



CASO CLÍNICO

METALOSE E SINOVITE EM ARTROPLASTIAS TOTAIS DO JOELHO – ANÁLISE DE DOIS CASOS

Diogo Moura, Carlos Alegre, Fernando Fonseca

Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, EPS

Diogo Moura

Interno Complementar de Ortopedia

Carlos Alegre

Assistente Hospitalar de Ortopedia

Fernando Fonseca

Diretor de Serviço de Ortopedia

Submetido em 11 agosto 2015

Revisto em 14 julho 2016

Aceite em 2 outubro 2016

Tipo de Estudo: Caso Clínico

Nível de Evidência: V

Declaração de conflito de interesses: Nada a declarar.

Correspondência

Diogo Moura

Serviço de Ortopedia e Traumatologia do Centro Hospitalar e
Universitário de Coimbra, EPE

Praceta Prof. Mota Pinto

3000-075 COIMBRA

PORTUGAL

Telefone: [+351] 239 400 400

dflmoura@gmail.com

RESUMO

Introdução: A metalose é um fenómeno mais frequentemente associado a artroplastias da anca com articulação metal-metal, no entanto pode ocorrer em qualquer implante metálico sujeito a desgaste. A reação aos resíduos metálicos é uma reação de corpo estranho que provoca sinovite com infiltração metálica dos tecidos moles envolventes, dor, derrame, limitação funcional, osteólise e descolamento do implante.

Casos Clínicos: Apresentamos dois casos clínicos de reações de metalose graves em artroplastias totais do joelho após desgaste e fratura do insert de polietileno. Ambos os doentes foram submetidos a revisão da artroplastia total do joelho, com desbridamento dos tecidos moles com infiltração metálica e ambos se encontravam assintomáticos após 1 ano de seguimento.

Discussão: Os iões e partículas metálicas podem resultar do desgaste e fratura do insert de polietileno, causando contacto anormal e desgaste entre os componentes metálicos femoral e tibial da artroplastia do joelho. Uma suspeita diagnóstica e intervenção cirúrgica com revisão e sinovectomia precoces podem proporcionar bons resultados funcionais.

Conclusão: A metalose em artroplastias totais do joelho vai sendo cada vez mais referida na literatura, no entanto a sua verdadeira incidência permanece desconhecida. É fundamental um seguimento a longo prazo com elevado nível de suspeição clínica, de modo a poder obter diagnóstico e tratamento precoces, que podem garantir alívio sintomático e prevenir destruição articular progressiva.

Palavras chave: *Artroplastia total do joelho, metalose, sinovite, polietileno, desgaste, descolamento.*

ABSTRACT

Introduction: Metallosis is a phenomenon most commonly associated with metal-on-metal hip replacements, however it can occur in any metallic implant subject to wear. The reaction of metallic debris is that of a foreign-body reaction causing synovitis with metal infiltration of the surrounding soft tissue, pain, effusion, functional limitation, osteolysis and implant loosening.

Case Study: We present two clinical cases with severe metallosis reaction in total knee arthroplasties after wear and fracture of the polyethylene insert. Both patients underwent revision knee surgery where the stained soft tissues of the knee were debrided and both remained symptom-free at 1-year follow-up.

Discussion: The metallic ions and particles can result from wear and fracture of the polyethylene insert, causing abnormal contact and wear between both metallic femoral and tibial prosthetic components. An early diagnosis suspicion and surgical intervention with revision and synovectomy can have good functional results.

Conclusion:

Metallosis of total knee arthroplasties are becoming more referred in literature, however its true incidence is still unknown. A long term and a high level of suspicion follow-up is essential for early diagnosis and treatment, which can guarantee symptoms relief and prevent progressive articular destruction.

Key words: *Total knee arthroplasty, metallosis, synovitis, polyethylene, wear, loosening.*

INTRODUÇÃO

A artroplastia do joelho é uma das cirurgias de maior sucesso em Ortopedia, permitindo melhorar a qualidade de vida em doentes com gonartrose^{1,2}. Contudo, uma parte destes doentes têm dor e falência protética, levando a cirurgias de revisão^{2,3}. Entre as causas menos conhecidas de falência de artroplastias do joelho está a sinovite provocada por metal^{4,5}.

A metalose consiste na deposição e infiltração de partículas de metal nos tecidos peri-protéticos que resulta mais frequentemente do atrito mecânico entre superfícies metálicas⁶. Esta reação tecidual é progressiva e provoca falência protética precoce, torna-se tipicamente sintomática alguns anos após a artroplastia^{6,7}. O resultado é uma sinovite reativa ao metal, que pode conduzir a osteólise, descolamento protético, formação de pseudotumores e sintomas sistémicos⁶. Apesar desta reação estar mais associada a artroplastias totais da anca com interface metal-metal, esta pode surgir em qualquer articulação artificial com componentes metálicos que podem ser sujeitos a desgaste, sobretudo nas articulações sujeitas a cargas mais elevadas, com as artroplastias do joelho^{6,8,9}.

MATERIAL E MÉTODOS

Apresentam-se dois casos clínicos de metalose do joelho após falência do componente de polietileno. O primeiro é o caso duma mulher de 75 anos (Figuras 1-5), com artroplastia total do joelho (*Natural-Knee II®*, insert *Prolong®*) à esquerda aplicada há 5 anos, que iniciou há cerca de 1 ano gonalgia mecânica progressiva, acompanhada de diminuição progressiva de flexão (Knee Society Score=62). A doente apresentou-se sempre apirética, sem derrame intra-articular ou quaisquer sinais inflamatórios do joelho. À inspeção, o joelho apresentava uma coloração cutânea mais escurecida, sem outras alterações de relevo (Figura 1). A radiografia do joelho mostrou osteólise evidente dos componentes protéticos femoral e tibial e fratura do componente de polietileno (Figura 2). Analiticamente não apresentava leucocitose e os marcadores inflamatórios (proteína C reactiva e velocidade de sedimentação) eram normais. Foi submetida a cirurgia de revisão,

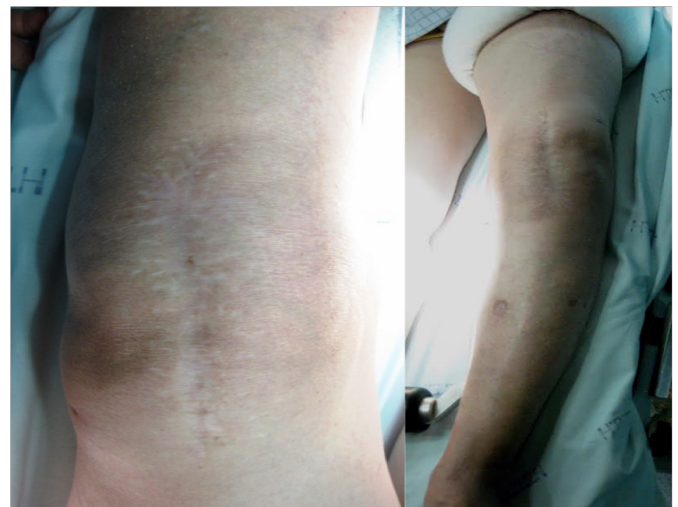


Figura 1 – Caso 1: Coloração cutânea escurecida do joelho esquerdo.

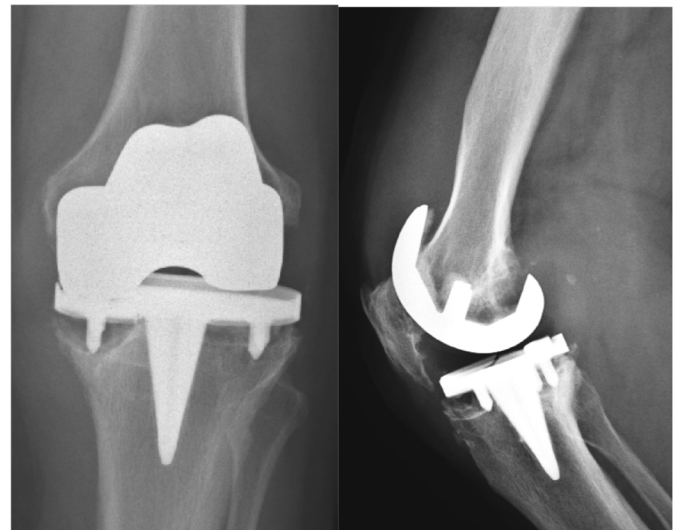


Figura 2 – Caso 1: Radiografia a demonstrar osteólise peri-protética femoral e tibial, fratura do insert de polietileno (setas).

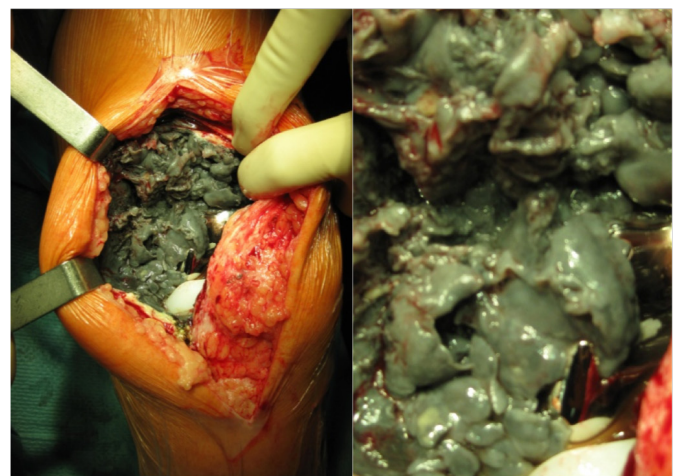


Figura 3 – Extensa sinovite e metalose peri-protética.

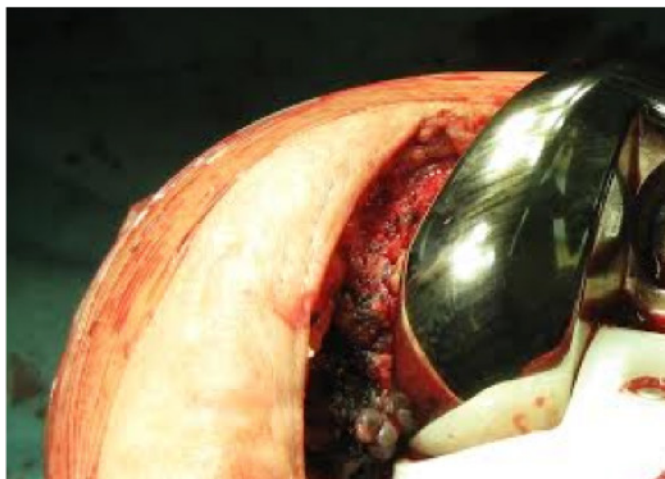


Figura 4 – Aspecto final após sinovectomia alargada e aplicação de prótese de revisão.

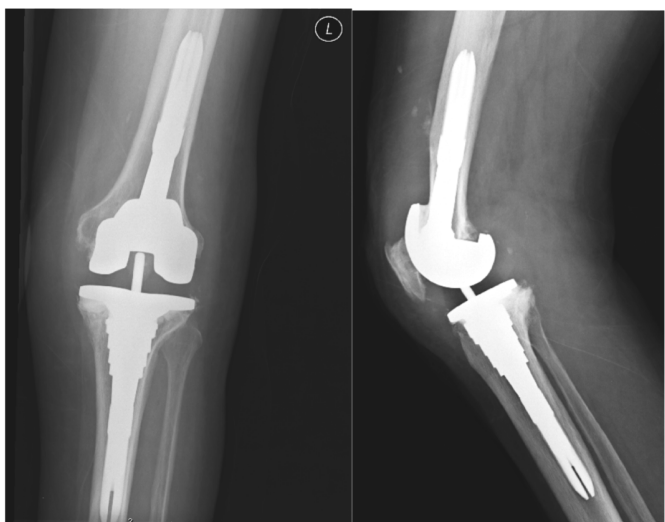


Figura 5 – Caso 1: Radiografia aos 3 meses de pós-operatório. Prótese de revisão com hastes longas femoral e tibial e sleeve tibial.

que além de confirmar o descolamento protético e fratura do *insert* de polietileno, mostrou uma coloração negra pela quase totalidade da membrana sinovial, compatível com metalose extensa (Figura 3). Estava também presente perda óssea acentuada a nível do fémur distal e não estavam presentes sinais macroscópicos de infeção. Após remoção dos componentes femoral e tibial, lavagem e limpeza extensa da sinovial, foi aplicada uma artroplastia de revisão com hastes longas femoral e tibial e sleeve tibial (Figura 4). De acordo com o protocolo, foram colhidos 4 fragmentos de sinovial, cuja análise histológica identificou reação inflamatória crónica histiocitária gigante-celular a material estranho pigmentado, compatível com metalose. No líquido

enviado para análise microbiológica não foram detetados leucócitos ou microorganismos ao exame direto e o exame cultural foi negativo.

O segundo caso é um homem de 74 anos (Figuras 6-10), com artroplastia total do joelho bilateral (*Natural-Knee II®*, *insert Prolong®*), a direita aplicada há 9 anos e a esquerda há 8 anos. Desde há cerca de 2 anos iniciou gonalgia mista e sensação de instabilidade progressivas do joelho (Knee Society Score=66). Apresentou-se à semelhança do caso anterior sempre apirético, sem derrame intra-articular ou quaisquer sinais inflamatórios do joelho. Ao exame objetivo, o joelho apresentava limitação e dor em flexão, sem alterações evidentes à inspeção. Analiticamente não apresentava sinais suspeitos de infeção. A radiografia do joelho mostrou sinais de descolamento do componente femoral, sem osteólise relevante a nível tibial (Figura 7). Foi submetido a cirurgia de revisão, que além de confirmar o descolamento protético, mostrou também fratura e desgaste acentuado e deformação do *insert* de polietileno a nível medial e sinovite exuberante com coloração negra, compatível com metalose extensa (Figura 8). Estava também presente perda óssea acentuada a nível do fémur distal (Figura 8). Não estavam presentes sinais macroscópicos de infeção. Após remoção dos componentes femoral e tibial, lavagem e limpeza extensa da sinovial, foi aplicada uma artroplastia de revisão com hastes longas e sleeves femoral e tibial. A análise histológica identificou sinais de sinovite crónica exuberante, com presença predominante de linfócitos e macrófagos, bem como inúmeros granulomas com células gigantes multinucleadas do tipo corpo estranho e abundantes depósitos de pigmento de cor negra, alguns grosseiros outros em pó. O líquido enviado para análise microbiológica foi inocente, admitindo-se o diagnóstico final de sinovite crónica por metalose.

Em ambos os casos, o pós-operatório e a reabilitação decorreram sem intercorrências e aos 3 meses de pós-operatório, os doentes apresentavam-se sem dores e com marcha autónoma sem apoios (Knee Society Score = 90 no primeiro caso e 95 no segundo caso) (Figura 5; Figura 8). Após 1 ano, ambos os doentes apresentam-se com um joelho estável e indolor, sem complicações.



Figura 6 – Caso 2: Aspeto normal do joelho à inspeção.

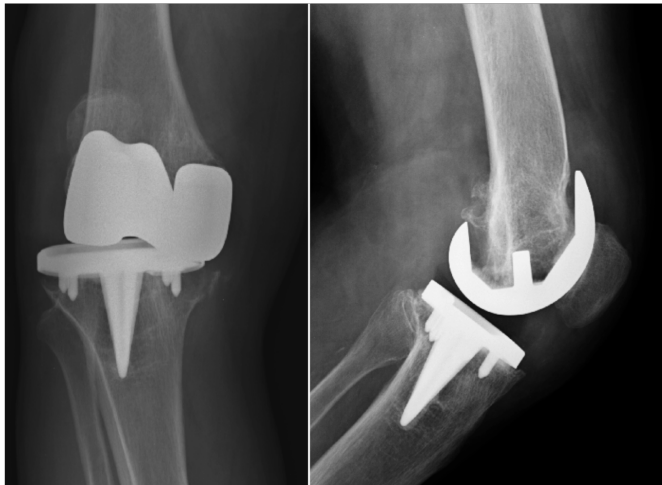


Figura 7 – Caso 2: Radiografia a demonstrar descolamento do componente femoral.

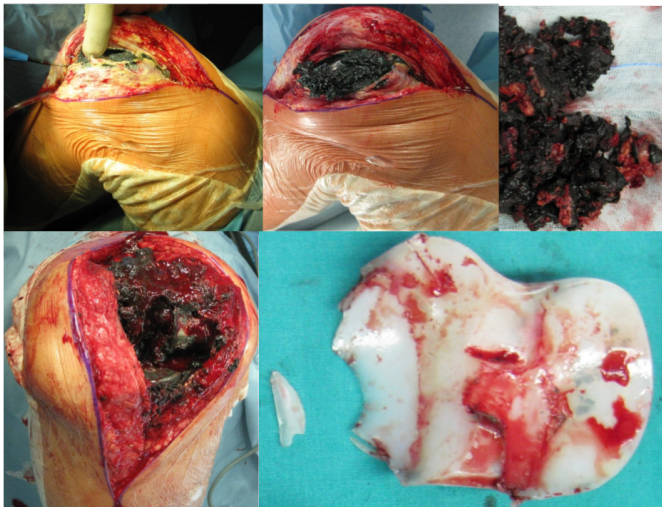


Figura 8 - Caso 2: Extensa sinovite e metalose peri-protética. Desgaste e fratura do insert de polietileno.

DISCUSSÃO

A metalose corresponde à deposição e infiltração de iões e partículas metálicas devido à sua fagocitose por macrófagos e formação de células gigantes nos tecidos circundantes periprotéticos, provocando-

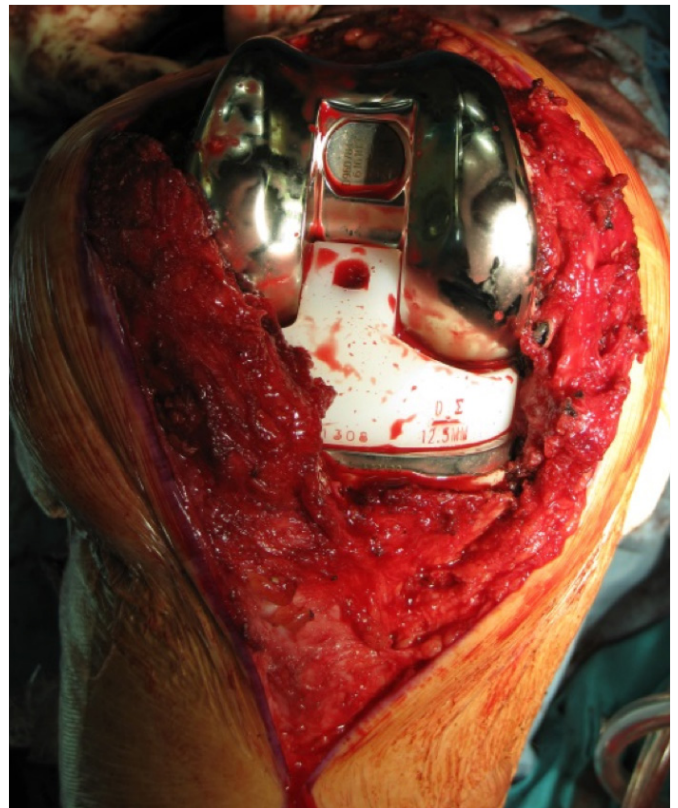


Figura 9 – Caso 2: Aspeto final após sinovectomia alargada e aplicação de prótese de revisão.

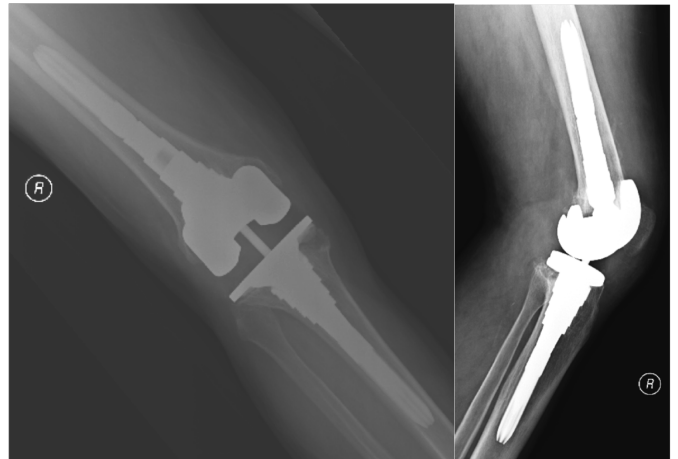


Figura 10 – Caso 2: Radiografia aos 3 meses de pós-operatório. Prótese de revisão com sleeves e hastes longas femoral e tibial.

lhês uma coloração metálica. A sinovite reativa ao metal é uma reação de corpo estranho e caracteriza-se por inflamação crónica local persistente do joelho, que provoca destruição tecidual e osteólise progressivas, culminando no descolamento e falência do implante^{6,10,11,12}. Ao contrário da artroplastia da anca que contém uma massa considerável de

tecidos moles envolventes e é profunda, o joelho é uma articulação superficial e como tal pode ser visível à inspeção uma descoloração acinzentada dos tecidos periprotéticos que permite suspeitar de metalose, como se verifica no primeiro caso apresentado (Figura 1). A metalose deve ser incluída nos diagnósticos diferenciais quando se verifica descoloração metálica dos tecidos circundantes de uma artroplastia do joelho⁹.

A apresentação clínica da metalose é variável e constitui frequentemente um desafio diagnóstico. Apesar destas reações poderem ser silenciosas, o quadro clínico mais frequente são sintomas de dor, limitação funcional e instabilidade protética, podendo também estar presentes derrame articular e pseudotumores¹². A disseminação das partículas sistémicas pelo organismo pode também conduzir à formação de granulomas extra-articulares e outros sintomas sistémicos^{6,11,13}. A apresentação clínica pode mesmo ser semelhante à de um descolamento protético séptico, que é o principal diagnóstico diferencial^{14,15}. O diagnóstico é de exclusão, após afastar origem infecciosa e outras causas de dor, sendo a confirmação feita por análise histológica. Alguns autores referem também sinais radiológicos patognomónicos de metalose, que incluem o “sinal da bolha”, “sinal de nuvem” e o “sinal da linha metálica”⁶.

Na artroplastia do joelho, a interface articular mais frequente ocorre entre o componente femoral metálico e o *insert* de polietileno tibial, que o separa do componente tibial metálico. A ausência de uma interface metal-metal nas artroplastias do joelho explica a raridade dos fenómenos de metalose⁵. Estas reações foram mais associadas à aplicação de componentes patelares revestidos a metal (*metal-backed*), em que o desgaste precoce ou a dissociação do seu polietileno provocavam libertação de partículas e contacto metal-metal anormal entre a placa metálica do componente patelar e o componente femoral^{16,17}. Por este motivo e pela elevada taxa de falência do polietileno patelar, estes componentes são atualmente aplicados com menos frequência^{6,18,19}.

A metalose em artroplastias totais do joelho sem componentes patelares revestidos a metal é rara, desconhecendo-se no entanto a sua verdadeira incidência^{15,20}. A libertação de partículas metálicas

pode também ocorrer por contacto metal-metal anormal entre os componentes metálicos femoral e tibial em situações de desgaste em toda a espessura, fratura ou dissociação do *insert* de polietileno ou em casos de fratura periprotética. Além disso, a artroplastia do joelho apresenta superfícies metálicas de grande dimensão, o que favorece o seu contacto entre si e também a sua corrosão, com consequente libertação de iões e partículas.⁸ A natureza viscoelástica do polietileno permite que este seja passível de ser comprimido e se adapte progressivamente à superfície dos componentes metálicos, podendo em alguns casos sofrer desgaste e mesmo fratura ao longo do tempo.⁸ Os fatores mais importantes que contribuem para o desgaste do polietileno são o nível funcional de atividade, o peso corporal do doente, o tipo de articulação protética (estabilizada ou não) e a congruência articular entre componentes, o tipo de implante, o alinhamento e equilíbrio dinâmico da artroplastia e a estabilidade, qualidade, espessura e método de esterilização do *insert* de polietileno^{17,21,22,23,24,25}. Foi também demonstrado que a lubrificação da articulação protética tem um efeito significativo na diminuição do atrito entre superfícies articulares, nomeadamente de polietileno. O mecanismo parece ser a criação de biofilmes proteicos semissólidos sobre as superfícies articulares, que evitam o contacto direto entre superfícies articulares sólidas, protegendo-as do desgaste²⁶. Hirakawa H et al.²² demonstraram no seu estudo que os *inserts* de polietileno com menor espessura apresentavam delaminação e desgaste mais acentuados da sua superfície em relação aos com espessura superior.

Em suma, o desgaste, atrito, libertação de partículas, metalose, osteólise e descolamento protético constituem um ciclo vicioso de falência articular protética^{10,27,28}. A estrutura do *insert* de polietileno, que deve ser resistente e com espessura adequada, e a técnica cirúrgica de alinhamento articular e equilíbrio ligamentar corretos são fundamentais para evitar falência prematura do *insert* de polietileno^{22,28}. Os dois casos apresentados representam situações menos frequentes de falência do *insert* de polietileno, em que se verificou desgaste acentuado e fratura do polietileno, que alteraram a biomecânica protética e condicionaram contacto anormal entre os componentes metálicos femoral e tibial. O polietileno

aplicado em ambos os casos (*Prolong*^{®29}) é de alto peso molecular (*UHMW - Ultra high molecular weight*) e tem estrutura altamente reticulada (*Highly cross-linked*). Vários estudos têm demonstrado que este polietileno tem índices inferiores de desgaste e de oxidação em comparação com o polietileno convencional^{30,31,32,33,34,35}. Apesar disto, apresentamos dois casos em que este polietileno de elevada resistência ao desgaste sofreu falência, o que conduziu a destruição importante da neo-articulação. Fatores como o nível de solicitação protética e prováveis alterações ao nível do alinhamento e do equilíbrio dinâmico e estabilidade da artroplastia poderão ter contribuído para a falência precoce do polietileno nos casos apresentados. A visualização intraoperatória da coloração negra difusa por toda a sinovial e a ausência de sinais de infeção permitiu suspeitar de metalose como causa de descolamento assético da artroplastia, hipótese que foi confirmada por exame histológico. A revisão da artroplastia e substituição dos componentes permitiu excelentes resultados funcionais a curto prazo. A sinovectomia e revisão cirúrgica de doentes com metalose periprotética devem ser efetuadas o mais precocemente possível, de modo a evitar osteólise e perda de capital ósseo progressivos^{12,18,22}.

CONCLUSÃO

A metalose nas artroplastias do joelho é motivo de preocupação, havendo crescente número de casos relatados na literatura. A sua verdadeira prevalência é desconhecida e o seu diagnóstico continua a ser de exclusão e realizado no ato cirúrgico, após afastamento de causa infecciosa. Os fatores que contribuem para o desgaste precoce do *insert* de polietileno na prótese do joelho, cuja falência pode determinar contacto anormal entre superfícies metálicas, são complexos e incluem o nível funcional, o peso corporal, grau de solicitação protética, alinhamento e equilíbrio dinâmico cirúrgico da artroplastia e a qualidade, espessura e estabilidade do *insert* de polietileno. Apresentamos neste artigo dois casos raros de falência do *insert* de polietileno que conduziu a destruição catastrófica da neo-articulação potenciada por contacto metal-metal e metalose. Um seguimento a longo prazo dos doentes submetidos a artroplastia total do joelho

é fundamental para deteção precoce de desgaste oculto do polietileno e descolamento protético. O diagnóstico e cirurgia de revisão precoces são essenciais para alívio sintomático e prevenção de destruição progressiva da neo-articulação. O estudo das causas e mecanismos de desgaste precoce dos componentes protéticos é fundamental para o desenvolvimento de medidas preventivas que reduzam a incidência de metalose e falência das artroplastias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ethgen O, Bruyere O, Richey F, Dardennes C, Reginster JY. Health-related quality of life in total hip and total knee arthroplasty. A qualitative and systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A:963–974.
2. Healy WL, Della Valle C, Iorio R, Berend KR, Cushner FD, Dalury DF, et al. Complications of total knee arthroplasty: standardized list and definitions of the Knee Society. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(1):215–20.
3. Labek G, Thaler M, Janda W, Agreiter M, Stockl B. Revision rates after total joint replacement: cumulative results from worldwide joint register datasets. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93:293–297.
4. Amstutz HC, Campbell P, Kossovsky N, Clarke IC. Mechanism and clinical significance of wear debris-induced osteolysis. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;276:7–18.
5. Willis-Owen CA, Keene GC, Oakeshott RD. Early metallosis-related failure after total knee replacement: a report of 15 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93:205–209.
6. Jason WR, Paul LW, Candace HS. Metallosis and Metal-Induced Synovitis Following Total Knee Arthroplasty: Review of Radiographic and CT Findings; *J Radiol Case Rep.* 2010; 4(9): 7–17
7. Khan RJ, Wimhurst J, Foroughi S, Toms A. The natural history of metallosis from catastrophic failure of a polyethylene liner in a total hip. *J Arthroplasty.* 2009 Oct;24(7):1144.
8. Kretzer JP, et al. Wear in Total Knee Arthroplasty—just a Question of Polyethylene?: Metal Ion Release in Total Knee Arthroplasty. *Int Orthop.* 2014 Feb; 38(2): 335–340.
9. Narlaka Jayasekera, et al. Apparent Skin Discoloration about the Knee Joint: A Rare Sequela of Metallosis after Total Knee Replacement. *Case Reports in Orthopedics* 2015 (2015): 891904.
10. Hallab NJ, Vermes C, Messina C, Roebuck KA, Glant TT, Jacobs JJ. Concentration- and composition-dependent effects of metal ions on human MG-63 osteoblasts. *J Biomed Mater Res.* 2002;60:420–433.
11. Bullough PG. Metallosis. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(5):687–688.
12. Chang JD, Lee SS, Hur M, Seo EM, Chung YK, Lee CJ. Revision total hip arthroplasty in hip joints with metallosis: a single-center experience with 31 cases. *J Arthroplasty.* 2005 Aug;20(5):568-73.
13. Tan GM, Lynne G, Sarbjit S. Osteolysis and wear debris after total knee arthroplasty presenting with extra-articular metallosis in the calf. *J Arthroplasty.* 2008;23(5):775–780.
14. Huo MH, Romness DW, Huo SM. Metallosis mimicking infection in a cemented total knee replacement. *Orthopedics.* 1997;20(5):466–470.
15. Helito CP, Buarque de Gusmão CV, Angelini FJ, Tirico LE, Pécora JR. Severe metallosis following total knee arthroplasty: a case report and review of radiographic signs. *Skeletal Radiol.* 2014 Aug;43(8):1169-73.
16. Bayley JC, Scott RD, Ewald FC, Holmes GB Jr; Failure of the metal-backed patellar component after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 1988 Jun; 70(5):668-74.
17. Ayers DC; Polyethylene wear and osteolysis following total knee replacement. *Instr Course Lect.* 1997;46:205-13.
18. Rader CP, Löhr J, Wittmann R, Eulert J; Results of total knee arthroplasty with a metal-backed patellar component. A 6-year follow-up study. *J Arthroplasty.* 1996 Dec; 11(8):923-30.
19. Chew FS, Ramsdell MG, Keel SB; Metallosis after total knee replacement. *AJR Am J Roentgenol.* 1998 Jun; 170(6):1556.
20. Schiavone Panni A, Vasso M, Cerciello S, Maccauro G. Metallosis following knee arthroplasty: a histological and immunohistochemical study. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2011 Jul-Sep;24(3):711-9.
21. Schmalzried TP, Callaghan JJ; Wear in total hip and knee replacements. *J Bone Joint Surg Am.* 1999 Jan; 81(1):115-36.
22. Hirakawa K, Bauer TW, Yamaguchi M, Stulberg BN, Wilde AH; Relationship between wear debris particles and polyethylene surface damage in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1999 Feb; 14(2):165-71.
23. Griffin WL, Fehring TK, Pomeroy DL, Gruen TA, Murphy JA. Sterilization and wear-related failure in first- and second-generation press-fit condylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 Nov;464:16-20.
24. Fehring TK, Murphy JA, Hayes TD, Roberts DW, Pomeroy DL, Griffin WL. Factors influencing wear and osteolysis in press-fit condylar modular total

- knee replacements. *Clin Orthop Relat Res.* 2004 Nov;(428):40-50.
25. Collier JP, Sperling DK, Currier JH, Sutula LC, Saum KA, Mayor MB. Impact of gamma sterilization on clinical performance of polyethylene in the knee. *J Arthroplasty.* 1996 Jun;11(4):377-89.
26. Scholes SC, Unsworth A. The effects of proteins on the friction and lubrication of artificial joints. *Proc InstMechEng [H]* 2006;220:687-693.
27. Mavrogenis AF, Nomikos GN, Sakellariou VI, Karaliotas GI, Kontovazenis P, Papagelopoulos PJ. Wear debris pseudotumor following total knee arthroplasty: a case report. *J Med Case Rep.* 2009 Nov 29;3:9304.
28. Jacobs JJ, Shanbhag A, Glant TT, Black J, Galante JO; Wear Debris in Total Joint Replacements. *J Am Acad Orthop Surg.* 1994 Jul; 2(4):212-220.
29. Zimmer.com. Prolong® Highly Crosslinked Polyethylene, ©2005 Zimmer, Inc. Available from: <http://www.zimmer.com/medical-professionals/our-science/knee/prolong-highly-crosslinked-poly.html>
30. Brach Del Prever EM, Bistolfi A, Bracco P, Costa L. UHMWPE for arthroplasty: past or future? *J Orthop Traumatol.* 2009 Mar; 10(1): 1-8.
31. Blunn G, Brach del Preva EM, Costa L, Fisher J, Freeman MA. Ultra high molecular-weight polyethylene (UHMWPE) in total knee replacement: fabrication, sterilisation and wear. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84:946-949.
32. Yao JQ, Gsell R, Laurent MP, Gilbertson LN, Swarts D, Blanchard CR, et al. Improved delamination resistance of melt-annealed electron-beam irradiated highly crosslinked UHMWPE knee inserts. *Society for Biomaterials 28th Annual Meeting Transactions*, 60, 2002.
33. Laurent MP, et al.: High cycle wear of highly crosslinked UHMWPE tibial articular surfaces evaluated in a knee wear simulator. *Soc. Of Biomaterials 28th Annual Mtg Transactions*, 712, 2002.
34. Yao JQ, Laurent MP, Johnson TS, Mimnaugh K, Blakemore D, et al.: Backside wear of conventional and high crosslinked UHMWPE tibial inserts as tested in knee wear simulator. *Society for Biomaterials 29th Annual Meeting Transactions*, 609, 2003.
35. Gsell R, Yao JQ, Laurent MP, Crowninshield RD: Improved oxidation resistance of highly crosslinked UHMWPE for total knee arthroplasty. *Society for Biomaterials 27th Annual Meeting Transactions*, 84, 2001.