



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

UNIDAD MEDICA DE ALTA ESPECIALIDAD

HOSPITAL DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEDIA LOMAS VERDES

**SINDROME POSTCEMENTACION EN PACIENTES OPERADOS DE
ARTROPLASTIA TOTAL DE CADERA CEMENTADA E HIBRIDA: CRITERIOS
DIAGNÓSTICOS.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE ESPECIALISTA EN

ORTOPEDIA

MEDICO RESIDENTE DE CUARTO AÑO DEL POSGRADO DE ORTOPEDIA

PRESENTA:

DR. CHRISTIAN DE JESUS VIRGEN COBIAN

DRA ANA MARIA MORALES LOPEZ

ADSCRITA DE UMAE HTO LOMAS VERDES

NAUCALPAN DE JUAREZ, ESTADO DE MEXICO, JULIO DE 2025.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
MARCO TEÓRICO.....	6
Reemplazo total de cadera	6
Síndrome post cementación	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
Pregunta de investigación	19
JUSTIFICACIÓN.....	20
OBJETIVOS	21
General	21
Específicos.....	21
HIPÓTESIS	21
METODOLOGÍA.....	22
Diseño del estudio.....	22
Lugar donde se realizó el estudio.....	22
Universo de Trabajo	22
Muestra	22
Definición del grupo de estudio	23
Criterios de selección	23
<i>Criterios de Inclusión</i>	23
<i>Criterios de exclusión</i>	23
Criterios de eliminación.....	23
Sistema de recolección de datos y de captación de la información.	23
Variables	23
Desarrollo del estudio.....	27
Análisis estadístico.....	28
CONSIDERACIONES ETICAS	29
RECURSOS	30
Recursos humanos	30
Recursos financieros.....	30
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	31
RESULTADOS	32
DISCUSIÓN.....	44
CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS.....	52
Anexo 1. Las principales complicaciones potenciales son las siguientes ^(13,21, 32)	52
Anexo 2. Tabla 1.....	54
Anexo 6. HOJA DE RECOLECCION DE DATOS.....	56
SINDROME POSTCEMENTACION	59

INTRODUCCIÓN

La artroplastia total de cadera (ATC) es uno de los procedimientos quirúrgicos más exitosos y frecuentes en ortopedia, diseñado para mejorar la calidad de vida de pacientes con patologías articulares degenerativas o traumáticas. Sin embargo, el uso de cemento óseo para fijar los componentes protésicos, pese a su amplia utilización, no está exento de riesgos. Dentro de las complicaciones asociadas a su empleo destaca el síndrome de implantación de cemento óseo (Bone Cement Implantation Syndrome, BCIS), una condición potencialmente mortal que, aunque infrecuente, representa una causa significativa de morbilidad perioperatoria ⁽¹⁾. El BCIS se caracteriza clínicamente por una combinación de hipoxemia, hipotensión arterial, disfunción ventricular derecha y, en casos graves, paro cardíaco, manifestaciones que suelen ocurrir en las etapas críticas del procedimiento quirúrgico, especialmente durante la implantación del cemento, la colocación de la prótesis y la reducción articular ⁽²⁾.

El cemento óseo de elección en ortopedia es el polimetilmetacrilato (PMMA), un biomaterial de características únicas que permiten la fijación estable de implantes al hueso mediante un mecanismo de interbloqueo mecánico ⁽³⁾. El PMMA se compone de dos fases: una sólida, constituida principalmente por polímeros de metacrilato de metilo, un iniciador de polimerización y agentes radiopacos; y una líquida, compuesta por monómero de metilmetacrilato (MMA) y agentes estabilizadores. La mezcla de ambas fases desencadena una reacción de polimerización por radicales libres, altamente exotérmica, que da lugar a un material sólido, resistente e irreabsorbible ⁽⁴⁾. No obstante, este mismo proceso exotérmico, junto con la liberación de componentes químicos como el MMA, se ha relacionado con efectos adversos locales y sistémicos, entre ellos el desarrollo del BCIS ⁽⁵⁾.

Desde el punto de vista fisiopatológico, el BCIS es un fenómeno complejo cuyo mecanismo no se ha dilucidado completamente. Se han propuesto dos modelos principales para explicar su aparición: el modelo embólico y el modelo multinodal. El primero sugiere que la presurización del cemento en el canal medular

provoca la entrada de émbolos de grasa, aire, metacrilato o tejido óseo al torrente sanguíneo, ocasionando obstrucción vascular pulmonar, hipoxia, disfunción del ventrículo derecho y colapso hemodinámico ⁽⁶⁾. El modelo multinodal, por su parte, implica la participación de mecanismos inmunológicos como la activación del complemento, liberación de histamina y reacciones anafilactoides que, combinadas, derivan en alteraciones hemodinámicas severas ⁽⁷⁾.

Clínicamente, la gravedad del BCIS se clasifica en tres grados, de acuerdo con los cambios en la saturación de oxígeno, la presión arterial y la presencia de alteraciones del estado de conciencia o colapso cardiovascular ⁽⁸⁾. Su diagnóstico depende de la sospecha clínica y del monitoreo estrecho durante la cirugía, dado que los cambios hemodinámicos pueden ser sutiles en sus fases iniciales. El manejo de esta complicación se basa en principios fisiopatológicos de soporte hemodinámico: administración precoz de oxígeno al 100%, reanimación con líquidos intravenosos, uso de fármacos inotrópicos y vasopresores, y en los casos más graves, la implementación de protocolos avanzados de reanimación cardiopulmonar ⁽⁹⁾.

Diversos factores de riesgo aumentan la susceptibilidad a desarrollar BCIS, incluyendo la edad avanzada, la presencia de enfermedades cardiovasculares, osteoporosis, fracturas femorales patológicas o metastásicas, y determinadas características anatómicas como un canal femoral ancho ⁽¹⁰⁾. También existen factores relacionados con la técnica quirúrgica, como el lavado inadecuado del canal femoral, el uso de cemento de alta viscosidad o la instrumentación inadecuada. Para minimizar el riesgo de BCIS, se han desarrollado estrategias preventivas, entre ellas el uso de catéteres de succión intramedular, la aplicación controlada del cemento utilizando pistolas de retroinyección y la reanimación adecuada del paciente antes y durante la intervención ⁽¹¹⁾.

La importancia de conocer a profundidad la fisiopatología, factores de riesgo, manifestaciones clínicas y estrategias de prevención del BCIS radica en que esta complicación, aunque poco frecuente, tiene una tasa de mortalidad intraoperatoria no despreciable y puede condicionar un desenlace fatal en pacientes vulnerables

(12). De esta manera, la preparación del equipo quirúrgico, anestésico y de enfermería para detectar y actuar ante los signos tempranos de BCIS resulta fundamental para reducir su impacto clínico.

Por tanto, comprender los fundamentos del cemento óseo, su comportamiento durante el procedimiento quirúrgico, así como el espectro clínico y terapéutico del BCIS, resulta esencial para todos los profesionales involucrados en la atención perioperatoria de pacientes sometidos a procedimientos ortopédicos con cementación protésica. Una visión integral de esta complicación permitirá optimizar las medidas preventivas y los protocolos de respuesta rápida, mejorando así la seguridad y los resultados de los pacientes.

MARCO TEÓRICO

Reemplazo total de cadera

La artroplastia total de cadera (ATC) es un procedimiento quirúrgico que consiste en el reemplazo de la articulación dañada con implantes metálicos y distintos materiales plásticos; se le denomina total cuando se reemplazan tanto la cabeza del fémur como el acetábulo, reemplazando ambas estructuras óseas por prótesis fijas ⁽¹⁾.

La artroplastia de cadera es en la actualidad uno de los procedimientos quirúrgicos con mayores tasas de eficacia de todas las cirugías en general, lo que la ha hecho acreedora del término “cirugía del siglo”, debido a su gran impacto en la calidad de vida de los pacientes que son tratados con esta técnica. Su principal indicación es en la osteoartritis en fase avanzada, ya que ofrece excelentes resultados para la mejoría de síntomas incapacitantes como dolor intenso, rigidez y pérdida de función que ocurren en esta condición degenerativa. La frecuencia de artroplastias de cadera ha ido en aumento durante los últimos años, incrementando a la par del envejecimiento poblacional. Se estima que, para 2030, aproximadamente 11 millones de personas en los Estados Unidos habrán sido sometidas a esta cirugía ^(2,3). Por su parte, en México no hay estadísticas exactas de la frecuencia de dicho procedimiento, sin embargo, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) reportó que durante el año 2022 se realizaron más de 10,000 artroplastias de cadera secundarias a fractura de cadera ⁽⁴⁾.

La ATC es eficaz para la prevención de complicaciones relacionadas con patologías que cursan con degeneración y/o daño de estructuras articulares (inmovilidad, trombosis, infecciones, úlceras por presión, malnutrición, incapacidad, pérdida de masa muscular, depresión y muerte), lo que mejora significativamente la calidad de vida de los pacientes ⁽⁵⁾.

Durante la cirugía se retiran las estructuras óseas y cartilaginosas dañadas de la y se sustituyen por implantes artificiales que se integran a la articulación, permitiendo recuperar la función una vez se recupera el paciente ⁽⁴⁾. La duración y

eficacia de la cirugía dependen de aspectos como la adecuada fijación del implante al hueso, la durabilidad de la prótesis empleada, el abordaje quirúrgico y la técnica del cirujano, entre otras. Existen tres enfoques quirúrgicos principales para la fijación de la prótesis a largo plazo ⁽⁵⁾:

- Fijación cementada: Corresponde al estándar de oro en fijación de prótesis, en el que utiliza un cemento óseo para producir un bloqueo mecánico entre material y el tejido óseo. El uso de dicho cemento proporciona fuerza al hueso y reduce el riesgo de fracturas, osteólisis y aflojamiento del implante, dando excelentes resultados y buena durabilidad ⁽⁵⁾.
- Fijación no cementada: En este enfoque no se utiliza cemento óseo y la fijación del implante es dependiente de que depende de que el tejido óseo crezca sobre la superficie de la prótesis.
- Fijación híbrida: Este enfoque combina ambos métodos; algunos componentes de la articulación sí son fijados con cemento mientras que otros no ⁽⁶⁾.

La elección del mejor método de fijación del implante en la ATC dependerá de la decisión conjunta del equipo quirúrgico (cirujano, anestesiólogo, ortopedista) y de factores inherentes del paciente; es por esto por lo que de manera previa a seleccionar el enfoque quirúrgico se debe realizar una evaluación clínica completa del paciente para identificar posibles riesgos y beneficios particulares, con el objetivo de reducir al mínimo las complicaciones perioperatorias tempranas, sobre todo cuando se trata de pacientes con comorbilidades ⁽⁷⁾⁽⁸⁾.

Complicaciones de la cirugía

A pesar de que la ATC se considera un procedimiento seguro debido a su baja tasa de mortalidad (0.3% dentro de los primeros 30 días postquirúrgicos), existe la posibilidad de que surjan complicaciones, muchas de las cuales son inherentes al procedimiento quirúrgico y que pueden ocurrir pese a las acciones de prevención y una adecuada técnica por parte del cirujano. Las principales complicaciones potenciales son las siguientes ^(1,9):

- Tromboembolismo: Se encuentra dentro de las 5 complicaciones más frecuentes de la ATC, pero puede prevenirse realizando acciones como ejercicios durante el periodo pre y postoperatorio, el uso de medias de compresión y la administración de fármacos antitrombóticos, entre otras medidas.
- Hematomas: Otra de las principales complicaciones es la formación de hematomas que puede prevenirse con una adecuada técnica de hemostasia intraoperatoria y la suspensión de medicamentos con efectos antiplaquetarios o anticoagulantes en pacientes que se encuentren en tratamiento previo con estos fármacos, además de la identificación de trastornos de la coagulación en el paciente o historial de sangrados excesivos mediante el interrogatorio minucioso del candidato a la cirugía.
- Osificación heterotópica: Se origina a partir de la lesión en el músculo glúteo menor y se presenta más frecuentemente en pacientes con diagnósticos como osteoartritis hipertrófica, espondilitis anquilosante entre otros.
- Lesiones nerviosas: Los nervios que se afectan con más frecuencia son el nervio femoral, el nervio ciático y el glúteo superior.
- Fracturas: Corresponde a la séptima complicación más común y son más frecuentes en pacientes de alto riesgo.
- Infecciones: Los patógenos causantes que se han identificado como los principales en los últimos años son *Staphylococcus aureus* y bacilos Gram negativos ^(1,9).
- Muerte: Es poco frecuente; en Estados Unidos su frecuencia varía entre 0.16% y 0.52%, con una tasa de mortalidad a 90 días del 1%.

Síndrome post cementación

El síndrome de post cementación o síndrome de implantación de cemento óseo (BCIS) es una complicación grave que puede poner en riesgo la vida durante cirugías ortopédicas como la artroplastia total de cadera, estando asociado al uso de cemento óseo presurizado ⁽¹⁰⁾.

Propiedades del cemento óseo.

El cemento óseo ortopédico de polimetilmetacrilato (PMMA) es un biomaterial ampliamente utilizado en la ATC, que sirve fijar los componentes del implante al hueso y rellenar defectos óseos entre otras funciones. Su principal mecanismo es el de transferir la carga desde el material del implante protésico al tejido óseo, el de darle soporte estructural al hueso comprometido; la fijación del PMMA al hueso ocurre por el interbloqueo mecánico estable del tejido óseo con el material del implante ⁽¹¹⁾.

Está compuesto por un elemento en polvo y otro en estado líquido. El polvo contiene esferas de polímero de metacrilato de metilo, un iniciador de polimerización (peróxido de benzoílo) y un agente radiopacificante, que puede ser sulfato de bario o dióxido de zirconio. El líquido es un monómero compuesto por metilmetacrilato (MMA) al cual se le agrega hidroquinona y N,N-dimetil-p-toluidina (DMPT) para su estabilización y activación. Al mezclarse la fase sólida y líquida del cemento, ocurre una activación química del peróxido de benzoílo catalizada por el DMPT, lo que produce una reacción de polimerización por radicales libres, y el entrecruzamiento de las cadenas de polímero ^(12,13). Se produce en la mezcla una reacción exotérmica progresiva que puede alcanzar hasta los 80°C de temperatura, que cambia la consistencia de líquida a pastosa y finalmente, sólida; cuando alcanza este estado físico, el cemento se convierte en un material resistente e irreabsorbible ⁽¹²⁾. Debido a lo anterior, su aplicación debe realizarse con precaución debido a que esta reacción exotérmica y la rápida polimerización del material pueden producir algunos efectos adversos en el tejido óseo circundante ⁽¹⁴⁾.

El proceso de polimerización del cemento óseo se divide en cuatro fases principales ⁽¹⁵⁾:

1. Fase de mezcla: Esta etapa consiste en la hidratación de las microesferas del polímero con el monómero, con lo que se consigue un preparado líquido.
2. Fase de espera: Comienza la expansión y polimerización del monómero; la consistencia se vuelve pegajosa y se adhiere fácilmente a los guantes quirúrgicos.

3. Fase de trabajo: La mezcla adquiere una consistencia pastosa y en este momento ya puede aplicarse al hueso. En esta fase ocurre la liberación de calor y conforme transcurren los minutos el material va perdiendo maleabilidad.
4. Fase de fraguado: Se finaliza el proceso de formación de las cadenas poliméricas, donde se alcanza la temperatura máxima y el cemento se solidifica en su forma definitiva ⁽¹⁵⁾.

El tiempo de polimerización y las propiedades del cemento óseo pueden verse afectadas por distintos factores como la temperatura del ambiente y/o de los componentes, del equipo de mezcla utilizado, la humedad relativa de la sala y la técnica de mezclado ⁽¹⁵⁾.

Tabla 1. Componentes básicos del cemento óseo	
Componentes del polvo	Componentes líquidos
<ul style="list-style-type: none"> • Copolímero: polimetilmetacrilato (PMMA) • Iniciador: Peróxido de benzoílo (BPO) • Agentes radiopacos: Sulfato de bario (BaSO₄) o dióxido de zirconio (ZrO₂) • Antibióticos (múltiples agentes contra microorganismos Gram +/-) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monómero: Metacrilato (MMA) • Aceleradores: N, N-dimetil-p-toluodine (DMPT) • Inhibidores/estabilizadores: Hidroquinona

Fuente: (13,14)

Generaciones del cemento y técnicas de cementación

Desde su creación, la composición del cemento y los métodos de uso han experimentado una evolución, permitiendo categorizar en diversas "generaciones" la tecnología empleada y el grado de entendimiento biomecánico de cada fase. La primera generación apareció inicialmente en los años 50 gracias a la labor de Sir John Charnley; consistía en una combinación de PMMA de alta viscosidad y sin presurización. No obstante, este método tenía ciertas restricciones, como la elevada porosidad del material y la ausencia de penetración en el hueso esponjoso ⁽¹⁶⁾.

La generación dos presentó cementos con una viscosidad inferior y se inició el uso de presurización con pistolas para optimizar la penetración del cemento en el hueso trabecular. La tercera generación implementó sistemas de mezcla cerrados con vacío y centrifugación, que disminuyeron considerablemente los poros internos del cemento, junto con el lavado pulsátil y los tapones distales para aumentar la presión intramedular durante la administración de cemento. Finalmente, la cuarta generación mantiene todas las innovaciones previas, aunque incluye también centradores para los vástagos femorales y espaciadores en el cotilo, garantizando un lecho adherido más uniforme y homogéneo alrededor del implante ⁽¹⁶⁾.

La segunda generación introdujo cementos con un grado menor de viscosidad y se comenzó a aplicar presurización con pistolas para una mejor penetración del cemento en el hueso trabecular. La tercera generación agregó sistemas cerrados de mezcla con vacío y centrifugación, que redujeron significativamente los poros internos del cemento, combinados con lavado pulsátil y tapones distales para incrementar la presión intramedular durante la inyección de cemento. Finalmente, la cuarta generación conserva todas las innovaciones anteriores, pero incorpora además centradores para los vástagos femorales y espaciadores en el cotilo, asegurando un lecho cementado más homogéneo y uniforme alrededor del implante. Esta innovación permite reducir las tasas de aflojamiento mecánico y mejora la supervivencia a largo plazo de las prótesis cementadas ⁽¹⁷⁾.

A pesar de los intentos de utilizar enfoques modernos de fijación biológica no cementada, aún se prefiere la cementación en muchos subgrupos de población, en particular en pacientes ancianos con hueso osteoporótico, en quienes el riesgo de falta de integración ósea de los implantes no cementados es mayor ⁽¹⁵⁾.

El proceso de cementación ha sido un pilar fundamental en la fijación protésica ortopédica, especialmente en la artroplastia total de cadera y rodilla. La finalidad de la técnica de cementación es generar un interbloqueo mecánico firme entre el hueso y el cemento óseo PMMA. Porque, a diferencia del concepto común de "cemento", no posee una unión química adhesiva al hueso, sino más bien es

como una lechada que rellena huecos irregulares y asegura la estabilidad del implante por simple encaje mecánico ⁽¹⁸⁾.

Inicialmente, el procedimiento se realizaba en el quirófano con una mezcla manual del polvo y el monómero. De tal forma, se producía un material poroso con alto contenido en burbujas y vacíos que aumentaba la vulnerabilidad a la fractura del manto cementado por fatiga. Posteriormente, con las innovaciones tecnológicas, se crearon métodos de mezcla bajo vacío y centrifugación que permitieron disminuir significativamente la porosidad del cemento. El vacío hace que las burbujas sean expulsadas hacia fuera del cemento a través de un sistema de vaciado, mientras que la centrifugación busca un efecto semejante a medida que la gravedad atrae las burbujas hacia la superficie del material ⁽¹⁹⁾.

La presurización mediante pistolas cementadoras también marcó un hito pues incrementó la penetración del cemento en las trabéculas óseas, mejorando la interdigitación y, por ende, la resistencia al micromovimiento del implante. Asimismo, el uso de centralizadores en el vástago femoral permite centrar el implante, logrando un manto cementado uniforme y evitando contactos metálicos directos con el hueso ⁽²⁰⁾.

Otras prácticas complementarias, como el lavado pulsátil del canal femoral y la aspiración previa a la cementación, permiten la adecuada limpieza de los restos de médula ósea y sangre (debido a que su presencia reduce la resistencia de la interfase cemento-hueso); por otro lado, los centralizadores en el vástago femoral facilitan el centrado adecuado del implante, lo que permite formar un manto cementado uniforme y evitando contacto directo de las partes metálicas con la superficie del hueso ⁽²¹⁾.

Por lo general, un grosor del manto de cemento de entre 2 a 4 mm se considera óptimo; capas menores se relacionan con un riesgo aumentado de fracturas, mientras que un manto más grueso puede alterar la distribución de las cargas de la articulación. La adecuada aplicación de la técnica de cementación es crucial para aumentar la durabilidad del implante y minimizar complicaciones como el aflojamiento séptico o aséptico de la prótesis ⁽¹⁹⁾.

Epidemiología y fisiopatología del BCIS

Durante la fijación con cemento óseo en la ATC, partículas de PMMA (especialmente de su monómero cardiotoxico) o fragmentos de médula ósea pueden ingresar al torrente sanguíneo puede derivar en complicaciones graves y potencialmente fatales, un fenómeno que se denomina Síndrome de Implantación de Cemento Óseo (SICO)⁽¹⁰⁾.

Aunque ocurre en ocasiones muy raras, representa una causa significativa de morbimortalidad en procedimientos quirúrgicos que utilizan cemento óseo. Los posibles eventos adversos atribuidos al SICO varían ampliamente en la literatura, y debido a que no existe una definición estandarizada de este padecimiento, no existen hay cifras exactas de su incidencia. De acuerdo con lo reportado en algunos estudios, su frecuencia de presentación se encuentra entre el 20-28% y 38%, con una tasa de mortalidad intraoperatoria estimada que varía entre 0.06% y 0.12% (22,23).

Si bien la etiología y fisiopatología del SICO no están completamente esclarecidas, se han propuesto mecanismos que podrían contribuir a su desarrollo, dentro de los que destaca la liberación del monómero de MMA en el torrente sanguíneo posterior a la fase de cementación, aunado a otros factores inmunológicos que involucran la liberación de histamina, la activación del sistema del complemento, la vasodilatación, el daño tisular secundario a la reacción exotérmica del cemento, embolia grasa y la de alta presión aplicada durante la cementación (23,24).

Existen diferentes modelos por los que se pretende explicar la fisiopatología de esta entidad patológica, como lo son: (25)

- Modelo embólico: Este modelo explica que, durante la cementación quirúrgica y la colocación de la prótesis, el cemento es presionado para permitir su unión al hueso y pudiera ocurrir la entrada accidental a la circulación de elementos grasos, metacrilato, aire, plaquetas y/o fibrina, lo que conlleva a la embolización de vasos sanguíneos principales. La hipoxia

y disfunción ventricular derecha resultante desencadenan la hipotensión arterial característica del SICO.

- Modelo multimodal: Este modelo considera una reacción desencadenada por el metacrilato que involucra factores como la activación del sistema del complemento (C3a y C5a) y reacciones anafilácticas que resultan en vasoconstricción y broncoconstricción, alteración de la ventilación perfusión, hipoxia, y choque cardiogénico^(23,26).

Clínica y diagnóstico

Clínicamente, el SICO se origina por una hipoxemia que se acompaña de una serie de cambios cardiovasculares caracterizados por hipotensión arterial, hipoxia, pérdida de la conciencia, hipertensión pulmonar, falla ventricular y arritmias que pueden desencadenar finalmente paro cardíaco y la muerte. El incremento de las resistencias vasculares pulmonares produce la reducción de la presión arterial media, el volumen sistólico y el gasto cardíaco ⁽²⁵⁾.

No existen criterios clínicos establecidos que estandaricen el diagnóstico de SICO, su identificación depende de la identificación de sus manifestaciones clínicas tempranas como la disminución de presión arterial. El cuadro clínico suele aparecer entre los 50 segundos y 3 minutos después de implantarse el cemento, pero con menor frecuencia puede presentarse de manera tardía dentro de las primeras horas del periodo postquirúrgico; en este último caso, su identificación temprana es más difícil y en la mayoría de las veces se establece el diagnóstico cuando la condición del paciente es grave ⁽²⁷⁾.

La gravedad del SICO varía en un amplio espectro clínico; de acuerdo con la clasificación de Donaldson, existen 3 grados de severidad: ⁽²⁶⁾

- Grado 1: SpO₂ < 94% o hipotensión arterial <20% del nivel preoperatorio.
- Grado 2: SpO₂ <88% hipotensión arterial <40 % del nivel preoperatorio o pérdida de la conciencia.
- Grado 3: colapso cardiovascular.

Cuando el paciente se encuentra bajo inducción con anestesia general, el primer signo de colapso cardiovascular puede ser la caída significativa en la presión arterial sistólica, acompañada de la disminución repentina en la PCO_2 y del gasto cardíaco a niveles críticos. En pacientes con bajo anestesia regional, se puede observar disnea y alteraciones de estado de conciencia ⁽²⁵⁾.

Tratamiento

A falta de evidencia sustentada en ensayos clínicos, el tratamiento para SICO se basa en una serie de recomendaciones basadas en principios fisiopatológicos. Fundamentalmente, se establece que el SICO debe tratarse de la misma manera que una insuficiencia ventricular derecha, realizando una reanimación agresiva y de la manera más precoz posible, con administración de oxígeno al 100% de concentración y manejo avanzado de la vía aérea de ser necesario. Se debe monitorear constantemente los parámetros hemodinámicos del paciente y reanimar con líquidos para mantener el gasto cardíaco; administrar medicamentos inotrópicos en caso de que se requiera mejorar la contractilidad y/o vasodilatadores que compensen la caída de la presión arterial. En casos graves (paro cardíaco o estado de peri-arresto), se deben seguir los protocolos estándar de soporte vital avanzado (ACLS). En casos con síntomas leves en los que se sospecha la presencia de SICO, se recomienda la supervisión continua del paciente durante al menos las primeras 24 horas del periodo postquirúrgico ⁽²⁵⁾.

Factores de riesgo

Durante la cirugía, existen 5 momentos clave en los cuales es que es más probable que ocurra una respuesta adversa durante el procedimiento quirúrgico: fresado del fémur, implantación del cemento, colocación de la prótesis y reducción de la articulación ⁽²⁸⁾.

Se han identificado una serie de factores de riesgo que pueden aumentar la probabilidad de aparición de SICO; dentro de los principales se enlistan: ⁽²⁹⁾

- Comorbilidades del paciente, en especial las enfermedades cardiovasculares como la enfermedad coronaria y la hipertensión arterial

- Edad avanzada
- Osteoporosis; un hueso poroso y con cavidades óseas agrandadas facilita la aparición de émbolos.
- ATC como tratamiento de fracturas, especialmente cuando se trata de fracturas patológicas o relacionadas con neoplasias malignas. La enfermedad ósea metastásica también aumenta el riesgo de SICO
- Un canal femoral con diámetro mayor a 21 mm ⁽²⁹⁾.

Además de los anteriores factores relacionados con el paciente, también se conocen otros factores relacionados con el procedimiento quirúrgico; dentro de los principales se pueden mencionar el canal femoral sin instrumentación previa, lavado insuficiente del canal medular, el uso de cemento con alta viscosidad o el uso de un componente femoral de la prótesis largo ⁽³⁰⁾.

La Asociación Británica de Ortopedia, en conjunto con la Asociación Británica de Geriátrica diseñaron en el año 2014 una serie de recomendaciones para disminuir el riesgo de reacciones graves al cemento óseo. Dichas recomendaciones son las siguientes: ⁽³¹⁾

- Uso de catéter de succión; esto permite disminuir la presión dentro del canal medular, en conjunto con la colocación de un tapón intramedular en el fémur para limitar la diseminación del cemento
- Aplicación del cemento de manera retrógrada con la utilización de una pistola de cemento
- Evitar la presión excesiva del cemento, sobre todo en pacientes con compromiso vascular y alto riesgo cardiovascular
- La realización de la cirugía a cargo de un cirujano traumatólogo y un anestesiólogo con experiencia en ATC
- Adecuada reanimación con líquidos intravenosos antes y durante la cirugía
- Mantener la presión arterial sistólica dentro del 20% del valor preanestésico al momento de la cementación

- Lavado y secado minucioso del canal femoral previo a la aplicación del cemento

Finalmente, en el caso de pacientes de alto riesgo se puede agregar estrategias complementarias que reduzcan aún más el riesgo, como evitar la implantar simultáneamente prótesis cementadas bilaterales, preferir la utilización de prótesis con menos requerimientos quirúrgicos y cementos con baja viscosidad. Finalmente, se recomienda que, en pacientes con alto riesgo, se prefiera optar por abordajes sin cemento ⁽²⁷⁾.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El síndrome postcementación o síndrome de implantación de cemento óseo (BCIS, por sus siglas en inglés), es una grave complicación que puede ocurrir en el periodo transquirúrgico o postquirúrgico inmediato de una artroplastia total de cadera cementada; se manifiesta como un conjunto de alteraciones cardiovasculares y respiratorias que comprometen seriamente la vida del paciente. A pesar de las mejoras que se han implementado en los procedimientos quirúrgicos de este tipo de cirugías, además de mejorar la selección y manejo perioperatorio de los pacientes, este fenómeno clínico continúa ocurriendo con frecuencia. El diagnóstico precoz suele verse dificultado por la similitud del cuadro clínico con las manifestaciones de otros procesos patológicos críticos como el tromboembolismo pulmonar y/o choque hipovolémico, lo que lo puede llevar a ser subdiagnosticada.

En el contexto de México, la artroplastia total de cadera es uno de los procedimientos quirúrgicos ortopédicos más frecuentes y esta frecuencia aumenta año con año debido principalmente al envejecimiento poblacional y la incidencia de enfermedades crónico degenerativas como la osteoporosis; aunado a esto, el hecho de que un gran porcentaje de la población padezca otras comorbilidades como las enfermedades cardiovasculares, aumenta el riesgo de desarrollo de complicaciones durante el procedimiento quirúrgico, como es el caso del síndrome postcementación.

Se ha determinado que diversos factores tanto propios del paciente (edad avanzada, fragilidad ósea, enfermedades concomitantes) como otros relacionados con aspectos técnicos del procedimiento (diámetro del canal femoral, tipo de cemento utilizado, técnica de cementación empleada, manejo hemodinámico intraoperatorio); sin embargo, existe escasa investigación que permita identificar con estadísticas cuáles de estos factores tienen mayor peso en la población local.

La carencia de estudios específicos en el ámbito nacional, junto con la alta probabilidad de que el síndrome postcementación se encuentre subdiagnosticado o no identificado adecuadamente en la práctica clínica, refuerza la urgencia de

profundizar en la investigación sobre los signos y síntomas que predisponen a los pacientes sometidos a artroplastia total de cadera cementada. El reconocimiento oportuno de esta complicación es esencial, ya que su presentación clínica puede ser fácilmente confundida con otras emergencias médicas, lo que retrasa el tratamiento adecuado y agrava el pronóstico.

Realizar un diagnóstico precoz permite intervenir de forma inmediata y reducir significativamente la morbilidad y mortalidad asociadas. Por ello, analizar a fondo las características específicas de nuestra población, así como la presencia y el impacto de factores relacionados con el procedimiento quirúrgico y las condiciones del paciente, resulta fundamental. Esta información permitirá identificar los puntos críticos del proceso, implementar estrategias de prevención más eficaces y establecer protocolos de monitoreo intra y postoperatorio inmediato de los síntomas y signos vitales que mejoren la seguridad del paciente. En este contexto, el fortalecimiento del conocimiento clínico del síndrome postcementación es una prioridad para la práctica ortopédica moderna y segura.

Pregunta de investigación

¿Las alteraciones en los signos vitales y síntomas que se presentan durante el transquirúrgico y en el periodo postquirúrgico inmediato en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera cementada o híbrida permiten la sospecha y el diagnóstico del síndrome de postcementación?

JUSTIFICACIÓN

El síndrome de postcementación representa una complicación grave y potencialmente letal en cirugías de artroplastia total de cadera. Sin embargo, su diagnóstico suele ser subestimado o erróneo debido a la similitud de su presentación clínica con otras entidades críticas como el tromboembolismo pulmonar o el choque hipovolémico. Ante esta realidad, la identificación de signos vitales alterados (hipotensión, hipoxemia, taquicardia) y síntomas asociados en los momentos intraoperatorio y postoperatorio inmediato podría ser fundamental para la detección precoz del BCIS, especialmente en contextos donde los recursos diagnósticos avanzados son limitados. Establecer esta relación permitiría fortalecer la vigilancia clínica, mejorar los protocolos de manejo y reducir la morbimortalidad asociada a esta complicación. De esta manera, el presente protocolo de investigación busca aportar evidencia local que respalde la mejora de los protocolos específicos para la ATC cementada, brindando una atención más segura, con menos incidencia de síndrome postcementación de acuerdo con las necesidades de la población.

OBJETIVOS

General

Evaluar si las alteraciones en los signos vitales y síntomas clínicos durante el transoperatorio y postoperatorio inmediato permiten sospechar y diagnosticar oportunamente el síndrome de postcementación en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera cementada o híbrida.

Específicos

- Interpretar los hallazgos clínicos encontrados de acuerdo con los criterios diagnósticos del Síndrome Post Cementación.
- Identificar los factores de riesgos en los pacientes que presentan un síndrome de postcementación

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula

Las alteraciones en los signos vitales y síntomas clínicos que se presentan durante el transoperatorio y el postoperatorio inmediato en pacientes sometidos a una artroplastia total de cadera cementada o híbrida constituyen elementos clave que permiten la sospecha clínica y el diagnóstico oportuno del síndrome de postcementación.

Hipótesis alterna

No existe una asociación significativa entre las alteraciones en los signos vitales y síntomas clínicos observados en el transoperatorio y postoperatorio inmediato, y la presencia del síndrome de postcementación en pacientes sometidos a artroplastia total de cadera cementada o híbrida.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio analítico transversal no experimental, serie de casos de los pacientes con que se intervinieron quirúrgicamente de artroplastia total de cadera cementada e híbrida

Diseño del estudio

- Por el tipo de enfoque: Analítico
- Por el tipo de diseño: Descriptivo.
- Por la captación de la información: Retrospectivo
- Por la direccionalidad en la obtención de la información: Retrolectivo
- Por el seguimiento o no del paciente a través del tiempo: Transversal
- Por la imposición o no de una maniobra con fines de investigación: Observacional.

Lugar donde se realizó el estudio

Departamento Clínico de Reemplazos Articulares. Unidad Médica de Alta Especialidad. Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes.

Con el fin de observar, registrar, interpretar y comprobar la naturaleza del fenómeno estudiado-, en los pacientes sometidos al tratamiento correspondiente. El periodo de trabajo comprendió del 1ro de enero 2024 al 31 de diciembre de 2024, y dando seguimiento a los signos vitales de los pacientes operados de artroplastia total de cadera cementada e híbrida que cumplieron con los criterios diagnósticos de síndrome postcementación.

Universo de Trabajo

Pacientes del servicio de Reemplazos articulares con diagnóstico de Coxartrosis atendidos en el servicio de hospitalización mediante cirugía programada en hospitalización.

Muestra

Pacientes con coxartrosis, tratados quirúrgicamente mediante artroplastia total de cadera cementada e híbrida en la UMAE de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes

Definición del grupo de estudio

Aquellos pacientes que cumplen con los criterios de inclusión correspondientes

Criterios de selección

Criterios de Inclusión

- Pacientes con diagnóstico de coxartrosis
- Pacientes con artroplastia total de cadera cementada e híbrida
- Ambos sexos
- Pacientes ≥ 60 años
- Comorbilidades presentes
- Paciente con registros quirúrgicos completos

Criterios de exclusión

- Pacientes tratados quirúrgicamente con artroplastia total de cadera no cementada
- Cambio de plan quirúrgico transoperatorio.
- Pacientes con fractura de cadera

Criterios de eliminación

- Valoración preoperatoria que contraindique el procedimiento quirúrgico.

Sistema de recolección de datos y de captación de la información.

Se diseñó una historia clínica para la recolección de datos de acuerdo con las variables determinadas de estudio y análisis y sabana de vaciamiento de la información obtenida en Excel®

Variables

Variable estudiada	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Indicadores/ unidad de medición	Estadística a aplicar
VARIABLES DEMOGRÁFICAS						

Edad	Tiempo de vida del individuo, desde su nacimiento hasta el momento actual	Número de años cumplidos al momento de la intervención quirúrgica	Cualitativa nominal	Categoría	Años 1. 60-70 2. 71-80 3. 81-90 4. >90	Frecuencias, porcentajes
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina, de los animales.	Sexo especificado en el expediente clínico	Cualitativa Nominal	Categoría	1 Femenino 2 Masculino	Frecuencias y porcentaje
Lateralidad	Condición patológica perteneciente o relativo a los lados o partes que se afectan	Lado afectado de acuerdo con la exploración física o la historia clínica	Cualitativa Nominal	Categoría	1 Derecho 2. Izquierdo	Frecuencias y porcentajes
VARIABLES INDEPENDIENTES						
Proceso de Cementación Operatorio en Artroplastia Total Cementada de Cadera	Aplicación de un material adherente entre dos superficies para su fijación cuya resultante es la liberación de calor	Tipo de técnica utilizada para colocar el cemento de acuerdo con la nota quirúrgica	Cualitativa Nominal	Categoría	1. Cementado 2. Híbrida inversa 3. Híbrida reversa	Frecuencias y porcentajes
VARIABLES DEPENDIENTE: Donación						
Caída de SpO2	Disminución del nivel de saturación de oxígeno en pacientes sometidos a ATC cementada o híbrida.	Gravedad de la hipoxia según el porcentaje de disminución de la saturación de oxígeno con respecto al valor preoperatorio	Cualitativa ordinal	Categoría	1. Moderada: <94% 2. Severa: <88%	Frecuencias y porcentajes
Hipotensión Arterial	Gravedad de la hipotensión arterial con respecto al valor preoperatorio bombeada por el corazón y la	Porcentaje de caída de la presión arterial con respecto al valor preoperatorio	Cualitativa ordinal	Categoría	0= Ninguna 1= Moderada (<20% del valor preoperatorio) 2= Severa (<40% del valor)	Frecuencias y porcentajes

	resistencia que ofrecen las arterias, siendo un indicador clave de la salud cardiovascular.				preoperatorio	
Alteraciones en la Conciencia	Capacidad de un individuo de ser consciente de sí mismo, de su entorno y de responder a estímulos externos.	Nivel de conciencia determinado por la aplicación de la Escala de Glasgow	Cualitativa nominal	Categoría	1= Leve (13-15) 2= Moderado (9-12) 3= Severo (<8)	Frecuencias y porcentajes
SIGNOS VITALES						
FC	Medición del número de latidos del corazón por minuto, expresados como latidos por minuto (lpm)	Numero de latidos por minuto registrados con oxímetro de pulso	Cuantitativa	Categoría	1= Bradicardia: <60 lpm 2= Normal: 60-100 lpm 3= Taquicardia: >100 lpm	Frecuencias y porcentajes
FR	Número de respiraciones que una persona realiza por minuto	Numero de respiraciones registradas por el monitor de signos vitales	Cuantitativa	Categoría	1= Bradipnea: <12 rpm 2= Normal: 12-20 rpm 3= Taquipnea: >20 rpm	Frecuencias y porcentajes
Glucometría	Concentración de glucosa en el suero sanguíneo	Nivel de glucosa capilar tomado con glucómetro en el preoperatorio o registrado en expediente clínico	Cuantitativa discreta	Razón	mg/dL	Media, DE, rango
Peso	Masa corporal total de un individuo.	Kilogramos registrados en el expediente clínico o medidos con báscula calibrada en el preoperatorio.	Cuantitativa continua	Razón	Kg	Media, DE, rango

Talla	Altura del paciente desde el talón hasta la coronilla.	Centímetros registrados en expediente o medidos con estadímetro durante la valoración preoperatoria.	Cuantitativa continua	Razón	cm	Media, DE, rango
IMC	Índice de masa corporal, relación entre peso y talla, indicador de estado nutricional.	Calculado dividiendo peso (kg) entre la talla (m ²), Clasificado según criterios de la OMS.	Cualitativa ordinal	Categoría	0= Bajo peso 1= Normopeso 2= Sobrepeso 3= Obesidad I 4= Obesidad II 5= Obesidad III	Frecuencias y porcentajes
Comorbilidades						
Diabetes	Enfermedad metabólica crónica caracterizada por hiperglucemia persistente.	Diagnóstico previo documentado en expediente o tratamiento actual con hipoglucemiantes/insulina.	Cualitativa nominal	Categoría	0= Ausencia 1= Presencia	Frecuencias y porcentajes
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, trastorno respiratorio progresivo.	Diagnóstico consignado en expediente médico o uso crónico de broncodilatadores.	Cualitativa nominal	Categoría	0= Ausencia 1= Presencia	Frecuencias y porcentajes
Insuficiencia Cardíaca	Síndrome clínico caracterizado o por incapacidad del corazón para bombear adecuadamente.	Diagnóstico registrado por cardiólogo o uso de diuréticos/inotrópicos de forma crónica.	Cualitativa nominal	Categoría	0= Ausencia 1= Presencia	Frecuencias y porcentajes
Hipertensión pulmonar	Elevación anormal de la presión en arterias pulmonares.	Diagnóstico documentado por ecocardiografía o en expediente médico.	Cualitativa nominal	Categoría	0= Ausencia 1= Presencia	Frecuencias y porcentajes

Osteoporosis	Enfermedad esquelética caracterizada por disminución de la masa ósea y deterioro de la microarquitectura del hueso.	Diagnóstico por densitometría ósea T-score \leq -2.5 o historia clínica en expediente médico.	Cualitativa nominal	Categoría	0= Ausencia 1= Presencia	Frecuencias y porcentajes
--------------	---	---	---------------------	-----------	-----------------------------	---------------------------

Desarrollo del estudio

1. Este estudio fue sometido a revisión por los comités de bioética en investigación e investigación local con sede en el Hospital Lomas Verdes.
2. Tras su aprobación se solicitó autorización por autoridades del Hospital para proceder a aplicar criterios de selección.
3. Con la autorización de las autoridades hospitalarias por escrito se acudió al sistema de registros en archivo de expedientes para evaluar los expedientes de los sujetos de observación.
4. Se llevó a cabo mediante un estudio analítico transversal no experimental. Para determinar las características de los casos. Se revisó cada expediente de los pacientes que cumplieron con los criterios de selección, utilizando un cedula con las variables de interés a fin de rebabar una base de datos, para posteriormente analizar mediante las pruebas estadísticas.
5. Se acudió a los registros de sistema de archivo clínico donde se identificó procedimientos de interés que cumplieron con los criterios de selección del protocolo durante el transcurso del año propuesto.
6. Una vez identificados se elaboró el listado y revisó los expedientes de dichos pacientes, tomando en cuenta edad, genero, patología crónico-degenerativa, procedimientos quirúrgicos, signos vitales, características determinadas en el cuadro de variables. Se transcribieron estos datos a una hoja de Excel creada para este fin.
7. Se construyó una base de datos en Excel de Microsoft y se analizaron los datos en el programa SPSS Statistics v25.
8. Se redactó el informe final y el manuscrito para la publicación de los resultados.

Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó IBM SPSS Statistics versión 25. En una fase inicial, se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables incluidas en el estudio: las variables cualitativas se presentaron a través de frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se evaluaron utilizando medidas de tendencia central y dispersión. Se presentaron medias y desviaciones estándar cuando se observó una distribución normal, o medianas y rangos intercuartílicos en caso de una distribución no normal, lo cual se determinó mediante la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. Se realizó un análisis bivariado para investigar las posibles correlaciones entre los factores de riesgo y la manifestación del síndrome postcementación. Se utilizaron pruebas de significancia estadística adecuadas al tipo y distribución de los datos como la prueba chi-cuadrado/ exacta de Fisher para comparar proporciones entre variables categóricas. Para las variables numéricas, se empleó la prueba t de Student/ Mann-Whitney U dependiendo la distribución de los datos para comparar los promedios de variables cuantitativas entre grupos. Finalmente se elaboró un modelo de regresión logística binaria para identificar los factores de riesgo que se asociaron de manera independiente con la manifestación del síndrome postcementación. Los resultados se presentaron como razones de momios (odds ratios) junto con sus valores de p correspondientes. En todos los análisis se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

CONSIDERACIONES ETICAS

El presente trabajo se apegó a la Declaración de Helsinki, con su modificación en la Declaración de Fortaleza de 2013, así como a lo establecido en la Ley General de Salud, su reglamento en materia de investigación para la salud, los principios éticos aplicables a la investigación en seres humanos y las Normas Oficiales Mexicanas vigentes hasta ese momento.

De acuerdo con el artículo 17 de la Ley General de Salud, se obtuvo y respetó el consentimiento informado de cada uno de los pacientes participantes en este estudio, confirmando su aceptación para la realización del procedimiento quirúrgico. Se procuró maximizar los beneficios derivados de la aplicación de buenas prácticas médicas.

Los resultados obtenidos fueron tratados con estricta confidencialidad, y su utilización se destinó exclusivamente a fines de investigación con el objetivo de contribuir a la mejora del pronóstico y la calidad de vida de los pacientes. Su eventual publicación se llevó a cabo respetando todos los lineamientos éticos exigidos por las revistas científicas especializadas.

RECURSOS

Recursos humanos

Dependiente del Dr. Christian de Jesus Virgen Cobian como médico residente de la especialidad de Traumatología y Ortopedia en servicio y de la Dra. Ana Morales Lopez como asesor temático y metodológico, medico adscrito del servicio de cadera y rodilla (MPB)

Recursos financieros

Autofinanciado. Por parte de los investigadores, llevándose a cabo en las instalaciones propias de la unidad en el material de cómputo y papelería necesarios; los implantes corresponden al cuadro básico con que se cuenta en la unidad para el tratamiento de la población de reemplazos articulares.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

Se recopiló un total de 53 pacientes, de los cuales 11 no contaron con expediente clínico y 5 tuvieron expedientes incompletos, por lo cual fueron eliminados. El análisis incluyó un total de 37 pacientes. En la tabla 1 se describe la información correspondiente a las características demográficas y clínicas de los pacientes incluidos en el estudio.

Tabla 1. Características demográficas y clínicas de los pacientes que participaron en el estudio.		N (%) o media \pm DE
Número de pacientes		122
Características demográficas		
Edad		70.24 \pm 8.9
Sexo		
	<i>Masculino</i>	8 (21.6)
	<i>Femenino</i>	29 (78.4)
Talla		1.60 \pm 0.08
Peso		72.5 \pm 12.5
Índice de masa corporal (IMC)		
	<i>Normopeso</i>	9 (24.3)
	<i>Sobrepeso</i>	20 (54.1)
	<i>Obesidad tipo 1</i>	5 (13.5)
	<i>Obesidad tipo 2</i>	1 (2.7)
	<i>Obesidad tipo 3</i>	2 (5.4)
Comorbilidades		
	<i>No</i>	11 (29.7)
	<i>Sí</i>	26 (70.3)
Comorbilidad presentada		
	<i>Ninguna</i>	11 (29.7)
	<i>EPOC</i>	1 (2.7)
	<i>Osteoporosis</i>	5 (13.5)
	<i>Obesidad</i>	4 (10.8)
	<i>Diabetes tipo 2</i>	8 (21.6)
	<i>Dos o más comorbilidades</i>	8 (21.6)

La edad promedio fue de 70.24 ± 8.9 años, con un 78.4% de pacientes femeninos ($n = 29$) y 21.6% de masculinos ($n = 8$) (Gráfico 1). La talla media fue de 1.60 ± 0.08 metros y el peso promedio registrado fue de 72.5 ± 12.5 kg.

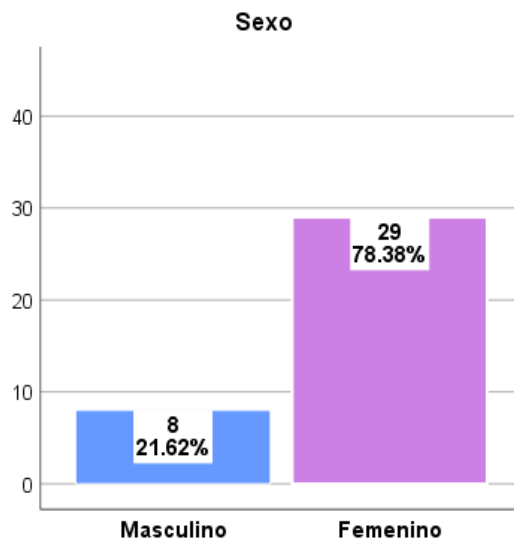


Gráfico 1. Frecuencias y porcentajes de sexo en los pacientes de la muestra

Respecto al índice de masa corporal (IMC), se observó que el 24.3% de los pacientes se encontraba en rango de normopeso ($n = 9$), mientras que el 54.1% presentaba sobrepeso ($n = 20$). Además, se reportó obesidad tipo 1 en el 13.5% ($n = 5$), obesidad tipo 2 en el 2.7% ($n = 1$) y obesidad tipo 3 en el 5.4% de los casos ($n = 2$) (Gráfico 2).

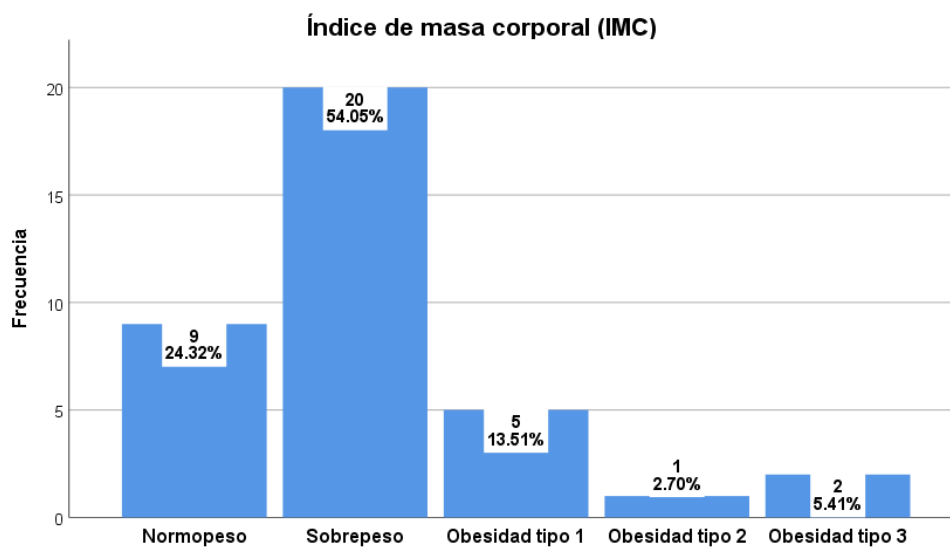


Gráfico 2. Frecuencias y porcentajes de clasificación de IMC en los pacientes de la muestra

En lo que respecta a la existencia de comorbilidades, el 70.3% de los pacientes (n = 26) presentaba al menos una condición médica preexistente, mientras que el 29.7% (n = 11) no reportó ninguna. Al examinar las patologías específicas, se determinó que el 21.6% presentaba diabetes de tipo 2 (n = 8), el 13.5% padecía osteoporosis (n = 5), el 10.8% obesidad como comorbilidad (n = 4) y el 2.7% enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (n= 1). Es importante subrayar que un 21.6% de los pacientes manifestó simultáneamente dos o más comorbilidades, evidenciándose combinaciones de diabetes con obesidad, osteoporosis con diabetes, la combinación de estas tres y la combinación de EPOC, insuficiencia cardíaca y diabetes en un mismo paciente (Gráfico 3).

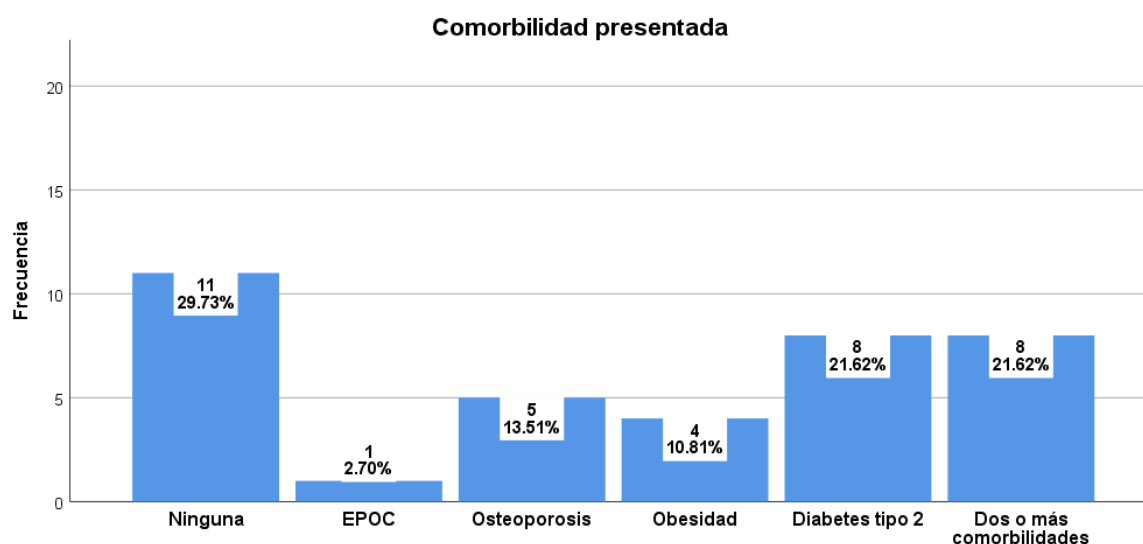


Gráfico 3. Frecuencias y porcentajes de las diferentes comorbilidades presentadas por los pacientes de la muestra

En el 100% de los pacientes se trató de una artroplastia primaria; en relación con el tipo de artroplastia total utilizada en los pacientes del estudio, se observó que la técnica más frecuentemente empleada fue la cementada, la cual se aplicó en 18 pacientes, lo que representa el 48.65% del total. En segundo lugar, se encontró la artroplastia híbrida reversa, utilizada en 11 pacientes, correspondiente al 29.73%. Finalmente, la híbrida inversa se realizó en 8 pacientes, lo que equivale al 21.62% (Gráfico 4).

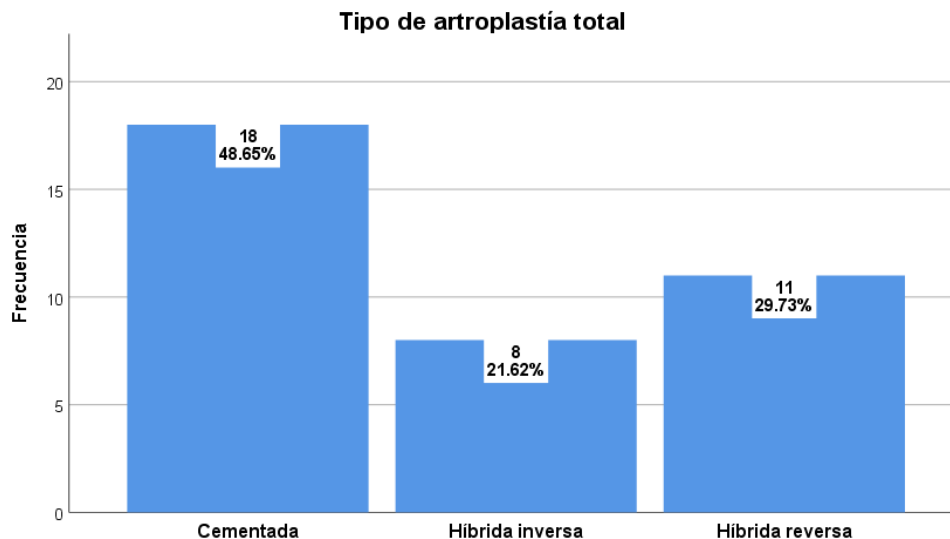


Gráfico 4. Frecuencias y porcentajes de tipo de artroplastia realizada a los pacientes del estudio

Con respecto a los parámetros operatorios documentados durante el procedimiento quirúrgico, se registraron los siguientes hallazgos: la duración total del procedimiento quirúrgico fue documentada con una media de 127.53 ± 36.25 minutos, con un tiempo mínimo de 65 minutos y un máximo de 265 minutos. En relación con la hemorragia intraoperatoria, el volumen de sangre extraída osciló entre 100 ml y 900 ml, con un promedio de 521.62 ± 214.26 ml. Además, la hora de cementación, definida como el minuto intraoperatorio durante el cual se aplicó el cemento ortopédico, se desarrolló entre el minuto 23 y el 185 del procedimiento quirúrgico, con un promedio de 76.32 ± 37.47 minutos.

A lo largo del procedimiento, se llevó a cabo un seguimiento constante de los signos vitales (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, SatO₂% y presión arterial media (PAM) de cada uno de los pacientes durante diversos momentos del procedimiento quirúrgico con el propósito de detectar posibles anomalías que pudieran indicar el síndrome postcementación. La primera evaluación se llevó a cabo durante el periodo preanestésico, y las mediciones se registraron en los intervalos de tiempo 0 (T₀), tiempo 1 (T₁), tiempo 2 (T₂) y tiempo 3 (T₃).

En relación con la conducta de la saturación de oxígeno (SatO₂%), se registró un promedio de $93.84 \pm 2.05\%$; durante el inicio del procedimiento (T₀), los

valores fluctuaron entre 89% y 100%, con un promedio ligeramente superior ($94.05 \pm 2.01\%$). Subsecuentemente, durante los periodos T1 y T2, se registró un aumento significativo en los niveles de saturación; en T1, la saturación media se registró en un $98.41 \pm 3.21\%$, con un intervalo de confianza que oscilaba entre el 90% y el 100%. De forma análoga, en T2 la media se mantuvo elevada en una media de 98.38 ± 2.84 , con un mínimo de 88% y un máximo de 100% respectivamente. Finalmente, en T3 la saturación de oxígeno alcanzó su valor promedio más elevado, alcanzando un $98.86 \pm 2.50\%$ dentro de un intervalo de 90% a 100% (Gráfico 5).

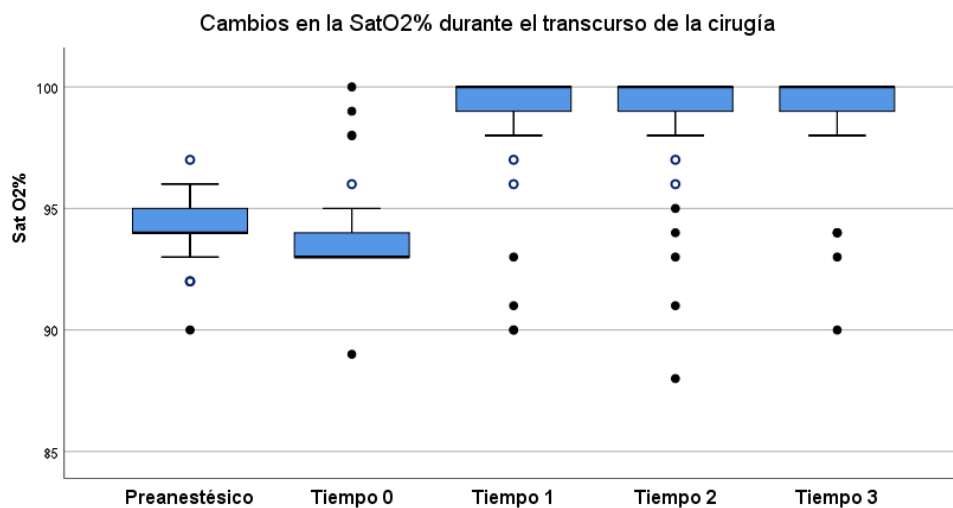


Gráfico 4. Cambios en la saturación de oxígeno (SatO₂%) durante el transcurso de la cirugía.

El comportamiento de la PAM a lo largo del procedimiento quirúrgico fue el siguiente: durante la inducción anestésica (T0), la PAM registró un promedio de 107.48 mmHg (mínimo 56.3 mmHg, máximo 123.3 mmHg); durante la fase T1 que corresponde al momento de la cementación, se observó una disminución significativa en la PAM, con un promedio de 87.02 mmHg, lo que indica una disminución media de aproximadamente 20 mmHg en comparación con el valor inicial. Durante el periodo T2, se registró una ligera mejora en la presión arterial media, alcanzando un promedio de 88.68 mmHg para posteriormente, en T3, la volver a disminuir, registrando un promedio de 83.72 mmHg con casos de pacientes que exhibieron valores de hasta 37.0 mmHg (Gráfico 5).

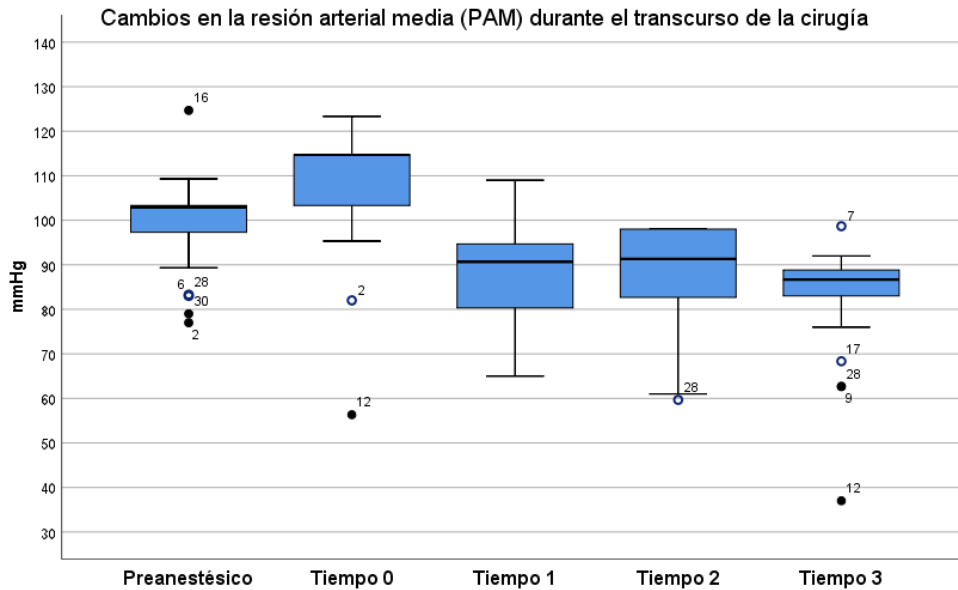


Gráfico 5. Cambios en la presión arterial media (PAM) durante el transcurso de la cirugía

Durante el procedimiento quirúrgico, la frecuencia respiratoria de los pacientes exhibió una evolución predominantemente estable. Durante la evaluación preanestésica, un 91.9% de los pacientes exhibió valores dentro del rango normal, mientras que un 8.1% manifestó taquipnea. Tras la inducción anestésica (T0), la totalidad de los pacientes logró una frecuencia respiratoria estándar; durante el primer tiempo (T1), la distribución retomó la situación inicial, con un 91.9% de casos normales y un 8.1% con taquipnea. En el segundo tiempo, se registró una mejora marginal, alcanzando un 97.3% de frecuencias normales y únicamente un caso de taquipnea; finalmente, en el tercer tiempo, todos los casos válidos (n = 36) conservaron una frecuencia respiratoria normal.

A lo largo de la cirugía se detectaron alteraciones significativas en la frecuencia cardíaca y la frecuencia de bradicardia; previo al inicio de la anestesia, el 91.9% de los pacientes (n = 34) exhibió una frecuencia cardíaca que se mantuvo dentro de los parámetros normales; únicamente un paciente (2.7%) manifestó bradicardia y dos casos (5.4%) se asociaron con taquicardia. Durante el intervalo cero (T0) tras la inducción anestésica, se registró una distribución análoga: la mayoría de los casos (94.6%, n = 35) se mantuvieron normales, con la presencia de un caso de bradicardia y otro de taquicardia persistentes. Desde el primer tiempo, se observó una alteración significativa en el comportamiento de esta variable: un

56.8% (n = 21) manifestó bradicardia, en contraste con un 43.2% (n = 16) que permaneció dentro del rango normal. Durante el segundo período, esta tendencia persistió con 19 pacientes (51.4%) diagnosticados con bradicardia, 16 (43.2%) con frecuencia normal y 2 (5.4%) con taquicardia. En el tercer período, la bradicardia se mantuvo en el 48.6% de los pacientes (n = 18), mientras que 17 pacientes (45.9%) conservaron valores normales y uno (2.7%) manifestó taquicardia (Figura 6).

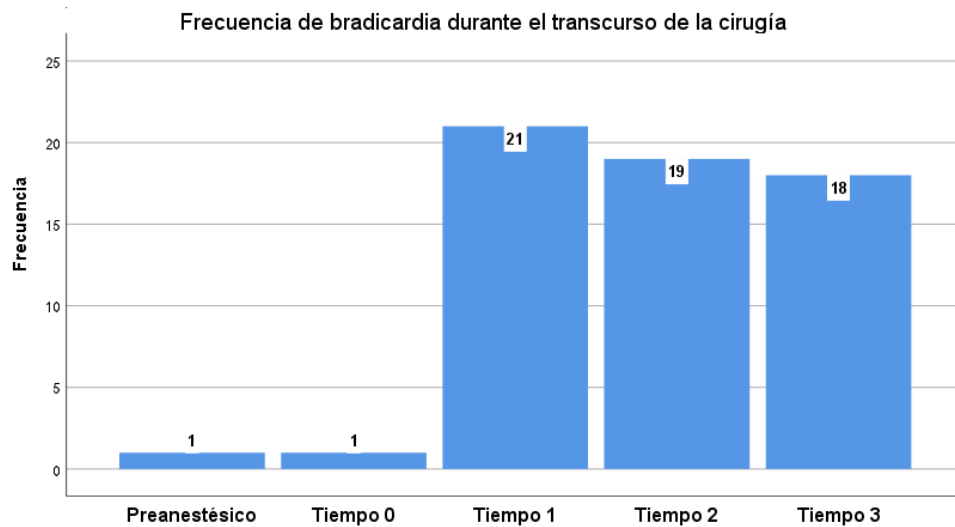


Gráfico 6. Cambios en la frecuencia de pacientes que presentaron bradicardia durante el transcurso de la cirugía

Tras el traslado a la unidad de monitorización postoperatoria, se registraron los signos vitales de todos los pacientes como parte del monitoreo inmediato. La mayoría (97.3%, n = 36) manifestó una frecuencia respiratoria que se mantuvo dentro de los parámetros normales, con la excepción de un caso de taquipnea (2.7%). En relación con la frecuencia cardíaca, se identificó una proporción significativa de bradicardia: 36 pacientes (97.3%) exhibieron una reducción de la frecuencia cardíaca por debajo del rango normal, mientras que únicamente un paciente (2.7%) mantuvo los datos dentro de lo esperado.

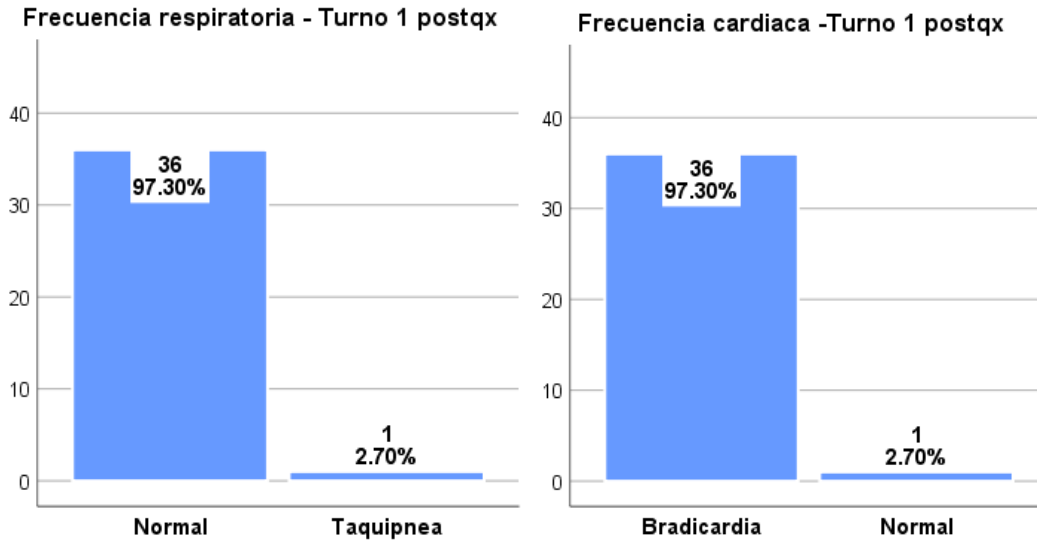


Gráfico 7. Frecuencias y porcentajes de pacientes que presentaron frecuencia respiratoria normal y taquipnea (izquierda) y de pacientes que presentaron bradicardia durante el postquirúrgico (derecha).

Al evaluar el grado de conciencia mediante la Escala de Glasgow, se constató que más del cincuenta por ciento de los pacientes (56.8%, n = 21) logró una puntuación de 14, mientras que el resto del grupo (43.2%, n = 16) registró una puntuación máxima de 15, lo que sugiere un estado neurológico preservado en todas las instancias. En última instancia, los datos de saturación de oxígeno documentados durante esta etapa indicaron una oxigenación apropiada, con un promedio del 96.3% y valores mínimos y máximos de 90% y 99% (Figura 8).

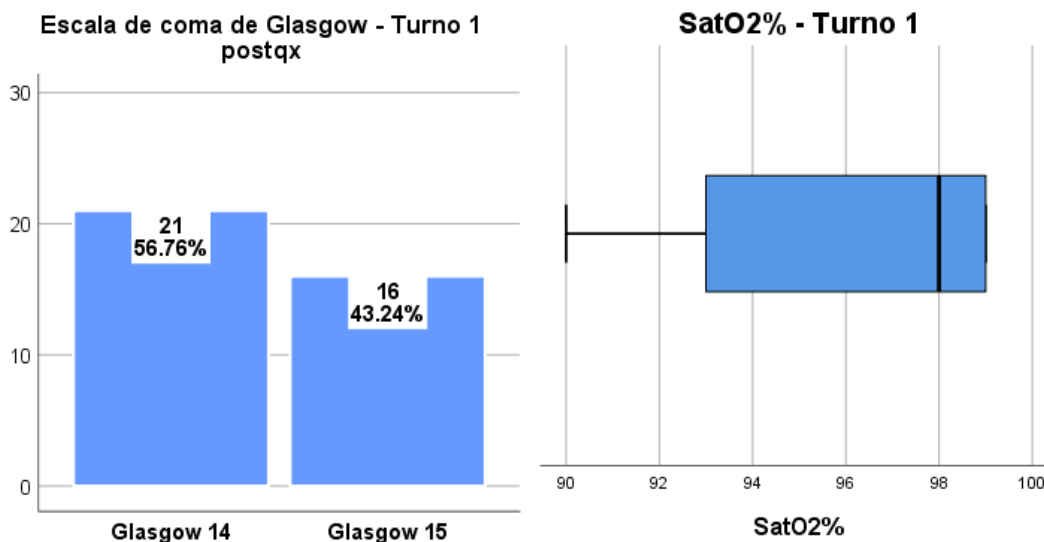


Gráfico 8. Frecuencias y porcentajes de puntuación de escala de coma de Glasgow (izquierda) gráfico de cajas con los valores de SatO2% (derecha) registrados durante el primer turno postquirúrgico

Se determinó que el 29.7% de los pacientes (n = 11) exhibió criterios clínicos compatibles con el síndrome postcementación, mientras que en el 70.3% restante (n = 26) no se observó dicha complicación. En lo que respecta a la clasificación de Donaldson, empleada para cuantificar la presencia y gravedad del síndrome postcementación en pacientes sometidos a artroplastia, los resultados indican que la mayoría no exhibió alteraciones clínicas atribuibles al síndrome. En su totalidad, 26 pacientes, o 70.3%, fueron categorizados como grado 0, lo que sugiere la ausencia de manifestaciones clínicas; nueve pacientes, o 24.3%, fueron categorizados como grado 1 y únicamente dos casos, o 5.4%, lograron una clasificación de grado 2. No se registraron casos clasificados como 3 o 4, lo cual sugiere que en esta cohorte no se observaron eventos graves compatibles con el síndrome postcementación de alta severidad (Gráfico 9).

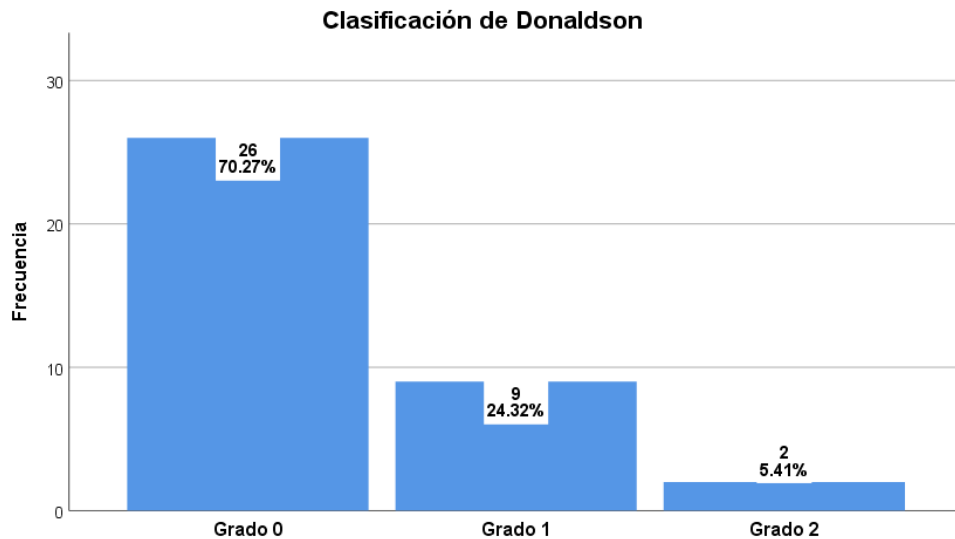


Gráfico 9. Frecuencias y porcentajes de clasificación de Donaldson presentada por los pacientes del estudio

A través del examen de las manifestaciones clínicas vinculadas al síndrome postcementación en los pacientes incluidos en la presente investigación, se distinguieron tres indicadores clínicos fundamentales: hipotensión significativa, hipoxemia y bradicardia. Dentro de esta cohorte, la hipoxemia se evidenció como la

manifestación clínica más prevalente, presente en el 62.2% de los casos (n = 23), lo que la establece como el hallazgo clínico preponderante. La bradicardia se manifestó en el 56.8% de los pacientes (n = 21), y se observó una prevalencia elevada entre los individuos que desarrollaron el síndrome. Finalmente, se identificó una hipotensión significativa en el 21.6% de los participantes (n = 8), representando la manifestación menos frecuente dentro del conjunto de pacientes afectados.

A lo largo de la valoración de los periodos quirúrgicos en los que evaluaron las manifestaciones clínicas primordiales del síndrome postcementación — hipotensión, hipoxemia y bradicardia— se detectaron patrones temporales significativos.

La mayor frecuencia de hipotensión se observó en el tiempo 2, correspondiente al instante subsiguiente a la aplicación del cemento, registrándose cinco casos (13.5%). Se registraron dos casos, representando el 5.4%, durante el tiempo 3, mientras que únicamente un paciente manifestó este evento durante el tiempo 1. En una proporción significativa (78.4%, n = 29), no se registró hipotensión en ninguna fase del procedimiento.

Con respecto a la hipoxemia, la mayor incidencia de casos se documentó en el primer tiempo, precisamente durante el proceso de cementación, donde se registraron 19 casos, lo que representa el 52.8%. Este descubrimiento se enriquece con tres casos, representando el 8.3% en el tiempo 2, y uno, representando el 2.8% en el tiempo 3. Un tercio de los pacientes (36.1%) no exhibieron anomalías en la oxigenación, a pesar de que se reportó un dato ausente.

En relación con la bradicardia, esta se manifestó con mayor prevalencia durante el segundo tiempo, donde se registraron 20 casos, lo que representa el 54.1%. Únicamente se documentó un evento durante el tiempo de intervención, mientras que 16 pacientes, representando el 43.2%, conservaron una frecuencia cardíaca dentro de los parámetros normales durante el total del procedimiento.

En términos generales, los hallazgos indican que el segundo periodo, correspondiente al periodo inmediato posterior a la cementación, fue el periodo en

el que se identificaron con mayor frecuencia anomalías clínicas asociadas al síndrome postcementación, particularmente hipotensión y bradicardia. Por el contrario, la hipoxemia se manifestó de forma más precoz, comenzando desde la etapa de cementación.

Análisis inferencial

Se llevó a cabo un análisis de correlaciones con el objetivo de establecer si existe una correlación entre la presencia del síndrome postcementación y otras variables tales como el sexo, el peso corporal, el tipo de intervención quirúrgica, la duración, entre otras. No se detectó ninguna diferencia significativa entre hombres y mujeres en relación con la manifestación del síndrome postcementación ($\chi^2 = 2.007$ $p=.157$), ni tampoco se identificó una correlación con el índice de masa corporal ($\chi^2 = 3.254$, $p=.516$) ni con la modalidad de artroplastia total ejecutada ($\chi^2 = 1.045$, $p = 0.593$).

En el examen de las variables clínicas vinculadas a la presencia del síndrome postcementación, se constató que no existieron diferencias estadísticamente significativas en la distribución de edad ($p=.832$), peso ($p=.935$), talla ($p=.635$), duración del procedimiento quirúrgico ($p=.456$) ni sangrado intraoperatorio (.756) entre los pacientes que manifestaron y aquellos que no manifestaron el síndrome. No obstante, se detectó una discrepancia estadísticamente significativa y perfectamente congruente entre la hora de la cementación durante el procedimiento quirúrgico y la manifestación de síndrome postcementación ($p = .000$; $\Phi = 1.000$), siendo el segundo transquirúrgico (justo posterior a la cementación) el periodo predominante en la aparición de las manifestaciones del síndrome en los pacientes examinados.

En última instancia, se efectuó una regresión logística binaria con el objetivo de identificar predictores del síndrome postcementación; el modelo inicial exhibió una clasificación del 70.3%, atribuible a la categoría más común (ausencia del síndrome). La constante demostró ser significativa ($p = .017$; $OR = 0.423$), lo que indica una probabilidad basal reducida del evento. Mediante la integración de las variables independientes, el modelo no logró alcanzar significancia global ($\chi^2 =$

5.315; $gl = 7$; $p = .622$) ni exhibió un ajuste óptimo (R^2 de Cox y Snell = .134; R^2 de Nagelkerke = .190). En consecuencia, la precisión global de clasificación del modelo fue del 75.7%, con una alta especificidad (96.2%) pero una sensibilidad baja (27.3%). Ninguna de las variables incorporadas en el modelo (género, edad, peso, estatura, índice de masa corporal (IMC), presencia de comorbilidades y tipo de intervención quirúrgica) evidenció una asociación estadísticamente significativa.

Las razones de momios (OR) y los valores de p de cada variable examinada dentro del modelo se sintetizan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de la regresión logística para síndrome postcementación		
Variable	OR	Valor p
Sexo	0.161	0.089
Edad	0.983	0.720
Peso	0.925	0.505
Talla	8.542	0.874
IMC	2.397	0.484
Presencia de comorbilidades	1.555	0.671
Tipo de artroplastia total	0.539	0.244

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio permitieron analizar las características y el comportamiento hemodinámico de los pacientes sometidos a artroplastia total de cadera cementada, además de estimar la incidencia y las características de la manifestación del síndrome postcementación en un grupo de adultos mayores en un hospital de tercer nivel en México. Como resultado, se observó una incidencia del 29.7% de síndrome postcementación, cuya manifestación clínica más predominante en la muestra fue la hipoxemia (62.2%), seguido por la bradicardia (56.8%) y la hipotensión (21.6%).

Los hallazgos de este estudio son similares a los registrados por Bonfait y colaboradores, quienes realizaron un sondeo en Francia en el año 2022 en el que identificaron un índice de complicaciones vinculadas al síndrome postcementación del 0.19%, con una tasa de mortalidad del 0.05%; aunque existen fluctuaciones en los datos absolutos en la presente investigación, la frecuencia de signos comunes como la hipotensión y la bradicardia coincide con los estudios franceses ⁽¹⁰⁾.

En Finlandia en 2019, Ekman y colaboradores estudiaron un grupo de más de 10,000 pacientes y determinaron que no existía una correlación entre la cementación y una mortalidad temprana después de la artroplastía de cadera. No obstante, advertieron acerca de la importancia de adoptar acciones preventivas en pacientes con elevado riesgo de anestésico (ASA IV); la importancia de este aspecto reside en que, en la investigación actual, a pesar de no encontrarse una correlación relevante entre las comorbilidades y la emergencia del síndrome postcementación, la edad media de los pacientes excedió los 70 años y el 70% de los pacientes expresaban al menos una comorbilidad, lo que subraya su vulnerabilidad a presentar esta complicación ⁽⁵⁾.

Wyatt y colaboradores aportaron datos relevantes sobre la supervivencia de los implantes de cadera cementados y no cementados en una serie de casos en Nueva Zelanda (2014), además, analizaron los factores relacionados con la aparición de síndrome postcementación en su muestra. Dicho estudio determinó

que fue en el momento posterior a la cementación cuando se identificaron la mayoría de las alteraciones hemodinámicas; de la misma manera en que ocurrió en el presente estudio, donde la aparición de la bradicardia, hipoxemia e hipotensión en los pacientes analizados ocurrieron justo después de este paso del procedimiento quirúrgico ⁽⁷⁾.

Jaffe y colaboradores, en Estados Unidos, identificaron una frecuencia de incidencia del síndrome postcementación del 35% en su muestra de pacientes estudiados, cifra similar al registrado en este estudio (29.7%); además, señalaron que la presencia del síndrome no tenía una relación relevante con la mortalidad hospitalaria. De la misma manera, el análisis de regresión logística llevado a cabo en esta investigación no detectó predictores independientes de esta patología, pese a la observación de patrones coherentes en los signos vitales ⁽²⁹⁾.

Desde Taiwán, Yang y colaboradores registraron en 2021 una incidencia del 26.1% de síndrome postcementación en su estudio donde analizaron una serie de intervenciones quirúrgicas de tumores óseos en las cuales se utilizó cemento; destacaron que la hipoxemia fue la manifestación más frecuente, lo que concuerda con los hallazgos obtenidos en este estudio. Además, determinaron que la existencia de metástasis en los pulmones fungió como factor de riesgo para presentar el síndrome de acuerdo con lo observado en sus pacientes; no obstante, en esta investigación no se examinaron artroplastias electivas en la población de edad avanzada, por lo que se complica extrapolar los resultados al contexto de este estudio ⁽²²⁾.

En Alemania en 2022, Weingärtner y colaboradores reportaron una incidencia del 37% de complicaciones cardiovasculares en hemiartroplastias cementadas, asociada a un aumento en la mortalidad hospitalaria del 15.6%; si bien en el presente protocolo no se analizaron variables de desenlace como la mortalidad, estos reportes resaltan la importancia de un monitoreo exhaustivo y protocolos de prevención durante el procedimiento de cementación ⁽²³⁾.

En Cuba, Martín y colaboradores reportaron un caso clínico de síndrome postcementación con severas alteraciones hemodinámicas, destacando la

relevancia de la presión intramedular y la toxicidad del metilmetacrilato como elementos esenciales de la fisiopatología del cuadro. Dichas observaciones tienen relación con los patrones identificados en el presente estudio, donde la mayor incidencia de sucesos ocurrió después de la aplicación del cemento, sin embargo, los pacientes analizados en el presente estudio no presentaron alteraciones hemodinámicas tan severas como las reportadas por Martin y colaboradores, ya que únicamente se observaron casos de Grado 1 y Grado 2 en la escala de gravedad del síndrome postcementación de Donaldson ⁽¹¹⁾.

Adicionalmente, los hallazgos de esta investigación concuerdan con el reporte de Olsen y colaboradores realizado en Suecia en 2020, en el cual estudiaron la relación entre el uso de cemento óseo y la aparición de hipotensión e hipoxia durante la intervención quirúrgica en una muestra de 1,095 pacientes sometidos a hemiartroplastia. En dicho estudio la prevalencia de sucesos hemodinámicos dañinos fue significativamente superior en el grupo con cementación (28%) en contraste con el grupo sin cemento (17%) y se registró una prevalencia de hipotensión o hipoxia de grado 2 ⁽²⁹⁾. El mismo autor en 2014 realizó un análisis también en Suecia que contempló un grupo de 1,016 pacientes con fractura de cuello femoral tratados con hemiartroplastia cementada, el cual mostró una incidencia de 28% de síndrome postcementación. Lo más sobresaliente de dicho estudio el índice de mortalidad a los 30 días, el cual se elevó al 35% en pacientes con síndrome postcementación de grado 2 en la escala de Donaldson y al 88% en los que padecían el de grado 3. Estos datos respaldan los descubrimientos de la presente investigación, donde a pesar de que no se observaron casos tan severos, sí se registró una prevalencia considerable de hipoxemia e hipotensión ⁽³²⁾. Ambas investigaciones suecas subrayan que, aunque el síndrome postcementación de grado 1 puede presentar síntomas transitorios y desaparecer sin consecuencias importantes, las formas severas representan un peligro significativo para la vida del paciente, especialmente en grupos geriátricos con comorbilidades, como es el caso de los sujetos estudiados en el presente protocolo.

Una de las mayores limitaciones de esta investigación reside en su metodología retrospectiva, que restringe la capacidad para determinar vínculos causales y puede generar prejuicios relacionados con la calidad y la integridad de los registros clínicos. Además, la ausencia de un monitoreo avanzado durante la intervención quirúrgica dificulta la detección de cambios hemodinámicos subclínicos asociados al síndrome de implantación de cemento óseo. Una posible limitación adicional reside en el tamaño del muestreo, que, a pesar de facilitar la detección de patrones clínicos relevantes, podría no ser apropiado para detectar conexiones relevantes en subgrupos específicos, como los que poseen comorbilidades cardiovasculares o respiratorias ya existentes. Finalmente, la investigación se llevó a cabo en un solo centro hospitalario, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a otras poblaciones o situaciones quirúrgicas.

CONCLUSIONES

La presente investigación reveló que el síndrome de implantación de cemento óseo (SPC) representa una complicación frecuente en pacientes que han sido sometidos a artroplastia de cadera cementada, con una incidencia del 29.7% y una predominancia de manifestaciones como hipoxemia, bradicardia e hipotensión. A pesar de que la mayoría de los casos presentaron una presentación leve y autolimitada, los descubrimientos subrayan la relevancia de mantener un monitoreo hemodinámico riguroso durante el proceso de cementación, particularmente en pacientes de edad avanzada con comorbilidades cardiovasculares o pulmonares. La ausencia de eventos severos o mortalidad en esta cohorte no debe subestimar el riesgo potencial asociado al SPC, tal y como se ha documentado ampliamente en investigaciones de alcance internacional. Estos hallazgos subrayan la imperiosa necesidad de implementar estrategias preventivas, protocolos anestésicos personalizados y una selección preoperatoria de pacientes adecuada, con el objetivo de optimizar la seguridad quirúrgica y disminuir la morbimortalidad vinculada a este procedimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Enge Júnior DJ, Castro ADAE, Fonseca EKUN, Baptista E, Padial MB, Rosemberg LA. Main complications of hip arthroplasty: Pictorial essay. *Radiol Bras.* 2020;53(1):56–62.
2. Moldovan F. Bone Cement Implantation Syndrome: A Rare Disaster Following Cemented Hip Arthroplasties—Clinical Considerations Supported by Case Studies. *J Pers Med.* el 1 de septiembre de 2023;13(9).
3. Kremers HM, Larson DR, Crowson CS, Kremers WK, Washington RE, Steiner CA, et al. Prevalence of total hip and knee replacement in the United States. *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume.* el 2 de septiembre de 2014;97(17):1386–97.
4. Gomez A, Mondragón G, Alvarado JM, Camacho N. Retos actuales y futuros en implantes de rodilla y cadera en México. *Revista Colombiana de Materiales.* el 29 de enero de 2021;(16):29–56.
5. Ekman E, Laaksonen I, Isotalo K, Liukas A, Vahlberg T, Mäkelä K. Cementing does not increase the immediate postoperative risk of death after total hip arthroplasty or hemiarthroplasty: a hospital-based study of 10,677 patients. *Acta Orthop.* el 4 de mayo de 2019;90(3):270–4.
6. Ilizaliturri Sánchez VM, Pariente GM, Galindo JC. Tratamiento quirúrgico de la osteoartritis en la cadera: Actualidades en artroplastia total de cadera. Vol. 3, *Reumatología Clínica.* 2007. p. 57–62.
7. Parker MJ, Johansen A, Griffiths R. Bone cement and hip fractures. Vol. 52, *Injury.* Elsevier Ltd; 2021. p. 1655–6.
8. Wyatt M, Hooper G, Frampton C, Rothwell A. Survival outcomes of cemented compared to uncemented stems in primary total hip replacement. *World J Orthop.* 2014;5(5):591–6.
9. Hwang SK. Experience of Complications of Hip Arthroplasty. *Hip Pelvis.* el 31 de diciembre de 2014;26(4):207–13.
10. Bonfait H, Delaunay C, De Thomasson E, Tracol P, Werther JR. Bone cement implantation syndrome in hip arthroplasty: Frequency, severity and prevention. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research.* el 1 de abril de 2022;108(2).
11. Raul Martín Pérez, Raisa Montero Álvarez, Liliams R. Pérez Zamora. Síndrome de implantación del cemento óseo (SICO). Alteraciones hemodinámicas. Reporte de un caso. *Mediciego.* 2017;13.

12. Aragonés IC. Cementos óseos con antibiótico. Vol. 40, Panorama Actual del Medicamento. 2016.
13. González DW, Castañeda AO, Esparza SC, López LI, Sáenz-Galindo A. Poli(metacrilato de metilo): Un termoplástico biocompatible. Diversas aplicaciones. Rev Iberoam Polim. 2021;22(3):140–6.
14. Webb JCJ, Spencer RF. The role of polymethylmethacrylate bone cement in modern orthopaedic surgery. 2007;89(7).
15. Vaishya R, Chauhan M, Vaish A. Bone cement. Vol. 4, Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. Elsevier B.V.; 2013. p. 157–63.
16. Al-Husinat L, Jouryyeh B, Al Sharie S, Al Modanat Z, Jurieh A, Al Hseinat L, et al. Bone Cement and Its Anesthetic Complications: A Narrative Review. Vol. 12, Journal of Clinical Medicine. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023.
17. Arora M, Chan EKS, Gupta S, Diwan AD. Polymethylmethacrylate bone cements and additives: A review of the literature. Vol. 4, World Journal of Orthopedics. Baishideng Publishing Group Co; 2013. p. 67–74.
18. Mann K. Materiales en cirugía de cadera: polimetilmetacrilato. En: Materiales en cirugía de cadera. Elsevier España; 2021. p. 53–63.
19. Satalich JR, Lombardo DJ, Newman S, Golladay GJ, Patel NK. Cementation in total hip arthroplasty: history, principles, and technique. EFORT Open Rev. 2022;7(11):747–57.
20. Parvizi J, Klatt B. Essentials in Total Hip Arthroplasty. SLACK Incorporated; 2013.
21. Saravia P R, Rebéiz Z G. Modernas técnicas de cementación en reemplazo total de cadera. Estudio experimental.
22. Yang T han, Yang R sen, Lin C peng, Tseng T hao. Bone Cement Implantation Syndrome in Bone Tumor Surgeries: Incidence, Risk Factors, and Clinical Experience. Orthop Surg. el 1 de febrero de 2021;13(1):109–15.
23. Weingärtner K, Störmann P, Schramm D, Wutzler S, Zacharowski K, Marzi I, et al. Bone cement implantation syndrome in cemented hip hemiarthroplasty— a persistent risk. European Journal of Trauma and Emergency Surgery. el 1 de abril de 2022;48(2):721–9.
24. Hitandehuitl Guevara-Valerio, Dulce Miriam Vargas-Aguilar, Darcy Danitza Mari-Zapata., José Eduardo Etulain-González. Consideraciones anestésicas en el síndrome de implantación por cemento óseo y el paciente geriátrico. Anestesia en México. 2021;33(1):22–6.

25. So D, Anaesthesiologist R, Hospital M, Kong H, Yu C, Carlos Nunez-Diquez J. Síndrome de Implantación de Cemento Óseo. Disponible en: www.wfsahq.org/resources/anaesthesia-tutorial-of-the-week
26. Singh V, Bhakta P, Zietak E, Hussain A. Bone cement implantation syndrome: A delayed postoperative presentation. *J Clin Anesth.* el 1 de junio de 2016;31:274–7.
27. Yang Y, Meng X, Huang Y. Study of the cement implantation syndrome A review. Vol. 103, *Medicine (United States)*. Lippincott Williams and Wilkins; 2024. p. e38624.
28. Donaldson AJ, Thomson HE, Harper NJ, Kenny NW. Bone cement implantation syndrome. Vol. 102, *British Journal of Anaesthesia*. Oxford University Press; 2009. p. 12–22.
29. Jaffe JD, Edwards CJ, Hamzi R, Khanna AK, Olsen F. Bone Cement Implantation Syndrome: Incidence and Associated Factors in a United States Setting. *Cureus.* el 26 de noviembre de 2022;
30. Hines CB, Yoder AC. Bone cement implantation syndrome: Key concepts for perioperative nurses. *AORN J.* el 1 de febrero de 2019;109(2):203–16.
31. Griffiths R, White SM, Moppett IK, Parker MJ, Chesser TJS, Costa ML, et al. Safety guideline: Reducing the risk from cemented hemiarthroplasty for hip fracture 2015: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland British Orthopaedic Association British Geriatric Society. Vol. 70, *Anaesthesia*. 2015. p. 623–6.
32. Virgen Cobian, Ch. Morales Lopez, A. mayo 2025 Tomado: Enge Júnior DJ, Castro ADAE, Fonseca EKUN, Baptista E, Padial MB, Rosemberg LA. Main complications of hip arthroplasty: Pictorial essay. *Radiol Bras.* 2020;53(1):56–62. Y Hwang SK. Experience of Complications of Hip Arthroplasty. *Hip Pelvis.* el 31 de diciembre de 2014;26(4):207–13

ANEXOS

Anexo 1. Las principales complicaciones potenciales son las siguientes ^(13,21,32):

- Tromboembolismo: Se encuentra dentro de las 5 complicaciones más frecuentes de la ATC pero puede prevenirse realizando acciones como ejercicios durante el periodo pre y postoperatorio, el uso de medias de compresión y la administración de fármacos antitrombóticos, entre otras medidas.
- Hematomas: Otra de las principales complicaciones es la formación de hematomas que puede prevenirse con una adecuada técnica de hemostasia intraoperatoria y la suspensión de medicamentos con efectos antiplaquetarios o anticoagulantes en pacientes que se encuentren en tratamiento previo con estos fármacos, además de la identificación de trastornos de la coagulación en el paciente o historial de sangrados excesivos mediante el interrogatorio minucioso del candidato a la cirugía.
- Osificación heterotópica: Se origina a partir de la lesión en el músculo glúteo menor y se presenta más frecuentemente en pacientes con diagnósticos como osteoartritis hipertrófica, espondilitis anquilosante entre otros.
- Lesiones nerviosas: Los nervios que se afectan con más frecuencia son el nervio femoral, el nervio ciático y el glúteo superior.
- Fracturas: Corresponde a la séptima complicación más común y son más frecuentes en pacientes de alto riesgo.
- Infecciones: Los patógenos causantes que se han identificado como los principales en los últimos años son *Staphylococcus aureus* y bacilos Gram negativos ^(13,21).
- Muerte: Es poco frecuente; en Estados Unidos su frecuencia varía entre 0.16% y 0.52%, con una tasa de mortalidad a 90 días del 1%.

Anexo 2: Proceso de polimerización del cemento óseo

5. Fase de mezcla: Esta etapa consiste en la hidratación de las microesferas del polímero con el monómero, con lo que se consigue un preparado líquido.
6. Fase de espera: Comienza la expansión y polimerización del monómero; la consistencia se vuelve pegajosa y se adhiere fácilmente a los guantes quirúrgicos.
7. Fase de trabajo: La mezcla adquiere una consistencia pastosa y en este momento ya puede aplicarse al hueso. En esta fase ocurre la liberación de calor y conforme transcurren los minutos el material va perdiendo maleabilidad.
8. Fase de fraguado: Se finaliza el proceso de formación de las cadenas poliméricas, donde se alcanza la temperatura máxima y el cemento se solidifica en su forma definitiva ⁽²⁷⁾.

Anexo 2. Tabla 1.

Tabla 1. Componentes básicos del cemento óseo	
Componentes del polvo	Componentes líquidos
<ul style="list-style-type: none">• Copolímero: polimetilmetacrilato (PMMA)• Iniciador: Peróxido de benzoílo (BPO)• Agentes radiopacos: Sulfato de bario ($BaSO_4$) o dióxido de zirconio (ZrO_2)• Antibióticos (múltiples agentes contra microorganismos Gram +/-)	<ul style="list-style-type: none">• Monómero: Metacrilato (MMA)• Aceleradores: N, N-dimetil-p-toluodine (DMPT)• Inhibidores/estabilizadores: Hidroquinona

Integrado por Virgen Cobian, Ch. Morales Lopez, A. mayo 2025 Tomado: González DW, Castañeda AO, Esparza SC, López LI, Sáenz-Galindo A. Poli(metacrilato de metilo): Un termoplástico biocompatible. Diversas aplicaciones. Rev Iberoam Polim. 2021;22(3):140–6. Webb JCJ, Spencer RF. The role of polymethylmethacrylate bone cement in modern orthopaedic surgery. 2007;89(7).

Anexo 4. Clasificación de Donaldson

- Grado 1: $SpO_2 < 94\%$ o hipotensión arterial $<20\%$ del nivel preoperatorio.
- Grado 2: $SpO_2 < 88\%$ hipotensión arterial $<40\%$ del nivel preoperatorio o pérdida de la conciencia.
- Grado 3: colapso cardiovascular.

Integrado por Virgen Cobian, Ch. Morales Lopez, A. mayo 2025 Tomado: Singh V, Bhakta P, Zietak E, Hussain A. Bone cement implantation syndrome: A delayed postoperative presentation. J Clin Anesth. el 1 de junio de 2016;31:274–7.

Anexo 5. Factores de riesgo

- Comorbilidades del paciente, en especial las enfermedades cardiovasculares como la enfermedad coronaria y la hipertensión arterial
- Edad avanzada

- Osteoporosis; un hueso poroso y con cavidades óseas agrandadas facilita la aparición de émbolos.
- ATC como tratamiento de fracturas, especialmente cuando se trata de fracturas patológicas o relacionadas con neoplasias malignas. La enfermedad ósea metastásica también aumenta el riesgo de SICO
- Un canal femoral con diámetro mayor a 21 mm ⁽³⁵⁾.

Integrado por Virgen Cobian, Ch. Morales Lopez, A. mayo 2025 Tomado: Jaffe JD, Edwards CJ, Hamzi R, Khanna AK, Olsen F. Bone Cement Implantation Syndrome: Incidence and Associated Factors in a United States Setting. Cureus. el 26 de noviembre de 2022;

Anexo 6. HOJA DE RECOLECCION DE DATOS



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD HOSPITAL DE TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA
"LOMAS VERDES"
MODULO DE REEMPLAZOS ARTICULARES
HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

REGISTRO SIRELCYS NO.

FOLIO #

Fecha de Inicio del Estudio: _____

I. DATOS DEL PACIENTE

Nombre: _____ NSS: _____

Fecha de nacimiento: ____ / ____ / ____ Edad: _____ años

SEXO: M F

II. PADECIMIENTO ACTUAL

Diagnóstico: _____

ATC: _____ Cementada Híbrida

III. DATOS ANTROPOMÉTRICOS

Peso (Kg): _____ Talla / estatura (m): _____ IMC: _____ peso / (talla)²

REGISTROS PREANESTESICO:

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO₂:

TA:

TAM

VII. REGISTROS TRANSANESTESICO

Duración de la cirugía

Sangrado:

Hora de cementación _____; **Tiempo 0:** _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

TA:
TAM

Tiempo 1: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 2: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 3: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

VI. REGISTRO POSTQUIRURGICO: registro por turno por dos días

Ingresa a recuperación: _____ **Tiempo 0:** _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Estado de conciencia

Tiempo 1: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 2: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 3: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 4: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 5: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea
Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

Tiempo 6: _____

Signos Vitales:

FR: Bradipnea Normal Taquipnea

Fc: Bradicardia Normal Taquicardia

SaO2:

SINDROME POSTCEMENTACION

Criterios de Donaldson:

Grado I Grado II Grado III

Comorbilidades: Presente Ausentes

EPOC ICC HIPERTENSION PULMONAR OSTEOPOROSIS OBESIDAD

Recolecto la información el Dr. Christian de Jesus Virgen Cobián

Fecha y hora: