



Artigo Original

Injeção percutânea de medula óssea autóloga para tratamento de retardo de consolidação ou pseudoartrose de fraturas de ossos longos após fixação interna[☆]



Ramji Lal Sahu

Department of Orthopaedics, Sharda University, Greater Noida, Índia

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 3 de junho de 2017

Aceito em 5 de setembro de 2017

On-line em 27 de setembro de 2018

Palavras-chave:

Hastes ósseas

Fraturas femorais

Fixação interna de fratura

Fraturas com pseudoartrose

R E S U M O

Objetivo: Avaliar os resultados da injeção percutânea de medula óssea autóloga no tratamento de fraturas com retardo de consolidação ou pseudoartrose após fixação interna.

Métodos: Estudo prospectivo feito no Departamento de Ortopedia de junho de 2005 a junho de 2010. Foram recrutados 93 pacientes com retardo de consolidação e pseudoartrose (56 retardos de consolidação e 37 pseudoartroses) de osso longo dos Departamentos de Emergência e Ambulatórios e tratados com injeções de medula óssea autóloga percutânea. Os resultados clínicos deste estudo foram avaliados com base em critérios de consolidação. Todos os pacientes foram seguidos durante 24 meses.

Resultados: Todas as fraturas (retardo de consolidação e pseudoartrose) apresentaram consolidação dentro de 12 semanas. A maioria dos pacientes apresentava desconforto na região doadora por alguns dias; nenhum caso de dor persistente foi observado. Os resultados foram excelentes em 68,81% (64/93), bons em 19,35% (18/93) e ruins em 11,82% (11/93) dos casos.

Conclusão: A injeção de medula óssea autóloga percutânea é um método efetivo e seguro para o tratamento da pseudoartrose e do retardo de consolidação diafisários. Assim, conclui-se que uma quantidade adequada de injeção autóloga de medula óssea pode levar a uma consolidação bem sucedida em casos de retardo de consolidação e pseudoartrose de fraturas de ossos longos.

© 2017 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/>).

[☆] Trabalho desenvolvido no Department of Orthopaedics, Sharda University, Greater Noida, Índia.

E-mail: drrlsahu@gmail.com

<https://doi.org/10.1016/j.rbo.2017.09.012>

0102-3616/© 2017 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/>).

Percutaneous autogenous bone marrow injection for delayed union or non-union of long bone fractures after internal fixation

A B S T R A C T

Keywords:

Bone nails
Femoral fractures
Fracture fixation, internal
Fractures, ununited

Objective: The aim of this study was to assess the results of percutaneous injection of autologous bone marrow in the treatment of fractures presenting with delayed union or non-union after internal fixation.

Methods: This prospective study was carried out at the Orthopedics Department from June 2005 to June 2010. A total of 93 patients with delayed union and non-union (56 delayed unions and 37 non-unions) of the long bone were recruited from the Emergency and Outpatient Departments and treated with percutaneous autologous bone marrow injections. The clinical results of this study were rated on the basis of the criteria of union. All patients were followed for 24 months.

Results: All the fractures (delayed union and non-union) were united within 12 weeks. Most of the patients had discomfort at the donor site for few days; none had problems of persistent pain. The results were excellent in 68.81% (64/93) of cases, good in 19.35% (18/93) of cases, and poor in 11.82% (11/93) of cases.

Conclusion: Percutaneous autologous bone marrow injection is an effective and safe method for the treatment of diaphyseal non-union and delayed union. Thus, it is concluded that with an adequate amount of autologous bone marrow injection, successful union in delayed union and non-union of fractures of long bones can be achieved.

© 2017 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

Pseudoartrose e retardo de consolidação são problemas comuns observados na consolidação de fraturas que podem ser causados por vários fatores com ou sem uma causa aparente. Vários métodos têm sido adotados para superar esses problemas, tais como enxerto ósseo, estimulação elétrica, ultrassom, transporte ósseo e injeção de medula óssea. Considerando-se a natureza fluida da medula óssea, os conceitos de enxerto de medula óssea e enxerto percutâneo foram posteriormente combinados em diversos estudos. Alguns estudos afirmam que a injeção percutânea de medula óssea poderia ser usada com enxerto composto com bons resultados no tratamento do cisto ósseo simples, da pseudoartrose tibial congênita, bem como no manejo do retardo de consolidação em circunstâncias clínicas difíceis, como em pacientes com câncer.¹⁻⁴ O objetivo deste estudo prospectivo foi avaliar os resultados da injeção percutânea de medula óssea no tratamento de fraturas com retardo de consolidação e pseudoartrose após fixação interna.

Material e métodos

Este estudo prospectivo foi conduzido pelo Departamento de Ortopedia entre junho de 2005 e junho de 2010. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da instituição. Foram tratados com injeções percutâneas de medula óssea autóloga 93 pacientes com retardo de consolidação e pseudoartrose (56 retardos de consolidação e 37 pseudoartroses) de ossos longos. Todos os pacientes assinaram o termo de consentimento

informado por escrito e o estudo foi conduzido de acordo com os preceitos da Declaração de Helsinque. A idade média dos pacientes foi de 46 anos (variação: 16-86) e o estudo incluiu 67 homens e 26 mulheres.

Critérios de inclusão

1. Pacientes com retardo de consolidação e pseudoartrose de fraturas de ossos longos.
2. Idade entre 16 e 86 anos.
3. Todas as fraturas apresentavam alinhamento aceitável, boa oposição óssea e fixação estável.
4. A medula óssea foi aspirada a partir da crista ilíaca anterior ou posterior.
5. A medula óssea foi injetada em um intervalo de quatro a seis semanas após avaliação radiológica da consolidação sob controle de intensificador de imagens.
6. Os resultados clínicos deste estudo foram classificados com base nos critérios de consolidação, que foi definida clinicamente como ausência de sensibilidade dolorosa óssea e mobilidade anormal no local da fratura, além de ausência de dor no local da fratura na presença de apoio com carga. A fratura foi considerada como consolidada radiologicamente pela presença de calo que abrangesse a fratura e obliteração parcial da linha de fratura em duas incidências perpendiculares entre si.⁵
7. Os pacientes foram seguidos por 24 meses.

Critérios de exclusão

1. Pacientes com fraturas patológicas.

2. Pacientes desnutridos e aqueles com fraturas expostas, lesões arteriais, lesões nervosas ou fraturas infectadas.

Todos os pacientes receberam explicações sobre o plano de tratamento, o custo da operação, a permanência hospitalar após a cirurgia e as complicações da anestesia. Eles foram seguidos após a cirurgia, foram avaliados clinicamente e radiologicamente quanto à consolidação da fratura, amplitude de movimento articular e falha do implante. De acordo com os critérios, os resultados são classificados como excelentes quando as fraturas se unem dentro de 16 semanas sem complicação; bons, quando a consolidação ocorre dentro de 24 semanas com complicações tratáveis, como infecção superficial e rigidez do joelho/tornozelo; e ruins, quando a consolidação ocorre antes ou depois de 24 semanas com uma ou mais complicações permanentes, como infecção (osteomielite), falha do implante, pseudoartrose, encurtamento do membro e rigidez permanente do joelho/tornozelo. Considerou-se retardo de consolidação quando essa consolidação ocorreu entre três e seis meses; foi considerada pseudoartrose após um mínimo de nove meses desde o trauma e se a fratura não apresentasse sinais visíveis de consolidação por três meses. Dos 93 ossos longos, seis fraturas do fêmur foram tratadas com haste bloqueada e 15 fraturas supracondilíneas do fêmur foram tratadas com placas distais de fêmur bloqueadas. Um total de 19 fraturas diafisárias tibiais foram tratadas com placas de compressão dinâmica bloqueadas. Todas as 17 fraturas diafisárias do úmero foram tratadas com placas de compressão dinâmica bloqueadas de baixo contato (LC-DCP). Sete casos de fraturas de rádio e ulna foram tratados conservadoramente com aplicação de imobilização gessada. Foram tratados com placas de compressão dinâmicas 13 rádios e 16 ulnas. Em todos os casos de fraturas com retardo de consolidação ou pseudoartrose, foram injetados 40-50 cm³ de medula óssea para aquelas localizadas no fêmur ou tibia, 20 cm³ para aquelas localizadas no úmero e 10 cm³ para as localizadas no rádio e ulna.

Esse procedimento foi feito no centro cirúrgico (CC). O paciente foi colocado em decúbito dorsal; os campos cirúrgicos foram colocados separadamente no local da fratura e no local do enxerto para se evitar contaminação cruzada. Um fio de Kirschner de 2 mm foi usado para perfurar o osso com um cabo em T e depois usou-se uma agulha de calibre 16 para a aspiração e uma agulha de punção lombar de calibre 16 para a injeção. Todo o procedimento foi feito sob anestesia local com xilocaína a 2% ou cetamina ou sob raquianestesia. O local foi marcado antes da injeção e imediatamente após a aspiração, 40 a 50 ml de medula óssea não heparinizada foram injetados no local previamente marcado guiados por intensificador de imagens. Um curativo compressivo foi feito no pós-operatório; o paciente recebeu alta à noite e foi reavaliado a cada seis semanas. Nas consultas de revisão, radiografias seriadas foram feitas até a consolidação da fratura. A mobilidade, a sensibilidade dolorosa e as características radiológicas do local da fratura foram avaliadas. A fratura foi considerada consolidada quando o calo ósseo atravessou a linha da fratura e o paciente foi capaz de suportar seu próprio peso ou usar o membro sem dor local ou instabilidade.

Tabela 1 – Distribuição por idade e sexo no grupo de estudo (n = 93)

Idade	Masculino	Feminino	Total	%
<20	7	3	10	10,75
20-40	14	5	19	20,43
40-60	18	8	26	27,95
60-80	16	6	22	23,65
>80	12	4	16	17,20
Total	67	26	93	100

Análise estatística

A análise estatística foi feita por meio do teste do qui-quadrado. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo

Resultados

Neste estudo prospectivo, 93 fraturas de ossos longos com retardo de consolidação ou pseudoartrose foram tratadas com injeções percutâneas de medula óssea autóloga e seguidas por dois anos. Do total, 72,04% (67/93) dos pacientes eram do sexo masculino e 27,95% (26/93) do feminino. A idade dos pacientes variou entre 16 e 86 anos. Do total de pacientes, 60,21% (56/93) tiveram um acidente de trânsito, 13,97% (13/93) sofreram queda de altura e 25,80% (24/93) sofreram lesões esportivas. As fraturas acometeram o lado direito em 53,76% (50/93) dos casos e o lado esquerdo em 46,23% (43/93). Dos 93 pacientes, 13,97% (13/93) apresentaram fraturas expostas (Gustilo e Anderson tipo I) e 86,02% (80/93), fraturas fechadas. Neste estudo, 22,58% (21/93) pacientes apresentaram fratura da diáfise do fêmur; 20,43% (19/93), fratura da diáfise da tibia; 18,27% (17/93), fratura da diáfise do úmero; 21,50% (20/93), fratura da diáfise do rádio; e 17,20% (16/93), fratura da diáfise da ulna.

Para simplificar, os pacientes foram divididos em cinco grupos de acordo com a idade (tabela 1). Os resultados clínicos deste estudo foram baseados nos critérios de consolidação, retardo de consolidação,⁵ pseudoartrose ou consolidação viciosa. Os pacientes foram acompanhados de acordo com seu estado clínico. Neste estudo, 73,04% (67/93) dos casos apresentaram fraturas lineares; 25,80% (24/93), fraturas cominutivas; e 2,15% (2/93), fraturas segmentares. Nenhuma fratura com perda óssea foi incluída no presente estudo. O tratamento inicial foi redução aberta e fixação interna em 53,76% (50/93) dos ossos longos, redução fechada e fixação interna em 21,50% (20/93), redução fechada e aparelho gessado em 13,97% (13/93) e redução aberta e fixação externa em 10,75% (10/93). Dos 93 ossos longos estudados, 60,21% (56/93) apresentaram retardo de consolidação, 25,80% (24/93) pseudoartrose hipertrófica e 13,97% (13/93) pseudoartrose atrófica. No presente estudo, 11,82% (11/93) das fraturas de ossos longos estavam infectadas.

O tempo mínimo decorrido antes da injeção percutânea de medula óssea autóloga foi de quatro meses e máximo de 24 meses, com média de 8,2 meses. A maioria dos pacientes apresentou desconforto no local doador por alguns

Tabela 2 – Resultados estratificados por osso (n = 93)

Osso	Número	Consolidados	Porcentagem
Fêmur	21	18	85,71
Tíbia	19	17	89,47
Úmero	17	15	88,23
Rádio	20	18	90
Ulna	16	14	87,5

Valor de p: 0,96. Resultado: não significativo.

Tabela 3 – Resultados estratificados por tipo de defeito na consolidação (n = 93)

Defeito na consolidação	Número	Consolidados	Porcentagem
Pseudoartrose hipertrófica	24	18	75
Pseudoartrose atrófica	13	8	61,53
Retardo de consolidação	56	56	100

Valor p < 0,45. Resultado: significativo.

dias; nenhum caso de dor persistente foi observado. Do total, 53,76% (50/93) pacientes receberam uma injeção; 21,50% (20/93), duas; 13,97% (13/93), três; e 10,75% (10/93) quatro, com um intervalo de um mês. Todas as fraturas (retardo de consolidação e pseudoartrose) apresentaram consolidação em 12 semanas. O tempo mínimo para consolidação foi de oito semanas e máximo de 16 semanas, com média de 12 semanas. Após a injeção de medula óssea, observou-se consolidação em 85,71% (18/21) das fraturas femorais, 89,47% (17/19) das fraturas tibiais, 88,23% (15/17) das fraturas humerais, 90% (18/20) das fraturas radiais e 87,5% (14/16) das fraturas ulnares (tabela 2). Observou-se consolidação em todos os casos de retardo de consolidação (56/56), em 75% (18/24) dos casos de pseudoartrose hipertrófica e em 61,53% (8/13) dos casos de pseudoartrose atrófica (tabela 3). Em todos os casos de fraturas com retardo de consolidação ou pseudoartrose, foram injetados 40-50 cm³ de medula óssea para aquelas localizadas no fêmur ou tíbia, 20 cm³ para aquelas localizadas no úmero e 10 cm³ para as localizadas no rádio e ulna (tabela 4).

Em comparação com a literatura, a taxa de sucesso observada no presente estudo foi semelhante à de outros estudos (tabela 5). Os resultados foram excelentes em 68,81% (64/93) dos casos, bons em 19,35% (18/93) e ruins em 11,82% (11/93; tabela 6). Em uma avaliação geral subjetiva, 68,81% (64/93)

Tabela 5 – Comparação com resultados de outros estudos (n = 93)

Estudo e ano	Número de ossos estudados	Número de ossos unidos (%)
Presente estudo	93	88,17
Rakesh Shrivastav, 2013	33	87,87
Healy et al., 1990	8	62,5
Connolly et al., 1991	20	90
Garg et al., 1993	20	85
Bieniek et al., 1993	30	87
Husseini	71	72

Valor de p: 0,94. Resultado: não significativo.

Tabela 6 – Resultados da injeção de medula óssea (n = 93)

Resultado	Número	Porcentagem
Excelente	64	68,81
Bom	18	19,35
Ruim	11	11,82

Valor de p < 0,05. Resultado: significativo.

pacientes estavam totalmente satisfeitos e 19,35% (18/93) pacientes estavam satisfeitos com o resultado do tratamento.

Discussão

A pseudoartrose ou o retardo de consolidação das fraturas de ossos longos sempre foi um problema desafiador. O enxerto ósseo autógeno tem sido o procedimento mais comumente usado como tratamento cirúrgico. Esse procedimento apresenta morbidade no local doador, como hemorragia, infecção, necessidade de procedimento adicional, cicatriz dolorosa e não estética, o que aumenta a perturbação à vascularização do local da fratura quando o enxerto é posicionado por meio de um método aberto.⁶ Poucos estudos avaliaram métodos menos invasivos, como ultrassom, fatores de crescimento ósseo (por exemplo, proteína morfogênica óssea), ondas de choque extracorpóreas e injeção de medula óssea, com o objetivo de alcançar resultados semelhantes, mas com menos complicações.⁷ No presente estudo, 93 casos de retardo de consolidação e pseudoartrose de fraturas de ossos longos foram tratados com injeção de medula óssea sem infecção, hemorragia e cicatriz inestética.

Tabela 4 – Resultados estratificados pelo volume de medula óssea administrado (n = 93)

Osso	Volume de medula óssea (cm ³)	Número	Consolidados	Porcentagem	Valor de p	Resultado
Fêmur	< 50	6	3	60%	< 0,05	Significativo
	> 50	15	15	100%		
Tíbia	< 50	7	5	71,42%	0,05	Não significativo
	> 50	12	12	100%		
Úmero	< 20	7	5	71,42%	0,07	Não significativo
	> 20	10	10	100%		
Rádio	< 10	10	8	80%	0,13	Não significativo
	> 10	10	10	100%		
Ulna	< 10	8	6	75%	0,13	Não significativo
	> 10	8	8	100%		

O tempo para consolidação após a injeção de medula óssea foi maior nos pacientes fumantes em comparação com os não fumantes. Entretanto, essa relação não foi estatisticamente significativa ($p=0,081$). A relação entre tabagismo e retardo de consolidação e pseudoartrose de fraturas foi relatada em vários estudos anteriores.⁸ O tempo para consolidação foi significativamente menor em pacientes do sexo feminino em comparação com pacientes do sexo masculino ($p=0,081$). No presente estudo, 11 fraturas de ossos longos não apresentaram consolidação devido ao tabagismo intenso dos pacientes. A tibia representou 20,43% dos casos incluídos neste estudo. Estudos anteriores indicam uma incidência relativamente alta de retardo de consolidação e pseudoartrose em fraturas tibiais em comparação com as outras fraturas de ossos longos. A maior incidência de fraturas expostas da tibia (devido à sua localização anatômica subcutânea), bem como os aspectos específicos da vascularização deste osso, são algumas das causas importantes desse atraso relativamente frequente na consolidação.

Dos 93 ossos longos, seis fraturas diafisárias do fêmur foram tratadas com haste bloqueada e 15 fraturas supracondilianas do fêmur foram tratadas com placas distais de fêmur bloqueadas. Foram tratadas com placas de compressão dinâmica bloqueadas 19 fraturas diafisárias tibiais. Todas as 17 fraturas diafisárias do úmero foram tratadas com placas de compressão dinâmica bloqueadas de baixo contato (LC-DCP). Sete casos de fraturas de rádio e ulna foram tratados conservadoramente com aplicação de imobilização gessada. Foram tratados com placas dinâmicas de compressão 13 rádios e 9 ulnas. Tem sido observada uma elevada incidência de retardo de consolidação relacionada a placas bloqueadas quando comparadas com as hastas intramedulares; estudos anteriores relatam que o uso de placas bloqueadas, se não feito com uma abordagem cirúrgica minimamente invasiva, danifica muito mais as partes moles do que a introdução de hastas intramedulares com intensificador de imagem sem abrir o foco de fratura.⁹ Nesses pacientes, a falha pode estar relacionada à redução inadequada da fratura e ao longo intervalo de tempo. Os retardos de consolidação ou pseudoartroses após a fixação com placa bloqueada incluídos neste estudo podem também estar relacionados à fixação do parafuso de travamento bicortical da placa inserida perto do local da fratura, o que leva a uma fixação muito rígida e não permite micromovimentos suficientes no local da fratura para indução da atividade osteoblástica.

A maioria dos estudos afirmou que, em pacientes específicos, a falha pode estar relacionada à redução inadequada da fratura e ao longo intervalo de tempo desde a cirurgia primária, o que leva à atrofia incipiente do fragmento proximal da fratura. Uma vez diagnosticadas, os presentes autores recomendam uma conduta precoce do retardo de consolidação das fraturas para se obter uma consolidação precoce. Alguns estudos, como o de Bajada et al., afirmam que a injeção percutânea de medula óssea poderia ser associada a enxerto composto com bons resultados no tratamento da pseudoartrose tibial congênita e cisto ósseo simples, bem como na conduta do retardo de consolidação em circunstâncias clínicas difíceis, como pacientes com câncer.¹⁻⁴ No presente estudo, não se observou abertura da linha de fratura após a redução

e fixação interna rígida com uso de implante. Garnavos et al. recomendaram o uso de medula óssea concentrada obtida por centrifugação para aumentar o número de células osteoprogenitoras na medula óssea injetada.¹⁰ Em outros estudos, como o de Kim et al.,¹¹ o aspirado foi cultivado *in vitro* antes da injeção das células osteoprogenitoras no local da fratura. Considerando o aumento do custo e o risco de infecção, os autores acreditam que essas técnicas são mais indicadas em casos de pseudoartrose de ossos pequenos (como o escafoide), devido ao limitado espaço disponível para posicionar o enxerto no local da fratura. A agulha de aspiração usada no presente estudo tem múltiplos orifícios em sua extremidade, permite a aspiração da medula óssea de múltiplos locais ao mesmo tempo.

Com o uso do mesmo ponto de entrada da pele, também mudamos o local de aspiração a cada 4 ml ao redirecionar a agulha para a crista ilíaca, garantimos assim que o aspirado de medula óssea permanecesse concentrado. Muschler et al.¹² estudaram o efeito do volume de aspiração na concentração do número de células osteoprogenitoras. Eles recomendaram a aspiração da medula óssea de múltiplos locais para evitar sua diluição com o sangue periférico. Com 88,12% de taxa de consolidação após a injeção de medula óssea, o presente estudo demonstrou a eficácia da medula óssea autógena para acelerar a consolidação de fraturas.

Ma et al.¹³ usaram a injeção de medula óssea para promover a cicatrização em diferentes tipos de fraturas que afetam tibia, fêmur, metatarsais ou úmero, em alguns casos associados a diversas situações clínicas, como infecção ou fraturas patológicas, com bons resultados.^{13,14} Quanto às complicações, não foram relatados casos de infecção ou dor relacionados aos locais doadores ou locais de injeção. O uso de medula óssea é considerado uma técnica simples e minimamente invasiva. A injeção de medula óssea é segura, pois o material injetado é autólogo, portanto não há risco de transmissão da doença ou reação imunológica. Quando comparado com o enxerto do osso ilíaco, o método não requer incisão cirúrgica adicional e não apresenta morbidade do sítio doador. A medula óssea é injetada por via percutânea, não perturba o local da fratura.

O uso da medula óssea para acelerar a consolidação de fraturas é uma das aplicações da tecnologia de células-tronco. Esse é um método promissor de aplicação da engenharia de tecidos no campo ortopédico, o que evita muitas das complicações do método tradicional de enxerto ósseo comumente usado até o momento. Hernigou et al.¹⁵ relataram que células-tronco hematopoiéticas são pluripotentes e são capazes de se diferenciar; no entanto, o número de células pluripotentes é reduzido em pacientes que fumam ou consomem álcool ou esteroides. O processo de centrifugação da amostra do doador aumenta o número de células pluripotentes (localizadas nas camadas leucoplaquetárias). Eles demonstraram que o sucesso depende do número (concentração) de células-tronco disponíveis para injeção.¹⁵ Uma potencial limitação do presente estudo foi a ausência de um grupo controle tratado por uma modalidade diferente. Em todos os casos de fraturas com retardo de consolidação ou pseudoartrose, foram injetados 40-50 cm³ de medula óssea para aquelas localizadas no fêmur ou tibia, 20 cm³ para aquelas localizadas no úmero

e 10cm³ para as localizadas no rádio e ulna (tabela 4). Em comparação com a literatura, a taxa de sucesso observada no presente estudo foi similar (tabela 5).

Os resultados foram excelentes em 68,81% (64/93) dos casos, bons em 19,35% (18/93) e ruins em 11,82% (11/93; tabela 6). Na avaliação geral subjetiva, 68,81% (64/93) pacientes estavam totalmente satisfeitos e 19,35% (18/93) pacientes estavam satisfeitos com o resultado do tratamento. Os autores acreditam que os bons resultados alcançados neste estudo (88,12% de consolidação) estejam relacionados à boa seleção dos casos, nos quais as causas de retardo de consolidação eram essencialmente biológicas, excluíram-se assim os casos com causas mecânicas para retardo de consolidação ou pseudoartrose.

Conclusão

O uso da medula óssea para acelerar a consolidação de fraturas é uma das aplicações da tecnologia de células-tronco. Esse é um método promissor de aplicação da engenharia de tecidos no campo ortopédico, o que evita muitas das complicações do método tradicional de enxerto ósseo comumente usado até o momento.

Conflitos de interesse

O autor declara não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Bajada S, Harrison PE, Ashton BA, Cassar-Pullicino VN, Ashammakhi N, Richardson JB. Successful treatment of refractory tibial nonunion using calcium sulphate and bone marrow stromal cell implantation. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(10):1382-6.
- Di Bella C, Dozza B, Frisoni T, Cevolani L, Donati D. Injection of demineralized bone matrix with bone marrow concentrate improves healing in unicameral bone cyst. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468(11):3047-55.
- Park IH, Micic ID, Jeon IH. A study of 23 unicameral bone cysts of the calcaneus: open chip allogeneic bone graft versus percutaneous injection of bone powder with autogenous bone marrow. *Foot Ankle Int.* 2008;29(2):164-70.
- Siegel HJ, Baird RC 3rd, Hall J, Lopez-Ben R, Lander PH. The outcome of composite bone graft substitute used to treat cavitary bone defects. *Orthopedics.* 2008;31(8):754. PubMed PMID: 19292421.
- Brumback RJ, Toal TR Jr, Murphy-Zane MS, Novak VP, Belkoff SM. Immediate weight-bearing after treatment of a comminuted fracture of the femoral shaft with a statically locked intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(11):1538-44.
- Ebraheim NA, Elgafy H, Xu R. Bone-graft harvesting from iliac and fibular donor sites: techniques and complications. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(3):210-8.
- Roussignol X, Currey C, Duparc F, Dujardin F. Indications and results for the Exogen™ ultrasound system in the management of non-union: a 59-case pilot study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(2):206-13.
- Hernigou J, Schuind F. Smoking as a predictor of negative outcome in diaphyseal fracture healing. *Int Orthop.* 2013;37(5):883-7.
- Seyhan M, Unay K, Sener N. Intramedullary nailing versus percutaneous locked plating of distal extra-articular tibial fractures: a retrospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23(5):595-601.
- Garnavos C, Mouzopoulos G, Morakis E. Fixed intramedullary nailing and percutaneous autologous concentrated bone-marrow grafting can promote bone healing in humeral-shaft fractures with delayed union. *Injury.* 2010;41(6):563-7.
- Kim SJ, Shin YW, Yang KH, Kim SB, Yoo MJ, Han SK, et al. A multi-center, randomized, clinical study to compare the effect and safety of autologous cultured osteoblast (Ossron) injection to treat fractures. *BMC Musculoskelet Disord.* 2009;10:20.
- Muschler GF, Boehm C, Easley K. Aspiration to obtain osteoblast progenitor cells from human bone marrow: the influence of aspiration volume. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(11):1699-709.
- Ma JT, Yu M, Zhang MC, Zhu XJ, Xu HY, Liang GJ. Clinical observation on percutaneous autologous bone marrow grafting for treatment of fracture nonunion. *Zhongguo Gu Shang.* 2009;22(11):862-4.
- Murawski CD, Kennedy JG. Percutaneous internal fixation of proximal fifth metatarsal jones fractures (Zones II and III) with Charlotte Carolina screw and bone marrow aspirate concentrate: an outcome study in athletes. *Am J Sports Med.* 2011;39(6):1295-301.
- Hernigou P, Mathieu G, Poignard A, Manicom O, Beaujean F, Rouard H. Percutaneous autologous bone-marrow grafting for nonunions. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88 Suppl. 1 (Pt 2):322-7.