Resumen Estructurado del BS



Artículo: Crio-compresión Preoperatoria en Artroplastia Total de Rodilla

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

Resumen Estructurado: Crio-compresión Preoperatoria en Artroplastia Total de Rodilla

Artículo original: Preoperative knee joint hypothermia reduces inflammation and recovery time and increases range of motion after total knee arthroplasty: A randomized controlled trial

Autores Principales: Pieri L, Leggieri F, Bartoli D, Ponti M, Caparrini C, Baldini A

Fuente: KSSTA – Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy

Año: Vol. 33, Issue 12 — 2025; pp. 4312-4323

DOI: 10.1002/ksa.12756

INTRODUCCIÓN / CONTEXTO

La crioterapia, en su forma clásica de hielo asociado con bandas compresivas, está consolidada como tratamiento eficaz tras la artroplastia total de rodilla (TKA) desde hace décadas. Sus mecanismos fisiológicos son múltiples y están bien caracterizados: la exposición al frío desencadena vasoconstricción, que reduce el metabolismo local y la respuesta inflamatoria, disminuye la permeabilidad capilar y el edema, activa vías de control del dolor y crea un ambiente desfavorable al crecimiento bacteriano. Cuando se combina con la compresión, el enfriamiento penetra con mayor eficacia en los tejidos profundos y previene la acumulación de fluido al reducir los gradientes de presión vascular-tisular.

El enfriamiento articular se correlaciona con menor producción de prostaglandina E2 y reducción de mediadores inflamatorios sinoviales — interleucina-6 (IL-6), interleucina-1 beta (IL-1β) y factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) — en rodillas artríticas. Estudios previos demostraron que la crioterapia postoperatoria reduce la necesidad de opioides, mejora la prueba de caminata de 6 minutos y aumenta la satisfacción del paciente tras TKA. Sin embargo, la aplicación preoperatoria de la crioterapia en el contexto de TKA permanece como un campo prácticamente inexplorado.

Dado que la TKA desencadena una respuesta inflamatoria sistémica intensa — con pico de marcadores como proteína C-reactiva (CRP), velocidad de eritrosedimentación (VHS) y fibrinógeno en las primeras 72 horas — los autores formularon la hipótesis de que realizar el procedimiento bajo hipotermia articular profunda podría atenuar esa respuesta inflamatoria postoperatoria y, en consecuencia, acelerar la recuperación. La premisa biológica es coherente: iniciar la cirugía con tejido ya "enfriado" crea un ambiente menos reactivo en el momento del trauma quirúrgico, modulando potencialmente la cascada inflamatoria desde el inicio.

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

Ante esta brecha en la literatura, este estudio del grupo del Prof. Andrea Baldini (IFCA Florencia) investigó si la aplicación de crio-compresión durante 1,5h antes de la TKA, usando el dispositivo Zamar ZT Clinic PRO, mantendría la hipotermia tisular profunda durante el procedimiento, atenuaría la respuesta inflamatoria y el daño tisular, y mejoraría los desenlaces postoperatorios — comparado con el protocolo estándar de crio-compresión solo postoperatoria. Se trata de la primera investigación dedicada a la aplicación preoperatoria de crio-compresión en TKA, dentro de protocolos ERAS (Enhanced Recovery After Surgery) modernos.

OBJETIVO

Investigar si la aplicación preoperatoria de crio-compresión durante 1,5h antes de la TKA sería capaz de (1) mantener la hipotermia tisular profunda durante el procedimiento quirúrgico, (2) atenuar la respuesta inflamatoria y el daño tisular, y (3) mejorar los desenlaces postoperatorios — específicamente dolor, edema y parámetros de recuperación funcional — en comparación con la crio-compresión exclusivamente postoperatoria.

MÉTODOS

Ensayo clínico aleatorizado, unicéntrico, con dos grupos paralelos, realizado entre junio de 2021 y mayo de 2022 según las directrices CONSORT. Se incluyeron 100 pacientes aleatorizados 1:1 (50 intervención + 50 control). Criterios de inclusión: osteoartrosis unilateral primaria de rodilla, grado Kellgren-Lawrence IV (bone-on-bone). Criterios de exclusión: trastornos de la coagulación, condiciones psiquiátricas, alergias a medicaciones del protocolo o intolerancia a la crio-compresión. Secuencia de asignación generada por un estadístico independiente en bloques de 4 para asegurar balance entre grupos.

Cegamiento parcial: evaluadores de desenlaces, estadísticos, equipo de fisioterapia y medicina interna fueron cegados a la asignación. El cegamiento completo del paciente y el cirujano no fue viable dada la naturaleza de la intervención. Cálculo del tamaño muestral por G*Power con tamaño de efecto medio (0,5) presumido, alfa 5%, potencia 80% — soportando 50 pacientes por grupo.

Intervención: el grupo de intervención recibió crio-compresión preoperatoria a 5°C durante 1,5h antes de la cirugía con el dispositivo Zamar ZT Clinic PRO, mantenida hasta la preparación del campo quirúrgico. Postoperatoriamente, todos los pacientes (intervención y control) recibieron sesiones diarias de crioterapia de 4-5h, mantenidas durante 2 semanas, con el mismo equipo y configuraciones. La movilización precoz con carga completa se inició tras el cese de la anestesia espinal selectiva.

Técnica quirúrgica estandarizada — todo el equipo quirúrgico siguió el mismo protocolo: incisión mediana de piel, artrotomía pararrotuliana medial, torniquete neumático durante la preparación ósea y fase de cementación. Todos recibieron ácido tranexámico y corticosteroides perioperatorios. En todos los casos se implantó el sistema Persona® Medially Congruent (MC) Total Knee (Zimmer Biomet) con abordaje de alineación personalizado tibia-first. Protocolo idéntico de profilaxis de TVP en ambos grupos.

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

Desenlaces primarios: diferencia en marcadores inflamatorios (VHS, CRP, fibrinógeno) entre las cohortes. Secundarios: dolor (EVA), PROMs (KSS, OKS) y amplitud de movimiento (ROM). Mediciones adicionales: circunferencia de la rodilla, temperatura cutánea y ósea (termómetro infrarrojo — temperatura ósea medida intraoperatoriamente tras la artrotomía para confirmar la hipotermia profunda), tiempo hasta alcanzar los hitos de rehabilitación para el alta hospitalaria. Análisis estadístico: tests no paramétricos (Mann-Whitney U, Wilcoxon) tras Shapiro-Wilk; modelos lineales de efectos mixtos para la variación temporal de los biomarcadores; Cliff's delta para el tamaño del efecto; MCID calculado por el enfoque de 0,5 desviación estándar.

RESULTADOS PRINCIPALES

Cohorte y baseline: 100 pacientes completaron el seguimiento de 20 días sin pérdidas ni desviaciones del protocolo. Predominio femenino (73%), edad mediana de 74 años (IQR 68-77), IMC mediano de 28,4. Hubo desbalance significativo entre los grupos: el grupo control tuvo más mujeres (86% vs 60%; p=0,003) y fibrinógeno basal más elevado (mediana 521 vs 457 mg/dL; p<0,001). Las demás variables basales (edad, IMC, flexión máxima, OKS, KSS, CRP) sin diferencias significativas.

Hallazgo 1 — hipotermia tisular profunda confirmada: la crio-compresión preoperatoria alcanzó hipotermia medible y profunda. Temperatura cutánea mediana de la rodilla operada inmediatamente antes de la incisión: 15,7°C (IQR 13,0-18,6) — significativamente menor que la contralateral (Z=-4,5; p<0,001). Temperatura ósea tras artrotomía: 21,4°C (IQR 19,0-22,0) — también significativamente diferente (Z=-4,9; p<0,001). Esta es la primera documentación objetiva, por termometría infrarroja intraoperatoria, de que la crio-compresión preoperatoria de 1,5h logra enfriar no solo la piel, sino el hueso subyacente.

Hallazgo 2 — atenuación de la respuesta inflamatoria: VHS significativamente menor en el grupo intervención en POD1 (6 vs 14; p=0,001) y POD2 (16 vs 25; p=0,032). El análisis por modelo de efectos mixtos confirmó la reducción significativa del incremento de fibrinógeno en el grupo intervención (β=-24,6; p=0,011). CRP mostró tendencia a menor elevación en el grupo intervención (β=-9,8; p=0,10), sin alcanzar significancia — probablemente por subdimensionamiento muestral para este biomarcador específico. Correlación positiva robusta entre temperatura cutánea pre-incisión y marcadores inflamatorios postoperatorios: CRP (r=0,3; p<0,01) y fibrinógeno (r=0,4; p<0,01) — cuanto más frío el tejido en la incisión, menor la respuesta inflamatoria subsiguiente.

Hallazgo 3 — desenlaces clínicos y funcionales: flexión máxima en POD20 significativamente mayor en el grupo intervención (112,7±8,9° vs 105,9±10,1°; p=0,001; Cliff's delta 0,37). Tiempo para alcanzar los hitos de rehabilitación para el alta hospitalaria 11,8% menor en el grupo intervención (1,2±0,4 vs 1,3±0,4 días; p=0,007). Escores VAS de dolor similares entre grupos durante todo el seguimiento — ambos con mediana 0, reflejando el protocolo ERAS ya optimizado de la institución. PROMs (KSS, OKS) sin diferencias significativas en POD20, con más del 93% de los pacientes en ambos grupos alcanzando MCID para KSS. No se reportaron complicaciones.

Limitaciones declaradas por los autores: diseño unicéntrico, dispositivo único de crioterapia (Zamar), imposibilidad de cegamiento completo, desbalance de género entre grupos,

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

seguimiento corto de 20 días, diferencia basal significativa en fibrinógeno (mitigada por el análisis de la variación delta), cálculo muestral basado en efecto medio presumido. Los propios autores clasifican el nivel de evidencia como IV a pesar de que el diseño es claramente un RCT (Nivel II) — probablemente una decisión editorial conservadora dada la naturaleza unicéntrica y el seguimiento limitado.

CONCLUSIÓN DE LOS AUTORES

La crio-compresión preoperatoria aplicada durante 1,5h antes de la TKA reduce la inflamación postoperatoria precoz, acelera los hitos de rehabilitación y mejora la amplitud de movimiento precoz. Estos hallazgos destacan un potencial papel de la hipotermia en la cirugía de rodilla, justificando investigaciones futuras con muestras más grandes y diseños multicéntricos para validar los resultados y establecer protocolos estandarizados antes de la implementación amplia.

💬 DISCUSIÓN BS

Este es el primer RCT que añade un artículo de **Prótesis (TKA)** a nuestra serie de BS Papers — y abre un frente nuevo y relevante para el sitio, especialmente porque viene del grupo de Andrea Baldini, referente internacional en rodilla. El artículo prueba una idea provocadora: ¿y si la crioterapia, que siempre usamos en el postoperatorio, fuera más eficaz si comenzara ANTES de que la piel sea incidida? La premisa biológica tiene sentido — comenzar la cirugía con tejido ya enfriado significa entrar con la cascada inflamatoria "atenuada" desde el trauma inicial. Y los hallazgos sustentan parcialmente esa hipótesis: temperatura ósea de 21°C confirmada en el momento de la artrotomía (versus 36°C basal), VHS significativamente menor en los primeros dos días, fibrinógeno con aumento atenuado por el análisis de efectos mixtos, y — quizás lo más clínicamente relevante — flexión de 113° vs 106° en POD20, un delta significativo de 7° (p=0,001).

¿Qué significa esto para el cirujano del BS? Primero, desde el punto de vista técnico, la practicidad de la intervención es notable. 1,5h de Zamar antes de la cirugía es compatible con el flujo de hospital de día o ingreso el mismo día. El paciente puede recibir la manga de crio-compresión en la habitación, en la sala de pre-anestesia o incluso durante la marcación del miembro. No hay costo quirúrgico, no hay complejidad técnica adicional, no hay complicación reportada en esta serie. Es una intervención "de bajo riesgo / potencial beneficio" — exactamente el tipo de adición que cabe en cualquier protocolo ERAS que funcione aquí en el BS. Segundo, la correlación entre temperatura cutánea pre-incisión y marcadores inflamatorios postoperatorios (CRP r=0,3; fibrinógeno r=0,4) sugiere un mecanismo dosis-respuesta: cuanto más profunda la hipotermia alcanzada, menor la respuesta inflamatoria — lo que justifica protocolizar la duración de 1,5h como mínimo, no como techo.

Sin embargo, hay varios puntos para una discusión honesta — y este es el tipo de discusión que necesitamos tener en nuestra comunidad. Primero: el estudio es unicéntrico, con solo 100 pacientes, y los autores declaran prudentemente Nivel IV de evidencia (quizás por exceso de celo — el diseño es claramente un RCT). Segundo: el

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

protocolo ERAS de Baldini es de altísimo estándar — VAS mediano de 0 en todos los tiempos, alta con 1 día de internación. En centros con ERAS menos optimizado, el margen de "ganancia" puede ser aún mayor, o puede haber factores de confusión. Tercero: el desbalance de género (86% mujeres en el control vs 60% en la intervención, p=0,003) es un problema metodológico real — las mujeres responden diferente al dolor, a la inflamación y a la cinemática post-TKA. Los autores reconocen honestamente esa limitación. Cuarto: el seguimiento de 20 días es corto. Para saber si esa "ventaja inicial" de 7° de flexión y 11,8% de tiempo de rehabilitación se traduce en mejores desenlaces a los 6 meses, 1 año o 5 años, necesitamos estudios más grandes.

El punto más sutil y quizás más importante: el estudio muestra que la hipotermia preoperatoria es DIFERENTE de la postoperatoria en mecanismo. Ambos grupos recibieron crio postoperatoria idéntica (4-5h diarias durante 2 semanas, mismo dispositivo, mismo protocolo). Por lo tanto, cualquier diferencia observada es específicamente del componente PRE-operatorio. Esto es importante porque desmiente la hipótesis alternativa de que "más crio = mejor". El timing parece importar más que la dosis total — comenzar antes del trauma quirúrgico altera la cascada inflamatoria de forma diferente a intentar atenuar una cascada ya establecida. Este es un concepto que merece atención: tal vez estamos en el inicio de una nueva categoría de "pre-condicionamiento" tisular para cirugía de rodilla, análogo a lo que se hace en cardiología desde hace décadas.

Para la práctica del BS, tres recomendaciones prácticas. Primero: incorporar este estudio en nuestra discusión de ERAS para TKA — especialmente en los labs del BS, donde discutimos protocolos perioperatorios. Segundo: si vamos a adoptar la práctica, estandarizar el protocolo de Zamar (5°C, 1,5h, hasta preparación del campo) y medir desenlaces (flexión precoz, tiempo hasta hitos de rehabilitación, biomarcadores si están disponibles). Tercero: aguardar y buscar replicaciones multicéntricas antes de afirmar superioridad categórica — pero, dado el bajo riesgo y costo modesto, la relación beneficio/riesgo ya favorece la adopción en la práctica real. Este es el tipo de artículo que suele ser citado en consensos internacionales en los próximos 2-3 años; tener el contenido en BS Papers desde ahora posiciona al sitio como referencia en contenido de punta para la comunidad latinoamericana de cirugía de rodilla.

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Resumen educativo elaborado de forma independiente con base en un artículo científico publicado. El contenido del estudio original pertenece a sus respectivos autores y editores. Para consultar el trabajo completo, véase el DOI: 10.1002/ksa.12756

BS Papers — es una división del grupo BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA.

BS Knee Papers tiene como misión facilitar el acceso a las principales evidencias científicas en cirugía de rodilla y medicina deportiva, traduciendo estudios relevantes de la literatura internacional en resúmenes objetivos y accesibles para profesionales de la salud.

Este material forma parte de nuestra iniciativa de difusión del conocimiento científico, reuniendo síntesis estructuradas de artículos publicados en revistas científicas de referencia en el área.

Producción editorial
BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA.

Acceda a más contenidos científicos
www.bspapers.com.br

Instagram: @bs_papers

@BS_PAPERS

Este material tiene carácter exclusivamente educativo y no sustituye la lectura del artículo científico original ni el juicio clínico del profesional de la salud.

©2026 BS KNEE RESEARCH SERVIÇOS LTDA. Todos los derechos reservados.