

# Tratamento da pseudartrose diafisária do úmero com placa de compressão AO 3,5 mm e aparelho gessado toracobraquial\*

*Treatment of humeral shaft pseudarthrosis with a compression 3,5 mm AO plate plus thoracobraquial plaster cast*

ANA RAQUEL HAYASHI TANNURA<sup>1</sup>, DÉCIO JOSÉ OLIVEIRA<sup>2</sup>, JOSÉ WAGNER DE BARROS<sup>3</sup>

## RESUMO

Foram avaliados 16 pacientes com pseudartrose diafisária do úmero submetidos ao tratamento cirúrgico, utilizando placa de compressão AO 3,5mm (DCP) e gesso toracobraquial. Com seguimento médio de 21 semanas obteve-se a consolidação óssea em 100% dos casos.

**Descritores:** Pseudartrose do Úmero, Placa de Compressão AO 3,5mm, Aparelho Gessado Toracobraquial

## INTRODUÇÃO

A consolidação de uma fratura faz-se através da regeneração óssea proporcionando, às vezes, uma reconstituição do segmento lesado. O osso reparado torna-se capaz de suportar os esforços mecânicos a que costuma ser submetido durante a função motora e a sustentação. Entretanto, existem fatores que podem alterar a marcha normal da consolidação óssea, protelando-a ou impedindo-a de completar-se, produzindo, respectivamente, retardo de consolidação e pseudartrose<sup>(3)</sup>.

Vários fatores locais podem levar a anomalias de consolidação, tais como imobilização inadequada<sup>(1,5,13,27)</sup>, perda de substância óssea<sup>(16)</sup>, infecção óssea<sup>(12)</sup>, suprimento sanguíneo deficiente dos fragmentos<sup>(22,23,24)</sup> e osteossíntese mal efetuada<sup>(17)</sup>, além de fatores gerais, como: idade, tipo de osso, localização da fratura no osso e a própria constituição do paciente<sup>(25)</sup>.

Entretanto, o distúrbio mais grave na consolidação das fraturas é a pseudartrose, caracterizada como sendo o último estágio anômalo de fratura que não se consolida. É um estágio bem demarcado e considerado como definitivo do

## SUMMARY

Sixteen patients with humeral shaft pseudarthrosis underwent surgical treatment, using AO 3.5mm compression plate (DCP) and thoracobraquial plaster cast, were evaluated. With a mean follow-up of 21-weeks, a bone healing was obtained in 100% of the cases.

**Key Words:** Humeral pseudarthrosis, AO 3,5mm Compression plate, thoracobraquial plaster cast.

## INTRODUCTION

Healing of a fracture takes place through bone regeneration, sometimes allowing reconstitution of the injured segment. The healed bone becomes able to endure mechanical stress to which is used to be submitted during motor function and weight bearing. However, there are factors that can alter the usual course of bone healing, delaying it or avoiding it to complete, thus producing respectively bone healing delay or pseudarthrosis<sup>(3)</sup>.

Several local factors may lead to abnormal healing, such as inadequate immobilization<sup>(1,5,13,27)</sup>, loss of bone substance<sup>(16)</sup>, bone infection<sup>(12)</sup>, deficient blood supply to fragments<sup>(22,23,24)</sup> and a defective osteosynthesis<sup>(17)</sup>, besides of general factors such as age, kind of bone, fracture place in the bone and the patient constitution itself<sup>(25)</sup>.

However, the most severe disturbance in fractures healing is pseudarthrosis, which is defined as the last anomalous stage of a not healing fracture. It is a well delimited stage, and considered as being definitive from histopathological point of view, since spontaneous healing is practically considered to be impossible<sup>(4)</sup>.

\*Trabalho realizado no Departamento de Ortopedia e Traumatologia do Hospital Escola da Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro - Uberaba - MG

1- Ex-Residente  
2- Médico Ortopedista e responsável pelo Setor de Cirurgia da Mão  
3- Professor Titular

Endereço para correspondência: José Wagner de Barros - Disciplina de Ortopedia e Traumatologia - Departamento de Cirurgia do HE/FMTM - R. Getúlio Guaritá S/Nº Bairro Abadia - CEP 38025-440 - Uberaba - MG

Trabalho recebido em 04/01/2001. Aprovado em 27/11/2001

\*Work performed in the Department of Orthopaedics and Traumatology of Hospital Escola da Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro - Uberaba - MG.

1. Former resident  
2. Doctor and Orthopaedic Surgeon in charge of Hand Surgery Sector  
3. Chairman

Address: José Wagner de Barros - Disciplina de Ortopedia e Traumatologia - Departamento de Cirurgia do HE/FMTM - R. Getúlio Guaritá S/Nº - Bairro Abadia - CEP 38025-440 - Uberaba - MG

ponto de vista histopatológico, a consolidação espontânea é praticamente impossível<sup>(4)</sup>

As fraturas da diáfise do úmero constituem 1% das fraturas do esqueleto, apresentando taxa elevada de consolidação óssea. Entretanto, alguns casos evoluem insatisfatoriamente<sup>(9)</sup>. A incidência de pseudartrose do úmero<sup>(8)</sup>, varia de 0% a 13% e, de acordo com os dados<sup>(9)</sup>, essa taxa varia de 5% a 15% .

Existem vários métodos operatórios descritos na literatura para o tratamento da pseudartrose da diáfise do úmero<sup>(2,7,11,18,19,20,21)</sup>.

O objetivo do nosso trabalho foi analisar a evolução de 16 pacientes portadores de pseudartrose do úmero, submetidos ao tratamento cirúrgico com ressecção do tecido fibro-cartilaginoso interposto entre os fragmentos, fixação com placa de compressão AO 3,5mm, enxerto ósseo autólogo e imobilização com gesso toracobraquial.

## CASUÍSTICA E MÉTODOS

No período de junho de 1992 a dezembro de 1999, 16 pacientes com pseudartrose da diáfise do úmero foram submetidos ao tratamento operatório com placa de compressão AO 3,5mm e gesso toracobraquial.

Dos pacientes reavaliados, 9 (56,3%) eram do sexo masculino e 7 (43,7%) do feminino. A idade variou de 18 a 67 anos, com média de 41 anos aproximadamente. O lado direito foi acometido em 9 (56,3%) casos e o esquerdo em 7 (43,7%).

Quanto à localização, o terço proximal da diáfise do úmero foi acometido em 3 (18,7%), o médio em 6 (37,5%) e o distal em 7 (43,7%) dos pacientes.

As pseudartroses foram atróficas em 15 (93,7%) casos e hipertrófica em 1 (6,3%), segundo classificação<sup>(12)</sup> .

Na avaliação pré-operatória, os pacientes foram avaliados clínica e radiologicamente (Figura 1A-B). Quatorze (87,5%) casos de pseudartroses do úmero foram decorrentes de fraturas fechadas da diáfise do úmero e duas (12,5%) secundárias a fraturas expostas (grau II e grau III C de Gustillo), segundo a classificação AO (Tabela 1).

Das 14 fraturas fechadas do úmero, 11 (78,6%) foram tratadas com pinça

*Humeral shaft fractures are 1% of skeleton fractures, with a high rate of bone healing. However, some cases present unfavorable evolution<sup>(9)</sup>. Incidence of humeral pseudarthrosis<sup>(8)</sup> ranges from 0% to 13% and, according to data<sup>(9)</sup>, this rate ranges from 5% to 15%.*

*There are several described operative methods in literature for treatment of humeral shaft pseudarthrosis<sup>(2,7,11,18,19,20,21)</sup>.*

*The objective of this paper was to evaluate the evolution of 16 patients with humeral pseudarthrosis who underwent surgical treatment with resection of fibro-cartilaginous tissue placed amongst the fragments, fixation with a compression 3.5mm AO plate, autologous bone grafting and external immobilization with a thoracobraquial plaster cast.*

## CASES AND METHODS

*In the period among June 1992 and December 1999, 16 patients with humeral shaft pseudarthrosis underwent surgical treatment with a compression 3.5mm AO plate and a thoracobraquial plaster cast.*

*From the re-evaluated patients, 9 (56.3%) were male and 7 (43.7%) female. Age ranged from 18 to 67 years, averaging approximately 41 years. The right side was involved in 9 (56.3%) while the left side in 7 (43.7%).*

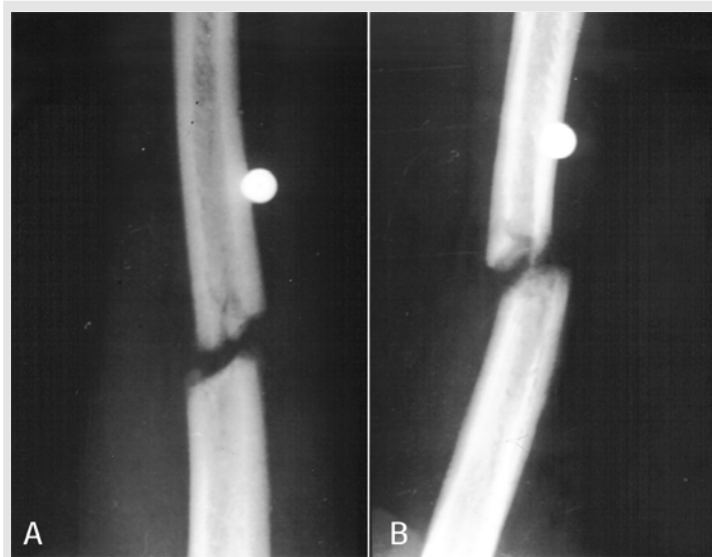
*Regarding localization, the proximal third of humeral shaft was involved in 3 (18.7%), mean third in 6 (37.5%) and the distal third in 7 (43.7%) of the patients.*

*Pseudarthrosis were atrophic in 15 (93.7%) of the cases and hypertrophic in 1 (6.3%), according to their classification<sup>(12)</sup>.*

*The patients were preoperatively evaluated clinically and radiologically (Figure 1 A-B). Fourteen (87.5%) cases of humeral pseudarthrosis came from closed humeral shaft fractures and two (12.5%) secondary to open fractures (grade II and grade III C of Gustillo classification), according to AO classification (Table 1).*

*From the 14 closed humeral fractures, 11 (78.6%) were treated with confecti-oner holder cast, 1 (7.1%) with a brace, 1 (7.1%) with a hanging plaster, and 1 (7.1%) by osteosynthesis. Open fractures were treated by conventional means and stabilized by external fixators.*

*Among all evaluated cases, there was nerve in-*



**Figura 1 - Fotografias de radiografias pré-operatórias de pseudartrose atrófica do úmero. A - (frente) B - (obliqua).**

**Figure 1 - Pictures of preoperative radiographs of humeral atrophic pseudarthrosis A - (front) B - (oblique).**

de confeito, 1 (7,1%) com brace, 1 (7,1%) com gesso pendente e 1 (7,1%) com osteossíntese. As fraturas expostas foram tratadas pelo método convencional e estabilizadas com fixadores externos.

Dentre todos os casos avaliados, havia lesão nervosa em 3 (18,7%), em 2 (12,5%), lesão do nervo radial e em 1 (6,3%), lesão do plexo braquial.

Da amostra apresentada, 7 (43,8%) pacientes eram obesos.

As características gerais desses pacientes avaliados encontram-se na (Tabela 2).

## PROCEDIMENTO OPERATÓRIO

Os pacientes foram submetidos a anestesia geral e posicionados em decúbito dorsal horizontal. Não foi realizado garroteamento do membro. A abordagem operatória empregada foi a ântero-lateral<sup>(6)</sup>. Foi identificado e isolado o nervo radial. Após a visualização do foco da pseudartrose, foi realizada a ressecção de tecido fibrocartilaginoso interposto entre os fragmentos ósseos. A seguir, esses fragmentos ósseos foram estabilizados, utilizando-se a placa de compressão dinâmica AO 3,5mm, fixada na parede lateral do úmero com, pelo menos, seis corticais em cada fragmento.

Enxerto ósseo autólogo de crista íliaca ipsilateral foi colocado no local da pseudartrose.

Nos casos de lesão do nervo radial foi realizada a neurólise.

Antibioticoterapia endovenosa profilática foi iniciada no pré-operatório.

No pós-operatório imediato, foi confeccionado o gesso toracobraquial. Essa imobilização foi mantida por um período de 4 a 6 semanas. Após este período, foram realizadas radiografias do braço, de frente e perfil, e iniciado o uso de pinça de confeito ou brace para braço, até a consolidação óssea.

A fisioterapia motora ativa e ativa assistida para o ombro e o cotovelo foi aplicada após a liberação do membro.

## RESULTADOS

A consolidação óssea ocorreu em todos os casos submetidos ao tratamento proposto.

O tempo médio de consolidação clínica e radiológica variou de 12 a 40 semanas, com média de 21 semanas (Figura 2A-B).

### A - Fratura simples

A1 – fratura simples, espiral

A2 – fratura simples, oblíqua

A3 – fratura simples, transversa

### B - Fratura em cunha

B1- fratura em cunha, cunha espiral

B2- fratura em cunha, cunha de flexão

B3- fratura em cunha, cunha fragmentada

### C - Fratura complexa

C1- fratura complexa, espiral

C2- fratura complexa, segmentar

C3- fratura complexa irregular

**Tabela 1 - Classificação AO para fratura da diálise do úmero.**  
**Table 1 - AO classification of humeral shaft fractures.**

jury in 3 (18.7%), being 2 (12.5%) with radial nerve injury and 1 (6.3%) brachial plexus injury.

From the sample, 7 patients (43.8%) were obese.

General characteristics of these patients is presented in (Table 2).

## SURGICAL PROCEDURE

Patients were submitted to general anesthesia, and positioned in horizontal dorsal decubitus. No tourniquet was applied. Surgical approach was antero-lateral<sup>(6)</sup>. Radial nerve

was identified and isolated. Pseudarthrosis focus was identified and fibro-cartilaginous amongst fragments was removed. Bone fragments were stabilized by means of a 3.5mm AO dynamic compression plate, fixed to the lateral aspect of the humerus with at least 6 cortical in each fragment.

Autologous bone grafting from same side iliac bone was placed.

In cases of radial nerve injury, neurolysis was performed.

Prophylactic intravenous antibiotic was started before the surgery.

In immediate post surgery time, it was made a thoraco-brachial plaster cast. This external immobilization was kept for 4 to 6 weeks. After this period, radiographs were taken and a confectioner holder cast or a brace were started and kept to the time of bone healing.

Motor assisted active physiotherapy for shoulder and elbow was used after the limb was released.

Caso	Idade(anos)	Sexo	Lado	Tipo	Localização
1	67	F	E	Atrófica	1/3 Proximal
2	47	F	E	Atrófica	1/3 Médio
3	33	M	D	Atrófica	1/3 Distal
4	54	F	D	Atrófica	1/3 Proximal
5	37	F	D	Atrófica	1/3 Distal
6	46	M	E	Atrófica	1/3 Distal
7	26	M	E	Atrófica	1/3 Distal
8	43	M	D	Atrófica	Prox/Médio
9	37	M	D	Atrófica	1/3 Médio
10	49	F	D	Atrófica	1/3 Distal
11	22	M	E	Hipertrófica	1/3 Distal
12	42	F	E	Atrófica	1/3 Médio
13	23	F	E	Atrófica	1/3 Proximal
14	67	F	D	Atrófica	1/3 Distal
15	18	M	E	Atrófica	1/3 Médio
16	52	M	D	Atrófica	1/3 Médio

**Tabela 2 - Características gerais dos pacientes avaliados quando à idade, sexo, lado acometido, tipo e localização da pseudartrose.**

**Table 2 - General aspects of evaluated patients regarding age, sex, affected side, kind and location of the pseudoarthrosis.**

Dentre os casos avaliados, em 3 (18,7%) desses, ocorreu o afrouxamento de parafusos após a retirada do gesso toracobraquial.

Não houve infecção ou reintervenção cirúrgica nos pacientes operados.

Na avaliação clínica funcional para alta ambulatorial, 10 (62,5%) casos apresentaram amplitude total dos movimentos do membro superior lesado, enquanto 6 (37,5%) tiveram recuperação parcial sem comprometimento das atividades laborativas.

## DISCUSSÃO

A pseudartrose constitui o estágio final de uma anomalia de consolidação óssea<sup>(4)</sup>. Existem fatores biológicos e mecânicos que contribuem para que uma fratura evolua para a não consolidação óssea, como: tipo e localização da fratura, distração entre os fragmentos ósseos, infecção, redução aberta, síntese instável, vascularização insuficiente dos fragmentos, imobilização inadequada, interposição de tecido entre os fragmentos, perfil do paciente.

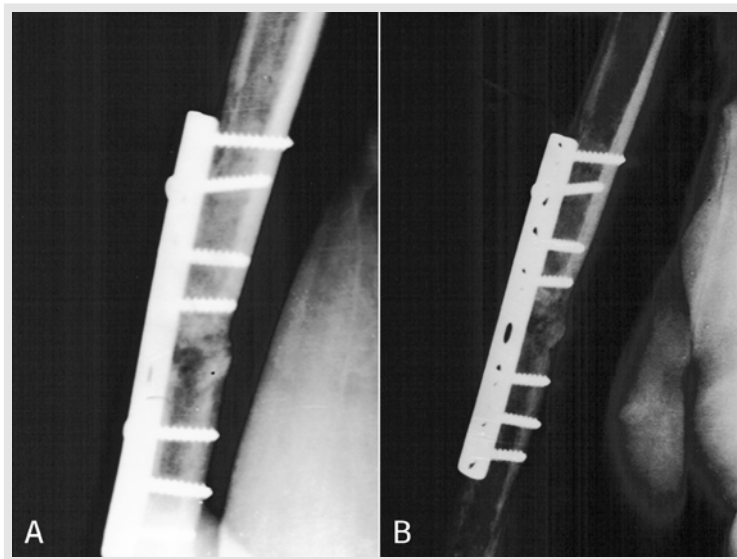
Na fratura do úmero, ocorrem vários fatores que podem estar presentes durante o tratamento incruento ou operatório, que impedem a consolidação óssea.

Em nossos casos, foram identificados como fatores relacionados ao distúrbio da não consolidação óssea: a instabilidade no foco, a imobilização inadequada e o perfil do paciente (obesidade, cooperação no tratamento).

Das 16 pseudartroses do úmero, 14 (87,5%) foram decorrentes do tratamento conservador da fratura, ao passo que os casos estudados<sup>(9,26)</sup>, secundários ao método operatório, apresentaram uma taxa de 71% e 75%, respectivamente, dessa anomalia de consolidação óssea.

Dos 14 casos de pseudartroses provenientes do tratamento conservador da fratura do úmero, 13 (92,8%) foram tratados com pinça de confeiteiro. Esse dado demonstrou que esse tipo de imobilização, provavelmente, foi insuficiente para estabilizar a fratura do úmero, especialmente nos pacientes obesos e pouco colaborativos no tratamento.

Quanto à localização e o tipo de pseudartrose da diáfise do úmero, houve predomínio das pseudartroses atróficas (93,7%) localizadas nos terços médio e distal da diáfise umeral (81,3%), semelhantes aos estudos<sup>(15)</sup>. Esses achados podem ser explicados pela peculiaridade da irrigação sanguínea do úmero<sup>(14)</sup>.



**Figura 2** - Fotografias de radiografias do úmero, mostrando a consolidação óssea após 12 semanas de tratamento. Nota-se: síntese óssea com placa 3,5 mm. Caso nº 2. A - (frente) B - (obliqua).

**Figure 2** - Pictures of humeral radiographs, displaying bone healing after 12 weeks. Notice: osteosynthesis with 3.5mm plate. Case # 2. A - (front) B - (oblique).

## RESULTS

Healing was observed in all cases submitted to the proposed treatment.

Average time to clinical and radiological healing ranged from 12 to 40 weeks, with an average of 21 weeks (Figure 2 A-B).

Among the evaluated cases, in 3 (18.7%) loosening of screws happened after the thoracobraquial cast was removed.

No infection was observed, nor re-operation was needed.

In functional clinical evaluation before ambulatory discharge, 10 cases (62.5%) presented full range of upper limb movement, while 6 (37.5%) had partial recovery, without compromise of working activity.

## DISCUSSION

Pseudarthrosis is the final stage of an bone healing abnormality<sup>(4)</sup>. There are biological and mechanical factors contributing to a fracture not to heal such as: kind and location of the fracture, distraction between bone fragments, infection, open reduction, unstable synthesis, insufficient blood supply of the fragments, inadequate immobilization, tissue interposition between fragments and patient profile.

In humeral fracture, several phenomena may be present during closed or open treatment, avoiding bone healing.

In our cases, the following were identified as related to non healing: focus instability, inadequate immobilization, and patient profile (obesity and treatment co-operation).

From the 16 humeral pseudarthrosis, 14 (87.5%) were related to closed treatment of the fracture, while the studied cases<sup>(9,26)</sup>, secondary to open methods, presented an incidence of pseudarthrosis of 71% and 75% respectively.

From the 14 pseudarthrosis related to closed treatment of humeral fracture, 13 (92.8%) were treated with confectio-ner holder cast. This data shows that this kind of immobilization was probably insufficient to stabilize the humeral fracture, mainly in obese patients and with poor adherence to treatment.

Regarding location and kind of humeral shaft pseudarthrosis, there was a higher incidence of atrophic pseudarthrosis (93.7%) located in medium and distal thirds of humeral shaft (81.3%), similarly to other studies<sup>(15)</sup>. Theses findings may be explained by peculiarities of humeral blood supply<sup>(14)</sup>.

Optamos pela utilização de placas DCP para parafusos de 3,5mm, com o objetivo de minimizar a agressão aos tecidos moles adjacentes à pseudartrose, evitando maiores danos à vascularização local. Quando utilizamos a osteossíntese com placa 3,5mm, confeccionamos o gesso toracobraquial para complementar o tratamento.

Nossos pacientes iniciaram a fisioterapia motora após indícios clínicos e radiológicos de consolidação óssea, embora a literatura<sup>(9,11,21,10)</sup> indique a mobilização precoce. A limitação funcional secundária ao período prolongado de imobilização já estava presente antes da cirurgia, não interferindo nas atividades diárias desses indivíduos.

Com este método de tratamento, a consolidação óssea ocorreu em 100% das pseudartroses da diáfise do úmero com apenas um procedimento cirúrgico. Resultado semelhante foi descrito<sup>(10)</sup>, utilizando a placa DCP 4,5mm, sem o aparelho gessado toracobraquial.

O tratamento proposto mostrou-se adequado, tendo em vista o baixo índice de complicações e a elevada taxa de consolidação óssea.

Ao final de nossa avaliação, verificamos que o tratamento operatório com a placa DCP 3,5mm, complementado com aparelho gessado toracobraquial, foi eficaz no tratamento da pseudartrose da diáfise do úmero.

*We decided to use DCP plates for 3.5mm screws aiming to minimize aggression to adjacent soft tissues, avoiding major damage to local blood supply. When using osteosynthesis with 3.5mm plates, we applied a thoracobraquial plaster cast to complement the treatment.*

*Our patients started motor physiotherapy after clinical and radiological clues of bone healing, however the literature<sup>(9,11,21,10)</sup> suggests early mobilization. Functional impairment secondary to the prolonged time of immobilization was already present before the surgery, with no interference in daily life activities of these patients.*

*With this treatment method, bone healing was observed in 100% of the humeral shaft pseudarthrosis with one single surgical procedure. A similar result was described<sup>(10)</sup> using a 4.5mm DCP plate, without the thoracobraquial plaster cast.*

*The proposed treatment was shown to be adequate regarding the low incidence of complications and the high incidence of bone healing.*

*At the end of our evaluation, we found that surgical treatment with 3.5mm DCP plate, with a complementary thoracobraquial plaster cast was efficacious in treating humeral shaft pseudarthrosis.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, R. & Burgess, E.: Delayed union and non-union. Ninety per cent preventable. *J. Bone Joint Surg.* (Boston), 25: 425, 1943.
- Baptistão, J.A.B., Targa, W.H.C., Catena, R.S. et al.: Tratamento das Pseudartroses da diáfise do úmero pelo método de Ilizarov. *Rev Bras Ortop* 32: 647-652, 1997.
- Barros, J.W., Barbieri, C.H.: Anomalias de Consolidação Óssea. *Rev Bras Ortop* 29: 73, 1994.
- Barros, J.W.: Índice Cintilográfico no Diagnóstico das Pseudartroses. (Tese). Uberaba, Brasil: Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro, p. 1-2, 1992.
- Böhler, L. & Böhler, J. F.: Kuntscher's medullary nailing, *J Bone Joint Surg*, 31-A: 295, 1949.
- Crenshaw, A.H.: "Abordagens Cirúrgicas" em *Cirurgia Ortopédica de Campbell*. São Paulo, Editora Manole Ltda, p. 101, 1996.
- Fattah, H.A., Halawa, E.E. & Shafy, T.H.A.: Non-union of humeral shaft: a report on 25 cases. *Injury* 14: 255-262, 1982.
- Healy, W.L., White, G.M., Mick, C.A. et al.: Nonunion of the humeral shaft. *Clinic Orthop* 219: 206-213, 1987.
- Hernandez, J.R.: Seudoartroses diafisária del húmero. Tratamiento con placa de compresion dinámica y aporte óseo. *Rev Mex Ortop Tram*, 1991, 5 (5): 180-183.
- Hungria, N. J.S., Mercadante, M.T., et al: Tratamento cirúrgico da pseudartrose da diáfise do úmero. *Rev Bras Ortop* 33: 426-429, 1998.
- Hungria, N. J.S., Vescio, E.L., Carneiro, M.U. et al.: Pseudartrose do úmero: tratamento por osteossíntese. *Rev Bras Ortop* 27: 417-422, 1980.
- Judet, J.A. & Judet, R.: L'Osteogénese at les retards de consolidation et des pseudarthroses des os longs. In: *VII Congrès de la Société Internationale de Chirurgia Orthopédique et de Traumatologia*, N.Y., 1960. Rapports Bruxelles, Imprimerie des Sciences, 315, 1960.
- Judet, R., A. & Judet, J. & Roy-Camille, R.: La vascularisation des pseudarthroses des os longs d'après une étude clinique et expérimentale. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot*, 44, 381, 1958.
- Laing, P.G.: Blood supply of the humerus. *J Bone Joint Surg* (AM) 38: 1105, 1956.
- Leyes, M., Munöz, G., Gamelas J. et al.: Surgical treatment of humeral shaft non-union: A multicentric study. *J Bone Joint Surg* (Br) 1997; 79-B: supp II.
- McLean, F. D. & Urist, M.R.: Bone an introduction to the physiology of skeletal tissue. *The University of Chicago Press*. 149, 1955.
- Merle D'Aubigne, R. Cauchoix, J., Ramadier, J.O. et al.: Traitement des pseudarthroses diaphysaires. *Rev Chir Orthop Répar Appar. Mot.*, 49: 3, 1963.
- Mnayed, W.A., Smith-Peterson, M. & Aufranc, O.E.: The treatment of non-union of humeral shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am* 45: 1548, 1963.
- Pardini, JR., A.G., Pessoa, E.C.M. et al: Tratamento das pseudartroses e retardo de consolidação dos ossos longos pela osteossíntese intramedular fechada e semifechada. *Rev Bras Ortop* 15:628-632, 1980.
- Rosen, H.: Compression treatment of long bone pseudarthrosis. *Clin Orthop* 138: 154-166, 1996.
- Silva, W.N. & Catagni, M.A.: Pseudartrose de úmero: tratamento com a técnica de Ilizarov. *Rev Bras Ortop* 31: 633-637, 1996.
- Trueta, J. : La vascularisation des os et l'osteogenese. *Rev Chir. Orthop Répar Appar Mot*, 44: 3, 1958.
- Trueta, J.: Non union of fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 4B: 23; 1965.
- Trueta, J.: Ostéoblastes et chondroblastes, relations avec le milieu intérieur. *Rev Chir Orthop Répar Appar Mot*, 52; 711, 1966.
- Watson-Jones, R.: Repair of fractures. In: *Fractures and joint injuries*. Churchill, Edinburgh, 1957, p. 11-50.
- Wu, C. & Shih, C.: Treatment for nonunion of the shaft of the humerus: comparison of plates and Seidel interlocking nails. *Can J Surg* 35: 661-665, 1992.
- Yamagishi, M. & Yoshimura, Y.: The biomechanics of fracture healing. *J. Bone Joint Surg.* (Boston). 37A: 1035, 1955.