



## Artigo original

# Avaliação clínica de pacientes submetidos à distração osteogênica no membro inferior em hospital universitário<sup>☆</sup>



Francisco Macruz Baltazar Sampaio, Leilane Passoni Marçal, Diogo Gontijo dos Reis, Adolfo Watanabe Kasuo, Carlos Eduardo Cabral Fraga e Frederico Barra de Moraes\*

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Medicina, Goiânia, GO, Brasil

### INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

#### Histórico do artigo:

Recebido em 17 de outubro de 2015

Aceito em 26 de novembro de 2015

On-line em 30 de maio de 2016

#### Palavras-chave:

Pseudoartrose

Osteogênese por distração

Técnica de Ilizarov

### R E S U M O

**Objetivo:** Avaliar as características clínicas dos pacientes submetidos à distração osteogênica por falha óssea em hospital universitário.

**Métodos:** Estudo transversal, retrospectivo, com amostra de conveniência, de 2000 a 2012, das características clínicas de pacientes tratados e submetidos à distração osteogênica (transporte ósseo) com uso de fixador externo circular tipo Ilizarov. Foram usados os testes de qui-quadrado, exato de Fisher e U de Mann-Whitney, com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** Foram 33 casos, 28 homens (84,8%). A idade mais frequente foi entre 21 e 40 anos. A maioria dos pacientes (57,6%) era da região metropolitana. O segmento mais afetado foi a perna (75,8%) e o lado foi o esquerdo (66,7%). A causa mais frequente foi a pseudoartrose infectada (75,8%). O tipo de transporte ósseo feito foi principalmente o bifocal (75,8% dos casos). A média de procedimentos prévios em outra instituição foi de 2,62 cirurgias (desvio padrão de 1,93) e a dos feitos após o início do tratamento foi de 1,89 cirurgia (desvio padrão de 1,29). O tempo de uso de fixador externo foi de 1,94 ano (desvio padrão de 1,34), com mínimo de um ano e máximo de seis. As quatro complicações mais encontradas foram infecção de base de pinos (57,6% dos casos), equino (30,3%), infecção profunda (24,2%) e encurtamento (21,2%).

**Conclusão:** A necessidade de distração osteogênica por falhas ósseas foi mais frequente em adultos jovens, homens, na perna, com transporte bifocal, após múltiplas cirurgias prévias, com média de aproximadamente dois anos de tratamento e com várias complicações (as infecções foram as principais).

© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

<sup>☆</sup> Trabalho desenvolvido no Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [frederico.barra@yahoo.com.br](mailto:frederico.barra@yahoo.com.br) (F.B. Moraes).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2015.11.005>

0102-3616/© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Clinical evaluation of patients submitted to osteogenic distraction in the lower limb at a university hospital

### A B S T R A C T

#### Keywords:

Pseudoarthrosis  
Osteogenesis, distraction  
Ilizarov technique

**Objective:** To evaluate the clinical characteristics from patients submitted to osteogenic distraction to correct bone gap at a university hospital.

**Methods:** Retrospective transversal study, with a convenience sample, from 2000 to 2012, evaluating clinical aspects of patients treated, submitted to osteogenic distraction (bone transport) with Ilizarov's external fixation device. The chi-squared, Fisher's, and Mann Whitney's U tests were used with a 5% level of significance ( $p < 0.05$ ).

**Results:** 33 patients were studied, of whom 28 men (84.8%). The more frequent age was from 21 to 40 years. Most patients were from the metropolitan region of the capital (57.6%). The leg was the most affected limb (75.8%), and the left side was the most affected (66.7%). The most common cause was infected pseudoarthrosis (75.8%). The most common bone transportation type was bifocal (75.8%). Mean previous surgery at others institutions were 2.62 (1.93 standard deviation), and mean surgeries after treatment were 1.89 (1.29 standard deviation). Ilizarov's external fixation device was used for 1.94 years (1.34 mean deviation), from one to six years. The most common complications were pin infection (57.6%), equinus (30.3%), deep infection (24.2%), and shortening (21.2%).

**Conclusion:** Osteogenic distraction for bone gaps were more frequent in young adults, men, in the leg, with bifocal transportation, after several previous surgeries, treated for a mean of two years, with many complications (infections were the most common).

© 2016 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introdução

Traumatismos do esqueleto apendicular por alta energia apresentam elevada prevalência de lesões ósseas graves, que podem complicar para retardo de consolidação, pseudoartrose, infecção, consolidação viciosa ou falha óssea. O desafio constituído pelo tratamento das perdas ósseas tem instigado pesquisadores na busca de soluções adequadas para os diferentes tipos de lesão.<sup>1</sup>

Entre as principais técnicas usadas para reconstrução de perda óssea diafisária encontram-se o uso de enxerto ósseo tradicional, a tibialização da fíbula, a transposição de osso vascularizado e o transporte ósseo (distração osteogênica).<sup>2</sup> Essa última é dividida em: 1) encurtamento isolado; 2) encurtamento seguido de alongamento imediato por distração no foco de pseudoartrose após curto período de compressão; 3) encurtamento seguido de alongamento longe do foco de pseudoartrose por meio de corticotomia; 4) transporte ósseo segmentar vertical e progressivo após corticotomia.

Os primeiros relatos descritos de alongamento de membros foram feitos por Codvilla,<sup>3</sup> em 1905, e o uso de fixador externo para produzir alongamento ósseo teve início em 1913, com Ombredanne.<sup>4</sup> Entretanto, essa técnica não ganhou ampla aceitação até Ilizarov identificar os fatores mecânicos e fisiológicos que regem a regeneração óssea durante a distração osteogênica. Ilizarov e Ledyav,<sup>5</sup> em 1969, conseguiam preencher a falha óssea e alongar o membro após o desbridamento do osso infectado e, ao mesmo tempo, corrigir as deformidades. Seu método era revolucionário para os padrões de tratamentos ortopédicos da época.<sup>1,6,7</sup>

Ilizarov preconiza essa técnica para corrigir os defeitos ósseos secundários a anomalias congênitas, ressecções tumorais, perda óssea traumática ou como consequência do desbridamento em osteomielites com tecido ósseo inviável.<sup>8,9</sup>

O objetivo deste trabalho é avaliar as características clínicas dos pacientes submetidos à distração osteogênica por falha óssea em um hospital universitário.

## Metodologia

Estudo transversal, retrospectivo, amostra de conveniência, de 2000 a 2012, de pacientes tratados, submetidos à distração osteogênica (transporte ósseo) com uso de fixador externo circular tipo Ilizarov. A pesquisa teve autorização do Comitê de Ética do Hospital Universitário.

Os dados foram coletados a partir da revisão de prontuários e armazenados em uma tabela Excel 2007. A análise estatística foi feita pelo programa SPSS para Windows, versão 16.0. Para avaliar a influência das variáveis em relação aos tipos de complicações foram usados os testes de qui-quadrado, exato de Fisher e U Mann-Whitney, com nível de significância em 5% ( $p < 0,05$ ).

Foram encontrados 33 casos tratados nesse período, por esse método. Foram coletados os seguintes dados: o sexo, a idade dos pacientes no início do tratamento, variável dividida em faixas etárias, a procedência, o segmento afetado (tíbia e/ou fêmur), o lado, a causa, o tipo de transporte ósseo feito (bifocal, trifocal convergente ou de perseguição), o número de cirurgias prévias e o número cirurgias depois de

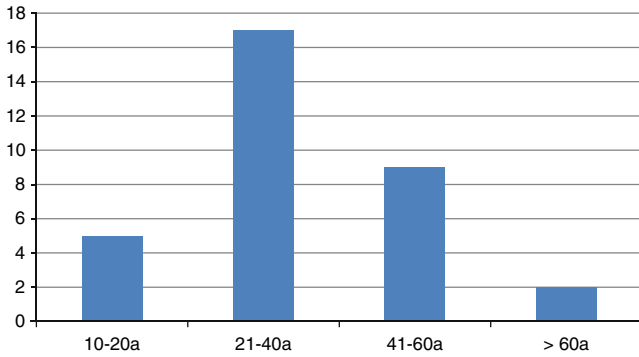


Figura 1 – Distribuição conforme faixas etárias.

instituído o tratamento, o tempo de uso do fixador externo e as complicações encontradas durante o tratamento.

As complicações foram especificadas em: infecção de base de pinos, infecção profunda, equino, flexo de joelho, limitação de ADM, desvio de eixo, refratura, amputação ou desarticulação, encurtamento, pinçamento de partes moles e outras quaisquer que não as citadas. Essas foram agrupadas em complicações que não necessitaram de cirurgia para sua correção (grupo 1), que necessitaram de cirurgia para sua correção (grupo 2) e as que foram consideradas com sequelas por insucesso do tratamento (grupo 3).

## Resultados

Foram estudados 33 casos, 28 homens (84,8%) e cinco mulheres (15,2%). A idade foi estratificada em faixas (fig. 1), o grupo mais frequente foi de 21 a 40 anos.

A maioria dos pacientes (57,6%) era da região metropolitana, o restante proveniente principalmente do interior de Goiás. O segmento mais afetado foi a perna isoladamente (75,8%) e o lado acometido o esquerdo em dois terços dos casos (66,7%).

As causas que levaram à opção pelo método de tratamento foram estratificadas em cinco subgrupos (fig. 2), a mais frequente foi a pseudoartrose infectada (75,8% dos casos).

O tipo de transporte ósseo (fig. 3) feito foi principalmente o bifocal (75,8% dos casos).

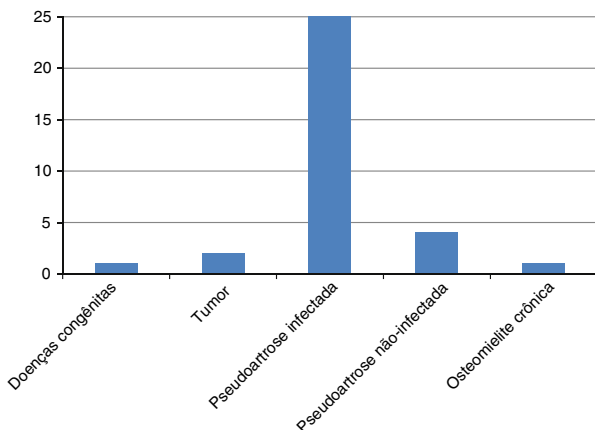


Figura 2 – Distribuição dos casos tratados por causa.

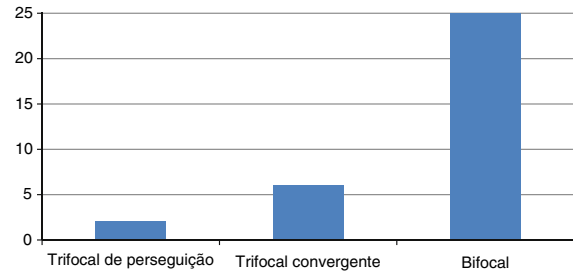


Figura 3 – Tipo de transporte ósseo feito.

As variáveis foram distribuídas e organizadas na [tabela 1](#).

O número de cirurgias prévias feitas e as demais feitas na vigência do tratamento pelo método de transporte ósseo foram organizados na [tabela 2](#). Observa-se que a média de procedimentos prévios em outras instituições foi de 2,62 cirurgias (desvio padrão de 1,93) e a dos feitos após o início do tratamento foi de 1,89 cirurgia (desvio padrão de 1,29). O tempo de

Tabela 1 – Distribuição das variáveis de acordo com a amostra

Fator	N	%
<b>Idade</b>		
10-20 <sup>a</sup>	5	15,2
21-40 <sup>a</sup>	17	51,5
41-60 <sup>a</sup>	9	27,3
>60 <sup>a</sup>	2	6,1
Total	33	100,0
<b>Procedência</b>		
Goiânia e região	19	57,6
Interior de Goiás	12	36,4
Outro estado	2	6,1
Total	33	100,0
<b>Sexo</b>		
Masculino	28	84,8
Feminino	5	15,2
Total	33	100,0
<b>Topografia</b>		
Fêmur	6	18,2
Tíbia	25	75,8
Tíbia e fêmur	2	6,1
Total	33	100,0
<b>Lado</b>		
Direito	11	33,3
Esquerdo	22	66,7
Total	33	100,0
<b>Causas</b>		
Doenças congênitas	1	3,0
Tumor	2	6,1
Pseudoartrose infectada	25	75,8
Pseudoartrose não infectada	4	12,1
Osteomielite crônica	1	3,0
Total	33	100,0
<b>Tipo de transporte</b>		
Bifocal	25	75,8
Trifocal convergente	6	18,2
Trifocal de perseguição	2	6,1
Total	33	100,0

**Tabela 2 – Média e desvio padrão do número de cirurgias em relação à amostra**

Fator	N	Média	DP	Min	Max
n° de cirurgias prévias	29	2,62	1,93	1	10
n° de revisões	28	1,89	1,29	1	6

**Tabela 3 – Distribuição das complicações de acordo com a amostra**

Fator	N	%
<b>Complicações</b>		
1. Infecção de pinos	19	57,6
2. Infecção profunda	8	24,2
3. Equino	10	30,3
4. Flexo de joelho	2	6,1
5. Limitação ADM	1	3,0
6. Desvio de eixo	6	18,2
7. Refratura	1	3,0
8. Amputação ou desarticulação	3	9,1
9. Encurtamento	7	21,2
10. Pinçamento de partes moles	2	6,1
11. Outras	5	15,2

uso de fixador externo foi de 1,94 ano (desvio padrão de 1,34), com mínimo de um ano e máximo de seis.

As quatro complicações mais encontradas foram infecção de base de pinos (57,6% dos casos), equino (30,3%), infecção profunda (24,2%) e encurtamento (21,2%). Houve correlação positiva entre as complicações e o número de cirurgias prévias ( $p=0,041$ ) e ao tempo de uso do fixador ( $p=0,012$ ) (fig. 4). As complicações foram organizadas e comparadas nas tabelas 3-5, nas quais as complicações foram separadas em três grupos, foram retiradas as infecções superficiais em pinos: grupo 1, complicações menores, sem necessidade de nova cirurgia para correção (exemplo: leve equino); grupo

**Tabela 4 – Distribuição das complicações por grupos de acordo com a amostra**

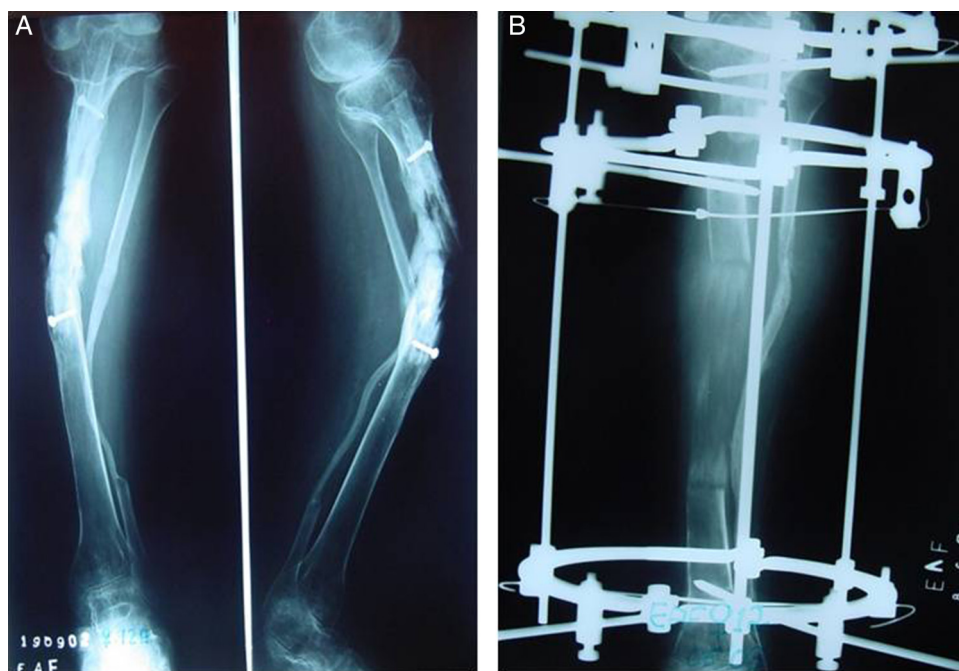
Fator	N	%
<b>Complicação 1</b>		
Não	12	36,4
Sim	21	63,6
Total	33	100,0
<b>Complicação 2</b>		
Não	13	39,4
Sim	20	60,6
Total	33	100,0
<b>Complicação 3</b>		
Não	29	87,9
Sim	4	12,1
Total	33	100,0

2, complicações que necessitaram de cirurgia para correção (exemplo: desvio de eixo acentuados); e grupo 3, complicações que necessitaram de amputação (exemplo: infecções profundas graves).

## Discussão

Distração osteogênica ou calotase é uma técnica cirúrgica amplamente usada em cirurgia ortopédica para o tratamento de várias condições patológicas, como discrepância do comprimento de membros, deformidades ósseas e grandes falhas ósseas secundárias a trauma, infecção ou ressecção de tumores malignos, semelhantemente ao perfil encontrado em nosso estudo. O princípio básico da técnica é um processo de regeneração óssea a partir da distração gradual de duas superfícies vascularizadas, que forma assim novo tecido ósseo.<sup>6</sup>

O novo osso é gerado no espaço entre os dois segmentos ósseos que são distraídos gradual e progressivamente. A taxa



**Figura 4 – Radiografias em anteroposterior e em perfil de osteomielite crônica já operada várias vezes (A) e após diafisectomia e transporte ósseo para preenchimento da falha (B).**

**Tabela 5 – Comparação das variáveis em relação aos tipos de complicações**

Complicações	Complicação 1		p	Complicação 2		p	Complicação 3		p
	n	%		n	%		n	%	
<i>Idade</i>									
10-20 <sup>a</sup>	4	19,0	0,815	4	20,0	0,575	0	0,0	0,691
21-40 <sup>a</sup>	10	47,6		11	55,0		3	75,0	
41-60 <sup>a</sup>	6	28,6		4	20,0		1	25,0	
>60 <sup>a</sup>	1	4,8		1	5,0		0	0,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Procedência</i>									
Goiânia e região	16	76,2	0,009	12	60,0	0,918	1	25,0	0,225
Interior de Goiás	5	23,8		7	35,0		3	75,0	
Outro estado	0	0,0		1	5,0		0	0,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Sexo</i>									
Masculino	19	90,5	0,328	16	80,0	0,625	3	75,0	0,500 <sup>a</sup>
Feminino	2	9,5		4	20,0		1	25,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Topografia</i>									
Fêmur	4	19,0	0,520	3	15,0	0,780	2	50,0	0,201
Tíbia	15	71,4		16	80,0		2	50,0	
Tíbia + fêmur	2	9,5		1	5,0		0	0,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Lado</i>									
Direito	8	38,1	0,703	7	35,0	1,000	1	25,0	1,000 <sup>a</sup>
Esquerdo	13	61,9		13	65,0		3	75,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Causas</i>									
Doenças congênicas	1	4,8	0,796	1	5,0	0,445	0	0,0	0,882
Tumor	1	4,8		2	10,0		0	0,0	
Pseudoartrose infectada	15	71,4		13	65,0		3	75,0	
Pseudoartrose não infectada	3	14,3		3	15,0		1	25,0	
Osteomielite crônica	1	4,8		1	5,0		0	0,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
<i>Tipo de transporte</i>									
Bifocal	15	71,4	0,520	14	70,0	0,446	4	100,0	0,483
Trifocal convergente	5	23,8		5	25,0		0	0,0	
Trifocal de perseguição	1	4,8		1	5,0		0	0,0	
Total	21	100,0		20	100,0		4	100,0	
	Média	Mediana	p	Média	Mediana	p	Média	Mediana	p
Nº de cirurgias prévias	2,84	2,00	0,599	2,88	2,00	0,368	3,50	4,00	0,041 <sup>b</sup>
Nº de cirurgias de revisão	2,11	1,00	0,362	2,11	1,00	0,362	2,00	2,00	0,544 <sup>b</sup>
Tempo de uso	2,33	2,00	0,012	2,15	2,00	0,263	2,25	1,00	0,549 <sup>b</sup>
Teste qui-quadrado.									
<sup>a</sup> Teste exato de Fisher.									
<sup>b</sup> Teste U de Mann-Whitney.									

de distração pode variar de acordo com o sítio de distração, geralmente é próximo de 1 mm/dia. A distração pode ser feita com um fixador externo, como um fixador circular de Ilizarov ou um fixador monoplanar longitudinal, que preenche o defeito intercalar, enquanto no local submetido à distração ocorre neoformação óssea, conhecida como regenerado ósseo.

Uma das limitações dessa técnica é o longo período de tempo necessário para que o tecido ósseo recém-formado amadureça, mineralize e, finalmente, consolide. Deve-se manter o fixador externo por um longo período, até a consolidação, o que pode gerar complicações cirúrgicas,

sociais e psicológicas.<sup>6,10-12</sup> Nossos pacientes fizeram em média mais de quatro cirurgias até o término do tratamento, com uso de fixador dinâmico por dois anos e com diversas complicações, aproximadamente 90% delas sem sequelas graves. Esse método elimina muitas vezes a necessidade de cirurgias para cobertura cutânea e amputações, pois a pele acompanha o osso transportado e permite também correção de deformidades ósseas, dismetrias e cura de infecção.

Esse método baseia-se no princípio de “tensão de tração”, que possibilita o alongamento ósseo sob uma nova visão biológica, mas também leva ao desenvolvimento de uma

nova técnica denominada de osteossíntese de compressão-afastamento. Tecnicamente, o transporte ósseo é de difícil execução e exige acompanhamento criterioso durante o caminho percorrido pelo osso. Muitas vezes, necessita de cirurgias adicionais para corrigir desvios no acoplamento dos fragmentos transportados ou de colocação de enxerto ósseo para aumentar o contato nesses sítios.<sup>13-20</sup> Inúmeras complicações são descritas, incluindo alterações vasculares que podem resultar em amputação, semelhantemente ao que encontramos em nossa amostra.

Técnicas ablativas, como a amputação do membro, em muitos casos, são a melhor opção para o tratamento de perda óssea, uma vez que alcançam resultados mais rápidos e menos onerosos ao paciente e ao sistema de saúde. Durante a escolha do tratamento devem-se analisar, além dos fatores biológicos, os fatores sociais e psicológicos do paciente. Dentre os fatores biológicos consideramos o aporte sanguíneo, a função articular e muscular e a presença, localização e gravidade de lesão nervosa. Reconstrução está indicada apenas caso possa prever um bom prognóstico funcional e o paciente apresente boas condições psicossociais.<sup>1,5</sup>

Durante a distração osteogênica, tanto o osso quanto as partes moles são alongados e isso pode ajudar o fechamento espontâneo das lesões de tecidos moles sem a necessidade de cirurgias plásticas de cobertura cutânea. Alguns autores consideram que a restauração do envelope de partes moles deve ser feito antes ou no momento da reconstrução óssea.<sup>7</sup> O uso do fixador externo de Ilizarov possibilita a correção simultânea da pseudoartrose, da falha óssea, do encurtamento e das deformidades angulares e favorece meio propício para resolução do processo infeccioso, comprovou por inúmeras publicações ser superior a outros métodos de tratamento, o que também foi observado em nossos resultados.<sup>20-23</sup>

## Conclusão

A necessidade de distração osteogênica por falhas ósseas foi mais frequente em adultos jovens (21-40 anos), homens, procedentes da capital, nos ossos da perna, devido à pseudoartrose infectada, após múltiplas cirurgias prévias. O transporte mais feito foi o bifocal, com média de aproximadamente dois anos de tratamento, e com várias complicações, nas quais infecções foram as mais frequentes, permaneceu a maioria sem sequelas graves no fim do tratamento.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

- Rodrigues FL, Mercadante MT. Tratamento da falha óssea parcial pelo transporte ósseo parietal. *Acta Ortop Bras.* 2005;13(1):9-12.
- Rigal S, Merloz P, Le Nen D, Mathevon H, Masquelet AC. Bone transport techniques in posttraumatic bone defects. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(1):103-8.
- Codivilla A. The classic: on the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(12):2903-9.
- Ombredanne L. Allongement d'un femur sur un membre trop court. *Bull Mem Soc Chir Paris.* 1913;39:1177-80.
- Ilizarov GA, Ledyayev VI. The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(280):7-10.
- Sailhan F. Bone lengthening (distraction osteogenesis): a literature review. *Osteoporos Int.* 2011;22(6):2011-5.
- Tuffi GJ, Bongiovanni JC, Mestriner LA. Tratamento das pseudartroses infectadas da tibia com falhas ósseas pelo método de Ilizarov, utilizando o transporte ósseo. *Rev Bras Ortop.* 2001;36(8):292-300.
- Picado CHF, Paccola CAJ, Andrade Filho EF. Correção da falha óssea femoral e tibial pelo método do transporte ósseo de Ilizarov. *Acta Ortop Bras.* 2000;8(4):178-91.
- Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):8-26.
- Blum AL, Bongiovanni JC, Morgan SJ, Flierl MA, dos Reis FB. Complications associated with distraction osteogenesis for infected nonunion of the femoral shaft in the presence of a bone defect: a retrospective series. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(4):565-70.
- Sangkaew C. Distraction osteogenesis with conventional external fixator for tibial bone loss. *Int Orthop.* 2004;28(3):171-5.
- Robert Rozbruch S, Weitzman AM, Tracey Watson J, Freudigman P, Katz HV, Ilizarov S. Simultaneous treatment of tibial bone and soft-tissue defects with the Ilizarov method. *J Orthop Trauma.* 2006;20(3):197-205.
- Lavini F, Dall'Oca C, Bartolozzi P. Bone transport and compression-distraction in the treatment of bone loss of the lower limbs. *Injury.* 2010;41(11):1191-5.
- Mekhail AO, Abraham E, Gruber B, Gonzalez M. Bone transport in the management of posttraumatic bone defects in the lower extremity. *J Trauma.* 2004;56(2):368-78.
- El-Alfy B, El-Mowafi H, El-Moghazy N. Distraction osteogenesis in management of composite bone and soft tissue defects. *Int Orthop.* 2010;34(1):115-8.
- Dhar SA, Mir MR, Ahmed MS, Afzal S, Butt MF, Badoo AR, et al. Acute peg in whole docking in the management of infected non-union of long bones. *Int Orthop.* 2008;32(4):559-66.
- Sakurakichi K, Tsuchiya H, Watanabe K, Takeuchi A, Matsubara H, Tomita K. Distraction osteogenesis of a fresh fracture site using an external fixator. *J Orthop Sci.* 2006;11(4):390-3.
- Mahaluxmivala J, Nadarajah R, Allen PW, Hill RA. Ilizarov external fixator: acute shortening and lengthening versus bone transport in the management of tibial non-unions. *Injury.* 2005;36(5):662-8.
- Grivas TB, Magnissalis EA. The use of twin-ring Ilizarov external fixator constructs: application and biomechanical proof-of-principle with possible clinical indications. *J Orthop Surg Res.* 2011;6:41.
- Song HR, Cho SH, Koo KH, Jeong ST, Park YJ, Ko JH. Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method. *Int Orthop.* 1998;22(5):293-7.
- Berner A, Reichert JC, Müller MB, Zellner J, Pfeifer C, Dienstknecht T, et al. Treatment of long bone defects and non-unions: from research to clinical practice. *Cell Tissue Res.* 2012;347(3):501-19.
- Vidal PC, Humberto P, Benazzo F, Ciciliani F, Oliveira K. O método Ilizarov no tratamento das pseudartroses infectadas. *Rev Bras Ortop.* 1997;32(1):905-8.
- Silva WN, Martins LH, Coutinho ECA. Transporte ósseo da tibia com o método de Ilizarov nos casos de pseudoartrose com falha óssea. *Rev Bras Ortop.* 2012;47(4):805-10.