotomias mantendo a integridade da cortical lateral (Figura 13).

Figura 13. *Template* em papel: Demonstração do template ósseo desenhado a partir da projeção radiográfica em papel vegetal (A), para simular a correção após a osteotomia, reproduzida com tesoura (B).

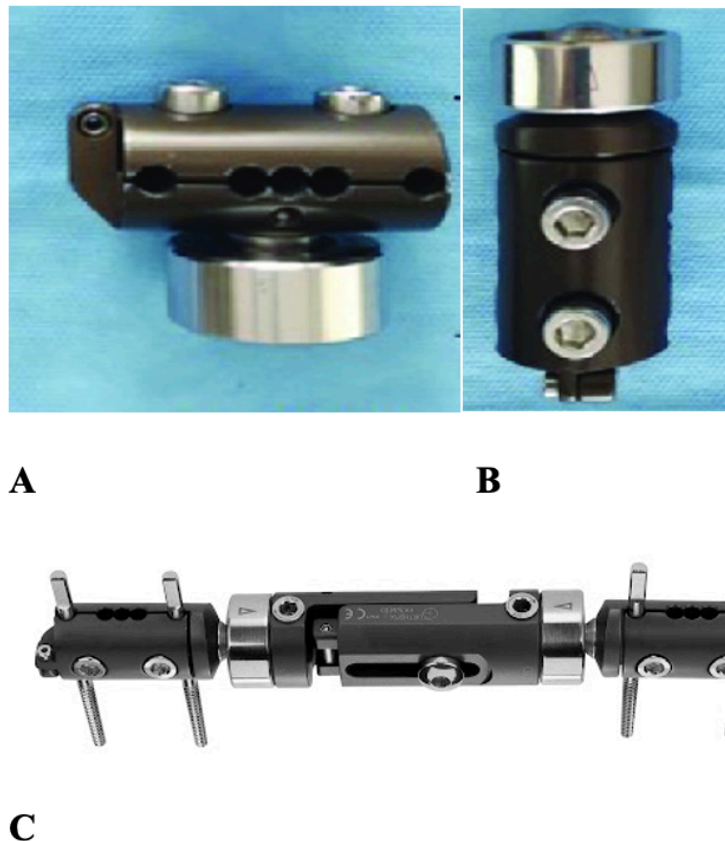


Fonte: elaborado pelo autor (2024).

O paciente foi posicionado em decúbito dorsal sobre uma mesa radiotransparente, o que permite a realização da radioscopia durante todo o procedimento cirúrgico. O corpo do fixador externo era pré-montado com uma abertura de 0,5cm ao distrator

O fixador utilizado foi o sistema modular *Procallus*® da marca Orthofix. As peças utilizadas foram o *clamp* “em T” para a porção proximal da tíbia, o corpo do aparelho com dinamizador de tamanho médio, um *clamp* distal reto, um distrator e uma barra acessória (Figuras 14 e 15).

Figura 14. Componentes do fixador externo do tipo Procallus A: Clamp em T, B: Clamp reto, C: corpo articulado do fixador com dois clamps retos em cada extremidade.



Fonte: Motta, 2022.

Figura 15. Pré-montagem do aparelho: ilustração em 3D da pré-montagem do aparelho com uma abertura inicial de 0,5cm no distrator e seta identificando a peça distrator.

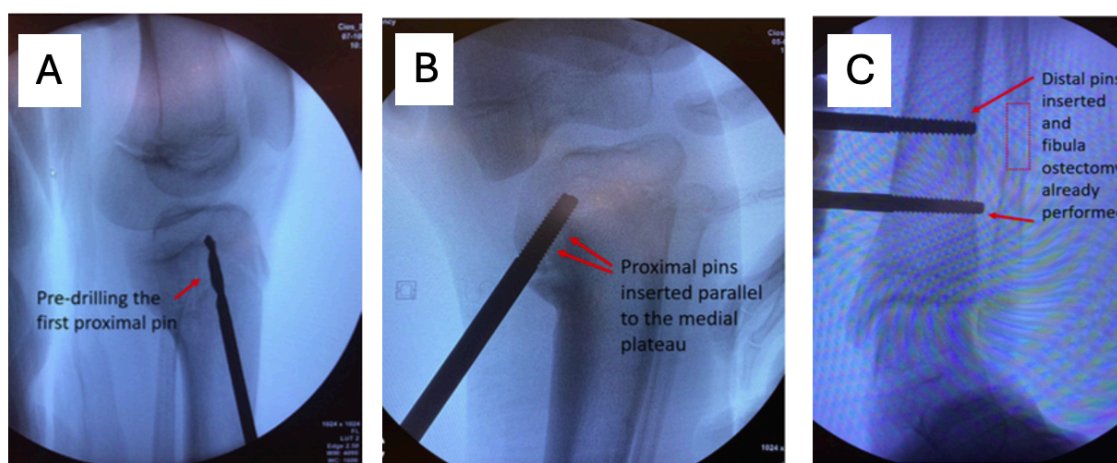


Fonte: Cerqueira, et al. (2021).

Primeiramente, dois pinos (6,0 mm) foram inseridos, sob orientação de radioscopia, paralelos entre si e ao platô tibial medial, em direção ao tubérculo tibial intercondilar medial (Figura 16).

Mais dois pinos foram inseridos na face medial tibial distal, no sentido de medial para lateral, sendo um pino mais distal em relação ao outro, estando paralelos em orientação vertical (Figura 16C).

Figura 16. Inserção dos pinos: imagens radioscópicas intra-operatórias **A:** radioscopia de 1/3 proximal da tíbia em perfil em que se visualiza a brocagem dos pinos proximais **B:** radioscopia de extremidade proximal da tíbia em AP, ilustrada a técnica de inserção dos pinos proximais, paralelos entre si e à depressão do platô medial **C:** imagem radiográfica de extremidade médio distal da tíbia, evidenciada a inserção dos 2 pinos distais e visualizado o espaço da ostectomia da fíbula já realizada



Fonte: Cerqueira, *et al.* (2021).

A seguir, foi realizada uma ostectomia fibular de 2cm por via lateral (Figura 17). Através de uma abordagem medial de 4cm, a tibial proximal era acessada no CORA pré-determinado. O local da osteotomia foi marcado com uma osteotomia múltipla - osteotomia realizada pela técnica de múltiplos orifícios por broca próximos um ao outro (broca 2.0), até o nível da linha anterior do tubérculo tibial, paralela aos pinos proximais.

A osteotomia parcial foi completada com a utilização de um osteótomo, preservando sempre o córtex tibial oposto. A posição final desta primeira osteotomia assume uma orientação quase vertical devido à depressão do platô medial.

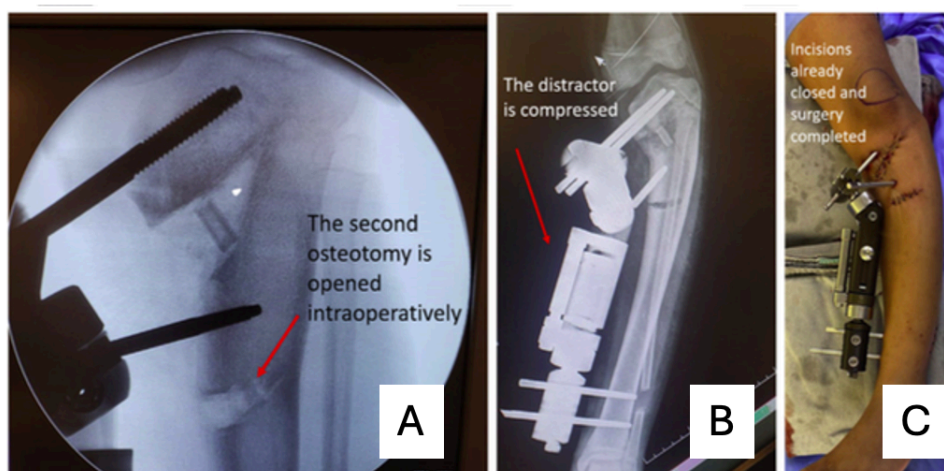
Em seguida, a osteotomia foi ampliada com a abertura da unidade de compressão-distração. Quando a deformidade se apresentava como severa, não permitindo angulação

suficiente para colocação dos pinos, a osteotomia foi aberta com spreader e os pinos posicionados a partir dessa redução inicial.

Alinhou-se, desta forma, o platô tibial medial e lateral, confirmando-se esse equilíbrio pela radioscopia. O fragmento fibular foi, então, colocado no gap da osteotomia proximal, sob compressão, funcionando como batente a fim de manter uma superfície articular estável (Figura 17).

Em seguida, um pino acessório foi colocado distalmente à osteotomia, alinhado com o ponto de rotação do fixador externo. Foi realizada rotineiramente uma correção suave na rotação interna através de manipulação. Após, foi realizada uma segunda osteotomia parcial, na diáfise proximal da tibia, inferior ao pino acessório, novamente preservando-se o córtex tibial lateral (Figura 17).

Figura 17. Dupla osteotomia e compressão do sistema: **A:** imagem radiográfica osteotomia parcial proximal completa paralela ao platô tibial com abertura intra-operatória da segunda osteotomia **B:** radiografia de tibia em AP, evidenciando a compressão intra-operatória do distrator **C:** pós-operatório imediato com o fixador externo em tibia esquerda.



Fonte: Cerqueira et al (2021).

Posteriormente, a unidade de compressão-distração foi acionada no intraoperatório a fim de atingir uma abertura de 1,5cm como teste.

Finalmente, travou-se o fixador externo em compressão máxima. A hemostasia final foi realizada e a pele suturada, com o paciente permanecendo internado por cerca de 24h.

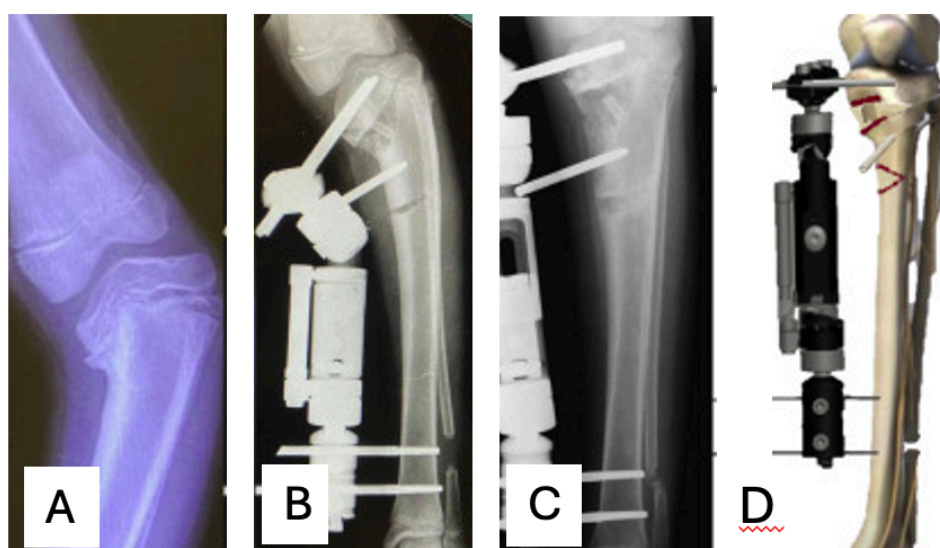
5.2 Controle das Osteotomias de Abertura Gradual com a Barra

No pós-operatório, o paciente foi instruído a suportar parcialmente o peso com muletas. A mobilidade articular do joelho e tornozelo foi enfatizada. Após dez dias, o processo de distração era iniciado com 1/4 de volta da unidade de compressão-distração a cada 6 horas. Neste momento, a abertura do fixador externo era realizada sem a barra acessória conectora, permitindo a mobilização de ambas osteotomias.

Foram realizadas consultas médicas semanais para o controle radiográfico e avaliação dos eixos mecânicos. Após a correção da deformidade epifisária, era instalada a barra acessória, conectada ao pino acessório e aos pinos proximais do fixador, travando a abertura da osteotomia proximal. Uma vez observada primeiro a correção da deformidade metafisária, era bloqueada a osteotomia distal, conectando a barra ao pino acessório e os pinos distais do fixador (Figura 18).

Na fase final, nos casos de deformidade bilateral, o mesmo procedimento pode ser realizado no membro contralateral em qualquer etapa de evolução do pós-operatório inicial, desde que o paciente apresente capacidade de apoio de carga no membro já operado.

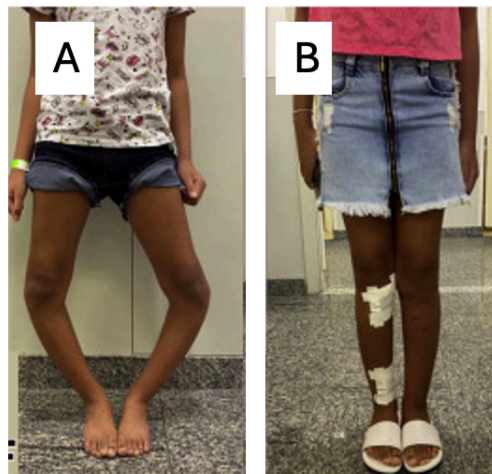
Figura 18. Técnica Cirúrgica: **A:** radiografia na incidência AP de joelho esquerdo com carga, com depressão articular e doença avançada **B:** radiografia em AP de tíbia após o procedimento cirúrgico já com fixador externo monolateral e realizadas ambas as osteotomias. **C:** radiografia em AP de tíbia evidenciando a evolução do processo de abertura gradual das osteotomias com fixador externo. **D:** reprodução tridimensional da tíbia após término da correção, ilustrando a distração final das osteotomias e o alinhamento de platô tibial.



Fonte: Cerqueira et al (2021).

Após o alinhamento satisfatório do membro, o dispositivo foi travado e o retorno ambulatorial foi espaçado em intervalos maiores até a consolidação da osteotomia. O dispositivo foi removido somente após a consolidação óssea medial completa (Figura 19).

Figura 19. Resultado clínico final: imagem clínica comparativa de paciente no pré e pós-operatório final da dupla osteotomia de abertura gradual de tíbia bilateral.



Fonte: Cerqueira et al (2021).

5.3 Participantes

Foram submetidos ao procedimento de dupla osteotomia de abertura gradual doze pacientes, quatro destes bilateralmente. Levando em conta que nos casos bilaterais, os membros foram abordados em tempos cirúrgicos diferentes, após a consolidação do anterior, cada tíbia foi considerada de forma independente, totalizando a inclusão de 16 tíbias no estudo. Nenhum paciente foi excluído.

Houve uma predominância feminina (onze pacientes, o equivalente a 68,8%). No que tange à obesidade, 56,2% (9/16) dos pacientes foram enquadrados na categoria de obesos e 43,8% ou sete pacientes, não-obesos (Tabela 1). Todos os pacientes já haviam sido submetidos a pelo menos um procedimento cirúrgico prévio para tentativa de correção do genovaro.

Quanto à idade, sete pacientes tinham entre 8 a 10 anos no momento da cirurgia (43,8%), cinco pacientes entre 11-12 anos (31,2%) e quatro pacientes entre 13 e 15 anos (25%) (Tabela 1)

Tabela 1: Características epidemiológicas da amostra do estudo (n=16).

Variáveis selecionadas	n (%)
Sexo	
Feminino	11 (68,8)
Masculino	5 (31,2)
Idade (anos)	
8 - 10	7 (43,8)
11 - 12	5 (31,2)
13 - 15	4 (25,0)
Obesidade	
Não	7 (43,8)
Sim	9 (56,2)

5.4. Alinhamento pré e pós-operatório

Os pacientes apresentaram um MPTA médio pré-cirúrgico de $45,9 \pm 11,8$ graus, com variação de 18 a 65 graus, enquanto o MPTA pós-cirúrgico variou entre 71 e 88 graus, com média de $82,4 \pm 5,4$ graus.

O PPTA, por sua vez, foi de $70,2$ graus $\pm 13,6$ graus no pré-operatório, variando de 43 a 80 graus para uma média de $74,6$ graus $\pm 1,3$ graus no pós-operatório, com variação de 48 a 83 graus.

Quanto ao desvio de eixo, o MAD antes do procedimento cirúrgico foi em média de $101 \pm 31,1$ milímetros divergindo entre 63 e 160, enquanto após sua média foi $11,4 \pm 11$ milímetros com variação de -17mm (o valor negativo representando uma distância do centro do joelho medial ao eixo mecânico, ou seja, valgo) a 25mm (Tabela 2).

Por fim, a medida do aDMPT antes da cirurgia variou entre 5 e 61 graus, com média de $43,8 \pm 14,4$ graus e após a cirurgia, flutuou entre 0 e 42 graus com média de $12,4 \pm 14$ graus (Figura 20).

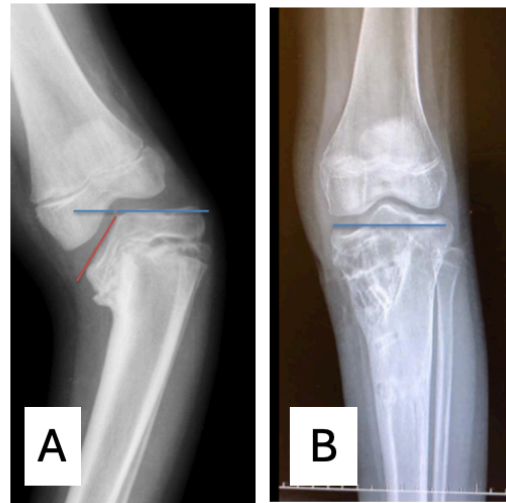
Relativamente à comparação dos dados no pré e pós-operatório, foram encontradas diferenças significativas entre os dois momentos em todas as variáveis e suas médias (MPTA, PPTA, MAD e o ADMTP pelo teste T de Student (Tabela 2).

O tempo médio de fixador foi de $6,6 \pm 1,4$ graus, com mínimo de quatro meses e máximo de nove

Tabela 2 - Comparação dos dados pré e pós-operatórios: comparação dos valores das medidas radiográficas entre os dois momentos analisados (pré-operatório e após consolidação da ostetotomias).

Parâmetros avaliados	Média $\pm$ DP	p valor
MPTA (pré-cirúrgico) (graus)	45,9 $\pm$ 11,8	0,001
MPTA (pós-cirúrgico) (graus)	82,4 $\pm$ 5,4	
PPTA (pré-cirúrgico) (graus)	70,2 $\pm$ 13,6	0,03
PPTA (pós-cirúrgico) (graus)	74,6 $\pm$ 1,3	
MAD (pré-cirúrgico) (graus)	101,0 $\pm$ 31,1	0,001
MAD (pós-cirúrgico) (graus)	11,4 $\pm$ 11,0	
aDMPT (pré-cirúrgico) (graus)	43,8 $\pm$ 14,4	0,001
aDMPT (pós-cirúrgico) (graus)	12,4 $\pm$ 14,0	

Figura 20. Acompanhamento radiológico da correção da deformidade em que imagem A é o pré-operatório e B a radiografia final.



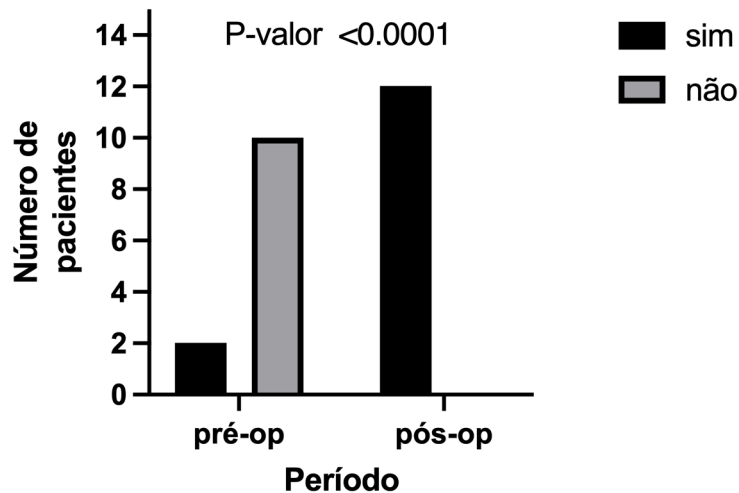
Fonte: elaborado pelo autor (2024).

5.5 Avaliação Qualitativa Subjetiva

No que tange à avaliação subjetiva de satisfação cirúrgica, quando questionadas sobre a cirurgia por um médico não envolvido no procedimento cirúrgico ou equipe de assistência, dez crianças avaliaram o resultado com nota de 10 e 2 com nota 9 em escala de 0 a 10.

Com relação à frequência escolar, na amostra de doze pacientes, apenas dois frequentavam a escola regularmente de forma presencial no pré-operatório, dois passaram a frequentar ainda com o fixador e um total de dez crianças retomaram a frequência escolar logo após a correção.

Figura 21. Frequência escolar no período pré e pós-operatório: representação gráfica do número de pacientes que frequenta a escola no pré e pós operatório (teste qui-quadrado).



5.6 Complicações

Houve duas revisões de fixador, categorizadas como complicações, que representam 12,5% dos casos: uma fratura ao nível da osteotomia após relato de queda da própria altura e uma necessidade de troca de pino por soltura asséptica. Não houve nenhum caso de infecção de trajeto de pino.

No caso da criança que sofreu queda, o batente ósseo lateral da osteotomia foi fraturado, com necessidade de realinhamento incruento do membro sob anestesia e reposicionamento do aparelho de fixador.

No caso da soltura asséptica, houve a troca de um dos pinos proximais em centro cirúrgico com realização de novo orifício ósseo mantendo o mesmo *clamp* do aparelho.

6. DISCUSSÃO

É indiscutível o impacto da doença de Blount na qualidade de vida, função e autoestima dos pacientes acometidos. Deformidades graves de membros inferiores resultam, além de consequências biomecânicas a longo prazo, tais como dor e degeneração articular precoce, também em constrangimento social. O estudo em questão conseguiu demonstrar a melhora marcante nos parâmetros clínicos e radiográficos de pacientes com doença grave (classificação de Langenskiold acima de V e depressão articular) submetidos à técnica inovadora da dupla osteotomia de abertura gradual com fixador externo monolateral.

Epidemiologicamente, alguns fatores conferem maior importância a essa patologia no contexto brasileiro de país latino-americano de população não-branca, tendo em vista que meninas negras têm prognóstico marcadamente pior (WEINSTEIN; FLYNN; HAEMISH CRAWFORD, 2021). A presente amostra coincidiu com essa característica, com a maioria dos pacientes do sexo feminino e/ou da etnia negra.

Quanto a presença ou não de obesidade, apesar de a mesma configurar um fator de risco clássico à doença, ele não é universal, e estudos recentes tais como o de Kgoedi não encontraram relação entre IMC e severidade da deformidade ou recidiva da doença (KGOEDI; RISCHBIETER; GOLLER, 2019). De forma que a distribuição quase simétrica entre obesos e não-obesos na seleção de pacientes em questão pode ser explicada.

Apesar de não ser descrita uma prevalência mundial exata da doença de Blount, seu quadro de deformidade grave de classificação de Langeskiold superior V e refratário a tratamento é incomum (ROBBINS, 2021). Devido a raridade da manifestação desta patologia nesta forma grave de apresentação, o “n” selecionado de 12 pacientes submetidos ao procedimento traduzidos em 16 membros operados é representativo no nicho a que se propõe, a fim de realizar um primeiro estudo de resultados envolvendo tal técnica cirúrgica. Inclusive, grande parte das séries de casos envolvem um número de pacientes não muito distante do

presente estudo. McCarthy, por exemplo, em sua descrição de dupla osteotomia tibial avalia 16 pacientes, enquanto Maré em seu estudo apresenta uma coorte de 20 crianças ao revisar a recorrência da patologia após uma osteotomia tibial simples (MCCARTHY, 2009; MARÉ; THOMPSON; MARAIS, 2020).

Os fatores prognósticos de falha do tratamento e recorrência são: idade maior de 4 anos, estágios avançados da doença, obesidade, depressão do platô medial maior de 60 graus e instabilidade pós-operatória de joelho (flambagem) (MARÉ; THOMPSON; MARAIS, 2020) - características estas encontradas em todas as crianças do presente estudo. Loder e Johnston demonstraram uma taxa de 60-65% de recorrência em crianças tratadas após os 4 anos de idade, sendo necessárias repetidas osteotomias (LODER & JOHNSTON, 1987).

Em que pese a correção aguda com osteotomia, devem ser consideradas as vantagens de ser um método mais rapidamente resolutivo, de acompanhamento mais prático e esteticamente mais atrativo nos casos de fixação interna. Contudo, a multiplicidade de osteotomias descritas reflete o fato de que a configuração da osteotomia aguda costuma priorizar ou a estabilidade ou o alinhamento, com impacto limitado na correção conjunta das deformidades graves e crianças mais velhas (HEGAZY *et al*, 2020).

Considerando que o tratamento da doença inicial já gera divergências, não há um padrão-ouro quanto à técnica cirúrgica mais indicada na abordagem da doença avançada e/ou recidiva. As alternativas classicamente descritas envolvem principalmente fixadores externos multiplanares/circulares (ROY *et al*, 2020). De tal forma que o presente estudo se enquadra na busca pela inovação com uma técnica promissora de maior potencial de correção, limitando o desconforto ao paciente.

Classicamente era considerado que o fixador externo multiplanar do tipo ilizarov seria biomecanicamente superior ao monolateral. Contudo, novos estudos vêm demonstrando

estabilidade comparável ou até superior da montagem monolateral (ABD AZIZ *et al*, 2020, CAJA, 1995).

A montagem do fixador externo multiplanar é robusta o que o torna de adaptação mais desafiadora e que exige cuidados mais específicos tais como a troca do curativo. O constructo envolve uma maior quantidade de peças passíveis de soltura e os pinos e fios olivados acabam por gerar cicatrizes por toda a circunferência do membro. Nesses aspectos específicos, a montagem monolateral pode ser considerada superior por ser menos limitante, de manutenção mais simples e adaptação mais fácil para a criança (CERQUEIRA *et al*, 2021, CAJA *et al*, 1995).

A correção de deformidades ósseas graves, principalmente em crianças em crescimento, envolve limitações técnicas e anatômicas. O risco de lesão nervosa iatrogênica é considerável, tendo em vista ser uma deformidade instalada ao longo do crescimento (ROZBRUCH *et al*, 2014). O fato da correção ser gradual reduz além do risco de lesão nervosa, também o de retardo de consolidação e pseudartrose de forma significativa, proporcionando uma intervenção lenta, permitindo uma resposta orgânica cadenciada com adaptação de estruturas de acordo com a evolução da criança (MARÉ; THOMPSON; MARAIS, 2020).

A opção da osteotomia dupla também representa uma vantagem em questão de amplitude de correção. Apesar da deformidade metafisária não ser característica da Doença de Blount por definição (SABHARWAL; LEE; ZHAO, 2007), prescinde lembrar que as crianças do estudo foram submetidas a pelo menos um tipo de procedimento cirúrgico prévio, o que interfere na evolução da doença e no eixo resultante. Ademais, por corrigir a associação de deformidades metafisária e epifisária, a técnica distribui a abertura em duas osteotomias, permitindo uma correção significativa com menor risco de não-consolidação. Podemos citar ainda, o fato de que a montagem permite o travamento de uma osteotomia enquanto ocorre a distração da outra, o que oferece maior controle de correção.

O estudo de McCarthy fornece uma base de comparação de resultados substancial, por ser de cunho retrospectivo, abranger uma amostra semelhante e avaliar a realização de osteotomia dupla. A comparação do uso de um fixador externo multiplanar no caso de McCarthy com a osteotomia dupla com fixador externo monolateral do presente estudo enriquece a avaliação dos resultados (MCCARTHY *et al*, 2009).

O que incorre na vantagem da técnica em questão quando comparada à descrição da cirurgia de dupla osteotomia previamente descrita por McCarthy em que o mesmo usa no mínimo cinco pinos e quatro a seis fios olivados em sua montagem, enquanto a presente técnica utiliza apenas quatro pinos principais e um pino acessório (MCCARTHY *et al*, 2009).

Acerca da avaliação objetiva da correção de eixos, quando comparadas as variáveis radiográficas pré e pós-operatórias, as medidas traduzem a melhora almejada da deformidade. A média do *MPTA* pré cirúrgico de 45 graus reflete deformidades graves com comprometimento clinicamente relevante de eixo. Dessa forma, a média pós cirúrgica do mesmo ângulo equivalendo a 82,4 graus torna-se muito próxima dos valores e referência padrão de 85 a 87 graus. Tal melhora é condizente com os resultados da dupla osteotomia supracitada de McCarthy, que também obteve uma média pós-operatória de 82,5 graus do mesmo ângulo, partindo da mesma média no pré-operatório equivalente a 55,1 graus (MCCARTHY *et al*, 2009).

O desvio de eixo, ou MAD, é a tradução numérica da deformidade clínica. Ao ter como valor de referência o zero, qualquer numeral superior a isso já representa algo de genovaro (PALEY, 2014). Na presente amostra a média pré-operatória do *MAD* foi de 101mm o que reflete a deformidade acentuada e marcante dos membros inferiores dos pacientes, com um centro do joelho mais de 10 cm afastado lateralmente do eixo do membro. A média pós-operatória do *MAD* de 11,4mm indica um resultado final próximo do normal. Em seu trabalho envolvendo 32 tíbias e correção gradual da deformidade com o uso de fixador externo do tipo

Ilizarov ou *Taylor Spatial Frame*, Saw et al partiram de um *MAD* médio de 95 ± 51.4 mm atingindo um *MAD* pós operatório de 9.0 ± 37.7 mm, variação que corresponde à da corrente análise (SAW *et al*, 2019).

A medida do *aDMPT* manifesta a depressão do platô tibial medial, fator determinante no prognóstico da deformidade ao longo dos anos, além de proporcionar instabilidade latero-lateral e flambagem. A variação da média deste valor de 43,8 graus no pré-operatório para 12,4 no pós-operatório demonstra elevação significativa da superfície articular. Segundo Schoenecker, deve ser realizada a elevação do platô quando a depressão é superior a 30 graus (SCHOENECKER *et al*, 1992). Os resultados aqui descritos coincidem com estudos prévios, tal como o de Fitoussi et al em sua amostra de 8 pacientes, obteve uma variação nessa mesma média de 43 graus no pré-operatório para 5,4 no pós-operatório, também com uma osteotomia de abertura com hinge na fise lateral (FRANCK FITOUSSI *et al*, 2011).

No tocante às complicações, apenas duas tíbias necessitaram de revisão do fixador externo, o que, equivalendo-se a 12,5%, quando comparado à literatura existente, é um valor abaixo da média de estudos semelhantes. Uma das revisões deveu-se a criança ter sofrido uma queda, o que configura como fator externo não relacionado à técnica. Além disso, a presente amostra não apresentou nenhum caso de infecção de trajeto de pino com exigência de antibioticoterapia prolongada ou troca de pino. McCarthy, por exemplo, em sua amostra de 22 tíbias teve 7 complicações (31,81%), incluindo 3 casos de infecção local e 1 de infecção sistêmica (MCCARTHY *et al*, 2009).

Por fim, outro ponto relevante do estudo é a avaliação subjetiva do resultado pelos pacientes, o que expressa o impacto cirúrgico na criança, que não pontua o aparelho de fixador externo como um trauma por relacioná-lo à melhora observada. Essa observação condiz com o estudo de Lee em que a correção dos ângulos aferidos demonstra correlação significativa com

a satisfação do paciente, e que mesmo ângulos algo subcorrigidos com relação à normalidade correspondem à função normal e alto grau de satisfação (LEE *et al*, 2022).

Além disso, um dado significativamente relevante é a avaliação da frequência escolar: 83,3% das crianças não frequentarem a escola no período pré-operatório reflete o impacto social significativo que a Doença de Blount exerce, não apenas por sua limitação funcional, mas cosmética, de auto-estima e pressão dos iguais. A procura pelo colégio mesmo com o aparelho de fixador externo, após alguma correção da deformidade pode ser interpretada como uma boa adaptação ao aparelho, e o retorno maciço à escola em curto período pós-operatório demonstra o impacto que a melhora radiográfica aqui comprovada pode ser refletido na auto-estima e confiança das crianças.

A avaliação geral da cirurgia com notas próximas da máxima exprime o objetivo maior de qualquer estudo: o benefício direto do paciente.

Como limitação técnica, em comparação ao uso do fixador circular do tipo Ilizarov ou Hexapoidal, pode ser citada a correção multiplanar (BIRCH *et al*, 2004; SAW *et al*, 2019). O antecurvato característico da doença não foi observado como regra na presente. Tal afirmação é inferida a partir dos valores do PPTA antes e após o procedimento. A hipótese que pode explicar tal fato é novamente a de que as crianças do estudo já foram operadas previamente uma ou múltiplas vezes, alterando o padrão típico da doença de Blount. Quanto às crianças que necessitam de correção de antecurvato, a partir dessa amostra inicial foi desenvolvida pela mesma equipe a adaptação da osteotomia proximal oblíqua no sentido ântero-posterior, a fim de elevar mais o platô tibial posterior que o anterior, corrigindo tal angulação de forma a ainda ser passível de fixação monolateral.

Ainda no quesito técnica, a osteotomia incompleta, por conceito, permite algo de manipulação rotatória, porém, não permite a correção completa da rotação interna que, quando

exuberante exige uma nova osteotomia posterior. Contudo, argumenta-se a favor da técnica as vantagens do fixador monoplanar e o relativamente curto tempo de aparelho.

Quanto à limitação metodológica, sinaliza-se o pequeno número de casos ainda disponíveis, reforçando as questões supracitadas de envolver um quadro clínico relativamente raro e uma técnica inovadora. E ainda, como viés, o ponto de a própria equipe que descreveu a técnica ser a mesma que a avalia. Como forma de diminuir o viés, a avaliação subjetiva com o questionário foi realizada por médicos que não os da equipe cirúrgica que acompanha e avalia a criança semanalmente, deixando claro que suas respostas seriam anônimas.

A força do estudo consiste exatamente em ser um estudo inovador, que ao mesmo tempo em que traz uma abordagem cirúrgica algo revolucionária na área, avalia seus resultados da forma o mais controlada possível, sendo realizada sempre pela mesma equipe cirúrgica com acompanhamento próximo e longitudinal do paciente. Isso permite ampliar futuramente o mesmo perfil de estudo, não só incluindo as próximas crianças a serem tratadas assim como avaliar os resultados a longo prazo e após a maturidade esquelética.

7. CONCLUSÃO

Este estudo, através da demonstração de melhora de todos parâmetros radiográficos avaliados no pré e pós-operatório e da considerável aceitação do tratamento pelo paciente, com pequena quantidade de complicações pós-cirúrgicas, demonstra-se favorável à técnica inovadora de dupla osteotomia de abertura gradual para correção de doença de Blount grave com fixador externo monolateral.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAZIZ, A. U. et al. A finite element study: Finding the best configuration between unilateral, hybrid, and ilizarov in terms of biomechanical point of view. *Injury*, v. 51, n. 11, p. 2474–2478, nov. 2020.

BIRCH, John G.; SAMCHUKOV, Mikhail L. Use of the Ilizarov Method to Correct Lower Limb Deformities in Children and Adolescents: **Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 144–154, 2004. DOI: 10.5435/00124635-200405000-00002.

BRASIL, Ministério da Saúde. Caderneta de Saúde do Adolescente 2014b, 51p.

CAJA, V. et al. Comparison of the mechanical performance of three types of external fixators: linear, circular and hybrid. *Clinical Biomechanics*, v. 10, n. 8, p. 401–406, dez. 1995.

CERQUEIRA, F. DOS S. et al. Controlled Double Gradual Opening Osteotomy for the Treatment of Severe Varus of the Knee—Blount’s Disease. *Arthroscopy Techniques*, v. 10, n. 9, p. e2199–e2206, set. 2021.

DAVIDS, J. R.; HUSKAMP, M.; BAGLEY, A. A Dynamic Biomechanical Analysis of the Etiology of Adolescent Tibia Vara. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, v. 16, n. 4, p. 461–468, 1 jul. 1996.

FERNANDO, P. L. N. et al. An engineering review of external fixators. *Medical Engineering & Physics*, v. 98, p. 91–103, 1 dez. 2021.

FRANCK FITOUSSI et al. Fixator-assisted medial tibial plateau elevation to treat severe Blount’s disease: Outcomes at maturity. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, v. 97, n. 2, p. 172–178, 1 abr. 2011.

HANY HEFNY; SHALABY, H. A safer technique for the double elevation osteotomy in severe infantile tibia vara. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, v. 5, n. 2, p. 79–85, 20 maio 2010.

HAMPL S, HASSINK S, SKINNER A, et al. Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Treatment of Children and Adolescents With Obesity. *Pediatrics*. 2023;151(2): e2022060640

HEGAZY, M. et al. Osteotomy Methods for Treatment of Blount's Disease A Systematic Review. *Benha Medical Journal*, v. 0, n. 0, 30 mar. 2020.

HERNIGOU, P. History of external fixation for treatment of fractures. *International Orthopaedics*, v. 41, n. 4, p. 845–853, 1 abr. 2017.

IBGE. **Panorama do Censo 2022**. Panorama do Censo 2022. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>. Acesso em: 1 abr. 2024.

JANOYER, M. Blount disease. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR*, v. 105, n. 1S, p. S111–S121, 1 fev. 2019.

JOHN ANTHONY HERRING et al. Tachdjian's pediatric orthopaedics: from the Texas Scottish Rite Hospital for Children. Vol. 1. Philadelphia: Elsevier/Saunders, Cop, 2014.

KGOEDI, M.; RISCHBIETER, P.; GOLLER, R. Body mass index and Blount's disease: a single academic hospital experience. *SA Orthopaedic Journal*, v. 18, n. 1, 2019.

KUCZMARSKI, Robert James, . et al. 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12043359/>>.

LANGENSKIOLD, A. Tibia Vara. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 158, p. 77, 1 jul. 1981.

LEE, S.-S. et al. Avoiding Overcorrection to Increase Patient Satisfaction After Open Wedge High Tibial Osteotomy. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 50, n. 9, p. 2453–2461, 20 jun. 2022.

LEVINE, A. M.; DRENNAN, J. C. Physiological bowing and tibia vara. The metaphyseal-diaphyseal angle in the measurement of bowleg deformities. *Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, v. 64, n. 8, p. 1158–1163, 1 out. 1982.

LODER,, R.T.; JOHNSTON, C.E. Infantile Tibia Vara. *J. Pediatr. Orthop.* **1987**, 7, 639–646.

MARÉ, P. H.; THOMPSON, D. M.; MARAIS, L. C. Predictive Factors for Recurrence in Infantile Blount Disease Treated With Tibial Osteotomy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, v. 41, n. 1, p. e36–e43, 16 out. 2020.

MARQUES LUÍS, N.; VARATOJO, R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Reviews*, v. 6, n. 6, p. 487–494, 28 jun. 2021.

MCCARTHY, J. J., Double Osteotomy for the Treatment of Severe Blount Disease. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, v. 29, n. 2, p. 115–119, mar. 2009.

MOTTA, Diego Perez da; FARIA, José Leonardo Rocha de; CRUZ, Carolina Muruci; *et al.* Lateral Gradual Opening Osteotomy of the Tibia With Monolateral External Fixator for Correcting the Valgus Deformity of the Tibia. **Arthroscopy Techniques**, v. 11, n. 12, p. e2271–e2277, 2022.

PALEY, Dror; HERZENBERG, John E.; TETSWORTH, Kevin; MCKIE, John; BHAVE, Anil. Deformity Planning for Frontal and Sagittal Plane Corrective Osteotomies. **Orthopedic Clinics**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 425–465, 1994. DOI: 10.1016/S0030-5898(20)31927-1.

PALEY, D. Principles of Deformity Correction. [s.l.] Springer, 2014.

ROBBINS, C. A. Deformity Reconstruction Surgery for Blount’s Disease. *Children*, v. 8, n. 7, p. 566, 30 jun. 2021.

ROY, Adrien; PESENTI, Sébastien; CHALOPIN, Antoine; PELTIER, Emilie; JOUVE, Jean-Luc; LAUNAY, Franck. Can the TrueLok Hexapod System™ be used to accurately correct lower limb deformity in children? **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, [S. l.], v. 106, n. 7, p. 1361–1366, 2020. DOI: 10.1016/j.otsr.2020.06.013

ROZBRUCH, S. Robert; BIRCH, John G.; DAHL, Mark T.; HERZENBERG, John E. Motorized intramedullary nail for management of limb-length discrepancy and deformity. **The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons**, [S. l.], v. 22, n. 7, p. 403–409, 2014. b. DOI: 10.5435/JAAOS-22-07-403.

ROZBRUCH S. Robert ; HAMDY, Reggie. **Limb Lengthening and Reconstruction Surgery Case Atlas**. [s.l.]: Springer, 2015, p 457-461.

SABHARWAL, S.; LEE, J.; ZHAO, C. Multiplanar Deformity Analysis of Untreated Blount Disease. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, v. 27, n. 3, p. 260–265, abr. 2007.

SABHARWAL, S. Blount Disease. *Orthopedic Clinics of North America*, v. 46, n. 1, p. 37–47, jan. 2015.

SAW, A. et al. Gradual correction of proximal tibia deformity for Blount disease in adolescent and young adults. *Journal of orthopaedic surgery*, v. 27, n. 3, p. 230949901987398-230949901987398, 1 set. 2019.

SCHOENECKER, P. L. et al. Elevation of the medical plateau of the tibia in the treatment of Blount disease. *Journal of Bone and Joint Surgery, American Volume*, v. 74, n. 3, p. 351–358, 1 mar. 1992.

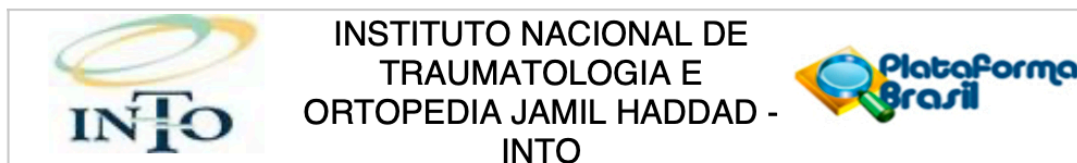
SEN, D. Principles and Overview of External Fixators. p. 1–23, 1 jan. 2022.

SPIEGELBERG, B; PARRATT, T; DHEERENDRA, SK; *et al.* Ilizarov principles of deformity correction. **Annals of The Royal College of Surgeons of England**, v. 92, n. 2, p. 101–105, 2010. Disponível <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3025247/>>.

XIE, Lijun; HUANG, Ye; ZHANG, Libi; *et al.* Ilizarov method and its combined methods in the treatment of long bone defects of the lower extremity: systematic review and meta-analysis. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 24, n. 1, 2023.

WEINSTEIN, S. L.; FLYNN, J. M.; HAEMISH CRAWFORD. Lovell and Winter's pediatric orthopaedics. Editorial: Philadelphia: Wolters Kluwer, 2021.

ANEXO A. Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DUPLA OSTEOTOMIA DE ABERTURA GRADUAL E CONTROLADA PARA TRATAMENTO DE GENOVARO GRAVE INFANTIL, UMA SÉRIE DE CASOS

Pesquisador: José Leonardo Rocha de Faria

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 46952421.6.0000.5273

Instituição Proponente: Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia / INTO / SAS/ MS - RJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.939.996

Apresentação do Projeto:

Resposta ao parecer(Número do Parecer: : 4.826.018) de 05/07/2021 do projeto intitulado DUPLA OSTEOTOMIA DE ABERTURA GRADUAL E CONTROLADA PARA TRATAMENTO DE GENOVARO GRAVE INFANTIL, UMA SÉRIE DE CASOS.

RESUMO:

"A deformidade em varo do joelho pode levar à degeneração precoce da articulação tibiofemoral medial. Pacientes pediátricos podem ser patologicamente afetados com essa deformidade, pela conhecida doença de blount. A causa dessa patologia ainda é incerta, mas alguns fatores de risco estão bem estabelecidos, como obesidade e histórico familiar. O diagnóstico é feito através da história clínica, exame físico e análise radiográfica após os 2,5 anos de idade. A análise do ângulo metafisário-diafisário, descrita por Levine e Drennan, também é comumente utilizada para o prognóstico. Quando esse ângulo é maior que 16 °, é considerado grosseiramente anormal. As opções possíveis para corrigir a deformidade angular gerada são: Epifisiodese; Osteotomia (Correção Aguda ou Gradual) e Correção Gradual por distração da fise. Realizaremos nesse estudo uma avaliação clínica e funcional de pacientes acometido com a doença de blount negligenciada que será tratada com a técnica cirúrgica de dupla osteotomia de abertura gradual e controlada." informação retiradas do

Endereço: Avenida Brasil, nº 500

Bairro: São Cristóvão

CEP: 20.940-070

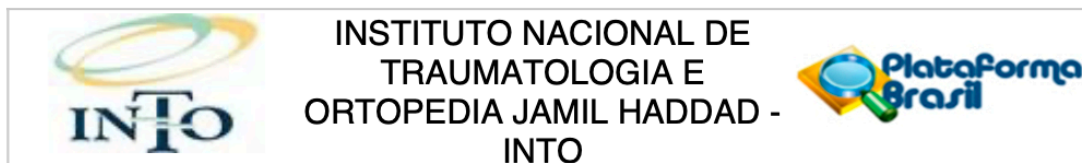
UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2134-5000

Fax: (21)2134-5228

E-mail: cep.into@into.saude.gov.br



Continuação do Parecer: 4.939.996

PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1735789.pdf de
26/08/2021)

Objetivo da Pesquisa:

"GERAL:

- Descrever o resultado clínico funcional de pacientes submetidos à esta técnica cirúrgica de dupla osteotomia de abertura gradual e gradual.

ESPECÍFICOS:

- Descrever o passo a passo desta técnica cirúrgica.
- Descrever possíveis complicações que possam ocorrer no decorrer no tratamento
- Descrever a satisfação dos pacientes submetidos a tal tratamento com 1 ano de pós operatório."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

#Riscos:

"Os riscos são inerentes à cirurgia que foi realizada entre eles a presença de dor, rigidez articular, atrofia quadricipital, síndrome simpático reflexa, instabilidade residual, pseudoartrose do enxerto, infecção de sítio cirúrgico, e pode ainda ocorrer o risco da exposição da história do atendimento do paciente."

#Benefícios:

"Fornecer à comunidade científica uma nova abordagem técnica para a pacientes com doença de Blount não tratada."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo cuja realização pode fornecer uma grande contribuição para a proposta de tratamento de doenças ortopédicas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Trata-se do cumprimento de pendência do parecer deste CEP Número: 4.826.018 de 05/07/2021, que encontravam-se pendentes ou parcialmente atendidas em parecer anterior.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Trata-se do cumprimento de exigências do parecer deste CEP Número: 4.826.018 de 05/07/2021,

Endereço: Avenida Brasil, nº 500	CEP: 20.940-070
Bairro: São Cristóvão	
UF: RJ	Município: RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2134-5000	Fax: (21)2134-5228
E-mail: cep.into@into.saude.gov.br	

que encontravam-se pendentes ou parcialmente atendidas em parecer anterior.

1- PODEMOS OBSERVAR AINDA QUE ALGUMAS QUESTÕES RELACIONADAS A DIGITAÇÃO APARECEM NOS TEXTOS DO TCLE E ASSENTIMENTO. SOLICITAMOS A REALIZAÇÃO DE UMA LEITURA CUIDADOSA DOS MESMO, PARA DEIXARMOS CLARO AOS PARTICIPANTES DA PESQUISA NOSSO ZELO COM ESSE DOCUMENTO.

SITUAÇÃO: ATENDIDO PELO PESQUISADOR

2- INSERIR A RESOLUÇÃO RESOLUÇÃO Nº 580, DE 22 DE MARÇO DE 2018 NO CABEÇALHO DO TCLE E ASSENTIMENTO.

SITUAÇÃO: ATENDIDO PELO PESQUISADOR

3- SUBSTITUIR A UTILIZAÇÃO DA PALAVRA "FILHO" NO TCLE PELA EXPRESSÃO "CRIANÇA OU ADOLESCENTE SOB SUA RESPONSABILIDADE LEGAL".

SITUAÇÃO: ATENDIDO PELO PESQUISADOR

4- SUBSTITUIR NO TCLE A FRASE: "Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar." (PG 02). SUGESTÃO: DECLARO QUE ENTENDI OS OBJETIVOS E CONDIÇÕES DA PARTICIPAÇÃO DA CRIANÇA OU ADOLESCENTE SOB MINHA RESPONSABILIDADE LEGAL NA PESQUISA E CONCORDO COM SUA PARTICIPAÇÃO.

SITUAÇÃO: ATENDIDO PELO PESQUISADOR

5- ATENDER OS ITENS QUE NÃO APARECEM COMO "NÃO ATENDIDOS" E " PARCIALEMNTE ATENDIDOS", EM ESPECIAL O ITEM 02 DAS CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TERMOS OBRIGATÓRIOS

SITUAÇÃO: ATENDIDO PELO PESQUISADOR

TAMBÉM FORAM INCORPORADAS AS RECOMENDAÇÕES.

Considerações Finais a critério do CEP:

Senhor pesquisador, de acordo com o constante da Resolução CNS nº 466 de 2012, faz-se necessário apresentar ao CEP/INTO, através da Plataforma Brasil, a cada 06 (seis) meses o relatório de acompanhamento de sua pesquisa. Além disso, após a conclusão da pesquisa, deverá ser submetido na Plataforma Brasil, através da Notificação, o Relatório Final e a pesquisa concluída

Endereço: Avenida Brasil, nº 500		CEP: 20.940-070
Bairro: São Cristóvão		
UF: RJ	Município: RIO DE JANEIRO	
Telefone: (21)2134-5000	Fax: (21)2134-5228	E-mail: cep.int@into.saude.gov.br



INSTITUTO NACIONAL DE
TRAUMATOLOGIA E
ORTOPEDIA JAMIL HADDAD -
INTO



Continuação do Parecer: 4.939.996

para apreciação do CEP/INTO.

Informamos que qualquer alteração realizada no protocolo de pesquisa aprovado deverá ser submetida à apreciação do CEP/INTO através do envio de uma emenda utilizando a Plataforma Brasil.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1735789.pdf	04/08/2021 00:34:14		Aceito
Outros	Resposta_as_correcoes_solicitadas_na_plataformabrasil_030821.docx	04/08/2021 00:33:53	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermodeAssentimento_duplaosteotomia____.doc	04/08/2021 00:33:40	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Dupla_osteotomia____.doc	04/08/2021 00:33:28	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Manuscrito_Osteotomia_dupla_restrospectivo____.doc	04/08/2021 00:33:14	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostoplatформаBrasil.pdf	18/05/2021 13:32:04	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
Outros	formulario.pdf	18/05/2021 13:31:51	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito
Outros	Termo_de_Responsabilidade_do_Pesquisador_Dupla_osteotomia.docx	14/04/2021 00:44:28	José Leonardo Rocha de Faria	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Avenida Brasil, nº 500

Bairro: São Cristóvão

CEP: 20.940-070

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2134-5000

Fax: (21)2134-5228

E-mail: cep.int@into.saude.gov.br



INSTITUTO NACIONAL DE
TRAUMATOLOGIA E
ORTOPEDIA JAMIL HADDAD -
INTO



Continuação do Parecer: 4.939.996

RIO DE JANEIRO, 30 de Agosto de 2021

Assinado por:
Eduardo Branco de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Brasil, nº 500

Bairro: São Cristóvão

CEP: 20.940-070

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)2134-5000

Fax: (21)2134-5228

E-mail: cep.int@into.saude.gov.br

Página 05 de 05

Technical Note

Controlled Double Gradual Opening Osteotomy for the Treatment of Severe Varus of the Knee—Blount's Disease



Flavio dos Santos Cerqueira, M.D., Guilherme Augusto T. Araújo Motta, M.D.,
José Leonardo Rocha de Faria, M.D., M.Sc., Isabella Sandrini Pizzolatti, M.D.,
Diego Perez da Motta, M.D., Marcelo Mandarin, M.D., M.Sc.,
Leandro Albuquerque Lemgruber Kropf, M.D., M.Sc., and
Fernando dos Santos Cerqueira, M.D., M.Sc.

Abstract: Varus deformity of the knee can lead to early degeneration of the medial tibiofemoral joint. Pediatric patients can be pathologically affected with this deformity known as Blount disease. The cause of this pathology is still uncertain, but some risk factors are well established, such as obesity and family history. The diagnosis is made through clinical history, physical examination, and the radiographic analysis after the age of 2.5 years. The analysis of the metaphyseal-diaphyseal angle, described by Levine and Drennan, is also commonly used for prognosis. When this angle is greater than 16°, it is considered to be grossly abnormal. Possible options for correcting the generated angular deformity are epiphysiodesis, osteotomy (acute or gradual correction), and gradual correction by distraction of the physis. In this surgical technique, we performed a double tibial osteotomy with controlled gradual opening using monolateral external fixator (Orthofix, Verona, Italy). Our technique proved to be an effective way to correct the adolescent tibia vara and is practical and reproducible. Moreover, the use of gradual opening osteotomy allowed a more accurate outcome.

Introduction

Varus deformity of the knee can lead to early degeneration of the medial tibiofemoral joint.¹ This type of angular knee deformity is the most commonly observed in the population, being 10 times more prevalent than the valgus deformity of this joint.²⁻⁴

Pediatric patients can be pathologically affected with the deformity caused by Blount disease.⁵ This type of

injury corresponds to a growth disorder of the physal and epiphyseal surfaces of the proximal medial tibia that leads to a progressive varus deformity, internal rotation, and procurvatum of the affected lower limb.⁶

There are two clinical forms of Blount disease.⁷ The early-onset type, which affects children around 4 years of age—known as Infantile Blount Disease—and the Juvenile and Adolescent's Blount disease, which affects patients older than 10 years of age but with the physis still open.⁸

The cause of this pathology is still uncertain, but some risk factors are well established.⁹⁻¹¹ Obesity exerts a significant mechanical role as it can lead to the development of Blount disease. It is hypothesized that increased load through the joint may cause the structural deformity.¹² Metabolic factors such as vitamin D deficiency are also associated with this pathological entity.¹³

The diagnosis depends on both the clinical examination and radiographic imaging after the age of 2.5 years.^{14,15} Commonly, affected patients start walking before 1 year of age and usually display a familial pattern. Asymmetric deformities are the most common, and buckling can be observed during gait in the affected limb.¹⁶

From the Dysmetria and Deformities Center of National Institute of Traumatology and Orthopedics of Brazil (F.S.C., G.A.T.A.M., D.P.d.M., L.A.L.K., F.d.S.C.); Knee Surgery Center of the National Institute of Traumatology and Orthopedics, Rio de Janeiro, Brazil (J.L.R.d.F., M.M.); and Orthopedics and Traumatology of the National Institute of Traumatology and Orthopedics, Rio de Janeiro, Brazil (I.S.P.).

Full ICMJE author disclosure forms are available for this article online, as supplementary material.

Received March 23, 2021; accepted May 26, 2021.

Address correspondence to José Leonardo Rocha de Faria, M.D., M.Sc., Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, Brazil. CEP: 20940-070. E-mail: drjoseleonardorocha@gmail.com

© 2021 THE AUTHORS. Published by Elsevier Inc. on behalf of the Arthroscopy Association of North America. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
2212-6287/21468

<https://doi.org/10.1016/j.eats.2021.05.023>

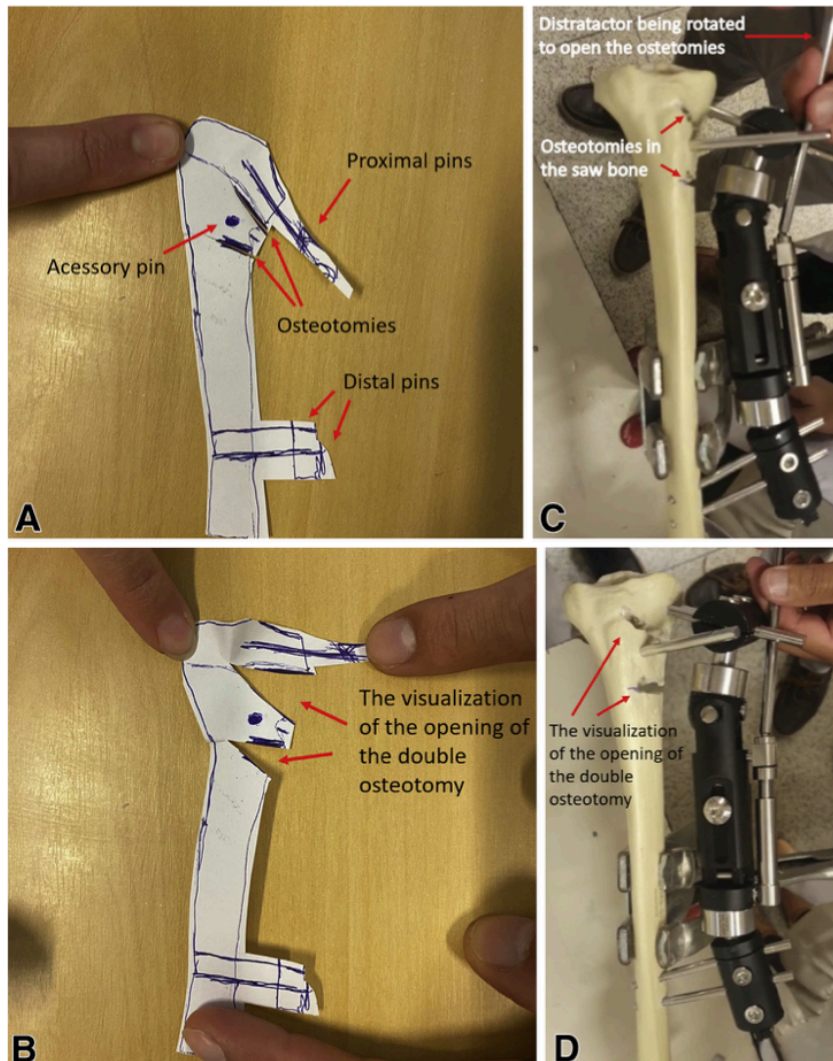


Fig 1. Preoperative planning. (A) Template for deformity in varus due to neglected Blount disease with proximal, distal, and accessory pins positioned and double osteotomy already performed. (B) Opening of a double osteotomy observing correction of the deformity. (C and D) Training of the surgical technique in the saw bone, observing the simultaneous opening of the double osteotomy with the opening of the distractor (Orthofix, Verona, Italy). Right Tibia in template and in saw bone model.

The Langeskiold classification is commonly used to stage the disease.^{14,17} We use the Langeskiold classification simplified by Laville, which divides the deformities into 3 stages: Stage 0, patient younger than 2.5 years, in which the diagnosis is still uncertain and an observation period is necessary; Stage 1, confirmed Blount disease, but with absence of medial metaphyseal bony bridge; and Stage 2, presence of medial bar formation across the deformed physis.¹⁸

The analysis of the metaphyseal-diaphyseal angle (MD), described by Levine and Drennan, is commonly used to differentiate Blount disease from physiological bowing. An angle that is greater than 16° tends to progress to varus deformity, demanding surgical intervention.^{14,19}

Nonoperative treatment of Blount disease can be considered in patients younger than 3 years of age with unilateral and mild disease, through the use of orthoses.²⁰ However, the effectiveness of brace treatment is controversial, with limited indication and difficult patient compliance. Therefore, surgical intervention is considered crucial to achieve permanent and lasting correction even in early stages. Possible options for correcting the generated angular deformity are epiphyseodesis, osteotomy (acute or gradual correction), and gradual correction by distraction of the physis.^{8,21}

We will describe the steps of a surgical technique used to correct severe and relapsed Blount disease, posteromedial growth arrest, MDA $> 16^\circ$ and Laville Stage 2. In this surgical technique, we performed a double tibial

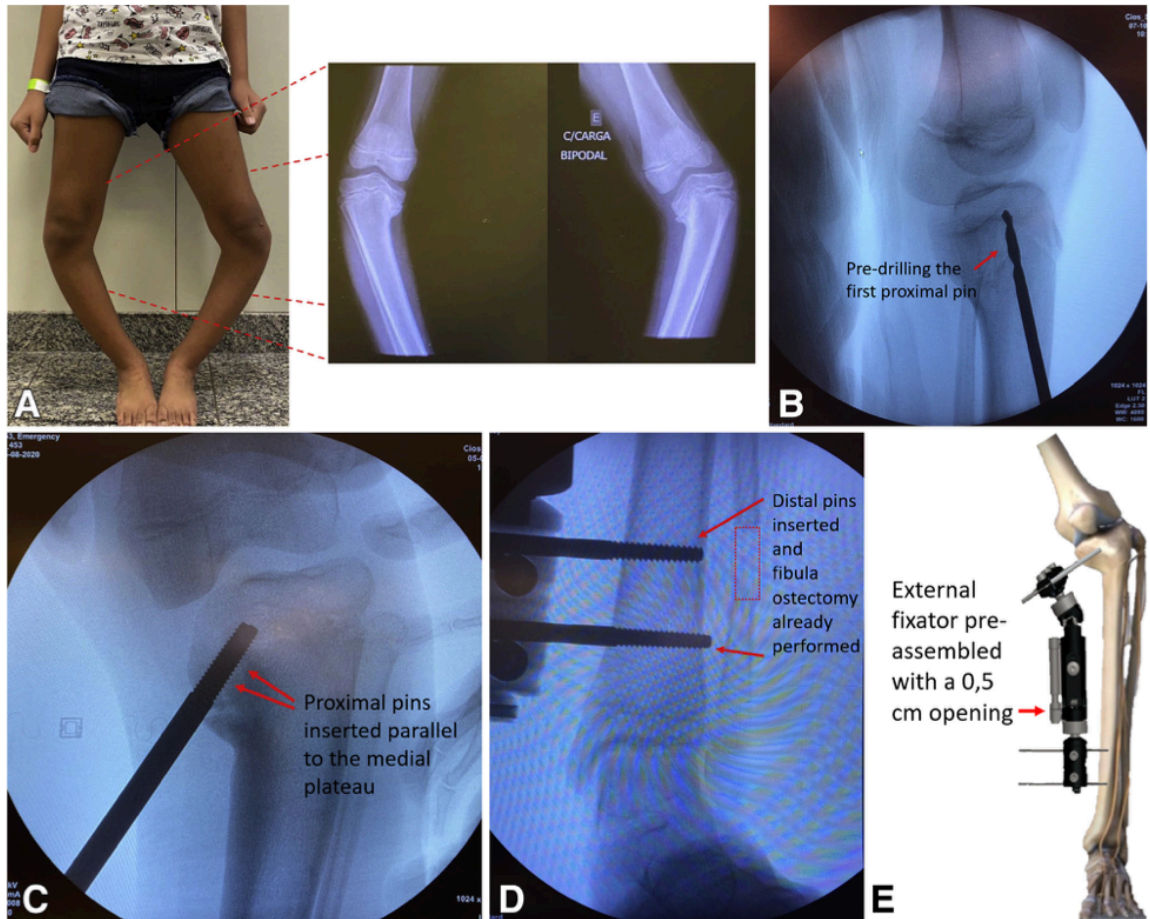


Fig 2. Intraoperatively steps. (A) Patient with severe Blount disease stage 2 of Laville, with an MDA 45° to the left knee and 35° to the right knee. (B) Visualization by fluoroscopic image in lateral view of the right knee observing the predrilling of the first proximal pin. (C) Proximal pins inserted parallel to the medial plateau (right knee). (D) Distal pins inserted and fibula osteotomy already performed. (E) External fixator preassembled with a 0.5-cm opening. (F) Two-centimeter fibula osteotomy is performed. (G) First osteotomy, parallel to proximal pins, is performed initially with a drill. The partial osteotomy is terminated with the use of an osteotome, from medial to proximal and lateral. (H) First osteotomy is opened, and the fibular bone graft is positioned into the first tibial osteotomy. The “L” key is used to turn and opening the distractor. (I) The accessory pin is positioned. A smooth correction in the internal rotation is performed. (J) The second osteotomy is performed. (K) The second osteotomy is opened intraoperatively, on the left knee. (L) At the end of the surgery, the distractor is compressed to its maximum. (M) View of the left patient’s leg in the immediate postoperative period.

osteotomy with controlled gradual opening using monolateral external fixator (Orthofix, Verona, Italy).

Surgical Technique

Careful preoperative planning is carried out, observing how the two osteotomies should be performed (Fig 1, A-D). Figure 2A shows a patient with severe Blount disease stage 2 of Laville, with an MDA 45° to the left knee and 35° to the right knee (Video 1).

Identification of the Center of Rotation of Angulation (CORA) is the first step of surgical planning. The CORA is the intersection of the proximal and distal axis of a

deformed bone and represents the point whereupon a deformity can be corrected with rotation only. Hence, the osteotomy should be carried out as close to the CORA as possible in order to allow correction with partial osteotomy without translation of the fragments.²²

Blount disease consists of a multiapical deformity, which means that two CORAs were identified, with one CORA standing at the epiphyseal plate and one at metaphyseal level. Furthermore, as the disease affects the articular surface, it demands a whole limb frontal plane analysis, as described by Paley, with mechanical axis deviation, tibial–femoral angle, medial proximal

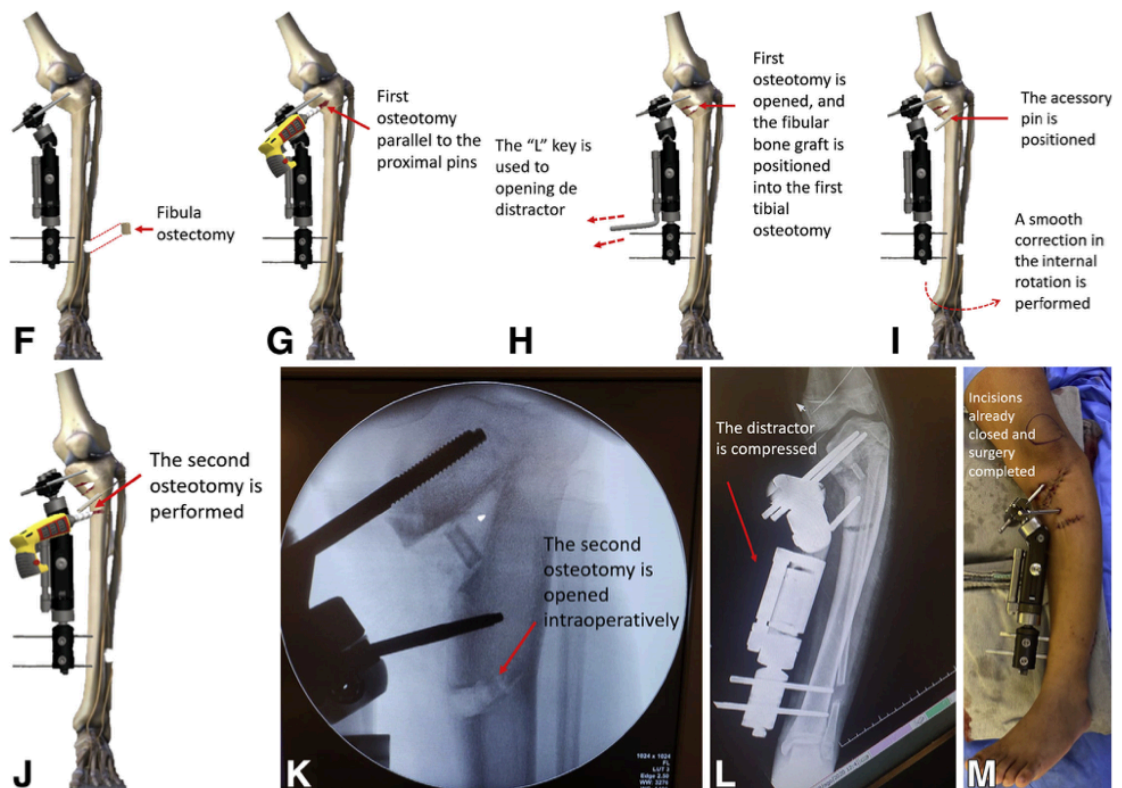


Fig 2. Continued.

tibial angle, and posterior proximal tibial angle measurements.

The major treatment goal is to restore the joint line, so, for the proximal deformity, we used the joint line convergence angle (JLCA) as a guide for the first osteotomy planning. JLCA consists of the angle formed between a line tangential to the distal femoral condyle and the tibial plateau and has a normal range between 0° and 2° . Varus of the knee results in a JLCA $> 2^\circ$.

The location of the CORA is identified preoperatively, during surgical planning. As we mentioned earlier, a multiapical deformity was presented, with one CORA standing at the epiphyseal plate and one at metaphyseal level.

The patient is positioned supine on a radiolucent table, which allows radioscopy to be performed throughout the surgical procedure. The fluoroscopy is positioned and tested. The affected leg is prepped and draped into the surgical field. The distal femur, knee, the entire tibia, and foot must be exposed.

First, a small stab incision is made at the proximal medial tibia, at the desired pin sites, with posterior blunt dissection through the subcutaneous tissues to the level of tibial cortex. Then, predrilling is performed,

1 cm distal to the deformed tibial plateau, and two terminally threaded pins (6.0 mm) (Orthofix, Verona, Italy) are placed in the proximal tibia. Pin placement is performed under C-arm fluoroscopy guidance. They should be parallel to the medial tibial plateau and, in the sagittal, coronal, and axial plane, parallel to each other. The thread must be placed up to the depth of the medial intercondylar tibial tubercle (Fig 2, B and C).

The external fixator (Orthofix, Verona, Italy) frame is preassembled with an 0.5-cm opening. Following the same pin insertion technique, two more pins (Orthofix, Verona, Italy) are drilled into the medial aspect of the distal third of the tibia. The distal pins must be inserted perpendicular to the distal bone axis and parallel to each other in the coronal, sagittal, and axial planes, with minimum distance between them (Fig 2, D and E).

Next, a 2-cm fibular osteotomy is performed via lateral approach, 15 cm proximal to the lateral malleolus (Fig 2, D and F). Through a 4-cm medial approach, the proximal tibia is accessed, at the pre-determined CORA. The osteotomy site lies within 1 cm distally to the proximal pins and must be parallel to them and inclined in a way that it points to the lateral growth plate.

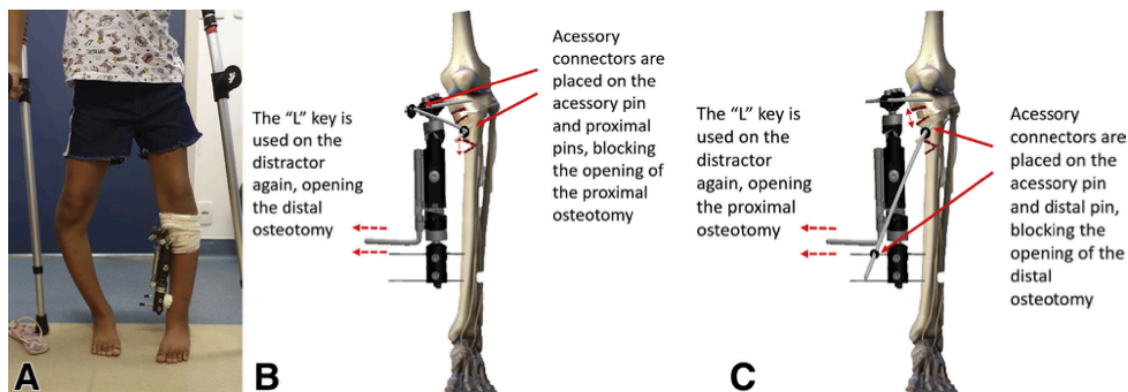


Fig. 3. Postoperative period. (A) Patient in the initial postoperative period performing partial load with the aid of crutches. (B) The period of gradual opening is started with 1/4 turn of the compression-distraction unit every 6 hours. Initially, the external fixator is opened without the connection between the accessory pin to the fixators pins. When we observe that the epiphyseal deformity was corrected, we installed the accessory bar and connected it with the accessory pin and with the fixator's proximal pins, locking the opening of the proximal osteotomy. (C) After the distal osteotomy has been opened, correcting the metaphyseal deformity, or if we observe the correction of the metaphyseal deformity first, we block the distal osteotomy, connecting the bar to the accessory pin and the distal pins of the fixator. (D) The two osteotomies consolidated and the lower limb aligned. (E) Observation of sequential and gradual correction of severe deformity of neglected Blount disease. (F) Preoperative and postoperative picture of a patient with both sides already operated not simultaneously. (G) Right leg after the controlled double gradual opening osteotomy, right knee before the treatment. Left knee before the treatment, left leg after the controlled double gradual opening osteotomy.

We start with a multiple-drill hole osteotomy, on account of better bone healing. Thus, the proximal osteotomy is performed by drilling various adjacent holes with a 2.0 drill, in the previously determined direction. The osteotomy stops at the level of the anterior tibial tubercle line (Fig 2G).

The partial osteotomy is accomplished by connecting the multiple drill holes with a small chisel, from medial to proximal and lateral, guided toward the lateral plateau. This first osteotomy stands in an almost vertical position and ought to be closely guided by C-arm fluoroscopy in order to preserve the opposite tibial cortex. The lateral cortex works as a hinge for angular correction.

Afterward, the osteotomy is amplified with the opening of the compression-distraction unit. When the deformity is severe, the external fixator may not have enough angulation to be placed on the pins. If this occurs, the first osteotomy can be opened with a spreader, thereby, reducing the deformity and allowing the external fixator to be placed (Fig 2H). In such a way, the medial and lateral tibial plateaus are aligned. Once that balance is confirmed through fluoroscopy, the fibular fragment previously removed is placed in the proximal osteotomy gap, under compression, in order to maintain a stable and congruent articular surface.

Then, an accessory pin (Orthofix, Verona, Italy) is placed distally to the osteotomy, in line with the rotation point of the external fixator. A smooth correction in the internal rotation is performed (Fig 2I).

Afterward, a second partial osteotomy is performed, at the proximal tibial diaphysis, inferior to the accessory pin (Fig 2J). Again, the lateral tibial cortex is preserved.

Subsequently, the compression-distraction unit is triggered intraoperatively, and the extent of movement at the opening wedge is accessed; the goal is to reach 1.5 cm (Fig 2K).

Finally, the external fixator is locked at maximal compression (Fig 2, L and M). The final hemostasis is performed, and the skin is sutured. The patient remains hospitalized for around 24 h.

Rehabilitation and Gradual Opening Osteotomy Control

Postoperatively, the patient is instructed to bear partial weight with crutches (Fig 3A). Joint mobility of the knee and ankle is emphasized. After 10 days, the distraction process starts with 1/4 turn of the compression-distraction unit every 6 hours. At this moment, we start to open the external fixator without any accessory bars connected. Weekly medical consultations are fundamental for radiographic control and mechanical axis evaluation. When correction of the epiphyseal deformity is achieved, we install the accessory bar and connect it to the accessory pin and the fixator's proximal pins, locking the opening of the proximal osteotomy. By connecting the bar to the accessory pin that lays distal to the osteotomy and the fixator pin, proximally, and locking each connector, the opening of the proximal

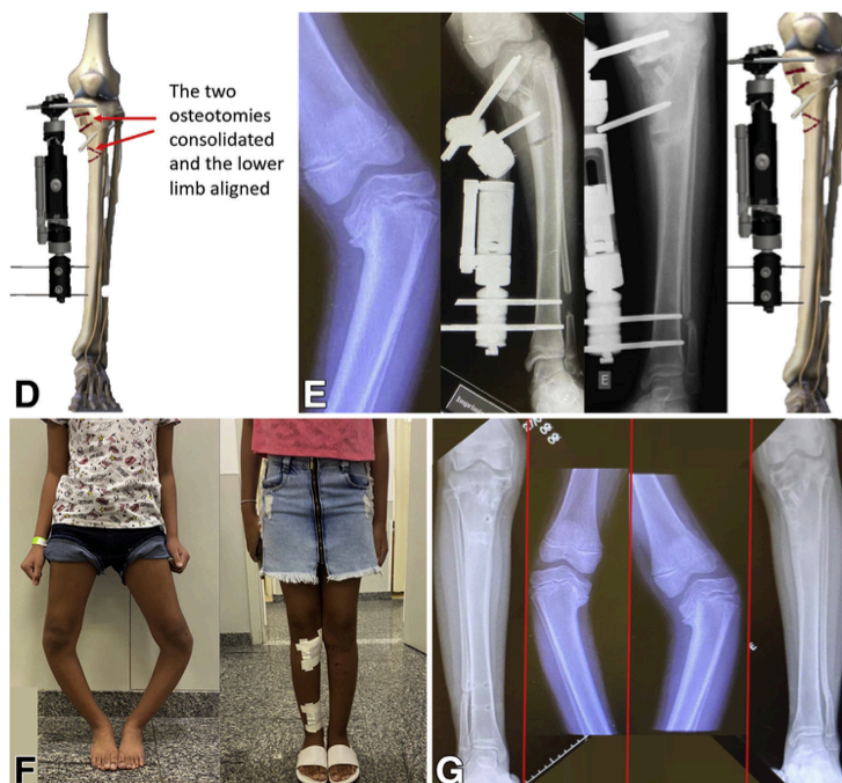


Fig. 3. Continued.

osteotomy is blocked. If we observe the correction of the metaphyseal deformity first, we block the distal osteotomy, as described above, connecting the bar to the accessory pin and the distal pins of the fixator (Fig 3, B and C), observing the gradual correction of the deformity (Fig 3, D and E). At the final stage, in cases of bilateral deformity, the same procedure can be performed on the contralateral limb in a nonsimultaneous manner, even when using the fixator on the contralateral side.

Once satisfactory limb alignment is achieved, the device can be locked. The patient is then followed up at progressively longer intervals for imaging evaluation of callus formation. (AP weight-bearing radiographic view and lateral view of the knee). An early sign of bone regeneration is an increase in bone density at the osteotomy surfaces. The osteotomy gap is successively consolidated from lateral to medial, and the device can be removed after significant bone contact and structured callus are observed (Fig 3, F and G).

Discussion

Recent studies demonstrate the importance of correcting the mechanical axis in patients with varus deformities.^{23,24} In the case of patients with Blount's

disease, this correction is essential to prevent serious osteochondral lesions and can, thus, significantly improve the quality of life of these patients.²⁵ In this study, we demonstrate a safe technique that combines gradual correction of tibial osteotomy and plateau elevation to treat this severe type of deformity.

The observation at our institution of the failure of conventional surgical treatment for the treatment of patients with Blount's disease was one of the main motivators to create this new surgical treatment. In a recent study that evaluated the postoperative results of Blount disease treated with a tension band plate, a failure rate of the procedure of 41% was observed: a failure rate too high. The authors of this study concluded that this type of plate is an independent risk factor for failure of treatment.²⁶

McCarthy et al.²⁷ also demonstrated a double osteotomy with safety, but with multiplanar fixator and epiphysiodeses of the proximal fibula and proximal lateral tibia. Also, a lateral compartment fasciotomy was done.²² We recommend the lateral monoframe assembly, which we consider easier to use and found no need to proceed with epiphysiodeses.

Burton et al.²⁸ described a technique in which a 6-hole, 4.5-mm plate is used for fixation of a closing

Table 1. Advantages, Disadvantages, Risks and Limitations Associated with the Dual Gradual Opening Osteotomy Technique for the Treatment of Severe Varus of the Knee

Advantages	Disadvantages	Risks	Limitations
Greater control of the amount of the angular correction	Fibula osteotomy is necessary. It should be performed in the middle third of the fibula, to avoid injury to the fibular nerve or instability of the ankle.	Fibula osteotomy must be performed in the middle third of the fibula, to avoid injury to the fibular nerve (if osteotomy was performed proximal) or instability of the ankle (if osteotomy was performed distal).	The patient must be a high level of understanding how to handle the L-shaped key in conjunction with a compression-distraction unit.
Fasciotomy is not necessary	The patient controls the opening wedge by turn off the compression-distraction unit every 6 hours	Incorrect wedge opening due to a possible error by the patient handling the compression-distraction unit	Can be performed only using articulated external monoplanar fixator (Orthofix, Verona, Italy)
Monolateral external fixator is more comfortable for the patient	Weekly monitoring of the patient with radiological control is necessary	Exposition to weekly radiation until the correction of the deformity	
Major deformities can be corrected, allowing the joint line to be raised.	After significant bone contact and structured callus are observed, the external fixator must be removed in the operating room. And the path of the pins must be curetted to avoid pin path infection.	Pin path infection	
Weight bearing on operated member is allowed			

wedge osteotomy. In his technique, a lateral compartment fasciotomy is also performed, in association with an anterior compartment fasciotomy. Once a plate is used for the osteotomy, there is no room for further corrections, considering that the fixation is final. In our case, the use of a monolateral fixator for gradual correction allowed late corrections during the post-operative follow up. Also, once a gradual correction technique is chosen, there is no need of fasciotomy in any compartment.

Edwards et al.²⁹ performed a double osteotomy using a hexapod external fixator to simultaneously correct the alignment, rotation, and length. They also did a proximal fibular osteotomy. In their study, two patients had evidence of nerve injury.²⁹ We recommend a distal fibular osteotomy, avoiding the possibility of nerve injury. We also consider that the use of the hexapod frame is harder for the patients to understand when compared with the monolateral frame. In the Edwards study, recurrence was noted in three patients.

The main risk of this surgical technique is the incorrect use of the L-shaped key to perform the gradual correction every 6 hours daily. The patient who will undergo this surgery should be trained to know how to perform the rotation of the distractor with the L-shaped key. The advantages, disadvantages, risks, and limitations of our technique can be seen in Table 1.

Our technique is an effective way to correct the adolescent tibia vara and is practical and reproducible. The use of gradual open osteotomy allows for more accurate outcomes.

References

1. Nha KW, Lee YS, Hwang DH, et al. Second-look arthroscopic findings after open-wedge high tibia osteotomy focusing on the posterior root tears of the medial meniscus. *Arthroscopy* 2013;29:226-231.
2. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 2007;56:1204-1211.
3. Sharma L, Song J, Dunlop D, et al. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2010;69:1940-1945.
4. Sharma L, Song J, Felson DT, Cahue S, Shamiyeh E, Dunlop DD. The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA* 2001;11:188-195.
5. Blount WP. Tibia vara: Osteochondris deformans tibiae. *J Bone Joint Surg* 1937;19:1-29.
6. Sabharwal SJ. Blount disease. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91:1758-1776.
7. Thompson GH, Carter JR. Late-onset tibia vara (Blount's disease). Current concepts. *Clin Orthop Relat Res* 1990;(255):24-35.
8. de Pablos J, Arbeloa-Gutierrez L, Arenas-Miquelez A. Update on treatment of adolescent Blount disease. *Curr Opin Pediatr* 2018;30:71-77.
9. De Pablos J, Alfaro J, Barrios C. Treatment of adolescent Blount disease by asymmetric physeal distraction. *J Pediatr Orthop* 1997;17:54-58.
10. Li Y, Spencer S, Hedequist D. Proximal tibial osteotomy and Taylor Spatial Frame application for correction of tibia vara in morbidly obese adolescents. *J Pediatr Orthop* 2013;33:276-281.

11. Sabharwal S, Zhao C, Sakamoto SM, McClemens E. Do children with Blount disease have lower body mass index after lower limb realignment? *J Pediatr Orthop* 2014;34:213-218.
12. Sabharwal S. Blount disease: An update. *Orthop Clin North Am* 2015;46:37-47.
13. Montgomery CO, Young KL, Austen M, et al. Increased risk of Blount disease in obese children and adolescents with vitamin D deficiency. *J Pediatr Orthop* 2010;30:879-882.
14. Catonné Y. La maladie de Blount. In: *Cahiers d'enseignement de la Société française d'orthopédie et traumatologie*. Paris: Expansion Scientifique Française, 1997;147-163.
15. Herring JA. Genu varum. In: *Tachdjian's pediatric orthopedics*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 2002;839-855.
16. Janoyer M. Blount disease. *Orthop Traumatol Surg Res* 2019;105:S111-S121.
17. Sabharwal S, Lee Jr J, Zhao CJ. Multiplanar deformity analysis of untreated Blount disease. *J Pediatr Orthop* 2007;27:260-265 [Erratum in *J Pediatr Orthop* 2007;27:483].
18. Laville JM, Chau E, Willemens L, Kohler R, Garin C. Blount's disease: Classification and treatment. *J Pediatr Orthop B* 1999;8:19-25.
19. Levine AM, Drennan JC. Physiological bowing and tibia vara. *J Bone Joint Surg Am* 1983;64:1158-1163.
20. Sabharwal S, Sabharwal S. Treatment of infantile Blount disease. *J Pediatr Orthopaed* 2017;37:S26-S31.
21. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. *J Pediatr Orthop* 2007;27:253-259.
22. Cerqueira FS, Cerqueira FS, Motta GATA. *Reconstrução e alongamento ósseo*: Ed 1, Chapter 3, INTO: Comunicações, 2017:13-18.
23. Rocha de Faria JL, Pavao DM, Moreirão MC, et al. Posterior root repair of medial meniscus combined with valgus opening wedge tibial osteotomy. *Arthrosc Tech* 2021;10:e1373-e1382.
24. Ke X, Qiu J, Chen S, et al. Concurrent arthroscopic meniscal repair during open-wedge high tibial osteotomy is not clinically beneficial for medial meniscus posterior root tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29:955-965.
25. Dakshina Murthy TS, De Leucio A. Blount Disease. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island, FL: StatPearls Publishing, 2021.
26. Jain MJ, Inneh IA, Zhu H, Phillips WA. Tension band plate (TBP)-guided hemiepiphysiodesis in Blount disease: 10-Year single-center experience with a systematic review of literature. *J Pediatr Orthop* 2020;40:e138-e143.
27. McCarthy JJ, MacIntyre NR, Hooks B, Davidson RS. Double osteotomy for the treatment of severe Blount disease. *J Pediatr Orthopaed* 2009;29:115-119.
28. Burton A, Hennrikus W. Complete closing wedge osteotomy for the correction of tibia vara—A technique. *Pediatrics* 2016;137:572A (Suppl 3). https://doi.org/10.1542/peds.137.supplement_3.572a.
29. Edwards TA, Hughes R, Monsell F. The challenges of a comprehensive surgical approach to Blount's disease. *J Child Orthop* 2017;11:479-487.