



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

HOSPITAL GENERAL

“DR. DARIO FERNANDEZ FIERRO”

I.S.S.S.T.E.

INCIDENCIA DEL SÍNDROME DE ISQUEMIA REPERFUSIÓN EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGIA
ORTOPEDICA DE MIEMBROS INFERIORES EN EL HOSPITAL GENERAL “DR. DARÍO FERNÁNDEZ
FIERRO” – ISSSTE EN EL PERIODO MAYO JUNIO DE 2019

TESIS DE POSGRADO

PARA OBTENER EL TITULO DE ESPECIALISTA EN:

ANESTESIOLOGIA

PRESENTA:

JULIO CESAR GUERRERO DIAZ

ASESORES:

DR. JUAN JOSE ESPINOZA ESPINOSA

DRA. NORMA MARIA LOZADA VILLALON



CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MEXICO, JULIO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

ISSSTE

UNIDAD MÉDICA:

HOSPITAL GENERAL "DR. DARIO FERNANDEZ FIERRO"

REALIZADORES

INVESTIGADOR RESPONSABLE

DR. JULIO CESAR GUERRERO DIAZ

RESIDENTE DE TERCER AÑO DE LA ESPECIALIDAD DE ANESTESIOLOGIA

INVESTIGADORES ASOCIADOS

DR. JUAN JOSE ESPINOZA ESPINOSA

DRA. NORMA MARIA LOZADA VILLALON

DATOS DE IDENTIFICACION

Nombre: DR. JULIO CESAR GUERRERO DIAZ

Cargo: Médico Residente De Tercer Año De Anestesiología

Unidad de Adscripción: Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro"

Localidad: Ciudad de México

DEDICATORIA

Primero a Dios por haberme dado vida cada día y fuerzas para completar este camino de la especialidad, por haber puesto personas especiales en mi camino que también me permitieran completar esta meta

A mi familia materna que me apoyaron durante este recorrido, quienes fueron evidentes en su preocupación a cada momento y mi motivo de seguir pues soy también el fruto de muchos años de sacrificio que ellos tuvieron

Al Dr. Juan José Espinoza Espinosa, ejemplo a seguir como persona, como profesional médico, como docente y como amigo, pues siempre estuvo dispuesto a guiarnos en nuestro camino, a hacernos mejores personas e hizo gran énfasis en animarnos si nos encontraba afligidos. Su pasión por la academia se verá reflejada en cada día que desempeñe mi labor

Al servicio de Traumatología y Ortopedia y al Médico Jefe de Servicio, Dr. Miguel Ángel Cortes y a todos los residentes que conocí a lo largo de estos 3 años, quienes me acogieron como parte de su servicio y que demostraron una amistad sincera y no solo compañerismo por nuestra situación académica y laboral

TITULO DEL TRABAJO

INCIDENCIA DEL SÍNDROME DE ISQUEMIA REPERFUSIÓN EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGIA ORTOPEDICA DE MIEMBROS INFERIORES EN EL HOSPITAL GENERAL “DR. DARÍO FERNÁNDEZ FIERRO” – ISSSTE EN EL PERIODO MAYO JUNIO DE 2019

INDICE GENERAL

DEFINICION DEL PROBLEMA

JUSTIFICACION

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

Objetivos Específicos

RESUMEN

MARCO TEORICO

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

PRESUPUESTOS

METODOLOGIA

RESULTADOS

DISCUSION

CONCLUSIONES

ASPECTOS ÉTICOS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Planteamiento del problema

La lesión por isquemia reperfusión en cirugía ortopédica de miembros inferiores esta descrita como una complicación que incrementa la morbi-mortalidad en los pacientes. Los tiempos de isquemia prolongados y el uso de torniquetes no neumáticos son los únicos factores de riesgo descritos para la presentación de la lesión por isquemia reperfusión; sin embargo, se desconoce la incidencia de lesión por isquemia reperfusión en cirugía ortopédica de miembros inferiores y la presencia de otros factores de riesgo asociados.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la incidencia de lesión por isquemia reperfusión en cirugía de artroplastia total de rodilla en el Hospital General “Dr. Darío Fernández Fierro”?

Como hipótesis tomaremos que la incidencia de lesión por isquemia reperfusión en cirugía de artroplastia total de rodilla en el Hospital General “Dr. Darío Fernández Fierro” es del 30%

JUSTIFICACION

En el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro", Hospital nivel II de la delegación sur del ISSSTE se llevan a cabo entre 350 y 450 artroplastias totales de rodilla por año, cuya técnica quirúrgica involucra el uso de torniquete. En esta institución no se cuenta con torniquetes neumáticos que nos permitan tener control de la presión ejercida y comúnmente se alcanzan tiempos de isquemia de 100 a 120 minutos con vendajes elásticos tipo Esmarch, lo cual deja entrever el riesgo de lesión por isquemia reperusión en nuestra población sin que hasta el momento tengamos incidencia y factores de riesgo descritos.

Con el presente estudio observacional se pretende conocer la incidencia de lesión por isquemia reperusión en pacientes sometidos a artroplastia total de rodilla durante los meses de mayo y junio de 2019

OBJETIVO GENERAL

Determinar la incidencia de lesión por isquemia reperfusión en cirugía de artroplastia total de rodilla en el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro" - ISSSTE

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Registrar la incidencia de lesión por isquemia/reperfusión inducida por colocación de torniquete en cirugía de artroplastia total de rodilla en el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro" – ISSSTE

MARCO TEORICO

El torniquete es un dispositivo diseñado y modificado en varias épocas de la historia en búsqueda del beneficio del paciente y del cirujano tratante. Los primeros reportes de este elemento se remontan al año 600 A.C cuando Súsruta, médico y cirujano de la India, presionaba las arterias con pedazos de cuero que el mismo diseñaba para controlar el sangrado y lo menciona como un dispositivo suyo. Mas adelante en la historia se inicia su uso en las guerras considerando más importante la vida del soldado que la de sus extremidades y por tal se controlaba el sangrado con anillos de bronce e instrumentos de cuero nuevamente. Seguido a esto, en la era de Arquígenes y Heliodoro se inicia una técnica un poco menos rudimentaria al hacer uso de telas para contener el sangrado del campo quirúrgico dándole 3 vueltas a la extremidad por debajo y por arriba del sitio a incidir. Posteriormente se realizan escasas modificaciones en la historia pasando casi 1500 años en igual condición y en los años 1700 Jean Louis Petit, un cirujano francés realiza la modificación al colocarle un bastón de madera al vendaje, que al girarlo aumentaba o disminuía la compresión, por esto la palabra torniquete que deriva del francés “tourner” que significa: “darle vueltas” o “girarlo”.

Aunque pareciera un evento revolucionario en la medicina, también ha tenido sus opositores quienes han buscado justificaciones para no hacer uso de este. Galeno, uno de los más famosos cirujanos de la roma antigua, se opuso a su uso abogando que aumenta el sangrado y reducía la presión disminuyendo también el retorno venoso. Además de este ilustre personaje, también se puede apreciar la controversia entre los cirujanos, siendo algunos del servicio de ortopedia quirúrgica quienes se encuentran en contra dado que se ha visto que tras su uso hay afectaciones que les compete a su campo, y se ha sugerido que solo sea usada la isquemia durante la cementación para eliminar componentes que se interpongan entre el cemento y el hueso esponjoso al cual este se va a adherir y permita así una excelente unión entre estos sin afectar las otras variables que ellos reportan afectadas.

Los tipos de torniquetes que actualmente se utilizan se clasifican en 2 tipos así: 1) De emergencia 2) Para cirugía, siendo subdivididos los del 2do rubro en: 1) neumáticos 2) no neumáticos, siendo estos últimos los de menos uso en la actualidad dado que la tecnología ha hecho de los torniquetes neumáticos la opción más segura al ofrecer una presión controlada, asignación de tiempo a utilizar y alarma al acercarse el tiempo límite impuesto y al alcanzarlo, se ha visto que los torniquetes gruesos en asociación con sistemas de medición automatizados permiten reducir la presión necesaria hasta en un 40%(1). A pesar de esto, son elementos cuyo costo es más elevado que el de los torniquetes quirúrgicos no neumáticos y en muchas instituciones aún se hace uso de torniquetes no neumáticos que se basan en bandas elásticas de caucho o vendajes elásticos cuya presión no es controlada, en ocasiones con un ancho menor y cuyo tiempo debe ser monitorizado por el personal para evitar sobrepasar los límites establecidos. Un vendaje de Esmarch puede llegar a generar presiones de hasta 1000 mmHg,

afortunadamente el pronóstico de las lesiones nerviosas inducidas por el torniquete es bueno, los daños permanentes son raros y la mayoría de lesiones sanarán espontáneamente en un lapso de 6 meses (2, 3).

Algunos criterios o reglas de uso se han implementado en la colocación de los torniquetes, su largo dependerá de la extremidad a intervenir, siendo usados vendajes más largos en extremidades inferiores por su gran circunferencia. El ancho deberá ser no menor a 10 centímetros y no mayor a 20 centímetros (4) o deberá medir al menos la mitad del diámetro de la extremidad a intervenir (4) y será colocado en el punto de máxima circunferencia de la extremidad (5, 6). Estos aspectos mencionados han sido evaluados para disminuir la presión a la cual se someterá la extremidad, evitar liberaciones espontáneas del torniquete o presiones mínimas inadecuadas además de disminuir la incidencia de lesiones de los nervios y de los tejidos blandos

La presión que se debe alcanzar con el torniquete también ha sido tema de discusión en múltiples artículos y tiene distintas variables que lo afectan como: la edad del paciente, la piel, la tensión arterial, que extremidad está involucrada, el tamaño de esta y previamente mencionado, el tamaño del torniquete. La presión entonces deberá ser la mínima necesaria para poder mantener el campo quirúrgico sin sangre pero que no afecte los tejidos blandos. Se ha sugerido que la presión sea de 200 - 300 mmHg (7) y se describen ciertas pautas para que no se requiera de tanta presión y no cause lesiones locales o sistémicas como por ejemplo:

1. Colocación de doble torniquete con discontinuación de la presión de cada uno de forma intermitente, permite un tiempo de isquemia de hasta 4 horas (8)
2. Liberación del torniquete tras 2 horas con recolocación del mismo después de 10 a 30 minutos si se planea que la cirugía dure más de 3 horas, con posteriores intervalos de torniquete de solo 1 hora (9) y con recomendación de no superar los 75 minutos en la población pediátrica para extremidades inferiores (10, 11).
3. Enfriamiento de la extremidad a intervenir, lo cual reduce los efectos de la isquemia e hipoxia en los tejidos, pero no es una práctica muy fácil de llevar a cabo (12, 13)
4. Hipotensión controlada que disminuya la tensión arterial sistólica para que se requiera menor presión de oclusión de los vasos sanguíneos y por tal, menor presión contra los tejidos.
5. Ecografía con Doppler y oximetría de pulso para verificar con que presión ya no hay paso de sangre.
6. Sincronización de la presión del mango neumático con la presión sistólica
7. Presión de torniquete basada en la presión de oclusión de la extremidad, esta última definida como la presión mínima requerida para detener el flujo sanguíneo arterial distal al torniquete (6)

Según las guías de la asociación de enfermeras perioperatorias registradas, la presión del torniquete deberá ser ajustada con un margen de seguridad a la presión de oclusión de la extremidad (POE) así: agregar 40mmHg si la presión de cierre es menor a 130mmHg, agregar 60mmHg si la presión esta entre 131 y 190mmHg, agregar 80mmHg si la presión es mayor a 190mmHg y para la población pediátrica, agregar 50mmHg es la recomendación establecida. Esta presión de oclusión deberá ser evaluada en la valoración preanestésica o tras la estabilización hemodinámica del paciente tras la inducción anestésica, dado que estos cambios permitirán ajustes en la presión más precisos que evitarán el daño colateral asociado a la colocación del torniquete. Así mismo, el momento de la colocación del torniquete será una indicación del cirujano en

conjunto con el anestesiólogo, lo cual facilita el manejo del paciente durante los bruscos cambios fisiológicos que se presentan después de la exanguinación y liberación del torniquete (14).

La exanguinación de la extremidad puede ser llevada a cabo de 2 formas, elevando la extremidad sean 90 grados para miembros superiores (15) o 45 grados para miembros inferiores (16) y mantener esta posición durante unos minutos, según un estudio hecho en voluntarios sanos y en miembros superiores, se concluye que no hay diferencia entre la elevación de la extremidad durante 5, 15, 30, 45, 60 y 240 segundos (17). La segunda opción es usar un vendaje elástico que por presión drene los vasos sanguíneos de distal a proximal, pero esta última práctica tiene como contraindicación la infección, los tumores malignos en la extremidad, trombosis y en algunos casos, fracturas, se ha hecho la comparación entre estos métodos siendo mejor la utilización de un vendaje tipo Esmarch para la exanguinación (18). Este tema en particular aún se encuentra como objeto de estudio en los pacientes con anemia falciforme y en población pediátrica (19). También vale la pena mencionar que en los torniquetes neumáticos se requiere de un inflado rápido para que se ocluyan las arterias y las venas de forma casi simultánea previniendo así el llenado de las venas superficiales por la permanencia de un flujo sanguíneo arterial.

Se tiene que tener claro también las situaciones que requerirán de la aplicación de torniquete, dado que en ocasiones es simplemente un adorno y en otras circunstancias sería imposible llevar a cabo la cirugía sin este aditamento. Como así lo establecido Bunell: "la cirugía de mano sin un torniquete, es como reparar un reloj en un tintero". Recordando la premisa de que el torniquete se colocara en el sitio de mayor diámetro, se han realizado estudios sobre el sitio de aplicación del mismo puesto que según el sitio de la cirugía, se puede también colocar en muñeca, antebrazo, tobillo, o muslo, tomando en cuenta la comodidad del paciente o los tejidos blandos circundantes que podría ser lesionados, por esto, el uso de torniquete en pacientes politraumatizados y con lesiones de tejidos blandos está relativamente contraindicado. En situaciones semejantes se debe procurar el cuidado de la piel con tejidos acolchados, pero también se ha encontrado que muchas capas de tejido como algodón o lana, puede hacer que el torniquete falle, por lo cual se recomienda que no se use más de 2 capas de tejido acolchado para evitar esta situación (20). Se deberá tener cuidado con que los líquidos usados para lavar la extremidad no penetren entre el torniquete y la piel dado que esto puede llevar a reacciones dérmicas severas (21) o aun a pérdidas de piel de espesor parcial o completo (22, 23), evento de mayor incidencia en niños y en adultos (24) y cuando se hace uso de soluciones con alcohol (25). La prevención de este evento puede obtenerse haciendo uso de una toalla o paño estéril o una cobertura plástica igualmente estéril que se pueda colocar debajo del torniquete.

Una famosa complicación del torniquete es el dolor en el sitio de aplicación del mismo. Según un estudio realizado en voluntarios, no hay relación entre el dolor y el ancho del torniquete o la presión de este (26), sin embargo, otro estudio demostró que si se encuentra involucrado el ancho del torniquete y que el dolor es inducido por un mayor tiempo (27). Este dolor se compone de varios factores y no se debe solo a la presión a la que se encuentran sometidos los tejidos debajo de el (28), las fibras C sin mielina más pequeñas, son más resistentes al bloqueo de la conducción inducido por los anestésicos locales en comparación a las grandes fibras A mielinizadas (29). Tras la administración de una adecuada dosis de anestésico local vía intratecal, la conducción en ambas fibras se bloquea, pero a medida que la concentración en el líquido cefalorraquídeo disminuye,

las fibras C empiezan a conducir impulsos antes que las fibras A, resultando en un dolor sordo en el sitio del torniquete aun en presencia del anestésico que a la prueba del alfiler parece aun tener un nivel adecuado (30).

Se ha hecho uso de múltiples métodos para manejar este dolor como la aplicación de cremas con mezcla de anestésicos locales (31), anestésicos locales vía neuro-axial con o sin opioides (32 - 37) o en la modalidad de anestesia regional intravenosa o bloqueo de Bier (38, 39), administración de sulfato de magnesio (40, 41), ketamina y ketorolaco en el bloqueo de Bier con resultados variables (41, 42) pero se ha encontrado un resultado satisfactorio en el caso de clonidina (43, 44). Y vía endovenosa han sido útiles la dexmedetomidina y la ketamina para el manejo de este dolor (42, 43) además de técnicas alternativas como electropuntura y meditación (45, 46)

Además de las lesiones superficiales y el dolor o incomodidad del paciente con el torniquete, se encuentran otras alteraciones locales y sistémicas de mayor magnitud. Previamente mencionado que el vendaje de Esmarch puede llegar a causar una presión de hasta 1000mmHg y en semejanza a lo explicado sobre el dolor local en el sitio del torniquete, también se encuentran las lesiones de nervio asociadas al uso del torniquete, lesiones que pueden variar desde parestesias hasta parálisis (6). La incidencia de este evento se ha estimado de 1 en 6200 para los miembros superiores involucrando el radial, ulnar y mediano y de 1 en 3700 para los miembros inferiores con mayor mención del nervio peroneo y con una incidencia global de lesión permanente de 0,032% (47). Se cree que la causa fisiopatológica de la lesión de los nervios es una combinación de la compresión y la isquemia con un mayor papel de la compresión al causar anomalías microvasculares intraneurales en los nervios adyacentes al torniquete, el edema resultante llevara a una nutrición limitada del tejido neural y a degeneración axonal (2, 3).

Las lesiones más severas se han debido a la aplicación inapropiada de presión del torniquete al elevarse por encima de lo indicado para la extremidad, esta inexactitud en la magnitud de presión del torniquete no es un evento raro, siendo reportados del 35% al 65% de técnica inadecuada y sobrepresión aplicada a la extremidad (48 - 50). Para agregar se menciona que el torniquete neumático a nivel del muslo no debe ser inflado con la rodilla en flexión dado que así se fija el nervio ciático al fémur y al extender el miembro inferior se lleva a una tracción extrema del nervio y la consecuente lesión del mismo (51).

Las lesiones musculares locales subsecuente al uso del torniquete se consideran a causa del efecto combinado de la isquemia y a la deformación mecánica del tejido que llevan a cambios metabólicos y microvasculares que son más pronunciados a medida que se prolonga el uso del torniquete en la extremidad (3). La aplicación del torniquete activa cascadas de eventos celulares que resultan en la reducción en la síntesis de proteínas, aumento en la degradación de las mismas con movilización de aminoácidos libres que subsecuentemente contribuirán a la atrofia muscular (52). Otros mecanismos de lesión muscular han sido investigados siendo reportado un desbalance en sustancias vasoactivas que llevan a disfunción endotelial, esto mediado por la endotelina 1 y las óxido nítrico sintasa neuronal y endotelial. La bioenergética celular y la función mitocondrial se encuentran conservadas, por ejemplo, tras 60 – 90 minutos de isquemia y tras 24 horas de reperfusión, el ATP y las enzimas mitocondriales se encuentran indemnes a pesar de los cambios metabólicos que sugieren lesión isquémica de la célula musculoesquelética tras 75 minutos de isquemia, sin embargo, el tiempo de isquemia total que lleve a daño mitocondrial y el tiempo para revertir la disfunción mitocondrial no han sido establecidos y continua siendo objeto de estudio (52) A pesar de esto otro

estudio menciona que Las concentraciones intracelulares de CPK, glucógeno, oxígeno y ATP se agotan a las 3 horas de uso de torniquete y la reperfusión tras su liberación generaran peróxido de hidrogeno, aumento de la actividad de la xantina oxidasa en el flujo local y sistémico que contribuye a lesión muscular, miocárdica, renal y pulmonar, siendo estos efectos locales y sistémicos a tener en cuenta en cirugías que requieran del uso de torniquete (6).

Mencionadas estas lesiones locales que son a causa de la presión en el tejido subyacente al torniquete, también se cuenta con efectos sistémicos que se presentan desde su colocación hasta la liberación, evento para muchos conocidos como la lesión por isquemia/reperfusión (11). Entre los cambios menos pronunciados o transitorios se encuentran los cambios respiratorios, al liberar el torniquete, se encuentra una elevación del EtCO₂ debido a la salida de sangre venosa hipercápnica y metabolitos a la circulación sistémica y esta relacionado al tiempo de duración de la isquemia (53, 54). El incremento es mayor en hombres que en mujeres y de predominio en extremidades inferiores que en las superiores, esto debido a la masa muscular presente. Este evento tiene su pico entre los 60 y 180 segundos y retorna a su línea de base entre los 10 y 13 minutos en el paciente con ventilación espontanea, siendo mayor el tiempo en los pacientes con ventilación mecánica a menos de que se cambien los parámetros ventilatorios con aumento del volumen minuto (54 - 56). Estos cambios deben ser tomados en cuenta en pacientes con disminución de la distensibilidad intracraneal debido a que la elevación del EtCO₂ incrementaría el flujo sanguíneo cerebral, evento que llevara a un aumento de la presión intracraneal y que debe ser vigilado o manejado de forma oportuna si el paciente se encuentra bajo ventilación mecánica como previamente se mencionó.

Dentro de las alteraciones ventilatorias se debe evaluar también la posibilidad de la embolia pulmonar masiva que se ha reportado durante la aplicación del torniquete en pacientes con trombosis venosa profunda previa, además del riesgo en si de llevar a una trombosis venosa profunda o superficial (57 - 59)

En el aspecto cardiovascular, se puede encontrar un incremento de la tensión arterial que probablemente sea a causa de cambios en el sistema nervioso autónomo (60) adicional a que la exanguinación de la extremidad y aplicación del torniquete también causan un aumento del volumen sanguíneo de hasta un 15% o hasta 800ml al exanguinar ambas extremidades inferiores, sumado a un aumento de la resistencia vascular sistémica que llevara a una elevación transitoria de la presión venosa central (6). Estos cambios hemodinámicos son ligeros en pacientes sanos, pero en pacientes con deterioro de su función miocárdica pueden no tolerar estos cambios. La frecuencia cardiaca y las presiones sistólica y diastólica pueden elevarse minutos después y hasta una hora posterior a la colocación del torniquete debido a la isquemia y al dolor por el torniquete. Estos cambios persisten hasta el retiro del torniquete y previamente se hizo mención de las intervenciones que se han investigado para mediar estas molestias, aunado a esto, la liberación del torniquete es un momento crítico por que causa una caída súbita de la presión venosa central y la tensión arterial media, con reporte de paradas cardiacas subsecuentes a la liberación de la isquemia. Estas alteraciones hemodinámicas son una combinación de los cambios en el volumen sanguíneo de vuelta a la extremidad previamente sometida a la isquemia, además del lavado de metabolitos de la extremidad isquémica a la circulación sistémica.

Los mecanismos moleculares subyacentes al desarrollo de la lesión por isquemia reperfusión, no han sido del todo definidos, estos incluyen los niveles de ATP y el pH

reducidos como resultado del metabolismo anaeróbico y la acumulación de lactato, seguido de mecanismos disfuncionales de los transportadores de iones dependientes del mismo ATP, sobrecarga mitocondrial e intracelular de calcio, edema, ruptura y muerte celular por necrosis, apoptosis y mecanismos autofágicos durante la isquemia prolongada y generación de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno con infiltración tisular por neutrófilos proinflamatorios tras la reperfusión (61) a pesar de los progresos alcanzados en la fisiopatología de la isquemia reperfusión, que no solo se evidencia en las cirugías de extremidades si no también en trasplantes de órganos, cirugías con pinzamiento de aorta y cirugías cardiacas, el conocimiento completo de los mecanismos de la lesión por isquemia-reperfusión y la introducción de nuevos tratamiento representa aun un reto principal. De hecho, la investigación en este campo continúa siendo afligida por la falla para extrapolar los resultados a terapias clínicamente efectivas.

Uno de los campos de investigación en cirugía ortopedia con colocación de torniquete es el tiempo de uso del mismo, el intervalo de seguridad y presión continúa siendo tema de controversia. Un tiempo entre 1 a 3 horas es lo más comúnmente descrito y según lo reportado por Horlocker et al en el año 2006, hay una fuerte correlación entre la lesión de nervio periférico con los tiempos prolongados de torniquete con un aumento aproximado de 3 veces en el riesgo de lesión por cada 30 minutos en que se prolongue su aplicación (62). Esto en mención a la lesión del nervio periférico y se ha hecho la extrapolación al tiempo para disminuir la incidencia de la lesión por isquemia reperfusión, si la cirugía se predice que va a durar mas de 3 horas, un tiempo de liberación del torniquete de al menos 10 minutos tras 2 horas de isquemia deberá ser considerado, sin embargo, a una extremidad le toma 40 minutos para retornar a su estado metabólico normal tras 120 minutos de isquemia y en un estudio se llega a concluir que esta reperfusión transitoria no es útil (53,63).

Además del tiempo de uso del torniquete, en el campo de la anestesiología se ha investigado intervenciones que puedan reducir la lesión por isquemia reperfusión encontrando que los agentes anestésicos tiene efectos antioxidantes comprobados como en el caso del Propofol, la ketamina y la dexmedetomidina. En el caso del Propofol, sus propiedades surgen de su estructura química que es similar a la del antioxidante endógeno el α -tocoferol y a los "scavengers" de radicales libres con base de fenol. El efecto cardioprotector del Propofol en casos de lesión por isquemia reperfusión cardiaca, son dependientes de la dosis y son mediados por la activación de complejos de la cadena respiratoria mitocondrial, sin embargo en la lesión muscular de este tipo, las dosis bajas de sedación del Propofol de 2mg/kg/h perfundidos durante toda la cirugía, demostraron propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, mismo efecto encontrado con el sevoflurano y el halotano pero de forma mas efectiva. Otros estudios han evaluado los efectos de la vitamina c, el manitol, la N acetilcisteína, el óxido nítrico y oxígeno a concentraciones bajas. La vitamina C y E sin antioxidantes naturales no enzimáticos que de manera efectiva limpian los radicales peróxidos de lípidos y terminan la reacción en cadena de la peroxidasa lipídica, reducen los niveles de malonaldehido sérico que es también un metabolito tóxico de la peroxidación lipídica y en el caso de la vitamina C, tiene un efecto protector del miocardio al disminuir los niveles de troponina I evaluados 8 horas posterior a las cirugías. El óxido nitroso disminuye la respuesta inflamatoria a la reperfusión en los pacientes sometidos a cirugía de rodilla bajo anestesia general y en el caso de la N acetil cisteína, es un precursor directo del glutatión que limpia de las especies reactivas de oxígeno y apoya a la peroxidasa del glutatión con efectos benéficos reportados en la literatura, sin embargo, a dosis elevadas también eleva marcadores de lesión tubular renal (50).

Además del tiempo de isquemia, la presión del torniquete y tipo de cirugía, se desconoce que otros factores de riesgo existen para que determinado grupo de pacientes presenten mayor riesgo de lesión por isquemia reperusión y la severidad de la misma.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

MES 2018 - 2019											
Actividad	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Investigación bibliográfica	P/R	P/R	P/R								
Diseño y elaboración de protocolo				P/R	P/R						
Presentación de protocolo a comité						P/R					
Registro de Protocolo							P/R				
Captación de pacientes								P/R	P/R		
Análisis de información y resultados										P/R	
Redacción de informe										P/R	
Elaboración de Tesis											P

P: Programado R: Realizado

PRESUPUESTOS

INFRAESTRUCTURA DIDACTICA

CONCEPTO DEL GASTO	IMPORTE
BIBLIOTECA VIRTUAL	SIN COSTO

INFRAESTRUCTURA TECNOLOGICA, MATERIAL Y EQUIPO MEDICO

CONCEPTO DEL GASTO	IMPORTE
COMPUTADORA PERSONAL	SIN COSTO
EQUIPO MEDICO: OXIMETRO	ISSSTE
BAUMANOMETRO, GASOMETRO	

MATERIALES Y METODOS

Es un estudio observacional, transversal, descriptivo, el mecanismo de muestreo probabilístico de tipo intencional con todos los pacientes sometidos a cirugía ortopédica de miembros inferiores en el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro" en el periodo comprendido entre los meses de Mayo y Junio de 2019 y que cumplían con los siguientes criterios de inclusión:

Criterios de Inclusión:

- Pacientes sometidos a cirugía ortopédica de miembros inferiores con colocación de torniquete.
- Ambos sexos
- Asa I-III
- Cirugía electiva

Criterios de Exclusión:

- Cirugía ortopédica de miembros inferiores sin aplicación de isquemia
- ASA IV o mayor
- Cirugía de trauma
- Cirugía de urgencia

Los pacientes fueron seleccionados de forma aleatorizada en el periodo mayo – junio de 2019 que fueron sometidos a cirugía de artroplastia total de rodilla con colocación de torniquete

La técnica anestésica fue a criterio del anesthesiólogo, se utilizó como herramienta de monitorización el oxímetro de pulso y baumanómetro de los monitores de las máquinas de anestesia de la institución, además del gasómetro de la unidad de cuidados intensivos de la misma. Una vez valorados los pacientes antes de su ingreso a la sala de cirugía, se identificaron quienes cumplían con los criterios de inclusión y se dio inicio al procedimiento anestésico-quirúrgico. Los pacientes fueron monitorizados con los elementos mencionados previamente, con los que cuenta cada máquina de anestesia de las salas de cirugía de la institución, oxímetro de pulso que nos revela las variables de frecuencia cardíaca y saturación parcial de oxígeno y baumanómetro que reporta las cifras de tensión arterial no invasiva. Se explicó al paciente sobre el procedimiento anestésico-quirúrgico a realizar y los objetivos de la investigación, y bajo efectos de sedoanalgesia con benzodiacepinas y opiáceos, se tomaron las muestras de gasometría basales que son rutinarias en los procedimientos quirúrgicos de la institución.

La técnica de torniquete o isquemia fue realizada por los cirujanos ortopedistas con vendaje de Esmarch sin control de presión, vendaje de tamaño genérico con el cual cuentan en el servicio de ortopedia y traumatología de la institución.

Una hoja de recolección de datos que cumple con los requisitos para los objetivos propuestos para la investigación, donde se registraron los signos vitales y valores basales de gasometría previamente mencionados, y el control de estos tras 15 de la liberación del torniquete, además del tiempo de isquemia al que fueron sometidos los pacientes durante la cirugía.

ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados del análisis estadístico realizado fueron obtenidos por medio del procesamiento de los datos recolectados, según los objetivos del estudio. El procesamiento de la información fue realizado mediante Microsoft Excel 2018, y del paquete de computación SPSS versión 22.0 para Sistema operativo Windows 7. Se utilizó la comparación de medias de grupos relacionados t de student para los resultados de las diferencias de valores. Se utilizó una base de datos obtenida de 7 pacientes con su respectiva hoja de recolección de datos, información que fue concentrada en tablas de Excel y procesada por medio del SPSS Statistics para PC. Para descripción de variables cuantitativas se utilizaron frecuencias, media, mediana. Se compararon mediante T de Student y se hizo correlación para los valores de lactato basal y posterior a la liberación del torniquete.

RESULTADOS

Se incluyeron en este estudio 7 pacientes con un promedio de edad 56,86 años de los cuales el 42,9% (3) fueron de sexo femenino y 57,1% (4) de sexo masculino. De la muestra estudiada se obtuvo que el 100% tenían clasificación ASA II en el 100% de los casos, y fueron sometidos en promedio a 123,57 minutos de isquemia, siendo el menor tiempo 115 minutos y el tiempo máximo 135 minutos, sus cifras tensionales basales promediaron los 72,71mmHg con una máxima de 85mmHg y una mínima de 65mmHg, la frecuencia cardiaca basal se encontró sin mayores alteraciones con un promedio de 76,14 latidos por minuto con un valor mínimo de 60 y un máximo de 88 latidos por minuto, el valor de lactato basal promedio los 0,886 con un mínimo de 0,5 y un valor máximo de 1. La SPO2 basal se reportó con una media de 92,29% con un valor mínimo de 89% y un máximo de 96%, SAO2 basal se reportó con una media de 89,00% con un valor mínimo de 85% y un máximo de 92% y la SVO2 basal se reportó con una media de 65,57% con un valor mínimo de 59% y un máximo de 70%

Los cambios en la tensión arterial media no invasiva tras 15 minutos de liberar la isquemia presento una caída en promedio hasta 66,43mmHg, con una mínima de 60mmHg y máxima de 75mmHg y un aumento en los valores de lactato en promedio de hasta 1,77, con un valor mínimo de 1 y un valor máximo de 2. La frecuencia cardiaca mostro una disminución hasta un promedio de 61,43 latidos por minuto con un valor mínimo de 55 y un máximo de 70 latidos por minuto. La SPO2 presento elevación de su valor a un promedio de 94,14% con un valor mínimo de 88% y un valor máximo de 96% a diferencia de la SAO2 cuyo valor promedio cayó a 87,14% con una mínima de 80% y una máxima de 92% y la SVO2 también presento una caída hasta un promedio de 58,43% con una mínima de 50% y una máxima de 65%.

Tabla No. 1

Estadísticas

Edad

N	Valid	7
	Missing	0
Promedio		56.86
Media		58.00
Moda		48 ^a
Desviacion Std		6.568
Varianza		43.143
Mínima		48
Máxima		65

Tabla No. 2

Edad

	Frecuencia	Porcentaje	Valido Porcentaje	Porcentaje Acumulado
48	1	14.3	14.3	14.3
49	1	14.3	14.3	28.6
55	1	14.3	14.3	42.9
58	1	14.3	14.3	57.1
60	1	14.3	14.3	71.4
63	1	14.3	14.3	85.7
65	1	14.3	14.3	100.0
Total	7	100.0	100.0	

Gráfico No. 1

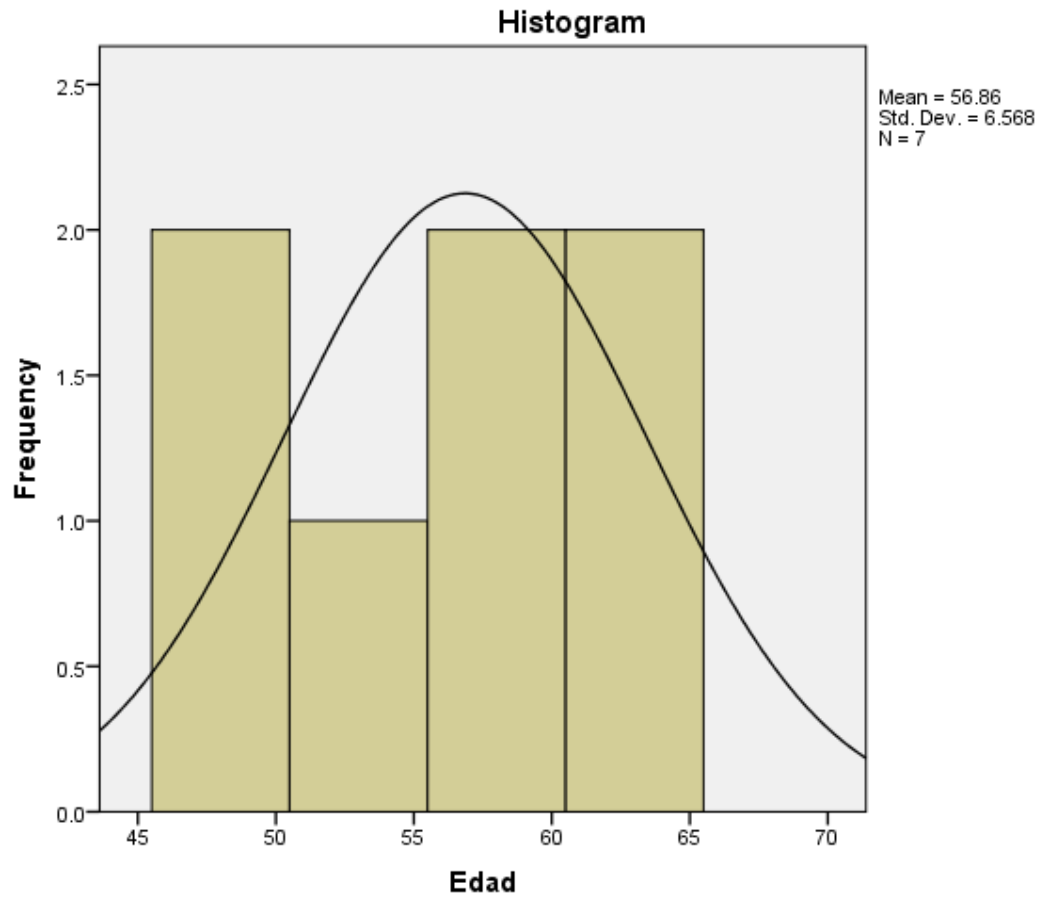


Tabla No. 3

Sexo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulado
Femenino	3	42.9	42.9	42.9
Masculino	4	57.1	57.1	100.0
Total	7	100.0	100.0	

Gráfico No. 2

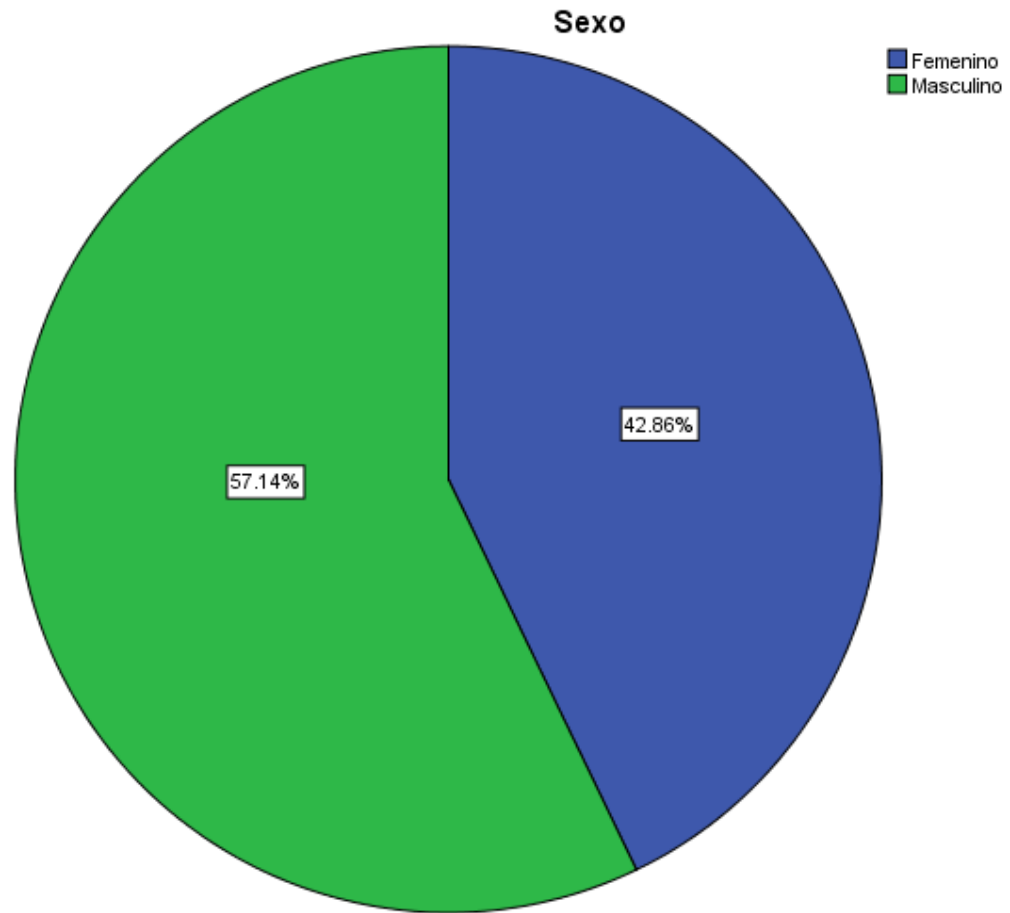


Tabla No. 4

Estadística Descriptiva

	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
Tiempo de Isquemia (min)	7	115	135	123.57	6.901
Valid N (listwise)	7				

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA BASALES

Tabla No. 5

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
TA Media no Invasiva Basal	7	65	85	72.71	7.521
FC Basal	7	60	88	76.14	9.442
Valid N (listwise)	7				

Tabla No. 6

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
SPO2 Basal	7	89	96	92.29	2.752
SVO2 Basal	7	59	70	65.57	4.504
SAO2 Basal	7	85	92	89.00	2.236
Valid N (listwise)	7				

Tabla No. 7

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
Lactato Basal	7	.5	1.0	.886	.2035
Valid N (listwise)	7				

ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA A LOS 15 MIN

Tabla No. 8

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
TA Media No invasiva 15 Min	7	60	75	66.43	6.901
FC 15 min	7	55	70	61.43	5.062
Valid N (listwise)	7				

Tabla No. 9

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
SPO2 15 min	7	88	96	94.14	2.795
SVO2 15 min	7	50	65	58.43	6.106
SAO2 15 min	7	80	92	87.14	5.014
Valid N (listwise)	7				

Tabla No. 10

Estadística Descriptiva					
	N	Minima	Maxima	Promedio	Desviacion Std.
Lactato 15 min	7	1	2	1.77	.403
Valid N (listwise)	7				

COMPARACIÓN DE MEDIAS (T DE STUDENT)

Tabla No. 11

One-Sample Statistics				
	N	Media	Desviacion Std.	Media de Error Std.
SPO2 Basal	7	92.29	2.752	1.040
SPO2 15 min	7	94.14	2.795	1.056

Tabla No. 12

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferencia Promedio	Intervalo de Confianza de 95% de la Diferencia	
					Inferior	Superior
SPO2 Basal	88.735	6	.000	92.286	89.74	94.83
SPO2 15 min	89.130	6	.000	94.143	91.56	96.73

Tabla No. 13

One-Sample Statistics				
	N	Media	Desviacion Std.	Media de Error Std.
SVO2 Basal	7	65.57	4.504	1.702
SVO2 15 min	7	58.43	6.106	2.308

Tabla No. 14

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferencia Promedio	Intervalo de Confianza de 95% de la Diferencia	
					Inferior	Superior
SVO2 Basal	38.518	6	.000	65.571	61.41	69.74
SVO2 15 min	25.316	6	.000	58.429	52.78	64.08

Tabla No.15

One-Sample Statistics				
	N	Media	Desviacion Std.	Media de error Std.
SAO2 Basal	7	89.00	2.236	.845
SAO2 15 min	7	87.14	5.014	1.895

Tabla No. 16

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferencia Promedio	Intervalo de Confianza de 95% de la Diferencia	
					Inferior	Superior
SAO2 Basal	105.306	6	.000	89.000	86.93	91.07
SAO2 15 min	45.980	6	.000	87.143	82.51	91.78

Tabla No. 17

One-Sample Statistics				
	N	Media	Desviacion Std.	Media de Error Std.
TA Media no Invasiva Basal	7	72.71	7.521	2.843
FC Basal	7	76.14	9.442	3.569
TA Media No invasiva 15 Min	7	66.43	6.901	2.608
FC 15 min	7	61.43	5.062	1.913

Tabla No. 18

One-Sample Test						
	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Diferencia Promedio	Intervalo de Confianza de 95% de la Diferencia	
					Inferior	Superior
TA Media no Invasiva Basal	25.578	6	.000	72.714	65.76	79.67
FC Basal	21.337	6	.000	76.143	67.41	84.87
TA Media No invasiva 15 Min	25.469	6	.000	66.429	60.05	72.81
FC 15 min	32.110	6	.000	61.429	56.75	66.11

COEFICIENTES (RIESGO)

Tabla No. 19

Tasa estadística Edad / Tiempo de Isquemia (min)

Grupo	Diferencial relacionado	Coeficiente de Dispersion	Coeficiente de Variacion
			Mediana Centrada
1	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	1.002	.034	4.9%
2	1.000	.000	.
Overall	1.001	.089	11.5%

Tabla No. 20

Tasa estadística Sexo / Tiempo de Isquemia (min)

Grupo	Diferencial relacionado	Coeficiente de Dispersion	Coeficiente de Variacion
			Mediana Centrada
1	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	1.000	.000	.
2	.984	.280	39.6%
2	1.000	.000	.
Overall	.998	.237	32.4%

Tabla No. 21

Correlations

		Tiempo de Isquemia (min)	Lactato 15 min
Tiempo de Isquemia (min)	Pearson Correlation	1	-.377
	Sig. (2-tailed)		.405
	N	7	7
Lactato 15 min	Pearson Correlation	-.377	1
	Sig. (2-tailed)	.405	
	N	7	7

DISCUSION

Las alteraciones que se presentan en la intervención quirúrgica de miembros inferiores sometidos a isquemia transitoria por medio del uso de torniquete, son cambios que se pueden observar según lo descrito en la literatura, desde un inicio con elevaciones transitorias de la presión venosa central, de la tensión arterial y de la frecuencia cardiaca aunque también puede haber disminución de la misma debido al aumento transitorio de la volemia, al ser trasladados hasta 800cc de sangre de los miembros inferiores a la circulación sistémica con la aplicación del torniquete según lo compilado por Kumar et al en su artículo de revisión en el 2016.

En el presente estudio y en relación con lo descrito en la literatura, se presentaron caídas en la tensión arterial con disminución de la frecuencia cardiaca, evidencia de alteración cardiovascular por la rápida redistribución del volumen sanguíneo al miembro inferior que se encontraba con el torniquete, y liberación de productos del metabolismo anaerobio al que se encontraba sometida la extremidad. Momento que quedo registrado con la toma de signos vitales 15 minutos posteriores al evento desencadenante previamente mencionado y que también es coherente con la afección miocárdica que se ha planteado en previos estudios bioquímicos, donde el papel de mediadores como las xantina oxidasa y peróxidos de hidrogeno ya ha sido establecido, mencionando además elementos como la hipercalemia que describe Estebe et al, en su artículo del año 2011 del European Journal of Anaesthesiology donde menciona que estos pueden causar depresión miocárdica y hasta parada cardiaca en pacientes de edad avanzada o debilitados tras cirugías con isquemia prolongada.

Otro elemento muy importante a destacar que Estebe también menciona fue la elevación del lactato por su liberación a la circulación sistémica a valores en promedio un 100% mayores al valor basal, dato que es coherente con la mención de un metabolismo anaerobio que se lleva a cabo en la extremidad que se encuentra con el torniquete y que además de este proceso también se encuentra siendo sometida a la lesión quirúrgica del procedimiento ortopédico. Estos procesos que se mencionan, requieren de un tiempo de isquemia variable que no ha permitido establecer adecuadamente un límite estricto de colocación de torniquete para cada extremidad y situación, Fitzgibbons et al en el 2012, realizaron una revisión y al igual que otros autores señalan que el tiempo no ha sido descrito y oscila entre 1 y 3 horas, recomendando que si la planeación de la cirugía va más allá de los 150 minutos, se realicen intervalos de liberación de isquemia y recolocación de torniquete que eviten las lesiones locales y sistémicas a las que esta conlleva.

Aún continúan en investigación estrategias que permitan mitigar los efectos sistémicos que se presentan con la liberación de una isquemia prolongada y las áreas de trabajo se extienden a cirujanos, anestesiólogos y aun áreas tan específicas como inmunología, farmacología y bioquímica. Por lo pronto, en la presente investigación se evaluó la presencia de este fenómeno en el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro" - ISSSTE donde la cirugía ortopédica de miembros inferiores sobresale ante la cirugía

traumatológica y estas situaciones medicas requieren de especial atención en los quirófanos, dado que no estamos exentos a presenciarla.

CONCLUSIONES

Se trató de un estudio observacional donde los resultados pueden haber sido influenciados por las diferencias en la técnica anestésica, la dosis del fármaco utilizado, coadyuvantes administrados con el anestésico en el neuroeje y el requerimiento de sedoanalgesia si el paciente presentaba ansiedad con el procedimiento realizado solo bajo anestesia regional. Sumado a esto también se han reportado en la literatura manejos que involucran el control de líquidos en lo cual no se intervino y se dejó a criterio del anesthesiólogo el uso de cargas hídricas previo a la colocación de la anestesia y/o previo a la liberación de isquemia que permitiera mitigar la hipovolemia transitoria que simula la redistribución de la sangre al compartimiento previamente excluido, además de no estipularse un corte de ayuno para la exclusión de pacientes que hicieran parte de la muestra, factor que tiene relación con el estado hidroelectrolítico y por tal hemodinámico del paciente.

Además de esto, durante el periodo planteado, la programación de procedimientos ortopédicos de miembros inferiores se vio limitada por falta de material de la empresa que proveyó las prótesis, lo cual limitó el tamaño de la muestra.

A pesar de estas limitaciones, se obtuvo una muestra que presentó cambios significativos en las constantes vitales tomadas como referencia para el estudio, basales y posterior a la liberación del torniquete, datos que evidencian una alta incidencia de lesión por isquemia reperusión que debe ser vigilada de manera más estrecha en el perioperatorio y que hace necesario un estudio con mayor nivel de evidencia y con una muestra más grande.

Además de investigaciones sobre su epidemiología institucional, el demostrar que existe una actual incidencia de lesión por isquemia reperusión en los pacientes sometidos a cirugía ortopédica en el Hospital General "Dr. Darío Fernández Fierro" - ISSSTE, lleva a la necesidad también de buscar en conjunto con otras investigaciones en curso en distintas poblaciones, posibles manejos que permitan atenuar los efectos de este mecanismo que en el ámbito hospitalario, se extiende en tiempo por motivos académicos dada la presencia de residentes de especialidades médicas que se encuentran en entrenamiento quirúrgico.

Bibliografía

- 1 Younger AS, McEwen JA, Inkpen K. Wide contoured thigh cuffs and automated limb occlusion measurement allow lower tourniquet pressures. *Clin Orthop Relat Res.* 2004(428):286–93.
- 2 Mingo-Robinet J, Castañeda-Cabrero C, Alvarez V, León Alonso-Cortés JM, Monge-Casares E. Tourniquet-related iatrogenic femoral nerve palsy after knee surgery: Case report and review of the literature. *Case Rep Orthop* 2013;2013:368290.
3. Van der Spuy LA. Complications of the arterial tourniquet. *South Afr J Anaesth Analg* 2012;18:14-8.
- 4 Recommended Practices for the Use of the Pneumatic Tourniquet in the Perioperative Practice Setting. AORN Guidelines on Use of Pneumatic Tourniquets; 2009. p. 373-85.
5. Maury AC, Roy WS. A prospective, randomized, controlled trial of forearm versus upper arm tourniquet tolerance. *J Hand Surg Br* 2002;27:359-60.
6. Odinsson A, Finsen V. The position of the tourniquet on the upper limb. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:202-4.
- 7 Kumar K, Railton C, Tawfic Q. Tourniquet application during anesthesia: “What we need to know?”. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 2016;32:424-30.
- 8 Dreyfuss UY, Smith RJ. Sensory changes with prolonged double- cuff tourniquet time in hand surgery. *J Hand Surg Am.* 1988; **13** (5):736–40.
- 9 Fitzgibbons PG, Digiovanni C, Hares S, Akelman E. Safe tourniquet use: A review of the evidence. *J Am Acad Orthop Surg* 2012;20:310-9.
- 10 Standards, Guidelines, and Position Statements for Perioperative Registered Nursing Practice ORNAC Safety/Risk Prevention and Management; March 2011.
- 11 Sharma JP, Salhotra R. Tourniquets in orthopedic surgery. *Indian J Orthop* 2012;46:377-83.
12. Fish JS, McKee NH, Kuzon WM, Jr., Plyley MJ. The effect of hypothermia on changes in isometric contractile function in skeletal muscle after tourniquet ischemia. *J Hand Surg Am.* 1993; **18** (2):210– 7.
13. Swanson AB, Livengood LC, Sattel AB. Local hypothermia to prolong safe tourniquet time. *Clin Orthop Relat Res.* 1991(264):200–8.

- 14 Recommended practices for care of patients undergoing pneumatic tourniquet-assisted procedures. In: Perioperative Standards and Recommended Practices. Denver, CO: AORN, Inc; 2013:e25-e50.
- 15 Warren PJ, Hardiman PJJ-P, Woolf VJ. Limb exsanguination. I. The arm: effect of angle of elevation and arterial compression. *Ann R Coll Surg Engl* 1992; 74: 320-2.
16. Warren PJ, Hardiman PJJ-P, Woolf VJ. Limb exsanguination. II. The leg: Effect of angle of elevation. *Ann R Coll Surg Engl* 1992;74:323-5.
17. Blond L, Madsen JL. Exsanguination of the upper limb in healthy young volunteers. *J Bone Joint Surg Br.* 2002; 84 (4):489–91.
18. Blond L, Jensen NV, Soe Nielsen NH. Clinical consequences of different exsanguination methods in hand surgery. a double-blind randomised study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008; 33 (4):475–7.
- 19 Wilson M, Forsyth P, Whiteside J. Haemoglobinopathy and sickle cell disease. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain Oxford J* 2010;10:24-8.
- 20 Rajpura A, Somanchi BV, Muir LT. The effect of tourniquet padding on the efficiency of tourniquets of the upper limb. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; **89** (4):532–4.
21. Olivecrona C, Tidermark J, Hamberg P, Ponzer S, Cederfjall C. Skin protection underneath the pneumatic tourniquet during total knee arthroplasty: a randomized controlled trial of 92 patients. *Acta Orthop.* 2006; 77 (3):519–23.
- 22 Madhok R. Chemical burns beneath tourniquets. *Br Med J.* 1989; 298 (6668):254.
- 23 Sarkhel T, Stride V. The TourniquAid: prevention of chemical burns. *Injury.* 2002; 33 (1):73–4.
- 24 Tomlinson PJ, Harries WJ. The use of a surgical glove in the prevention of tourniquet-associated chemical burns. *Ann R Coll Surg Engl.* 2008; 90 (3):255.
- 25 Nahlieli O, Baruchin AM, Levi D, Shapira Y, Yoffe B. Povidone-iodine related burns. *Burns.* 2001; 27 (2):185–8.
- 26 Crews JC, Hilgenhurst G, Leavitt B, Denson DD, Bridenbaugh PO, Stuebing RC. Tourniquet pain: the response to the maintenance of tourniquet inflation on the upper extremity of volunteers. *Reg Anesth.* 1991; **16** (6):314–7.
- 27 Hagenouw RR, Bridenbaugh PO, van Egmond J, Stuebing R. Tourniquet pain: a volunteer study. *Anesth Analg.* 1986; **65** (11):1175–80.
28. Hagenouw RR, Bridenbaugh PO, Egmond J, Stuebing R. Tourniquet pain: A volunteer study. *Anesth Analg* 1986;65:1175- 80.
29. Gissen AJ, Covino BG, Gregus J. Differential sensitivities of mammalian nerve fibres to local anesthetic agents. *Anesthesiology* 1980;53:467-74.
30. Deloughry JL, Griffiths R. Arterial tourniquets. *Continuing Education in Anaesthesia. Crit Care Pain (Indian Edition)* 2009;2:64-8. Lowrie A, Jones MJ, Eastley RJ. Effect of eutectic mixture of local anaesthetic agents (EMLA) on tourniquet pain in volunteers. *Br J Anaesth* 1989;63:751-3.

31. Ogufero WE, Giddins GE, Thom JS. Upper arm tourniquet pain in local anesthesia surgery. *J Hand Surg (European Volume)* 1995;20:413-4.
32. Choi IH, Koh H, Kwak IY. A comparison of tourniquet pain in spinal anaesthesia. *Korean J Anaesthesiol* 1996;31:371-5.
33. Concepcion MA, Lambert DH, Welch KA, Covino BG. Tourniquet pain during spinal anesthesia: A comparison of plain solution of tetracaine and bupivacaine. *Anesth Analg* 1988;67:828-32.
34. Lee Y, Tung MC, Who LH, Lai KB, Wong KL, Wu KH, et al. The effect of epidural anesthesia on tourniquet pain: A comparison of 2% lidocaine and 0.5% bupivacaine. [Article in Chinese]*Ma Zui Xue Za Zhi* 1990;28:459-64.
35. Bonnet F, Diallo A, Saada M, Belon M, Gilbaud M, Baico O. Prevention of tourniquet pain by spinal isobaric bupivacaine with clonidine. *Br J Anaesth* 1989;63:93-6.
36. Cherng CH, Wong CS, Chang FL, Ho SJ, Lee CH. Epidural morphine delays the onset of tourniquet pain during epidural lidocaine anesthesia. *Anesth Analg* 2002;94:1614-6.
37. Okamoto T, Mitsuse T, Kashiwagi T, Iwaane E, Sakata Y, Masuda K, et al. Prophylactic epidural administration of fentanyl for the suppression of tourniquet pain. *J Anaesthesia* 1996;10:5-9.
38. James NK, Khoo CT, Fell RH. The "mini-Bier's block": a new technique for prevention of tourniquet pain during axillary brachial plexus anaesthesia. *J Hand Surg Br* 1994;19:347-9.
39. Estèbe JP, Gentili ME, Langlois G, Moulleron P, Bernard F, Ecoffey C. Lidocaine priming reduces tourniquet pain during intravenous regional anaesthesia: A preliminary study. *Reg Anaesth Pain Med* 2003;28:120-3.
40. Narang S, Dali JS, Agarwal M, Garg R. Evaluation of the efficacy of magnesium sulfate as an adjuvant to lignocaine for upper limb surgery. *Anaesth Intensive Care* 2008;36:840-4.
41. Bose S, Sunder RA, Rewari V, Saksena R. Study of magnesium, ketamine, ketorolac as adjuvants to lidocaine in intravenous regional anaesthesia. *Annual Meeting Abstracts American Society of Anaesthesiologists*. October 19, 2008.
42. Viscomi CM, Friend A, Parker C, Murphy T, Yarnell M. Ketamine as an adjuvant in lidocaine intravenous regional anesthesia: a randomised, double-blind, systemic control trial. *Reg Anaesth Pain Med* 2009;34:30-3.
43. Lurie SD, Reuben SS, Gibson CS, DeLuca PA, Maciolek HA. Effect of clonidine on upper extremity tourniquet pain in healthy volunteers. *Reg Anaesth Pain Med* 2000;25:502-5.
44. Gentili M, Bernard JM, Bonnet F. Adding clonidine to lidocaine for intravenous regional anesthesia prevents tourniquet pain. *Anesth Analg* 1999;88:1327-30.
45. Musial F, Gabriel T, Amthor N, Rampp T, Michalsen A, Dobos G. Is electro-puncture a placebo in experimental tourniquet pain? *European Journal of Integrative medicine* 2008;1(Suppl 1):16-7.

- 46 Choi A, Musial F, Amthor N, Lauche R, Rampp T, Saha J, et al. The effect of electroacupuncture and meditation on experimental tourniquet pain. *Eur J Integr Med* 2008;1(Suppl 1):15-6.
- 47 Mingo-Robinet J, Castañeda-Cabrero C, Alvarez V, León Alonso-Cortés JM, Monge-Casares E. Tourniquet-related iatrogenic femoral nerve palsy after knee surgery: Case report and review of the literature. *Case Rep Orthop* 2013;2013:368290.
- 48 Irwing GA, Christopher K. Inaccurate tourniquet pressure-gauge readings--a widespread problem. *S Afr Med J*. 1984; 66 (7):265-6.
- 49 Fry D. Inaccurate tourniquet gauges. *Br Med J*. 1972; 1 (5798):511.
- 50 Hallett J. Inaccuracies in measuring tourniquet pressures. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1983; 286 (6373):1267-8.
- 51 Hamid B, Zuccherelli L. Nerve injuries. IN: Boezaert AP, editor. *Anaesthesia and Orthopaedic surgery*. New York: McGraw Hill publishers; 2006. p. 409.
- 52 Prangmalee Leurcharusmee, Passakorn Sawaddiruk, Yodying Punjasawadwong, Nipon Chattipakorn, and 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
- 53 Estebe JP, Davies JM, Richebe P. The pneumatic tourniquet: Mechanical, ischaemia-reperfusion and systemic effects. *Eur J Anaesthesiol* 2011;28:404-11.
- 54 Zaman SM, Islam MM, Chowdhury KK, Rickta D, Ireen ST, Choudhury MR, et al. Haemodynamic and end tidal CO2 changes state after inflation and deflation of pneumatic tourniquet on extremities. *Mymensingh Med J* 2010;19:524-8
- 55 Feng L, Zhang XG, Yang QG, Wang G. Effects of tourniquet on cardiac function in total knee arthroplasty with trans-esophageal echocardiography. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2013;93: 3755-7.
- 56 Saied A, Ayatollahi Mousavi A, Arabnejad F, Ahmadzadeh Heshmati A. Tourniquet in surgery of the limbs: A review of history, types and complications. *Iran Red Crescent Med J* 2015; 17:e9588.
57. Duffy PJ. The arterial tourniquet. Department of Anaesthesia, Ottawa General Hospital. Accessed from <http://www.uam.es/departamentos/medicina/anesnet/gtoa/hm1.html>
- 58 Song JE, Chun DH, Shin JH, Park C, Lee JY. Pulmonary thromboembolism after tourniquet inflation under spinal anesthesia -A case report. *Korean J Anesthesiol* 2010;59 Suppl:S82-5.
- 59 McGrath BJ, Hsia J, Boyd A, Shay P, Graeter J, Conry K, et al. Venous embolization after deflation of lower extremity tourniquets. *Anesth Analg* 1994;78:349-53.
- 60 Tetzlaff JE, O'Hara J, Jr., Yoon HJ, Schubert A. Tourniquet-induced hypertension correlates with autonomic nervous system changes detected by power spectral heart rate analysis. *J Clin Anesth*. 1997; 9 (2):138-42.
- 61 Bellanti F. Ischemia-reperfusion injury: evidences for translational research. *Ann Transl Med*. 2016;4(Suppl 1):S55.

62 Horlocker TT1, Hebl JR, Gali B Anesthetic, patient, and surgical risk factors for neurologic complications after prolonged total tourniquet time during total knee arthroplasty. *Anesth Analg*. 2006 Mar;102(3):950-5

63 Beekley AC, Sebesta JA, Blackburne LH, Herbert GS, Kauvar DS, Baer DG, et al. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *J Trauma*. 2008; 64 (2 Suppl):S28–37