

INSTITUTO DE SERVICIOS DE SALUD PÚBLICA DEL ESTADO DE BAJA
CALIFORNIA

DIRECCION DE ENSEÑANZA Y VINCULACIÓN

HOSPITAL GENERAL DE MEXICALI

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN



HOSPITAL GENERAL
DE MEXICALI
ARTE • CIENCIA • HUMANISMO



Título de investigación

**“Valoración de Cambios Hemodinámicos en Relación al Tiempo de Isquemia en
Pacientes Sometidos a Artroplastia de Rodilla en el Hospital General de Mexicali”**

Trabajo terminal para obtener el diploma de especialidad en:

ANESTESIOLOGÍA

Presenta:

Dr. Fernando Damiann Verdugo Aceves

Mexicali, B.C. Marzo de 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE MEDICINA MEXICALI

COORDINACION DE POSGRADO Y EDUCACION



Título de investigación

“Valoración de Cambios Hemodinámicos en Relación al Tiempo de Isquemia en Pacientes Sometidos a Artroplastia de Rodilla en el Hospital General de Mexicali”

Trabajo terminal para obtener el diploma de especialidad en:

ANESTESIOLOGÍA

Presenta:

Dr. Fernando Damiann Verdugo Aceves

Mexicali, B.C. Marzo de 2024

AUTORIDADES HOSPITALARIAS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCION	8
MARCO TEÓRICO	9
TORNIQUETES	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	21
HIPÓTESIS	21
Hipótesis del investigador:	21
Hipótesis nula:	21
JUSTIFICACIÓN	22
OBJETIVOS	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	23
METODOLOGIA	24
Diseño del estudio	24
Descripción de la población	24
Criterios de inclusión	24
Criterios de exclusión	24

Criterios de eliminación	24
Tamaño de la muestra	25
VARIABLES DEL ESTUDIO	26
PLAN DE ANALISIS	29
CONSIDERACIONES ETICAS	30
CONFLICTO DE INTERES	30
RECURSOS FISICOS Y MATERIALES PARA DESARROLLAR LA INVESTIGACION	31
Recursos físicos:	31
Recursos materiales:.....	31
PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO	31
RESULTADOS.....	32
DISCUSIÓN.....	38
CONCLUSIÓN.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
ANEXOS	44
Anexo A. Acta de aprobación del Comité de Ética en Investigación	44
Anexo B. Formato de la hoja de recolección de datos.....	45
Anexo C. Clasificación de ASA.....	46
Anexo D. Carta de Dictamen	47

AUTORIDADES HOSPITALARIAS

Dr. Román Arturo de la Torre Valenzuela

Director Del Hospital General De Mexicali

Dr. Diego Fernando Ovalle Marroquín

Jefe De Enseñanza E Investigación

Dr. Alejandro Sánchez Barbosa

Jefe Del Servicio De Anestesiología

Dra. Verónica Avelyn León Ríos

Profesor Del Curso De Anestesiología

Dr. Alejandro Sánchez Barbosa

Asesor Temático

Dra. Claudia Lizeth Lara Espinoza

Asesor Metodológico

Dr. Fernando Damiann Verdugo Aceves

Sustentante Del Examen Para Obtener El Diploma De Especialidad En Anestesiología

RESUMEN

Título: Valoración de Cambios Hemodinámicos en Relación al Tiempo de Isquemia en Pacientes Sometidos a Artroplastia de Rodilla en el Hospital General de Mexicali.

Introducción: Este protocolo se centró en evaluar los cambios hemodinámicos que ocurren en pacientes los cuales son sometidos a artroplastia de rodilla en relación con el tiempo de isquemia. Se analizaron las variaciones en parámetros hemodinámicos antes, y después del procedimiento quirúrgico, con el objetivo de identificar patrones y posibles riesgos y complicaciones asociadas con tiempos prolongados de isquemia.

La artroplastia de rodilla es una intervención quirúrgica común para tratar la osteoartritis avanzada y otras patologías de la rodilla. Durante este procedimiento, se utiliza un torniquete ya sea manual o mecánico para crear un campo quirúrgico limpio, con una mínima pérdida de sangre, lo que causa un período de isquemia en la extremidad. Es crucial entender cómo este tiempo de isquemia afecta los parámetros hemodinámicos para mejorar la seguridad y el manejo perioperatorio de los pacientes.

Objetivo: Evaluar los cambios hemodinámicos en relación al tiempo de isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla.

Material y métodos: Estudio descriptivo, retrospectivo, observacional y no aleatorizado.

Resultados: Se realizó la prueba estadística de t pareada con el fin de comparar los valores hemodinámicos pre y post isquemia en los pacientes involucrados en el estudio donde se obtuvo significancia estadística para las variables de presión arterial sistólica ($p < 0.0001$), presión arterial diastólica ($p < 0.0001$), presión arterial media ($p < 0.0001$) y frecuencia cardíaca ($p < 0.0001$), en cuanto a la saturación de oxígeno no presento un cambio significativo ($p = 0.5367$). Para evaluar la relación entre el tiempo total de isquemia y los cambios en los parámetros hemodinámicos (diferencia post-pre), se realizó un análisis de correlación de Pearson. Los resultados mostraron que ninguna de las variables hemodinámicas presentó una correlación significativa con el tiempo de isquemia ($p > 0.05$ en todos los casos).

Conclusiones: Este estudio confirma la presencia de cambios hemodinámicos significativos tras la isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla, pero no se encontró una relación directa entre el tiempo de isquemia y la magnitud de estos cambios.

INTRODUCCION

La artroplastia total de rodilla es un procedimiento quirúrgico el cual ha ido en aumento a nivel institucional, ya que, en México, la obesidad y la osteoartritis se encuentran entre las diez enfermedades más comunes a nivel mundial. Se estima que para 2030, el número de cirugías será de siete a ocho veces mayor que en la actualidad. Por lo cual esto nos obliga a mejorar la seguridad, condiciones perioperatorias y así disminuir riesgos y complicaciones que en ciertas ocasiones se relacionan a la isquemia de la extremidad, entre ellas el síndrome de reperfusión.

Las complicaciones relacionadas al torniquete pueden ser desde locales hasta sistémicas, y todas estas complicaciones van directamente relacionadas al estado de salud del paciente, así como al tiempo y forma de aplicación de dicho torniquete. Para nosotros es esencial el conocimiento de esto, para que la calidad de vida del enfermo no se vea afectada, brindando una detección y manejo oportuno de dichas complicaciones.

Este estudio tiene la finalidad de evaluar los cambios hemodinámicos (Tensión arterial, tensión arterial media, saturación de O₂ por oximetría de pulso y frecuencia cardiaca) de acuerdo al tiempo de aplicación del torniquete, en paciente sometidos a artroplastia total de rodilla.

MARCO TEÓRICO

La osteoartritis (OA) es considerada de los principales problemas sanitarios mundiales debido a su elevada prevalencia, y en los países donde se ha estudiado se considera la causa más común de discapacidad permanente sobre todo en personas mayores de 65 años, con la mayor prevalencia de esta afección en las rodillas. (1)

La osteoartritis ha sido considerada durante mucho tiempo una enfermedad degenerativa del cartílago, caracterizada por una pérdida progresiva de la funcionalidad debido a diferentes factores, como el exceso de peso corporal, la edad avanzada, los tratamientos quirúrgicos de las articulaciones, las lesiones articulares repetidas, así como la predisposición genética. Estudios de imágenes modernos han demostrado que la patogénesis de la OA implica la degradación del cartílago y cambios estructurales en toda la articulación. En particular, se ha observado que la degeneración del cartílago está precedida por lesiones óseas subcondrales, lo que sugiere un papel clave de este mecanismo dentro de la patogénesis y progresión de la OA, así como en la formación de hueso ectópico y osteofitos. (2)

La osteoartritis se encuentra dentro del top diez siendo una de las enfermedades más discapacitantes en los países desarrollados. Las evaluaciones mundiales indican que el 10% de los hombres y el 18% de las mujeres mayores de 60 años tienen osteoartritis, incluidas las variantes moderadas y graves (OMS, 2014). La edad es el indicador más fundamentado del avance y desarrollo de la osteoartritis. Tiene predilección por el género femenino, aumentando a partir de los 50 años, sobre todo en la cadera y la rodilla. Otros factores de riesgo son el sobrepeso, sedentarismo, el tabaquismo, el exceso de alcohol y las lesiones traumáticas. Aunque el procedimiento médico de sustitución articular se realiza principalmente entre las personas arriba de los 60 años de edad, también se realiza progresivamente entre las personas a edades más jóvenes. (3)

La artroplastía total de rodilla (ATR) es el tratamiento más eficaz para mejorar la función y reducir el dolor en pacientes con osteoartropatía discapacitante de rodilla. Se trata de un procedimiento rentable que se espera que en 2030 se realice con una frecuencia entre siete y ocho veces mayor que en la actualidad. (4)

La artroplastia de rodilla es un tipo de cirugía reconstructiva de la rodilla y su articulación. A menudo se denomina artroplastia total de rodilla y es un procedimiento muy fiable con resultados predecibles. La artroplastia total de rodilla (ATR) es una excelente opción de tratamiento para los pacientes que padecen artrosis sintomática en al menos 2 de los 3 compartimentos de la rodilla y en los que ha fracasado el tratamiento conservador. (5)(6)

El uso de torniquetes es habitual en este tipo de cirugías de sustitución. Un campo de visión incruento facilita la manipulación quirúrgica y la observación estructural y no interfiere en la unión de los componentes. (7) Es común emplearse en brazo-antebrazo, muslo-pantorrilla, dedo del pie; donde más se utiliza es en brazo y en muslo. A pesar de que el torniquete controla el sangrado en el transoperatorio, este no detiene el sangrado posoperatorio ni reduce en general las pérdidas hemáticas. (8)(9)

La aplicación del torniquete induce isquemia en una extremidad, y su liberación puede provocar una lesión por isquemia y reperfusión (I/R) no solo en el músculo esquelético localizado sino también en la circulación sistémica y en órganos vitales distantes, incluidos el cerebro, el corazón, los pulmones y los riñones. La restauración del flujo sanguíneo después de un período isquémico es esencial para prevenir una lesión celular irreversible; sin embargo, la reperfusión puede aumentar el daño secundario a la isquemia. Durante la privación de oxígeno, se producen cambios iónicos y metabólicos intracelulares que incluyen agotamiento de ATP, acidosis intracelular y sobrecarga de calcio citosólico que causan daño a las células. Además, la isquemia puede exacerbar la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y promover un estado proinflamatorio, que posteriormente aumenta la vulnerabilidad del tejido a mayores lesiones durante la reperfusión. Tras la reintroducción de oxígeno, la producción excesiva de ROS desproporcionada con respecto a la capacidad antioxidante produce daño celular a través de la oxidación de proteínas, lípidos y ADN. (10)

TORNIQUETES

El término torniquete hace referencia a un instrumento o dispositivo utilizado para reducir o detener el flujo de sangre a través de las arterias y venas de una extremidad. Sus orígenes se remontan a la Edad Media, cuando Etienne Morel, cirujano militar francés, utilizó la palabra por primera vez durante la batalla de Flandes en 1674, pero el término actual fue acuñado por Jean Louis Petit a principios del siglo XVIII, y la palabra francesa tourner significa «dar la vuelta». (11)

El uso de este tipo de torniquetes comenzó en la cirugía primitiva con la elevación pasiva previa de la extremidad con el fin de detener la hemorragia, hasta que Esmarch desarrolló más tarde la banda de goma plana que ahora lleva su nombre. A principios del siglo XX, Cushing diseñó el torniquete neumático, y McEwen desarrolló torniquetes controlados por ordenador en la década de 1980 que podían monitorizar no sólo la presión, sino también parámetros como la fuga y el tiempo de inflado. Estos dispositivos también pueden estimar la presión de cierre de la extremidad, evitando así la descompresión y la sobrepresión. (11)(12)

Aunque se utilizan ampliamente en ortopedia y traumatología para reducir la pérdida de sangre intraoperatoria y mejorar la visibilidad de las estructuras anatómicas, su uso sigue siendo controvertido, ya que se asocian a una serie de complicaciones, como dolor postoperatorio, lesión endotelial por isquemia-reperfusión, hinchazón de la extremidad, retraso en la rehabilitación, trombosis venosa y lesión del nervio periférico. (11)

TIPOS DE TORNIQUETES

Torniquetes de emergencia: Una banda fuertemente atada que se aplica alrededor de una extremidad (superior o inferior) evitando así una pérdida grave de sangre debido a un traumatismo en la extremidad durante una emergencia. Debe utilizarse como último recurso para controlar el sangrado. (12)

Torniquetes quirúrgicos: Permiten a los cirujanos desempeñarse en un campo operatorio sin sangre al impedir el flujo sanguíneo a una extremidad y permiten realizar

procedimientos quirúrgicos con mayor precisión, seguridad y velocidad. Tienen dos diseños básicos: no inflables e inflables. Con frecuencia, los dos tipos de torniquetes se utilizan juntos en cirugía ortopédica y plástica, como en la anestesia regional intravenosa (anestesia en bloque de Bier). (12)

Torniquetes no inflables (no neumáticos): Están hechos de caucho o tela elástica (Banda Esmarch). Hoy en día, su uso únicamente quirúrgico está limitado porque han sido sustituidos por modernos sistemas de torniquetes. (12)

Torniquete neumático: Este torniquete utiliza gas comprimido para inflar el manguito y bloquear o restringir el flujo sanguíneo. Un dispositivo de ajuste en la máquina de torniquete controla la presión del manguito aplicada a la extremidad. La presión la proporciona una bomba eléctrica o un suministro central de aire comprimido. (12)

INDICACIONES Y MODO DE EMPLEO DEL TORNIQUETE

Antes de la aplicación de un torniquete, es necesario la exanguinación de la extremidad, bien mediante una simple elevación pasiva, con la extremidad superior elevada a 90° y la inferior a 45°, o bien mediante el uso de un vendaje Esmarch de forma espiral, que detiene la hemorragia de la extremidad de distal a proximal. Aunque los vendajes de Esmarch proporcionan una hemostasia óptima, no se recomiendan en caso de tumores, infecciones o embolias debido al riesgo de propagación. (11)

La duración y la presión seguras para el uso del torniquete siguen siendo objeto de controversia. No se han establecido directrices estrictas. Se ha descrito un límite de tiempo seguro de 1 a 3 h. Horlocker et al. (2006) han encontrado una fuerte correlación entre la lesión nerviosa y el tiempo total prolongado del torniquete, con un aumento aproximado de tres veces en el riesgo de complicaciones neurológicas por cada aumento de 30 minutos en el inflado del torniquete. La duración del inflado ininterrumpido del torniquete también aumentó la probabilidad de disfunción neuronal. (13)(14)

El uso de torniquete durante >2 h y presiones >350 mmHg en la extremidad inferior y >250 mmHg en la extremidad superior aumenta el riesgo de neuropraxia por compresión.

Si se requieren >2 h, el torniquete debe desinflarse durante 5 min por cada 30 min de tiempo de inflado. (13)

La desinflación del torniquete provoca la liberación de metabolitos anaeróbicos en la circulación sistémica, lo que provoca hipotensión, acidosis metabólica, hiperpotasemia, mioglobulinemia, mioglobinuria y posible insuficiencia renal. También se conoce como “síndrome metabólico mionefropático” y depende del tamaño de la extremidad, la duración del torniquete y el estado fisiológico general del paciente. (13)

MONITOREO INTRAOPERATORIO

Cuando el tiempo de isquemia debido al torniquete es prolongado, el anestesiólogo y el cirujano deben de ajustar el plan de manejo. El monitoreo también debe estar enfocado al momento de la liberación del brazalete, ya que el paciente puede experimentar cambios fisiológicos inmediatos como: disminución de la temperatura corporal central, actividad embólica, cambios metabólicos entre otros, cuando el volumen sanguíneo es redistribuido a la extremidad. Debe tenerse en cuenta en todo momento la posibilidad de una pérdida aguda de sangre, así como los cambios hemodinámicos provocados por la anestesia y la liberación del manguito. (15)

COMPLICACIONES RELACIONADAS AL TORNIQUETE

Los torniquetes son un método reconocido de cirugía «incurta» de las extremidades, pero también se asocian a complicaciones locales y sistémicas (Tabla 1). En los inicios de las intervenciones quirúrgicas con torniquetes, se reconocía que los torniquetes mal diseñados o utilizados durante periodos excesivos (más de 1,5-2 horas) podían provocar lesiones musculares, nerviosas y vasculares, así como el desarrollo del síndrome de parálisis por torniquete. Además, pueden producirse daños isquémicos irreversibles en la extremidad cuando el torniquete se utiliza de forma continuada durante más de 6 horas; en tales casos, la amputación de la extremidad por encima del nivel del torniquete se recomienda inicialmente y sigue siendo un principio quirúrgico fundamental. (16)

TABLA 1. Posibles complicaciones por el uso de torniquetes^a

Locales	Sistémicas
Edema y rigidez en el postoperatorio	Aumento de la presión venosa central
Retraso en la recuperación de la fuerza muscular	Hipertensión arterial
Neuropaxia por compresión	Descompensación cardiorrespiratoria
Hematoma en la herida	Infarto cerebral
Infección de la herida	Alteraciones en el equilibrio acidobásico
Lesión vascular directa	Rabdomiólisis
Necrosis ósea y de los tejidos blandos	Trombosis venosa profunda
Síndrome compartimental	Dolor por el torniquete
	Síndrome de la respuesta inflamatoria sistémica ^b
	Fibrinólisis ^c

SINDROME DE REPERFUSION

La lesión por isquemia-reperfusión (I/R) se define como la exacerbación paradójica de la disfunción y muerte celular, tras la restauración del flujo sanguíneo a tejidos previamente isquémicos. El restablecimiento del flujo sanguíneo es esencial para salvar los tejidos isquémicos. Sin embargo, paradójicamente, la reperfusión en sí misma causa más daños, amenazando la función y la viabilidad del órgano. (17)

La lesión por I/R en un solo órgano causa liberación de distintos mediadores proinflamatorios, que inducen inflamación en otros órganos, contribuyen a una disfunción orgánica múltiple hasta la muerte. (18)

FISIOPATOLOGÍA

En la lesión por reperfusión intervienen cuatro mecanismos:

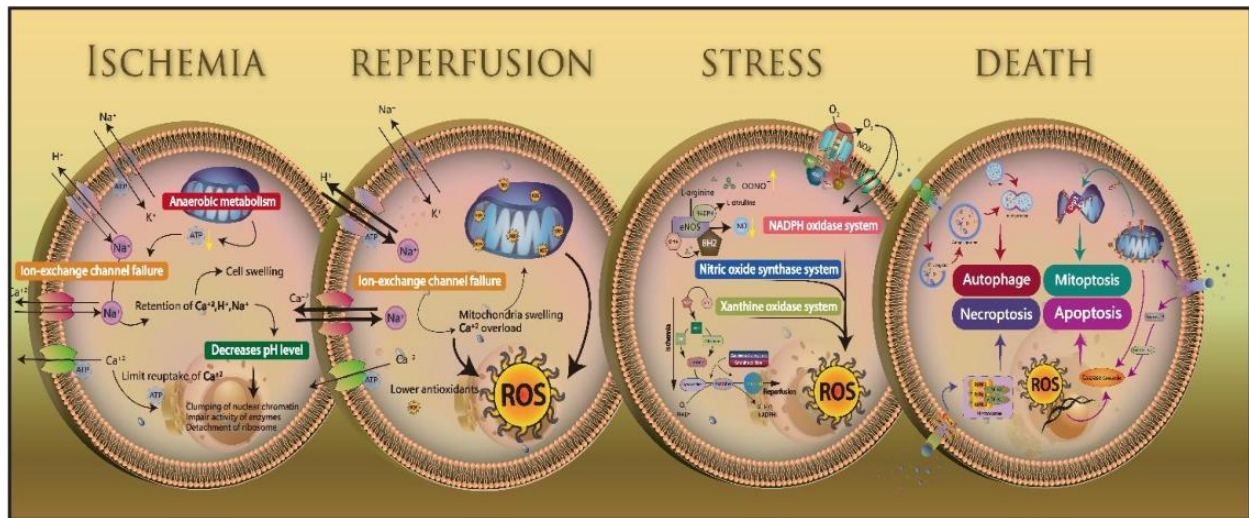
1) Disminución de fosfatos de alta energía: Esta reducción se debe a un desequilibrio entre la reposición de ATP y el agotamiento de ATP, que se asocia a una reducción del flujo de electrones mitocondriales tisulares y a la consiguiente reducción de la PO₂ tisular. (19)

2) Producción de radicales libres: Los radicales libres son producidos por los neutrófilos y mastocitos activados y son altamente tóxicos, provocando la disfunción de los orgánulos intracelulares a través de tres mecanismos principales (peroxidación de la membrana lipídica, desnaturalización de enzimas y disfunción de orgánulos). (19)

3) Inadecuada reperfusión tisular: También conocido como síndrome de no reflujo, significa que el tejido isquémico es incapaz de alcanzar el nivel preisquémico de flujo sanguíneo. Puede deberse a trombosis microvascular, daño endotelial u obstrucción por leucocitos o plaquetas. (19)

4) Sobrecarga de calcio: Esta sobrecarga de calcio es secundaria a la recaptación por deterioro en la actividad del retículo sarcoplásmico. Este aumento de calcio activa la fosfolipasa y otras enzimas degradantes, que contribuyen de manera importante al daño tisular. (19)

El estado isquémico induce el metabolismo anaeróbico, lo que lleva a un nivel más bajo de producción de ATP y falla de los canales de intercambio iónico. La falla de los canales de intercambio iónico provoca inflamación celular y alteración de la actividad enzimática en el citoplasma. El daño mitocondrial y el desequilibrio electrolítico en el estado de reperfusión promueven el estrés oxidativo de tres sistemas principales: el sistema NADPH oxidasa, el sistema óxido nítrico sintasa y el sistema xantina oxidasa. La retención de ROS induce daño celular, lo que lleva a la muerte celular a través de cuatro vías: autofagia, mitoptosis, necrosis y necroptosis y apoptosis, así como se muestra en la siguiente imagen. (20)



*Imagen obtenida de: Cellular Physiology and Biochemistry 2018 Current Mechanistic Concepts in Ischemia and Reperfusion Injury

Los pacientes con un uso prolongado del torniquete pueden desarrollar un síndrome de reperusión tras el uso del torniquete neumático. En cuanto a la fisiopatología, la evidencia histológica de daño muscular es evidente 30-60 minutos después del inflado del torniquete, mostrándose una disminución del pH (< 6,5), una disminución de la pO₂, un aumento de la pCO₂, un aumento de K⁺ y un aumento del ácido láctico, que empeora progresivamente. (21)

EFFECTOS Y COMPLICACIONES

Esto puede tener efectos locales y sistémicos generalizados: puede producirse el síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), daños renales y cardíacos, y puede dar lugar a otras complicaciones graves y a menudo mortales. (21)

Lesiones Nerviosas: Desde parestesia hasta parálisis. El tejido nervioso es menos susceptible a las lesiones agudas que el tejido musculoesquelético. El uso de vendajes Esmarch tiene más probabilidades de causar lesiones nerviosas que el uso de torniquetes neumáticos, ya que estos pueden generar hasta 1000 mmHg de presión. (21)(22)

Efectos Cardiovasculares: Ocurren durante todas las fases de la aplicación del torniquete, desde la exanguinación hasta el desinflado o liberación. (21)

Los cambios hemodinámicos asociados a la aplicación del torniquete o su liberación son mínimos en pacientes sanos y mal tolerados por pacientes con una pobre reserva cardiaca. (23)

La exanguinación de las extremidades y el inflado del torniquete aumentan el volumen sanguíneo y la resistencia vascular sistémica, lo que en última instancia provoca un aumento transitorio de la presión venosa central. Este desplazamiento de fluidos puede aumentar la presión venosa central y el volumen sanguíneo hasta un 15% y hasta 800 ml tras una exanguinación doble de pierna. Tras 30-60 minutos de inflado del torniquete, la frecuencia cardiaca y las presiones arteriales sistólica y diastólica pueden elevarse debido a la isquemia y al dolor del torniquete. (21)

La liberación del torniquete es un estado crítico debido a que causa una caída súbita de la PVC y PAM de 14 a 19 mmHg; un incremento medio en la FC de 6 a 12 lpm, llegando a durar hasta 15 minutos. (23) Estos cambios hemodinámicos se deben a la combinación de la variación del volumen sanguíneo que vuelve a la extremidad, a la disminución de las resistencias vasculares periféricas y al paso de metabolitos del miembro isquémico hacia la circulación sistémica. (8)(12)

Efectos Respiratorios: Se producen principalmente durante el desinflado del torniquete. Se asocian a un aumento transitorio de la tensión de dióxido de carbono al final de la espiración (EtCO₂) debido a la hipercapnia de la sangre venosa y a la salida de metabolitos a la circulación. El aumento de la EtCO₂ está relacionado con la duración de la isquemia. (21)

Efectos circulatorios cerebrales: Tras el desinflado del torniquete. Aumenta el flujo sanguíneo cerebral en dos minutos y regresa a su basal en 10 minutos. Los pacientes con perfusión intracraneal reducida pueden presentar un mayor riesgo de efectos adversos debido al aumento del flujo sanguíneo cerebral. (21)

Cambios metabólicos: Existe aumento de los niveles de ácido láctico, PaCO₂, potasio, disminución de los niveles de PaO₂ y pH. El grado de estos cambios se correlaciona con la duración de la isquemia. (21) Hay una caída transitoria en la SaO₂, pero la hipoxemia sistémica es rara. (22)

MANEJO/TRATAMIENTO

El manejo inicial es acortar el tiempo de isquemia, corregir la acidosis metabólica y prevenir la lesión renal aguda usando técnicas metabólicas y tratamientos antiinflamatorios. (20) Distintas estrategias han sido propuestas para prevenir o atenuar el efecto del síndrome por reperfusión debido a torniquete en casos de cirugía ortopédica. (24)

El objetivo principal del tratamiento es reducir la concentración o el efecto de los radicales libres. (21)

Existen dos líneas principales de defensa antioxidante intracelular, la primera es un grupo de enzimas antioxidantes (los tres superóxidos dismutasas (SOD)) que convierten el superóxido en peróxido de hidrógeno, que en última instancia es convertido en agua y oxígeno por la peroxidasa. (19)

La segunda línea de defensa consiste en la interceptación de antioxidantes no enzimáticos, que pueden ser hidrosolubles o liposolubles. Varias proteínas extracelulares, como la albúmina, la lactoferrina, la transferrina, la metahemoglobina y la ceruloplasmina, tienen propiedades antioxidantes. (19)(21)

Múltiples estudios experimentales en animales han demostrado la eficacia de la terapia antioxidante para prevenir o atenuar el daño por I/R, incluyendo el superóxido dismutasa, catalasa, manitol, alopurinol, vitamina C y E, N- acetilcisteína, IECAs, o antagonistas de canales de calcio. (25)

La lesión tras la reperfusión puede atenuarse bloqueando la producción de radicales libres (por ejemplo, mediante la acción del ácido fólico) o administrando eliminadores de

radicales libres como el manitol, las vitaminas A, C y E, y disminuyendo la actividad de la fosfolipasa A2 (FLA2) o inhibiendo la xantina oxidasa. (19)

El Propofol posee una actividad antioxidante y limita la Peroxidación lipídica. En la I/R del músculo esquelético, una dosis de propofol en infusión para sedación (2mg/kg/h) durante toda la cirugía ha demostrado sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. (19)(24)

La Ketamina inhibe directamente la producción de citokinas proinflamatorias como el FNT alfa, IL-6 e IL-8. (19)

El Manitol es un barredor de radicales libres en virtud de sus grupos hidróxilo. En un intento de evitar reperfundir la extremidad isquémica con sangre normal, se ha sugerido administrar 30 minutos antes soluciones modificadas por un sistema de perfusión (solución hiperosmolar e hipocalcémica) permitiendo el flujo desangre normal, con el objetivo de evitar las complicaciones del daño por I/R. (19)(26)

Recientemente se ha sugerido que los anestésicos inhalatorios pueden tener efectos beneficiosos sobre los órganos, en particular cuando se encuentran en estado isquémico; el mecanismo exacto no se ha dilucidado, pero algunos han sugerido que esto puede deberse a efectos vasculares directos, mientras que otros han sugerido que está mediado a través de canales iónicos, en particular canales de potasio regulados por ATP. (19)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las enfermedades degenerativas se han convertido en uno de los problemas de salud más frecuentes en el mundo, siendo en México, uno de las mayores causas de atención médica en la población, principalmente aquellos arriba de los 65 años. Motivo por el cual la artroplastia de rodilla es un procedimiento quirúrgico cada vez más común.

La creciente demanda de esta cirugía a nivel nacional, plantea desafíos importantes en términos de manejo intraoperatorio y seguridad del paciente. El periodo de isquemia que se presenta durante la cirugía debido a el uso de un torniquete es una practica estandarizada para mantener un campo quirúrgico sin sangre y poder trabajar con mayor precisión, sin embargo, esto puede afectar significativamente el estado hemodinámico del paciente.

Derivado de esto en México, al menos en el Hospital General de Mexicali, la monitorización y el manejo de los cambios hemodinámicos asociados con el tiempo de isquemia en la artroplastia de rodilla no están suficientemente estudiados ni documentados. La falta de datos específicos adaptados a nuestra población, limita la capacidad de los médicos especializados para anticipar y disminuir los riesgos hemodinámicos durante y después del procedimiento quirúrgico.

Dadas estas inquietudes y necesidades se planteó la siguiente pregunta de investigación.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo afectan los tiempos de isquemia a los cambios hemodinámicos en los pacientes sometidos a artroplastia de rodilla en el Hospital General de Mexicali?

HIPÓTESIS

Hipótesis del investigador: Existe una relación significativa entre el tiempo de isquemia durante la artroplastia de rodilla y los cambios en los parámetros hemodinámicos (frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno) en el período perioperatorio.

Hipótesis nula: No existe una relación significativa entre el tiempo de isquemia durante la artroplastia de rodilla y los cambios en los parámetros hemodinámicos en el período perioperatorio.

JUSTIFICACIÓN

La cirugía de reemplazo articular de rodilla es un procedimiento quirúrgico frecuente y con alto índice de efectividad para el tratamiento de patologías avanzadas de rodilla como lo es la gonartrosis y osteoartritis. Durante este procedimiento, el uso de un torniquete es común para crear un campo quirúrgico viable lo cual conlleva un periodo de isquemia, en ocasiones dichos periodos en nuestra institución llegan a ser prolongados, superando en ocasiones los tiempos sugeridos por la literatura, además de que se suele emplear el torniquete no neumático el cual en comparación al neumático no se encuentran demasiados estudios que evalúen específicamente su uso en este procedimiento quirúrgico.

En el presente estudio se pretende comprender los cambios hemodinámicos asociados con el tiempo de isquemia, así como la repercusión de la liberación del torniquete, ya que esto puede inducir cambios hemodinámicos significativos que afecten la estabilidad del paciente durante y después de la cirugía.

El lograr identificar esta relación entre el tiempo de isquemia y los cambios hemodinámicos nos podría ayudar a la elaboración de protocolos o desarrollar estrategias más efectivas para el manejo perioperatorio.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar los cambios hemodinámicos (frecuencia cardiaca, presión arterial, saturación de oxígeno) en relación al tiempo de isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla.

Objetivos específicos

- a) Medir los parámetros hemodinámicos (frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno) antes y después del procedimiento quirúrgico.
- b) Correlacionar los tiempos de isquemia con los cambios observados en los parámetros hemodinámicos.
- c) Identificar el tiempo promedio de aplicación del torniquete en artroplastia de rodilla.
- d) Identificar posibles riesgos y complicaciones asociadas con tiempos prolongados de isquemia.
- e) Identificar comorbilidades de la población estudiada.

METODOLOGIA

Diseño del estudio

Se trata de un estudio descriptivo, retrospectivo, observacional y no aleatorizado.

Descripción de la población

La población sometida a investigación en este estudio fueron aquellos pacientes sometidos a artroplastia de rodilla, en el Hospital General de Mexicali, durante el periodo de enero 2021- febrero 2023.

Criterios de inclusión

- Pacientes sometidos a artroplastia de rodilla unilateral realizada bajo anestesia neuroaxial en el Hospital General de Mexicali durante 2021-2023.
- Aplicación de torniquete no neumático
- Pacientes adultos (>18 años).
- Sexo indistinto.
- Con o sin comorbilidades.

Criterios de exclusión

- Pacientes ASA \geq III.
- Pacientes en tratamiento con beta bloqueadores.
- Pacientes con enfermedad cardiaca.
- Pacientes que hayan recibido anestesia general o combinada.

Criterios de eliminación

- Expedientes de pacientes que no contengan toda la información requerida para la recolección de datos.

Tamaño de la muestra

- Se tomaron como muestra a todos los pacientes mayores de 18 años sometidos a artroplastia de rodilla unilateral que cumplieron todos los criterios de inclusión, exclusión y eliminación en el periodo de enero de 2021 a febrero de 2023, siendo un total de 53 expedientes.

VARIABLES DEL ESTUDIO

Nombre y Tipo de variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala de Medición	Fuente de Información
Sexo (Independiente)	Condición orgánica, masculina o femenina, de los animales y las plantas	Identificación del paciente como hombre o mujer de acuerdo a lo encontrado en el expediente clínico	Dicotómica y nominal: a) Masculino b) Femenino	Expediente clínico
Edad (Independiente)	Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales	Años de vida que tiene una persona al momento de realizar la cirugía	Numérica, discreta y de rango: a) 18-40 años b) 41-60 años c) 61-80 años d) >81 años	Expediente clínico
Índice de masa corporal (Independiente)	Medida que relaciona el peso y la estatura del cuerpo humano	Clasificación del peso del paciente	Politómica y ordinal: a) Bajo peso b) Normal c) Sobrepeso d) Obesidad	Expediente clínico
Tiempo de torniquete (Independiente)	Dispositivo, que se envuelve con firmeza alrededor de una extremidad para impedir el flujo de sangre hacia ese miembro durante un tiempo.	Minutos transcurridos desde la aplicación del torniquete hasta su liberación	Numérica discreta En minutos a) 60-120 min b) >121 min	Expediente clínico

Frecuencia cardiaca (Dependiente)	Número de veces que se contrae el corazón durante un minuto	Número de veces que se contrae el corazón por minuto durante la cirugía	Nominal: a) < 59 lpm b) 60-100 lpm c) > 101 lpm	Expediente clínico
SatO2 (Dependiente)	Es el contenido de oxígeno de una muestra de sangre expresado como porcentaje de su capacidad.	Se medirá con un oxímetro de pulso.	Cuantitativa En %	Expediente clínico
Presión arterial sistólica (Dependiente)	Corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae).	Se realizará la medición mediante equipo de PANI de maquina anestésica	Cuantitativa continua En mmHg	Expediente clínico
Presión arterial diastólica (Dependiente)	Corresponde al valor mínimo de la tensión arterial en diástole.	Se realizará la medición mediante equipo de PANI de maquina anestésica	Cuantitativa continua En mmHg	Expediente clínico
Presión arterial media (Dependiente)	Promedio de la presión en las arterias durante un ciclo cardíaco.	Presión Arterial Media(PAS + 2PAD)/3	Nominal a) < 69 mmHg b) 70-105 mmHg c) > 106 mmHg	Expediente clínico

Tiempo de intervención quirúrgica (Cuantitativa)	Tiempo que dura la intervención quirúrgica	Tiempo (en horas) que dura la intervención quirúrgica	Numérica y discreta: En horas	Expediente clínico
Comorbilidades (Cuantitativa)	Dos o más trastornos o enfermedades que ocurren en la misma persona	Enfermedades presentes en el paciente postoperado	Politómica y nominal: a) Diabetes b) Hipertensión c) Hipotiroidismo d) Cardiopatía e) Otros.	Expediente clínico
Sedación (Confusora)	Administración de Sedación en cirugía	Administración de Sedación en cirugía	Cualitativa dicotómica a) Si b) No	Expediente clínico
Sangrado Transquirúrgico (Confusora)	Sangrado cuantificado reportado durante la cirugía	Sangrado cuantificado reportado durante la cirugía	Cuantitativa discreta En mililitros a) <250 ml b) 251-500 ml c) >500 ml	Expediente clínico
Uso de opioide subaracnoideo (Confusora)	Aplicación de opioide vía subaracnoidea durante la anestesia	Aplicación de opioide vía subaracnoidea durante la anestesia	Cualitativa dicotómica a) Si b) No	Expediente clínico

PLAN DE ANALISIS

Posterior a selección de expedientes, se llevó a cabo una base de datos con las características clínicas de los sujetos incluidos en Microsoft Excel (versión 2017; Corp. Microsoft). Para el análisis estadístico se utilizó el programa “Graph Pad Prism” en su versión 8.0.2 (263). Para las variables cuantitativas se utilizaron medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de dispersión (desviación estándar). Para las variables categóricas o cualitativas se utilizó estadística descriptiva (frecuencias y porcentajes), así como análisis de correlación de Pearson y prueba de T pareada para el análisis bivariado. Se crearon tablas de contingencia y realizamos la prueba estadística de Chi cuadrada de Pearson (X^2) con el fin de determinar dependencia entre las variables. Se establecerá un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$.

CONSIDERACIONES ETICAS

Se presento el actual protocolo al Comité de Investigación y Ética del “Hospital General De Mexicali”

La presente investigación corresponde a un estudio sin riesgo, de acuerdo al Reglamento General de la Ley de Salud en materia de investigación Artículo 17. En estricto apego a las disposiciones internacionales adoptadas por la 18ª Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia en 1964 y enmendadas por la 29ª Asamblea Médica Mundial en Tokio, Japón en 1975.

La confidencialidad de los registros de cada paciente será resguardada utilizando en la base de datos un número de folio no identificable en archivo Excel encriptado y con acceso al mismo solo por los investigadores responsables. Ningún dato identificable del paciente será publicado.

CONFLICTO DE INTERES

Ninguno reportado por el investigador.

RECURSOS FISICOS Y MATERIALES PARA DESARROLLAR LA INVESTIGACION

Recursos físicos: Bases de datos y expedientes clínicos de los pacientes sometidos a artroplastia de rodilla en el Hospital General de Mexicali durante 2021-2023.

Recursos materiales: Hojas blancas de maquina tamaño carta, impresora y bolígrafos para la impresión y llenado de los instrumentos de recolección.

PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

Este estudio se realizó con el presupuesto de los investigadores, sin necesidad de un financiamiento interno o externo.

RESULTADOS

En el presente estudio se incluyeron 53 pacientes sometidos a artroplastia de rodilla unilateral en el Hospital General de Mexicali. Respecto a las características sociodemográficas se obtuvo una mayoría del género femenino con 39 pacientes (73.58%), seguido de 14 pacientes (26.42%) del género masculino. (Tabla 1).

En cuanto a la edad, se encontró una media de 66.98 (+/- 9.36) años, siendo la mínima de 44 y la máxima de 86 años, el rango de edad mas predominante fue el de 61-80 años en 38 pacientes (71.70%), seguidos en frecuencia de 12 pacientes (22.64%) entre 41-60 años. (Tabla 1).

Respecto a las comorbilidades reportadas, 37 (69.81%) pacientes padecían hipertensión arterial, 16 (30.19%) cursaban con diabetes mellitus y en menor porcentaje presentaban otras como hipertiroidismo 5 (9.43%) y cardiopatía 4 (7.55%). (Tabla 1). En cuanto a su índice de masa corporal (IMC), la mayoría presentaba obesidad siendo un total de 42 (79.25%) pacientes, 10 (18.87%) pacientes presentaban obesidad y solo 1 (1.89%) peso normal. (Tabla 1).

De acuerdo a la clasificación ASA (Sociedad Americana de Anestesiología) asignada en la valoración preanestésica de cada paciente, 33 (62.26%) de ellos integraban ASA II y 20 (37.74%) integraron ASA III. (Tabla 1).

Con respecto a la técnica anestésica, el 100% fue bajo bloqueo neuroaxial de los cuales 39 (73.58%) pacientes correspondían a tipo de bloqueo mixto y 14 (26.42%) fueron del tipo subaracnoideo, de acuerdo al tipo de anestésico local aplicado el 100% recibieron Bupivacaina hiperbárica. (Tabla 1). En cuanto al uso de opioide subaracnoideo, 29 (54.72%) pacientes se les fue administrado morfina, 8 (15.09%) fentanilo y 16 (30.19%) no se les fue administrado ningún tipo de opioide. (Tabla 1).

También, registramos la cantidad de pacientes que recibió sedación intravenosa con Midazolam, 31 pacientes si recibieron este medicamento integrando el 58.49%, los

cuales podrían influenciar los resultados, mientras que 22 pacientes no lo recibieron integrando el 41.51%. (Tabla 1).

Tabla I.

Características y datos sociodemográficos de la población estudiada			
Variable		Frecuencia	Porcentaje
Sexo	Femenino	39	73.58
	Masculino	14	26.42
	Total	53	100.0
Edad	18-40 años	0	0.0
	41-60 años	12	22.64
	61-80 años	38	71.70
	>81 años	3	5.66
Comorbilidades	Hipertensión arterial	37	69.81
	Diabetes mellitus	16	30.19
	Cardiopatía	4	7.55
	Hipotiroidismo	5	9.43
	Otras	11	20.75
Índice de masa corporal	Bajo peso	0	0
	Peso normal	1	1.89
	Sobrepeso	10	18.87
	Obesidad	42	79.25
Clasificación de ASA	ASA II	33	62.26
	ASA III	20	37.74
Tipo de bloqueo neuroaxial	Subaracnoideo	14	26.42
	Mixto	39	73.58
Opioide subaracnoideo	Morfina	29	54.72
	Fentanilo	8	15.09
	Ausente	16	30.19
Sedación con midazolam	Si	31	58.49
	No	22	41.51

En cuanto a la tabla II, se describen los resultados obtenidos de acuerdo al tiempo de isquemia administrado, siendo así una media de 112.6 minutos, el mínimo de tiempo fue de 40 minutos en 2 cirugías (3.77%), mientras que el máximo fue de 180 minutos en 1 cirugía (1.89%).

El sangrado durante el acto quirúrgico tuvo como resultados una media de 198.3 ml, el valor mínimo de sangrado fue de 20 ml en 2 cirugías (3.77%) y el máximo de 800 ml en solo 1 cirugía (1.89%). (Tabla II).

También fueron analizados los datos obtenidos de acuerdo a los signos vitales basales y a la reperfusión (Pre-Post isquemia). En cuanto a los datos basales es decir previo a la colocación del torniquete, en lo que respecta a la frecuencia cardiaca, se obtuvo una media de 75.75 latidos por minuto (lpm), una mínima de 55 lpm y la máxima de 101 lpm. (Tabla II). En cuanto a la saturación de oxígeno se obtuvo una media de 98.83%, mínimo de 95% y máximo de 100%. (Tabla II). La presión arterial media se obtuvo una media de 97.81 mmHg, una mínima de 73 mmHg y una máxima de 123 mmHg. (Tabla II).

En cuanto a los datos obtenidos a la reperfusión es decir posterior al retiro del torniquete, encontramos a la frecuencia cardiaca con una media de 69.34 lpm, una mínima de 48 lpm y una máxima de 105 lpm. (Tabla II). La saturación de oxígeno se mantuvo con una media de 98.94%, una mínima 96% y una máxima de 100%. (Tabla II). En cuanto a la presión arterial media, se obtuvo una media de 84.79 mmHg, la mínima fue de 64 mmHg mientras que la máxima fue de 108 mmHg. (Tabla II).

Tabla II.

Tiempo de isquemia, sangrado y signos vitales basales y a la reperfusión.					
Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Tiempo torniquete (Min)	53	40.0	180.0	112.6	32.82
Sangrado (ml)	53	20.0	800.0	198.3	183.9
FC Basal (lpm)	53	55.0	101.0	75.75	9.66
SaO2 Basal (%)	53	95.0	100.0	98.83	1.22
PAM Basal (mmHg)	53	73.0	123.0	97.81	10.64
TAS Basal (mmHg)	53	99.0	173.0	138.5	16.27
TAD Basal (mmHg)	53	60.0	98.0	77.75	9.69
FC Reperfusión (lpm)	53	48.0	105.0	69.34	11.24
SaO2 Reperfusión (%)	53	96.0	100.0	98.94	0.96
PAM Reperfusión (mmHg)	53	64.0	108.0	84.79	10.98
TAS Reperfusión (mmHg)	53	88.0	150.0	118.9	16.59
TAD Reperfusión (mmHg)	53	49.0	89.0	67.68	9.88

Min: Minutos, Lpm: latidos por minuto, mmHg: milímetros de mercurio, Fc: frecuencia cardiaca, SaO2: saturación de oxígeno, PAM: presión arterial media, TAS: tensión arterial sistólica, TAD: tensión arterial diastólica

Se realizó la prueba estadística de t pareada con el fin de comparar los valores hemodinámicos pre y post isquemia en los pacientes involucrados en el estudio, esto con el fin de evaluar la diferencia media entre las variables hemodinámicas basales y a la reperfusión, donde se obtuvo significancia estadística para las variables de presión arterial sistólica ($p < 0.0001$), presión arterial diastólica ($p < 0.0001$), presión arterial media ($p < 0.0001$) y frecuencia cardíaca ($p < 0.0001$), en cuanto a la saturación de oxígeno no presentó un cambio significativo ($p = 0.5367$). (Tabla III).

Tabla III.

Cambios hemodinámicos pre -post isquemia en participantes del estudio			
Variables	Basal (M \pm DS)	Reperfusión (M \pm DS)	Valor de p
Presión arterial sistólica (mmHg)	138.5 \pm 16.27	118.9 \pm 16.59	<0.0001*
Presión arterial diastólica (mmHg)	77.75 \pm 9.69	67.68 \pm 9.88	<0.0001*
Presión arterial media (mmHg)	97.81 \pm 10.64	84.79 \pm 10.98	<0.0001*
Frecuencia cardíaca (lpm)	75.75 \pm 9.66	69.34 \pm 11.24	<0.0001*
Saturación de oxígeno (%)	98.83 \pm 1.22	98.94 \pm 0.96	0.5367

M: Media, DS: desviación estándar. *Prueba de T Pareada, valores de $p < 0.05$ son considerados significativos

Para evaluar la relación entre el tiempo total de isquemia y los cambios en los parámetros hemodinámicos (diferencia post-pre), se realizó un análisis de correlación de Pearson. Los resultados mostraron que ninguna de las variables hemodinámicas presentó una correlación significativa con el tiempo de isquemia ($p > 0.05$ en todos los casos). (Tabla IV). Presión arterial sistólica: $r = -0.09$ (IC 95%: -0.35 a 0.18, $p = 0.499$), presión arterial diastólica: $r = -0.10$ (IC 95%: -0.36 a 0.16, $p = 0.451$), presión arterial media: $r = -0.11$ (IC 95%: -0.37 a 0.16, $p = 0.429$), frecuencia cardíaca: $r = 0.10$ (IC 95%: -0.17 a 0.36, $p = 0.470$), saturación de oxígeno: $r = -0.14$ (IC 95%: -0.40 a 0.12, $p = 0.298$). (Tabla IV).

Tabla IV

Impacto del tiempo total de isquemia sobre cambios hemodinámicos		
Variables	R Pearson (intervalo confianza)	Valor de P
Δ Presión arterial sistólica (mmHg)	-0.09 (-0.35 a 0.18)	0.499
Δ Presión arterial diastólica (mmHg)	-0.10 (-0.36 a 0.16)	0.451
Δ Presión arterial media (mmHg)	-0.11 (-0.37 a 0.16)	0.429
Δ Frecuencia cardíaca (lpm)	0.10 (-0.17 a 0.36)	0.470
Δ Saturación de oxígeno (%)	-0.14 (-0.40 a 0.12)	0.298

Δ : Cambio (post-pre), *Análisis de correlación de Pearson, valores de $p < 0.05$ son considerados significativo

Se crearon tablas de contingencia y realizamos la prueba estadística de Chi cuadrada de Pearson (X^2) con el fin de determinar dependencia entre las variables frecuencia cardiaca y presión arterial media con el tiempo de isquemia administrado, donde no se obtuvo significancia estadística para ninguna de estas variables (frecuencia cardiaca post isquemia $p=0.315$, presión arterial media post isquemia $p=0.449$). (Tablas V, VI).

Tabla V

Distribución de casos por rangos de Frecuencia cardiaca post isquemia en relación a tiempos de isquemia						
Rangos de tiempo de isquemia	Frecuencia cardiaca reperfusión			Total	X2	p
	<60 lpm	60-100 lpm	>100 lpm			
<120 min	2	29	0	31	2.31	0.31
>120 min	3	18	1	22		
Total	5	47	1	53		

*Prueba de Chi cuadrada de Pearson (X^2), valores de $p < 0.05$ son considerados significativos.

Tabla VI

Distribución de casos por rangos de Presión arterial media post isquemia en relación a tiempos de isquemia						
Rangos de tiempo de isquemia	Presión arterial media reperfusión			Total	X2	p
	<70 mmHg	70-105 mmHg	>105 mmHg			
<120 min	2	29	0	31	1.60	0.44
>120 min	2	19	1	22		
Total	4	48	1	53		

*Prueba de Chi cuadrada de Pearson (X^2), valores de $p < 0.05$ son considerados significativos.

De manera intencionada se observó la relación entre el uso de sedación con midazolam, uso de opioide subaracnoideo, con la presión arterial media a la reperfusión, donde de igual manera no se obtuvo significancia estadística para ninguna variable (sedación con midazolam $p= 0.14$, uso de opioide $p= 0.22$). (Tabla VII, VIII).

Tabla VII

Distribución de casos por rangos de Presión arterial media reperfusión en relación a sedación con midazolam						
Midazolam	Presión arterial media reperfusión			Total	X ²	p
	<70 mmHg	70-105 mmHg	>105 mmHg			
Presente	4	26	1	31	3.92	0.14
Ausente	0	22	0	22		
Total	4	48	1	53		

*Prueba de Chi cuadrada de Pearson (X^2), valores de $p < 0.05$ son considerados significativos.

Tabla VIII

Distribución de casos por rangos de Presión arterial media reperfusión en relación a uso de Opioide subaracnoideo						
Opioide	Presión arterial media reperfusión			Total	X ²	p
	<70 mmHg	70-105 mmHg	>105 mmHg			
Morfina	2	26	1	29	5.65	0.22
Fentanilo	2	6	0	8		
Ausente	0	16	0	16		
Total	4	48	1	53		

*Prueba de Chi cuadrada de Pearson (X^2), valores de $p < 0.05$ son considerados significativos.

Finalmente se observó la relación entre la presión arterial media a la reperfusión, de acuerdo a las comorbilidades presentes en la población estudiada, donde no se encontró una asociación estadísticamente significativa entre la presión arterial media post isquemia y la presencia de hipertensión arterial, diabetes, obesidad o cardiopatía ($p > 0.05$ en todos los casos), sin embargo, la presencia de hipotiroidismo si mostro una relación significativa ($p = 0.015$). (Tabla IX).

Tabla IX

Distribución de casos por rangos de Presión arterial media reperfusión en relación a presencia de comorbilidades							
Comorbilidades		Presión arterial media reperfusión			Total	X ²	p
		<70 mmHg	70-105 mmHg	>105 mmHg			
Hipertensión arterial	Si	3	33	1	37	0.51	0.77
	No	1	15	0	16		
Diabetes Mellitus	Si	0	16	0	16	2.39	0.30
	No	4	32	1	37		
Obesidad	Si	3	38	1	42	0.31	0.85
	No	1	10	0	11		
Cardiopatía	Si	0	4	0	4	0.45	0.79
	No	4	44	1	49		
Hipotiroidismo	Si	2	3	0	5	8.38	0.015*
	No	2	45	1	48		

*Prueba de Chi cuadrada de Pearson (X^2), valores de $p < 0.05$ son considerados significativos.

DISCUSIÓN

En esta investigación se evaluaron los cambios hemodinámicos en relación con el tiempo de isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla en el hospital general de Mexicali. Se encontró una disminución significativa en la presión arterial media (PAM), la presión arterial sistólica y diastólica, así como en la frecuencia cardíaca tras la liberación del torniquete. Sin embargo, los análisis de correlación de Pearson y las pruebas de Chi cuadrada de Pearson indicaron que no existía una relación estadísticamente significativa entre el tiempo de isquemia y la magnitud de estos cambios hemodinámicos ($p > 0.05$).

Estos hallazgos sugieren que la disminución de los valores hemodinámicos post isquemia pueden deberse a mecanismos fisiológicos inherentes a la reperfusión, como la redistribución del volumen sanguíneo, la disminución de la resistencia vascular periférica y la liberación de metabolitos acumulados en la extremidad isquémica. Estudios previos han descrito que la liberación del torniquete puede generar hipotensión transitoria y cambios autonómicos, pero la falta de correlación directa con la duración de la isquemia indica que otros factores pueden estar influyendo en la respuesta hemodinámica.

Un hallazgo relevante fue la relación significativa entre la presencia de hipotiroidismo y la presión arterial media post isquemia ($p=0.015$). Este resultado es consistente con la

literatura que describe una mayor susceptibilidad de los pacientes con hipotiroidismo a alteraciones en la regulación autonómica y en la vasodilatación post isquemia. Este aspecto es de relevancia clínica, ya que podría implicar la necesidad de un monitoreo más estricto en este grupo de pacientes.

Por otro lado, no se encontró una asociación significativa entre el uso de sedación con midazolam ni de opioides subaracnoideos con los cambios en la presión arterial media post isquemia. Esto sugiere que el impacto de estos agentes anestésicos en la estabilidad hemodinámica es mínimo dentro del contexto del estudio.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el tamaño de la muestra, aunque es significativa es pequeña, lo que podría haber reducido el poder estadístico para detectar asociaciones significativas. Asimismo, no se evaluaron otros factores intraoperatorios que podrían haber influido en los cambios hemodinámicos, como la administración de fluidos o el uso de vasopresores. Otro factor que no pudo ser cuantificado y que puede afectar los resultados es la falta de control de la presión del torniquete aplicado ya que se utilizó en todas las cirugías una banda Smarch sin poder obtener una medición cuantitativa exacta de la presión aplicada al miembro.

CONCLUSIÓN

Este estudio confirma la presencia de cambios hemodinámicos significativos tras la isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla, pero no se encontró una relación directa entre el tiempo de isquemia y la magnitud de estos cambios, dando así respuesta a la pregunta de investigación planteada, podemos aceptar la hipótesis nula formulada.

Sin embargo, se identificó dentro de las comorbilidades, una asociación significativa entre el hipotiroidismo y la presión arterial media post isquemia, lo que sugiere que estos pacientes podrían requerir un monitoreo más estricto durante el perioperatorio.

A pesar de que no hubo diferencias entre las variables de interés se recomienda la realización de estudios con muestras más amplias y el análisis de otros factores perioperatorios que puedan estar influyendo en la respuesta hemodinámica a la isquemia y reperfusión. Esto permitirá una mejor comprensión de los mecanismos fisiopatológicos implicados y contribuirá a optimizar el manejo anestésico y perioperatorio de estos pacientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. 2015, Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. Elsevier España, Osteoartritis (artrosis) de rodilla. Rafael Martínez Figueroa, Catalina Martínez Figueroa, Rafael Calvo Rodriguez y David Figueroa Poblete.
2. Coaccioli S, Sarzi-Puttini P, Zis P, Rinonapoli G, Varrassi G. Osteoarthritis: New Insight on Its Pathophysiology. *J Clin Med.* 2022 Oct 12;11(20):6013. doi: 10.3390/jcm11206013. PMID: 36294334; PMCID: PMC9604603.
3. Vidal Fuentes, J. (2021). Artrosis y dolor: la complejidad e impacto de un síntoma. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 28(Supl. 1), 1-3. Epub 08 de marzo de 2021. <https://dx.doi.org/10.20986/resed.2021.3886/2021>
4. Carrasco-García, V., Fernández-Hernández, J. P., Hernández-González, M. A., & Bonilla-Salcedo, R. Á. (2023). Resultados y complicaciones de la artroplastía de rodilla en pacientes con obesidad [Results and complications of knee arthroplasty in patients with obesity]. *Revista medica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 61(Suppl 2), S103–S108.
5. Davies PS, Graham SM, Maqungo S, Harrison WJ. Total joint replacement in sub-Saharan Africa: a systematic review. *Trop Doct.* 2019 Apr;49(2):120-128.
6. Hsu H, Siwec RM. Knee Arthroplasty. [Updated 2023 Jul 24]. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507914/>
7. *Rev Ortop Traumatol.* 2005;49:341-5, Eficacia de la hemostasia tras retirada del torniquete en la artroplastia de rodilla. Mencía-Barrio, S. Sánchez-Herráez, J.A. Alonso-Barrio, J. Sánchez-Lázaro, J.C. Betegón-Nicolás y O. Fernández-Hernández.
8. Ochoa-Anaya G, Méndez-Hernández A. Implicaciones anestésicas mediante el uso del torniquete neumático. *Rev Mex Anest.* 2015; 38: 44-48.
9. Cao Q, He Z, et al. Effects of tourniquet application on enhanced recovery after surgery (ERAS) and ischemia-reperfusion post-total knee arthroplasty: Full-


versus second half-course application. *J Orthop Surg.* 2020; 28(1): 1-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31965906>.

10. Prangmalee Leurcharusmee, Passakorn Sawaddiruk, Yodying Punjasawadwong, Nipon Chattipakorn, Siriporn C. Chattipakorn, "The Possible Pathophysiological Outcomes and Mechanisms of Tourniquet-Induced Ischemia-Reperfusion Injury during Total Knee Arthroplasty", *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, vol. 2018, Article ID 8087598, 15 pages, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8087598>
11. Rizo Fiallo, Yaima, Aparicio Morales, Antonio Ismael, Calzado Calderón, Ragnar, & Rondón García, Osana Vilma. (2021). Ventajas y limitaciones del uso del torniquete en ortopedia y traumatología. *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 35(1), . Epub 01 de junio de 2021. Recuperado en 29 de mayo de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2021000100009&lng=es&tlng=es.
12. Kumar K, Railton C, Tawfic Q. Tourniquet application during anesthesia: "What we need to know?". *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2016; 32 (4): 424-430.
13. Sharma, J. P., & Salhotra, R. (2012). Tourniquets in orthopedic surgery. *Indian journal of orthopaedics*, 46(4), 377–383. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.98824>
14. Horlocker TT, Hebl JR, Gali B, Jankowski CJ, Burkle CM, Berry DJ, et al. Anesthetic, patient and surgical risk factors for neurologic complications after prolonged total knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 2006;102:950–5.
15. Hicks R, Denholm B. Implementing AORN Recommended Practices for Care of Patient Undergoing Pneumatic Tourniquet-Assisted Procedure. *AORN J.* 2013; 98: 382-396.
16. Gerard S Doyle, Peter P Taillac. Los torniquetes: una revisión de sus indicaciones actuales con propuestas para la ampliación de su uso en el contexto prehospitalario. *Jour Prehospital Emergency Care (Edición Española)*, páginas 363-382 (Octubre 2008)
17. Cowled P, Fitridge R. Pathophysiology of Reperfusion Injury. In: Fitridge R, Thompson M, editors. *Mechanisms of Vascular Disease: A Reference Book for Vascular Specialists [Internet]*. Adelaide (AU): University of Adelaide Press; 2011. 18. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534267/>

18. Zardock A, Eroglu A, et al. Ischemia-Reperfusion injury and anesthesia. *BioMed Res Int.* 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/980318>
19. Raffan Sanabria, F., & Kling Gómez, J. C. (2000). Síndrome de reperfusión. Fisiopatología, prevención y manejo. *Revista Colombiana de Anestesiología*, XXVIII(4).
20. Wu, M. Y., Yiang, G. T., Liao, W. T., Tsai, A. P., Cheng, Y. L., Cheng, P. W., Li, C. Y., & Li, C. J. (2018). Current Mechanistic Concepts in Ischemia and Reperfusion Injury. *Cellular physiology and biochemistry : international journal of experimental cellular physiology, biochemistry, and pharmacology*, 46(4), 1650–1667. <https://doi.org/10.1159/000489241>
21. Ramos-Chávez VM, Abril-Junio 2018, Síndrome de reperfusión con el uso de torniquete neumático, *Revista Mexicana de Anestesiología*, Vol. 41. pp S139-S143
22. Kam P, Kavanaugh R, Yoong F. The arterial tourniquet: pathophysiological consequences and anaesthetic implications. *Anaesthesia.* 2001; 56: 534-545.
23. Benedick A, Rivera T, Vallier HA. Effect of Tourniquet Use During Ankle Fracture Fixation on Wound Healing and Infectious Complications. *Foot Ankle Int.* 2020; 1:1-7. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1071100720907379>
24. Leurcharusmee P, Sawaddiruk P, et al. The Possible Pathophysiological Outcomes and Mechanisms of Tourniquete- Induced Ischemia-Reperfusion Injury during Total Knee Arthroplasty.
25. Collard CD, Gelman S. Pathophysiology, clinical manifestations, and prevention of ischemia-reperfusion injury. *Anesth.* 2001; 94(6): 1133- 1138.
26. Heilmann C, Schmoor C, et al. Controlled reperfusión versus conventional treatment of the acutely ischemic limb: results of a randomized, open-label, multicenter trial. *Circ Cardiovasc Interv.* 2013; 6 (4): 417-427.

ANEXOS

Anexo A. Acta de aprobación del Comité de Ética en Investigación

	Comité de Ética en Investigación del Hospital General de Mexicali	CEI-HGMXL-ISESALUD
Unidad Administrativa: Departamento de Enseñanza e inv.		Área Responsable: Comité de Enseñanza e Investigación

Asunto: **Dictamen de Protocolo de Investigación**
Mexicali, Baja California, a 06 de noviembre de 2024

DR. FERNANDO DAMIANN VERDUGO ACEVES
INVESTIGADOR PRINCIPAL
P R E S E N T E .-

Por medio de la presente, nos complace informar que el protocolo “**VALORACIÓN DE CAMBIOS HEMODINÁMICOS EN RELACIÓN AL TIEMPO DE ISQUEMIA EN PACIENTES SOMETIDOS A ARTROPLASTIA DE RODILLA EN EL HOSPITAL GENERAL DE MEXICALI**”, presentado ante el Comité de Ética en Investigación del Hospital General de Mexicali fue

APROBADO

Por lo cual se le asignó el siguiente número de Registro:

02-01-HGMXL/CEI/2024-32

ATENTAMENTE



DRA. MARLENE VANESSA SALCIDO REYNA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

Anexo B. Formato de la hoja de recolección de datos.

Sexo	Femenino		
	Masculino		
Edad	18-40 años		
	41-60 años		
	61-80 años		
	>81 años		
Índice de masa corporal	Bajo peso		
	Normal		
	Sobrepeso		
	Obesidad		
Tiempo de torniquete	<59 min		
	60-120 min		
	>121 min		
Frecuencia Cardiaca	<59 lpm		
	60-100 lpm		
	> 101 lpm		
Presión arterial media	< 69 mmHg		
	70-105 mmHg		
	> 106 mmHg		
SatO2	> 95 %		
	91-94 %		
	86-90 %		
	< 85%		
Comorbilidades	Hipertensión		
	Diabetes		
	Otras		
Sedación	Si		
	No		
	Agente:		
Sangrado Transquirúrgico	<250 ml		
	251-500 ml		
	>500 ml		
Uso opioide subaracnoideo	Si		
	No		

Anexo C. Clasificación de ASA

CUADRO 2 CLASIFICACIÓN DEL ESTADO FÍSICO OTORGADO POR LA SOCIEDAD AMERICANA DE ANESTESIOLOGÍA (ASA) EN LA EVALUACIÓN DE RIESGO ANESTÉSICO EN PACIENTES QUE SE SOMETERÁN A EVENTOS QUIRÚRGICOS

I	Paciente sano que requiere cirugía sin antecedente o patología agregada.
II	Paciente que cursa con alguna enfermedad sistémica, pero compensada.
III	Paciente que cursa con alguna enfermedad sistémica descompensada o severa.
IV	Paciente que cursa con alguna enfermedad sistémica severa incapacitante o con peligro de muerte.
V	Paciente que, se le opere o no, tiene el riesgo inminente de fallecer dentro de las 24 horas posteriores a la valoración
VI	paciente se ha declarado con muerte cerebral y que donará sus órganos con el propósito de trasplante*

Tomado de: NOM -170-SSA1-1998, ASA, 2011 y Guía NICE, 2003 Clinical Guideline 3, Halabe Cherem Jáuregui Flores Luis Alberto. 2010.

Anexo D. Carta de Dictamen

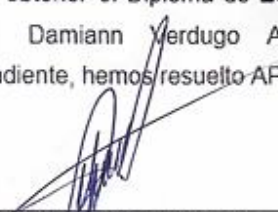


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE MEDICINA MEXICALI
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO


**CARTA DE DICTAMEN DE LA EVALUACIÓN DE LA FASE ESCRITA DEL
TRABAJO TERMINAL**

Mexicali, B.C., a 12 de febrero de 2025.


Los abajo firmantes, miembros del Jurado Dictaminador del trabajo terminal titulado "Valoración de cambios hemodinámicos en relación al tiempo de isquemia en pacientes sometidos a artroplastia de rodilla en el Hospital General de Mexicali", que para obtener el Diploma de **Especialidad en Anestesiología**, presenta el C. Fernando Damiann Verdugo Aceves una vez concluida la evaluación correspondiente, hemos resuelto **APROBADO POR UNANIMIDAD**.




Dr. Alejandro Sanchez Barbosa
Presidente




Dra. Claudia Lizeth Lara Espinoza
Codirectora



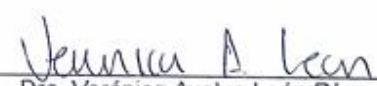
Dr. Juan Carlos Medrano la Torre
Sinodal



Dra. Yesika Tello Torres
Sinodal



Dra. María Esther Mejía León
Sinodal



Dra. Verónica Avelyn León Ríos
Secretario