

## Grupo de trabajo 12

## Recambio en uno o dos tiempos

Coordinador:

Paul Lichstein

Directores:

Thorsten Gehrke (Internacional), Adolph Lombardi (US),  
Carlo Romano (Internacional), Ian Stockley (Internacional)

Delegados:

George Babis, Jerzy Bialecki, László Bucsi, Xu Cai, Li Cao, Brian de Beaubien,  
Johannes Erhardt, Stuart Goodman, William Jiranek, Peter Keogh, David Lewallen,  
Paul Manner, Wojciech Marczyński, J Bohannon Mason,  
Kevin Mulhall, Wayne Paprosky, Preetesh Patel, Francisco Piccaluga,  
Gregory Polkowski, Luis Pulido, Ian Stockley, Juan Suárez,  
Fritz Thorey, Rashid Tikhilov, Job Diego Velázquez, Heinz Winkler

La artroplastía de recambio por infección, ya sea en uno o dos tiempos, no es para un cirujano inexperto. La morbilidad y mortalidad asociadas a este tipo de cirugía no deben ser ignoradas. Es esencial que en su realización participen médicos con un interés particular en infecciones. El trabajo en un equipo multidisciplinario con microbiólogos, infectólogos, anestesiólogos intensivistas, cirujanos plásticos y cirujanos ortopédicos es fundamental para el éxito de la cirugía.

#### Pregunta 1: ¿Cuáles son las indicaciones y contraindicaciones para el recambio protésico en un tiempo?

**Consenso:** Una artroplastía de recambio protésico en un tiempo es una opción razonable para el tratamiento de la infección articular periprotésica (IAP) en circunstancias donde los antibióticos disponibles son eficaces, pero no en aquellos pacientes con manifestaciones sistémicas de infección (sepsis), en quienes una artroplastía de resección y la reducción de la carga microbiológica pueden ser necesarias. Las contraindicaciones relativas para la realización de un recambio en un tiempo pueden incluir la falta de identificación del microorganismo antes de la operación, la presencia de una fístula o la afectación grave de partes blandas, que pueden requerir un colgajo para cubrir la herida.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 78%; en desacuerdo, 17%; abstenciones, 5%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** En la actualidad no existen ensayos clínicos aleatorizados (ECA) que proporcionen indicaciones o contraindicaciones concretas para una artroplastía de recambio en un tiempo sobre la de dos. Hay pocos datos que respalden el uso del recambio en un tiempo, a excepción de la artroplastía total de cadera (ATC), de los cementos sin antibiótico o de los injertos óseos.<sup>1-10</sup>

La presencia de infección sistémica con sepsis es una contraindicación absoluta. En los escenarios clínicos que involucran a un paciente con descompensación aguda e infección de la articulación periprotésica (IAP) que pudiera ser un foco probable de sepsis, son esenciales la administración oportuna y adecuada de antibióticos de amplio espectro y la eliminación rápida de todos los implantes con desbridamiento exhaustivo. La reimplantación de una prótesis debe retrasarse hasta que hayan sido completadas la estabilización adecuada del paciente y la erradicación del microorganismo causal.<sup>4,7,10-18</sup>

Aunque hay reportes sobre una alta efectividad de recambios de un solo tiempo en pacientes con IAP que involucran microorganismos resistentes y/o con fístula, en general estos casos deben ser tratados con recambios protésicos en dos tiempos, ya que la presencia de una fístula puede contaminar los cultivos preoperatorios e impedir la identificación del agente causal. En el caso de cultivos negativos en pacientes con IAP, la artroplastía de recambio en un tiempo también puede estar contraindicada.<sup>4,7,10,11,14,16-33</sup>

Cuando se lleva a cabo una artroplastía de revisión en un tiempo, es esencial que haya tejidos blandos viables que ofrezcan una cobertura adecuada para la nueva prótesis y que se cuente con cirujanos capaces de implementar colgajos en el momento de realizar la cirugía. Si la cobertura

con tejidos blandos no se puede realizar en el momento de la artroplastía de recambio, debe considerarse la artroplastía en dos tiempos.<sup>7,17,18</sup>

## Pregunta 2: ¿Cuáles son las indicaciones para la artroplastía de recambio en dos tiempos?

**Consenso:** La artroplastía de recambio en dos tiempos es una opción razonable para el tratamiento de una infección articular periprotésica. Las condiciones específicas donde un recambio en dos tiempos puede estar indicado son: 1) en pacientes con manifestaciones sistémicas de infección (sepsis), 2) ante la sospecha clínica de infección, pero sin detección del agente causal, 3) en cultivos positivos a microorganismos resistentes a los antibióticos y difíciles de tratar, 4) ante la presencia de una fístula y 5) ante la existencia de tejidos blandos no viables o con cobertura inadecuada.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 93%; en desacuerdo, 7%; abstenciones, 0%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** En la actualidad, el recambio protésico en dos tiempos es el procedimiento quirúrgico más popular para el tratamiento de la IAP en América del Norte y otros países. Sin embargo, hasta la fecha no existe ningún ensayo clínico aleatorizado que proporcione las indicaciones o contraindicaciones absolutas para el recambio protésico en dos tiempos.<sup>4,7,17,18</sup>

Aunque los índices de éxito publicados en la erradicación de infección son variables, es posible que haya una morbilidad y mortalidad crecientes en tiempos variables antes del reimplante. En los estudios publicados,<sup>7,9,17,34</sup> la comparación directa contra las artroplastías de recambio en un tiempo es difícil, debido a un sesgo en la selección de pacientes. Sin embargo, en una revisión sistemática reciente, Romano y colaboradores demostraron que un recambio en dos tiempos proporciona, en promedio, un mejor resultado con respecto al control de la infección en la rodilla.<sup>35</sup> El mismo grupo ha presentado recientemente resultados similares para la cadera, con la diferencia de que el control de la infección es menor.<sup>36</sup>

Una infección sistémica y/o sepsis son indicaciones para el recambio en dos tiempos. En estos casos hace falta la administración oportuna de antibióticos adecuados y el retiro de los implantes protésicos con desbridamiento exhaustivo de los tejidos blandos para combatir las secuelas mortales de una IAP.

Se ha demostrado que la inmunodepresión o comorbilidades que incluyen las enfermedades metastásicas, cardíacas y renales avanzadas y/o insuficiencia hepática tienen un impacto negativo en las tasas de éxito de la erradicación de la infección y también influyen en la morbilidad y mortalidad. No se sabe si la presencia de estas comorbilidades constituye una contraindicación para la artroplastía de recambio en un tiempo.<sup>7,14,17,18,32,34</sup>

Ante la presencia de tejidos blandos comprometidos que dificulten la cobertura del implante, está indicada una artroplastía de recambio en dos tiempos. Podrían necesitarse

el uso de dilatadores de tejido, la preparación de colgajos musculocutáneos y repetir el desbridamiento, por lo que se requiere más tiempo entre la resección inicial y la recolocación de nuevos implantes.<sup>7,17,18,32</sup>

## Pregunta 3: ¿Cuál es el intervalo óptimo entre las dos etapas?

**Consenso:** No hay evidencia definitiva en la literatura para definir el intervalo óptimo entre los dos tiempos de recambio. Los reportes varían desde dos semanas hasta varios meses.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 87%; en desacuerdo, 9%; abstenciones, 4%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** Debe haber tiempo suficiente para completar el tratamiento con antibióticos, erradicar la infección, repetir el desbridamiento –si es necesario– y permitir la preparación adecuada de tejidos blandos cuando se encontraran dañados e hicieran difícil la cobertura de los implantes.

Se han documentado resultados positivos cuando la reimplantación se lleva a cabo entre las dos a seis semanas después del retiro, el agente causal no es resistente y se administran antibióticos sistémicos.<sup>7,18</sup>

La terapia con antibióticos intravenosos (IV) con una duración de cuatro a seis semanas, con la suspensión de los mismos entre dos a ocho semanas antes de la reimplantación se emplea más comúnmente en los Estados Unidos y ha dado resultados esperanzadores.<sup>7,37-40</sup>

Ciertas evidencias sugieren que en intervalos mayores de seis meses hay resultados no satisfactorios en la restauración funcional del paciente y en la erradicación de la infección. Los pacientes que se sometieron a recambio en dos tiempos con más de seis meses entre la resección y la reimplantación no experimentaron mejoría de la función, en comparación con los que se reimplantaron dentro de un intervalo menor a seis meses.<sup>41</sup>

No está bien definida la necesidad de una evaluación serológica, del análisis del líquido sinovial y de los cultivos por aspiración del líquido articular antes de la reimplantación. La velocidad de sedimentación globular (VSG) y la proteína C reactiva (PCR) no son suficientes para predecir la persistencia o no de una IAP y los estudios publicados no han sido capaces de definir los valores óptimos de corte para VSG y PCR. Sin embargo, son indicadores útiles los cambios en el tiempo en la evolución de estos exámenes con respecto del momento en que se efectuó la resección.<sup>17,42-45</sup>

## Pregunta 4: ¿Existen diferencias en costos entre el recambio en un tiempo y en dos tiempos?

**Consenso:** Debido a la falta de conocimiento acerca de los costos reales y la ausencia de estudios comparativos, no somos capaces de dar una respuesta clara. Sin embargo, si la infección se trata con eficacia sin la necesidad de reintervenir, la artroplastía de recambio en un tiempo es menos costosa que la de dos tiempos. Se requieren estudios futuros adicionales.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 91%; en desacuerdo, 5%; abstenciones, 4%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** El impacto económico de la IAP es inmenso; por lo tanto, son esenciales el desarrollo y la utilización de estrategias de tratamiento quirúrgico rentables y eficientes que proporcionen la adecuada rehabilitación de la función, la resolución del dolor y la protección de las recurrencias.<sup>46-48</sup>

Las diferencias de costo entre las artroplastías de recambio en un tiempo y las de dos tiempos no son fáciles de analizar. Los costes pueden variar debido a factores asociados con la infraestructura hospitalaria, el tipo de pacientes, la conducta de los cirujanos y el tipo de microorganismo causante de la infección. No hay evidencias definitivas que tengan en cuenta todos estos factores, que son los que contribuyen al gasto general.<sup>4,46,47,49-51</sup>

El costo monetario directo del tratamiento de IAP utilizando un recambio en un tiempo en comparación con el de dos tiempos es muy variable. Sin embargo, se puede aceptar que la morbilidad del paciente, el tiempo quirúrgico, la utilización de la sala de operaciones, los gastos del hospital y del cirujano y la duración de la administración de antibióticos son menores cuando el individuo se somete a un solo procedimiento, en comparación con dos procedimientos mayores.<sup>4,7,46,49-51</sup> Un análisis de costo realizado por Klouche y su grupo reveló que la artroplastía de revisión en dos tiempos cuesta 1.7 veces más que la de un solo tiempo.<sup>52</sup>

Si los resultados de la artroplastía de revisión en uno o dos tiempos fueran comparables, se podría preferir la de un tiempo, debido a las ventajas en cuanto a la disminución de la morbilidad del paciente, el menor costo, la mejor estabilidad mecánica de la extremidad afectada y el período más corto de la discapacidad.<sup>30-53</sup>

Las tasas de reinfección pueden ser mayores cuando se emplea una artroplastía de recambio en un tiempo, comparadas con la de dos tiempos. Sin embargo, en un análisis de la calidad de vida ajustada por año tomando en cuenta el costo de las pruebas de diagnóstico adicionales, la evaluación clínica y la posibilidad de reintervención, se destaca la eficacia de un solo tiempo de revisión.<sup>54</sup> Un análisis de Markov de utilidad esperada realizado por Wolf y asociados favorece el recambio en un tiempo cuando se tienen en cuenta los criterios de valoración de salud y de la calidad de vida ajustada por años.<sup>54</sup> La IAP asociada con *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM) ha convertido en difícil y costosa la erradicación eficaz de la infección y también se asocia con un mayor gasto. Algunas autoridades creen que el recambio en dos tiempos puede ser el tratamiento de elección para la IAP causada por microorganismos altamente virulentos, por lo que puede influir en la disminución total de los costos.<sup>31,55,56</sup>

#### Pregunta 5: ¿Cuántos recambios se deben realizar en los pacientes con infección articular periprotésica?

**Consenso:** No hay evidencias definitivas que apoyen o limiten el número de recambios sépticos que se deban in-

tentar. La reimplantación se considera apropiada si la infección se controla adecuadamente después de la resección, si el paciente es capaz de tolerar la cirugía adicional y si dicha cirugía permitirá un funcionamiento articular óptimo con cobertura adecuada de tejidos blandos.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 98%; en desacuerdo, 2%; abstenciones, 0%. (Consensus fuerte.)

**Justificación:** Los factores clave para considerar un recambio en dos tiempos son: el agente causal, la duración y la extensión de la infección, la voluntad y el estado clínico del paciente para someterse a la cirugía, la reserva ósea adecuada y la presencia de tejidos blandos capaces de facilitar la adecuada reconstrucción.

La reimplantación es factible si la infección se controla adecuadamente después de la resección.<sup>17,31,55,57,58</sup>

La tasa de éxito del recambio en dos tiempos suele ser favorable, pero puede ser menor que con el primer intento.<sup>3,7,17,57-63</sup>

Los pacientes con IAP causadas por microorganismos resistentes como el *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM) y los enterococos experimentaron mayores tasas de cirugías de rescate (resección definitiva, artrodesis o amputación), por lo que los enfermos con esta condición deben ser alertados acerca de los posibles malos resultados futuros.<sup>1,23,25</sup>

El involucro de la tuberosidad tibial puede ser un indicador de un posible fracaso funcional en el recambio en dos tiempos en la rodilla. Puede requerirse una artrodesis en el caso de compromiso severo del aparato extensor.<sup>28</sup>

#### Pregunta 6: ¿Cuáles son las indicaciones para una artrodesis de rodilla?

**Consenso:** Hay pocos datos reportados en la literatura para establecer los criterios. La artrodesis de rodilla puede ser una opción adecuada para los pacientes que han tenido varios intentos fallidos de reconstrucción y en quienes existe un riesgo inaceptablemente alto de recurrencias de la infección, así como en los que han sufrido artroplastías de repetición y/o tienen un mecanismo extensor deficiente. Para la elección entre artrodesis y amputación debe valorarse la situación clínica del paciente y su propia decisión.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 96%; en desacuerdo, 1%; abstenciones, 3%. (Consensus fuerte.)

**Justificación:** El dolor y la inestabilidad en la articulación que no es candidata a una reconstrucción, con o sin artroplastía de recambio fallida previa, conlleva un riesgo inaceptablemente alto de recurrencia de la infección con una nueva artroplastía y probablemente requerirá una artrodesis de la rodilla.<sup>7,9,18,25,43,55,56,59,60,64,65</sup>

Los pacientes con infecciones polimicrobianas u ocasionadas por microorganismos altamente resistentes para las cuales no existe una terapia antimicrobiana efectiva son más propensos a padecer intentos fallidos de recambios protésicos y, por lo tanto, pueden beneficiarse de una artrodesis de rodilla.<sup>2,7,18,25,56,66</sup>

El compromiso inmunológico severo inhibe tanto la erradicación de la infección como la cicatrización de las heridas, de tal forma que en estos pacientes puede estar contraindicado un recambio y se favorece una cirugía de rescate.<sup>7,17,18</sup>

El abuso de drogas intravenosas puede ser una contraindicación para intentar un recambio en varios tiempos. En estos casos también puede estar indicada la necesidad de una cirugía de rescate.<sup>7</sup>

Las contraindicaciones podrían también aplicarse a los pacientes que no deambulan o con comorbilidades que impidan múltiples cirugías.<sup>2,7,17,18</sup>

### Pregunta 7: Si se planea una artrodesis de rodilla por una infección crónica, ¿se debe realizar en uno o en dos tiempos?

**Consenso:** La artrodesis de rodilla puede realizarse en uno o en dos tiempos, pero la decisión depende de las circunstancias individuales y los factores del huésped.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 94%; en desacuerdo, 3%; abstenciones, 3%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** El desbridamiento quirúrgico de los tejidos infectados es un factor crítico para el éxito de los procedimientos quirúrgicos en el tratamiento de la IAP, en particular para la artrodesis de rodilla. Por lo tanto, ante la incapacidad para llevar a cabo el desbridamiento adecuado en una sola intervención, el cirujano debe considerar la artrodesis en dos tiempos.

Al considerar la artrodesis de rodilla en uno o dos tiempos, también deben tomarse en cuenta otros factores. Se ha demostrado que la pérdida de hueso asociada con una infección crónica disminuye la tasa de éxito de la artrodesis y un procedimiento en dos tiempos puede permitir un tratamiento integral de los defectos después de un desbridamiento agresivo.<sup>2,65,67-70</sup> La reinfección es infrecuente después de una artrodesis de rodilla; sin embargo, las infecciones polimicrobianas o por microorganismos resistentes tienen una mayor propensión a la recurrencia y al fracaso cuando son tratadas con un protocolo de artroplastía de recambio en un solo tiempo.<sup>2,4,7,11-18,40,71,72,73,74</sup> La erradicación de la infección antes de la artrodesis proporciona tasas de consolidación más altas y permite el uso de enclavamiento intramedular o de placas.<sup>2,73,75-80</sup>

La artrodesis en un solo tiempo utilizando un fijador externo es exitosa cuando se realiza en los casos de infección causada por organismos de baja virulencia y el tejido blando presenta un compromiso mínimo.<sup>2,18,25,65,78,81,82</sup>

### Pregunta 8: ¿Cuáles son las indicaciones de la amputación?

**Consenso:** La amputación para el tratamiento de la infección articular periprotésica que afecta a la rodilla o a la cadera puede ser apropiada en algunos casos que involucran a un paciente que no deambula, en fascitis necrotizante resistente al desbridamiento agresivo, ante una pérdida ósea

severa que impide la artrodesis (rodilla), ante una cobertura de tejidos blandos inadecuada, tras múltiples intentos fallidos de artroplastías de recambio o resección o ante enfermedad vascular periférica y lesión neurovascular.

**Votación de los delegados:** de acuerdo, 98%; en desacuerdo, 1%; abstenciones, 1%. (Consenso fuerte.)

**Justificación:** El rescate de una artroplastía fallida en el contexto de una infección con fascitis necrotizante, microorganismos resistentes, artrodesis fallida y pérdida de hueso es difícil y puede no responder a cualquier nuevo intento de reconstrucción.<sup>2,7,17,18,25,56,59,83,84</sup> La amputación supracondílea de rodilla tiene resultados poco funcionales y debe reservarse para los pacientes que no deambulan, a menos que estén presentes otras opciones y todos los intentos de erradicación de la infección hayan fallado.<sup>3,84,85</sup> Antes de realizar una amputación, se aconseja el envío del paciente a un centro especializado en el tratamiento de la IAP, con excepción de los casos de emergencia. Lo anterior se justifica por las altas tasas de mortalidad.<sup>45,84,85</sup> Otras indicaciones que no están directamente relacionadas con la IAP incluyen: fracturas periprotésicas, enfermedad vascular periférica, dolor intratable o neuropatías.<sup>2,84</sup>

Otra cirugía de rescate para el tratamiento de la infección en cadera es la artroplastía de resección que realizan algunos cirujanos. Aunque el resultado funcional en estos pacientes puede no ser óptimo, la artroplastía de resección puede ser muy útil en el control de la infección y permite una deambulación asistida.<sup>86</sup>

### Bibliografía

1. Casanova D, Hulard O, Zalta R, Bardot J, Magalon G: Management of wounds of exposed or infected knee prostheses. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*. 2001; 35(1): 71-77.
2. Conway JD, Mont MA, Bezwada HP: Arthrodesis of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 2004; 86-A(4): 835-848.
3. Hanssen AD, Trousdale RT, Osmon DR: Patient outcome with reinfection following reimplantation for the infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 1995; (321): 55-67.
4. Jackson WO, Schmalzried TP: Limited role of direct exchange arthroplasty in the treatment of infected total hip replacements. *Clin Orthop Relat Res*. 2000; (381): 101-105.
5. Jansen E, Sheng P, Halonen P, et al: Spacer prostheses in two-stage revision of infected knee arthroplasty. *Int Orthop*. 2006; 30(4): 257-261.
6. Nahabedian MY, Orlando JC, Delanois RE, Mont MA, Hungerford DS: Salvage procedures for complex soft tissue defects of the knee. *Clin Orthop Relat Res*. 1998; (356): 119-124.
7. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, et al: Executive summary: Diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis*. 2013; 56(1): 1-10.
8. Parkinson RW, Kay PR, Rawal A: A case for one-stage revision in infected total knee arthroplasty? *Knee*. 2011; 18(1): 1-4.
9. Senthil S, Munro JT, Pitto RP: Infection in total hip replacement: meta-analysis. *Int Orthop*. 2011; 35(2): 253-260.
10. Winkler H, Stoiber A, Kaudela K, Winter F, Menschik F: One-stage uncemented revision of infected total hip replacement using cancellous allograft bone impregnated with antibiotics. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90(12): 1580-1584.



11. Buechel FF, Femino FP, D'Alessio J: Primary exchange revision arthroplasty for infected total knee replacement: a long-term study. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2004; 33(4): 190-198.
12. Callaghan JJ, Katz RP, Johnston RC: One-stage revision surgery of the infected hip. A minimum 10-year follow-up study. *Clin Orthop Relat Res*. 1999; (369): 139-143.
13. Cordero-Ampuero J, Esteban J, García-Cimbrelo E, Munuera L, Escobar R: Low relapse with oral antibiotics and two-stage exchange for late arthroplasty infections in 40 patients after 2-9 years. *Acta Orthop*. 2007; 78(4): 511-519.
14. Engesaeter LB, Dale H, Schrama JC, Hallan G, Lie SA: Surgical procedures in the treatment of 784 infected THAs reported to the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 2011; 82(5): 530-537.
15. Goksan SB, Freeman MA: One-stage reimplantation for infected total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 1992; 74(1): 78-82.
16. Kurd MF, Ghanem E, Steinbrecher J, Parvizi J: Two-stage exchange knee arthroplasty: does resistance of the infecting organism influence the outcome? *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468(8): 2060-2066.
17. Parvizi J, Adeli B, Zmistowski B, Restrepo C, Greenwald AS: Management of periprosthetic joint infection: the current knowledge: AAOS exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94(14): e104.
18. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE: Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med*. 2004; 351(16): 1645-1654.
19. Buchholz HW, Elson RA, Engelbrecht E, Lodenkamper H, Rottger J, Siegel A: Management of deep infection of total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1981; 63-B(3): 342-353.
20. Cordero-Ampuero J, Esteban J, García-Cimbrelo E: Oral antibiotics are effective for highly resistant hip arthroplasty infections. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(9): 2335-2342.
21. Deirmengian C, Greenbaum J, Stern J, et al: Open debridement of acute gram-positive infections after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2003; (416): 129-134.
22. Huang R, Hu CC, Adeli B, Mortazavi J, Parvizi J: Culture-negative periprosthetic joint infection does not preclude infection control. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(10): 2717-2723.
23. Leung F, Richards CJ, Garbus DS, Masri BA, Duncan CP: Two-stage total hip arthroplasty: how often does it control methicillin-resistant infection? *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(4): 1009-1015.
24. Mortazavi SM, Vegari D, Ho A, Zmistowski B, Parvizi J: Two-stage exchange arthroplasty for infected total knee arthroplasty: predictors of failure. *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(11): 3049-3054.
25. Rasouli MR, Tripathi MS, Kenyon R, Wetters N, Della Valle CJ, Parvizi J: Low rate of infection control in enterococcal periprosthetic joint infections. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(10): 2708-2716.
26. Raut VV, Siney PD, Wroblewski BM: One-stage revision of infected total hip replacements with discharging sinuses. *J Bone Joint Surg Br*. 1994; 76(5): 721-724.
27. Rudelli S, Uip D, Honda E, Lima AL: One-stage revision of infected total hip arthroplasty with bone graft. *J Arthroplasty*. 2008; 23(8): 1165-1177.
28. Singer J, Merz A, Frommelt L, Fink B: High rate of infection control with one-stage revision of septic knee prostheses excluding MRSA and MRSE. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470(5): 1461-1471.
29. Ueng SW, Lee CY, Hu CC, Hsieh PH, Chang Y: What is the success of treatment of hip and knee candidal periprosthetic joint infection? *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471(9): 3002-3009.
30. Ure KJ, Amstutz HC, Nasser S, Schmalzried TP: Direct-exchange arthroplasty for the treatment of infection after total hip replacement. An average ten-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1998; 80(7): 961-968.
31. Walls RJ, Roche SJ, O'Rourke A, McCabe JP: Surgical site infection with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* after primary total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90(3): 292-298.
32. Wongworawat MD: Clinical faceoff: one- versus two-stage exchange arthroplasty for prosthetic joint infections. *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471(6): 1750-1753.
33. Yoo JJ, Kwon YS, Koo KH, Yoon KS, Kim YM, Kim HJ: One-stage cementless revision arthroplasty for infected hip replacements. *Int Orthop*. 2009; 33(5): 1195-1201.
34. Berend KR, Lombardi AV Jr, Morris MJ, Bergeson AG, Adams JB, Sneller MA: Two-stage treatment of hip periprosthetic joint infection is associated with a high rate of infection control but high mortality. *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471(2): 510-518.
35. Romano CL, Gala L, Logoluso N, Romano D, Drago L: Two-stage revision of septic knee prosthesis with articulating knee spacers yields better infection eradication rate than one-stage or two-stage revision with static spacers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20(12): 2445-2453.
36. Romano D, Drago L, Romano CL, Logoluso N: Does two-stage revision of septic hip prosthesis provides better infection eradication rate than one-stage? Paper presented at: 14th EFFORT Congress, Istanbul; 2013.
37. Brandt CM, Duffy MC, Berbari EF, Hanssen AD, Steckelberg JM, Osmon DR: *Staphylococcus aureus* prosthetic joint infection treated with prosthesis removal and delayed reimplantation arthroplasty. *Mayo Clin Proc*. 1999; 74(6): 553-558.
38. Hanssen AD, Rand JA, Osmon DR: Treatment of the infected total knee arthroplasty with insertion of another prosthesis. The effect of antibiotic-impregnated bone cement. *Clin Orthop Relat Res*. 1994; (309): 44-55.
39. Segawa H, Tsukayama DT, Kyle RF, Becker DA, Gustilo RB: Infection after total knee arthroplasty. A retrospective study of the treatment of eighty-one infections. *J Bone Joint Surg Am*. 1999; 81(10): 1434-1445.
40. Westrich GH, Walcott-Sapp S, Bornstein LJ, Bostrom MP, Windsor RE, Brause BD: Modern treatment of infected total knee arthroplasty with a 2-stage reimplantation protocol. *J Arthroplasty*. 2013; 25(7): 1015-1021.
41. Joseph J, Raman R, Macdonald DA: Time interval between first and second stage revision hip arthroplasty for infection, the effect on outcome. *J Bone Joint Surg Br*. 2003; 85-B(Suppl): 58.
42. Ghanem E, Azzam K, Seeley M, Joshi A, Parvizi J: Staged revision for knee arthroplasty infection: what is the role of serologic tests before reimplantation? *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(7): 1699-1705.
43. Kusuma SK, Ward J, Jacofsky M, Sporer SM, Della Valle CJ: What is the role of serological testing between stages of two-stage reconstruction of the infected prosthetic knee? *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469(4): 1002-1008.
44. Shukla SK, Ward JP, Jacofsky MC, Sporer SM, Paprosky WG, Della Valle CJ: Perioperative testing for persistent sepsis following resection arthroplasty of the hip for periprosthetic infection. *J Arthroplasty*. 2010; 25(Suppl 6): 87-91.
45. Springer BD, Lee GC, Osmon D, Haidukewych GJ, Hanssen AD, Jacofsky DJ: Systemic safety of high-dose antibiotic-loaded cement spacers after resection of an infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2004; (427): 47-51.
46. Bozic KJ, Ries MD: The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization. *J Bone Joint Surg Am*. 2005; 87(8): 1746-1751.
47. Parvizi J, Pawasarat IM, Azzam KA, Joshi A, Hansen EN, Bozic KJ: Periprosthetic joint infection: the economic impact of methicillin-resistant infections. *J Arthroplasty*. 2010; 25(Suppl 6): 103-107.
48. Sculco TP: The economic impact of infected total joint arthroplasty. *Instr Course Lect*. 1993; 42: 349-351.
49. Gehrke T, Kendoff D: Peri-prosthetic hip infections: in favour of one-stage. *Hip Int*. 2012; 22(Suppl 8): S40-45.
50. Kurtz SM, Lau E, Watson H, Schmier JK, Parvizi J: Economic burden of periprosthetic joint infection in the United States. *J Arthroplasty*. 2012; 27(Suppl 8): 61-65 e61.
51. Peel TN, Dowsey MM, Buising KL, Liew D, Choong PF: Cost analysis of debridement and retention for management of prosthetic joint infection. *Clin Microbiol Infect*. 2013; 19(2): 181-186.
52. Klouche S, Sariali E, Mamoudy P: Total hip arthroplasty revision due to infection: a cost analysis approach. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2010; 96(2): 124-132.
53. De Man FH, Sendi P, Zimmerli W, Maurer TB, Ochsner PE, Ilchmann T: Infectiological, functional, and radiographic outcome after revision for prosthetic hip infection according to a strict algorithm. *Acta Orthop*. 2011; 82(1): 27-34.
54. Wolf CF, Gu NY, Doctor JN, Manner PA, Leopold SS: Comparison of one and two-stage revision of total hip arthroplasty complicated by

- infection: a Markov expected-utility decision analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93(7): 631-639.
55. Filice GA, Nyman JA, Lexau C, et al: Excess costs and utilization associated with methicillin resistance for patients with *Staphylococcus aureus* infection. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2010; 31(4): 365-373.
  56. Parvizi J, Azzam K, Ghanem E, Austin MS, Rothman RH: Periprosthetic infection due to resistant staphylococci: serious problems on the horizon. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467(7): 1732-1739.
  57. Kalra KP, Lin KK, Bozic KJ, Ries MD: Repeat 2-stage revision for recurrent infection of total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2010; 25(6): 880-884.
  58. Mortazavi SM, O'Neil JT, Zmistowski B, Parvizi J, Purtill JJ: Repeat 2-stage exchange for infected total hip arthroplasty: a viable option? *J Arthroplasty.* 2012; 27(6): 923-926 e921.
  59. Azzam K, McHale K, Austin M, Purtill JJ, Parvizi J: Outcome of a second two-stage reimplantation for periprosthetic knee infection. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467(7): 1706-1714.
  60. Bejon P, Berendt A, Atkins BL, et al: Two-stage revision for prosthetic joint infection: predictors of outcome and the role of reimplantation microbiology. *J Antimicrob Chemother.* 2010; 65(3): 569-575.
  61. Kubista B, Hartzler RU, Wood CM, Osmon DR, Hanssen AD, Lewallen DG: Reinfection after two-stage revision for periprosthetic infection of total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2012; 36(1): 65-71.
  62. Maheshwari AV, Gioe TJ, Kalore NV, Cheng EY: Reinfection after prior staged reimplantation for septic total knee arthroplasty: is salvage still possible? *J Arthroplasty.* 2010; 25(Suppl 6): 92-97.
  63. Pagnano MW, Trousdale RT, Hanssen AD: Outcome after reinfection following reimplantation hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1997; (338): 192-204.
  64. Husted H, Toftgaard-Jensen T: Clinical outcome after treatment of infected primary total knee arthroplasty. *Acta Orthop Belg.* 2002; 68(5): 500-507.
  65. Rand JA, Bryan RS, Chao EY: Failed total knee arthroplasty treated by arthrodesis of the knee using the Ace-Fischer apparatus. *J Bone Joint Surg Am.* 1987; 69(1): 39-45.
  66. Knutson K, Lindstrand A, Lidgren L: Arthrodesis for failed knee arthroplasty. A report of 20 cases. *J Bone Joint Surg Br.* 1985; 67(1): 47-52.
  67. Behr JT, Chmell SJ, Schwartz CM: Knee arthrodesis for failed total knee arthroplasty. *Arch Surg.* 1985; 120(3): 350-354.
  68. Rothacker GW Jr, Cabanela ME: External fixation for arthrodesis of the knee and ankle. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; (180): 101-108.
  69. Wade PJ, Denham RA: Arthrodesis of the knee after failed knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1984; 66(3): 362-366.
  70. Wilde AH, Stearns KL: Intramedullary fixation for arthrodesis of the knee after infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (248): 87-92.
  71. Bengtson S, Knutson K, Lidgren L: Treatment of infected knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1989; (245): 173-178.
  72. Damron TA, McBeath AA: Arthrodesis following failed total knee arthroplasty: comprehensive review and meta-analysis of recent literature. *Orthopedics.* 1995; 18(4): 361-368.
  73. Knutson K, Hovelius L, Lindstrand A, Lidgren L: Arthrodesis after failed knee arthroplasty. A nationwide multicenter investigation of 91 cases. *Clin Orthop Relat Res.* 1984; (191): 202-211.
  74. Schoifet SD, Morrey BF: Persistent infection after successful arthrodesis for infected total knee arthroplasty. A report of two cases. *J Arthroplasty.* 1990; 5(3): 277-279.
  75. Ellingsen DE, Rand JA: Intramedullary arthrodesis of the knee after failed total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1994; 76(6): 870-877.
  76. Harris CM, Froehlich J: Knee fusion with intramedullary rods for failed total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1985; (197): 209-216.
  77. Jorgensen PS, Torholm C: Arthrodesis after infected knee arthroplasty using long arthrodesis nail. A report of five cases. *Am J Knee Surg.* 1995; 8(3): 110-113.
  78. Lai KA, Shen WJ, Yang CY: Arthrodesis with a short Huckstep nail as a salvage procedure for failed total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80(3): 380-388.
  79. Stiehl JB, Hanel DP: Knee arthrodesis using combined intramedullary rod and plate fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1993; (294): 238-241.
  80. Waldman BJ, Mont MA, Payman KR, et al: Infected total knee arthroplasty treated with arthrodesis using a modular nail. *Clin Orthop Relat Res.* 1999; (367): 230-237.
  81. Fern ED, Stewart HD, Newton G: Curved Kuntscher nail arthrodesis after failure of knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1989; 71(4): 588-590.
  82. Puranen J, Kortelainen P, Jalovaara P: Arthrodesis of the knee with intramedullary nail fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 1990; 72(3): 433-442.
  83. Isiklar ZU, Landon GC, Tullos HS: Amputation after failed total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; (299): 173-178.
  84. Sierra RJ, Trousdale RT, Pagnano MW: Above-the-knee amputation after a total knee replacement: prevalence, etiology, and functional outcome. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85-A(6): 1000-1004.
  85. Fedorka CJ, Chen AF, McGarry WM, Parvizi J, Klatt BA: Functional ability after above-the-knee amputation for infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2011; 469(4): 1024-1032.
  86. Zalavras CG, Rigopoulos N, Ahlmann E, Patzakis MJ: Hip disarticulation for severe lower extremity infections. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467(7): 1721-1726.