

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN ANESTESIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



CORRELACION ENTRE EL TIEMPO DE ISQUEMIA Y LOS NIVELES SERICOS DE LACTATO EN CIRUGIA TRAUMATOLOGICA DE MIEMBRO PELVICO.

HOSPITAL REGIONAL ISSEMYM TLALNEPANTLA

TESIS
PARA OBTENER EL DIPLOMA DE POSGRADO DE LA ESPECIALIDAD DE
ANESTESIOLOGIA

PRESENTA:
M.C. MARIA YESENIA VELAZQUEZ ARREOLA

DIRECTOR DE TESIS:
E. EN ANESTESIOLOGIA GISELLE ADRIANA ARCOS STREBER
CO-DIRECTOR DE TESIS:

E. EN ANESTESIOLOGIA JUAN CARLOS SALAZAR CONDE
TUTOR DE TESIS:
E. EN ANESTESIOLOGIA NORMA TERESA MAGAÑA ACOSTA

REVISORES DE TESIS:

ALBERTO VELAZQUEZ DIAZ
ANGEL MOSSO YAH
GABRIELA ALVARADO OLGUIN
HECTOR OMAR CORTES ACEVES

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO 2021

1. RESUMEN.

La seguridad del paciente es un problema mundial que afecta a los países en todos los niveles de desarrollo, comprender la magnitud del problema y los principales factores de riesgo es esencial a fin de proponer las soluciones apropiadas y oportunas. Es preponderante que los procedimientos clínicos-quirúrgicos a todos los niveles se dirijan a asegurar su desarrollo sin complicaciones, sin fallos humanos ni errores en el sistema¹. Este hecho es de especial importancia en el campo de la cirugía y anestesiología, por la complejidad de todos los procedimientos y profesionales implicados en el proceso perioperatorio. En el escenario de cirugía traumatológica es importante dirigir de forma específica la intervención que haya demostrado una prevención y reducción del daño en el paciente, proveniente de los procesos de atención sanitaria como lo es el uso correcto del torniquete isquémico, que es una herramienta eficaz de control de sangrado principalmente y de uso muy frecuente; sin embargo, existe desconocimiento en su empleo y consecuencias, lo cual repercute en la seguridad del paciente y es donde se espera que un mayor conocimiento y adiestramiento contribuyan significativamente a reducir el daño.

Actualizarlos en los dispositivos para aplicación de isquemia ayudaría a disminuir las complicaciones locales y sistémicas que metabólicamente se desencadenan por su empleo, contribuyendo a la mejoría global de pacientes cuyas condiciones metabólicas de inicio no son las mejores, así como de los que se consideran pacientes con riesgo anestésico quirúrgico bajo.

El tiempo de isquemia es un dato que requiere de una lista de verificación en sala de cirugía con enfoque multidisciplinario por ejemplo:

el personal quirúrgico, anestesiólogos y de enfermería como parte del marco establecido para la seguridad de la atención transoperatoria en los hospitales, el cual conlleva una secuencia

sistemática de acontecimientos con el fin de reducir la morbimortalidad en el periodo peri operatorio de los pacientes quirúrgicos a quien se les aplica isquemia; conociendo así las implicaciones metabólicas que surgen antes, durante y después de la liberación de la misma, teniendo principal consideración del lactato sérico el cual actualmente es un marcador pronóstico de pacientes con gravedad cínica ¹.

Es importante promover acciones específicas y esenciales para el correcto empleo del torniquete isquémico, minimizando así los riesgos que ponen en peligro la vida y el bienestar de los pacientes quirúrgicos.

Lo anterior favorecerá la mejora en la efectividad, seguridad y calidad de la atención médica, contribuyendo de esta manera a la obtención de mejores resultados en el paciente quirúrgico.

2. ABSTRACT.

Patient safety is a global problem that affects countries at all levels of development, understanding the magnitude of the problem and the main risk factors is essential in order to propose the corresponding and timely solutions, it is preponderant that clinical procedures-Surgical at all levels are aimed at ensuring its development without complications, or human failures or errors in the system¹. This fact is of special importance in the field of surgery and anesthesiology, due to the complexity of all the procedures and professionals involved in the perioperative process. Specifically direct the intervention that has demonstrated the ability to prevent or mitigate harm to the patient, arising from health care processes, such as the correct use of the ischemic tourniquet, which is an effective tool for the control of bleeding mainly and for use very frequent, however when there are important gaps in the knowledge of their employment and their minors, it is reflected in the safety of the patient and it is where it is expected that a greater knowledge contributes significantly to reducing the damage.

Updating ourselves in the devices for application of ischemia would help reduce the local and systemic complications that are metabolically triggered by their use, contributing to the global improvement of patients whose initial metabolic conditions are not the best, as well as those who consider themselves to be patients with low surgical anesthetic risk. Ischemia time is a piece of information that requires a checklist in the operating room with a multidisciplinary approach, such as surgical personnel, anesthesiologists and nurses as part of the framework established for the safety of intraoperative care in hospitals, which entails a systematic sequence of events in order to reduce the morbidity and mortality in the perioperative period of surgical patients to whom ischemia is applied; thus knowing the metabolic implications that arise before, during and after its

release, having the main consideration of serum lactate, which is currently a prognostic marker in patients with cynical severity 1.

Promote specific actions so that teams systematically follow the essential safety measures for the correct use of the ischemic tourniquet, thus minimizing the risks that endanger the life and well-being of surgical patients.

The foregoing will favor the improvement in the effectiveness, safety, and quality of medical care, thus contributing to the well-being of individuals and communities, which is the central objective and rationale for health services.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Los orígenes del torniquete neumático moderno se remontan a la época del Imperio Romano (199 a.C.- 500 d.C.), cuando se usaban dispositivos de bronce y cuero no neumáticos para controlar hemorragias secundarias a amputaciones de miembro durante la guerra. El objetivo era salvar una vida sin tener en cuenta el miembro. El término “torniquete”, acuñado por Jean Louis Petit, deriva del verbo francés “tourner”, que significa girar. Petit describió en 1718 un nuevo dispositivo similar a un tornillo que ajustaba a un cinturón para detener el flujo arterial, un dispositivo mecánico giratorio en 1718 ².

En 1864 con el advenimiento de la anestesia general, Joseph Lister fue el primero en usar un torniquete para crear un campo quirúrgico exangüe ². Al final del siglo XIX, Friedrich Von Esmarch diseñó un torniquete más avanzado que consistía en un vendaje de goma plano destinado a la exanguinación y a la detención del flujo sanguíneo. En 1904, Harvey Cushing introdujo el primer torniquete neumático, que permitía medir y controlar manualmente la presión del mismo ³.

3.2 GENERALIDADES

El uso de torniquete es una práctica común en cirugía y cirugía ortopédica. Son dispositivos de compresión que ocluyen el flujo de sangre en las extremidades con la finalidad de crear un campo quirúrgico sin sangre y disminuir la pérdida de sangre perioperatoria, además de mejorar la visibilidad del campo quirúrgico. Existen otros usos como la anestesia regional intravenosa: bloqueo de Bier, para la prevención de diseminación de los anestésicos locales ⁴.

La técnica de Bier fue empleada a comienzos del año 1908 quien usaba anestesia regional endovenosa inicialmente en extremidades superiores: brazo y antebrazo; dicha técnica consistía en administrar el anestésico intravenoso en una extremidad previamente exanguinada y con un torniquete proximal el cual permanecía hasta el fin de la cirugía y debería estar insuflado por arriba de la presión de oclusión de la arteria de dicho segmento corporal; además de la instalación de un segundo torniquete que se colocaba distalmente y de 3 a 5 minutos posterior a la administración intravenosa del anestésico, conservando así el efecto del anestésico de manera sostenida⁴. Esta técnica tubo gran aplicación posterior al uso de lidocaína en 1963. Actualmente sigue en uso sobre todo en cirugía plástica de miembro torácico, sin embargo, es restringida por los efectos adversos como toxicidad sistémica por anestésicos locales, trastornos vasculares y neuropatías periféricas por el uso prolongado del torniquete.

En anestesiología, el uso del torniquete se encuentra relacionado con alteraciones fisiológicas y bioquímicas que afectan el manejo perioperatorio. En la actualidad, existen diversos tipos de torniquetes: torniquete de emergencia, el cual se coloca alrededor de una extremidad inferior o superior para evitar la pérdida severa sanguínea por traumatismo y el torniquete quirúrgico, el cual permite al cirujano trabajar en un campo quirúrgico sin sangre al evitar el flujo sanguíneo a una extremidad⁴.

3.3 CLASIFICACIÓN Y COMPONENTES

Estructuralmente se dividen en dos diseños básicos: torniquetes no neumáticos, los cuales están hechos de goma o telas elásticas y torniquetes neumáticos los cuales usan gas comprimido para inflar una vejiga o un manguito para ocluir o restringir el flujo sanguíneo⁴.

Existen además otros dispositivos de última generación credos con maquinaria cuyo objetivo es medir y controlar la presión del manguito que el torniquete ejerce sobre la extremidad.

Figura 1: Automatic Tourniquet System. Marca : zimmer ATS 2000.



Fuente: Fotografía de equipo del HAELV.

Los sistemas de torniquete moderno cuentan con elementos que tienen mayor seguridad, exactitud y confiabilidad. La tecnología de microprocesadores permite detectar y regular con precisión la presión real del manguito, suministrar indicaciones visuales exactas de la presión del manguito y el tiempo transcurrido, así como encender alarmas audiovisuales automáticas en caso de condiciones riesgosas y estimar automáticamente la presión de oclusión del miembro (POM).

Los mejores diseños del manguito permiten aplicar de manera eficaz la presión del manguito a miembros de una amplia variedad de tamaños y de formas.

La presión es proporcionada por una bomba de acondicionamiento eléctrico o por un suministro central de aire comprimido. La longitud y ancho del mango neumático deben individualizarse, teniendo en cuenta el tamaño y la circunferencia de la extremidad del paciente. Demasiada superposición provoca un aumento de la presión y arrugas del tejido blando subyacente; por el contrario, una superposición corta compromete la inflación efectiva del torniquete y puede provocar una liberación inesperada o una constricción inadecuada. El mango debe ser más ancho que la mitad del diámetro del miembro. Los manguitos más anchos minimizan el riesgo de lesión del tejido subyacente al dispersar la presión sobre un área de superficie mayor⁴. Se ha encontrado que los manguitos más grandes ocluyen sistemáticamente el flujo sanguíneo a una presión más baja en adultos y niños².

3.4 DETERMINANTES PARA SU USO.

El contexto del buen uso del torniquete isquémico es lo que en medida limita la presentación de complicaciones en los pacientes en quienes se emplea, es importante saber que la presión a la que se debe inflar un torniquete depende de diversas variables: la edad, condiciones generales de la piel, presión sanguínea, forma y tamaño de la extremidad del paciente, así como las dimensiones del manguito. Se recomiendan presiones del manguito de 200-300 mmHg para adultos en miembro pélvico⁴. Las regiones donde más se utilizan son en el muslo y en el brazo, aunque existen centros hospitalarios donde su uso se limita a los miembros pélvicos. Al utilizarlo se aconseja mantener una adecuada hidratación, buena temperatura y un adecuado volumen sanguíneo. Es importante tener el conocimiento de cuál es la presión de oclusión en extremidades (POE), que se define como la presión mínima requerida para detener el flujo de sangre arterial en la extremidad distal al manguito. La POM se determina aumentando gradualmente la presión del torniquete hasta interrumpir el flujo sanguíneo distal⁵.

La presión óptima de insuflado es un rango aproximado de compresión determinado por la medida de la presión sistólica preoperatoria del paciente. Está indicado insuflar el torniquete arterial neumático con 50 a 75 mmHg adicionales a la cifra de presión sistólica medida cuando se emplea en el brazo y 75 a 100 mmHg adicionales a la presión sistólica para la pierna². Esta técnica ha resultado efectiva y generalizada desde la realización de un estudio con 84 pacientes, en donde evaluaron el ajuste neumático requerido para una adecuada hemostasia transoperatoria. Posterior a la inducción anestésica, la presión del torniquete neumático a la cual el pulso periférico desaparecía fue evaluada utilizando un ultrasonido Doppler, pudiendo observar, con mayor exactitud, que el ajuste neumático requerido era menor que el recomendado en textos de referencia estándar sin la necesidad de sacrificar una adecuada hemostasia para obtener un campo exangüe⁶. La exanguinación y el uso de torniquetes son ambos controvertidos en pacientes con enfermedad de células falciformes³. La existencia de torniquete no neumático se describió entre muchos estudios al comprobar y evidenciar que existía una incidencia mayor de lesión nerviosa temprana que con el torniquete neumático².

Existen condiciones que modifican el efecto final del torniquete arterial, desde el momento en el que se comienza a insuflar, pues previamente se debe exanguinar la extremidad: procedimiento que se debe hacer conservando y mejorando la condición de la piel, utilizando un relleno liso, acojinado y cómodo para así evitar el traumatismo de la piel. Antes de insuflar se debe quitar todo el aire del manguito y adaptarlo suavemente y sin arrugas. Es preferible la colocación proximal a la extremidad, porque las cantidades mayores de tejido y el músculo protegen a los nervios de una lesión potencial, por lo que debe ponerse el torniquete sobre el punto de máxima circunferencia de la extremidad⁵. Posteriormente se eleva el miembro antes de inflar el manguito, se realiza exanguinación con un vendaje de Smarch de distal a proximal para compresión del tejido y finalmente con una férula neumática se comprime la extremidad hasta el torniquete⁶. En el

momento que se infla el torniquete el anestesiólogo debe estar pendiente en cuanto a los cambios que se puedan presentar, documentar el tiempo de inicio del vaciamiento vascular y de la isquemia. Se debe considerar todos los cambios que se producen: un cambio en el volumen central de sangre y aumento teórico de las resistencias vasculares sistémicas. Esto conduce a aumentos leves de las presiones arteriales sistémicas y venosas centrales que son generalmente benignas. Estos cambios pueden ser importantes en pacientes con enfermedades cardiovasculares subyacentes. En ocasiones, el cirujano decide operar ambas extremidades y coloca dos torniquetes, por lo que es importante nunca ocluir ambas extremidades a la vez, ya que los cambios de presión serían obviamente mayores ⁶. Está bien estudiado que la presión mínima del torniquete que se requiere para mantener la hemostasia dependerá del tamaño de la extremidad, en donde se requieren presiones más altas sobre el muslo que sobre el brazo. En pacientes delgados, por lo contrario, hay que bajar las presiones, debido a que la presión del manguito requerida para eliminar el flujo de sangre disminuye con el aumento de la anchura del manguito. Los manguitos más anchos transmiten mejor la compresión al tejido, permiten presiones más bajas y ayudan a disminuir las complicaciones. Parece razonable usar manguitos tan anchos como sea posible para minimizar la presión sobre nervios y piel ⁶

3.5 FISIOPATOLOGÍA.

La isquemia es un elemento no fisiológico y como tal tiene una serie de repercusiones tanto a nivel local como sistémico, y cuya severidad guarda relación directa con el tiempo y la presión a la que se mantiene inflado el torniquete⁴. Cuando empleamos un manguito neumático u otro procedimiento de inducción de isquemia programada se produce un daño, por un triple mecanismo básico: la compresión (daño mecánico), la isquemia (daño anóxico) y la reperfusión (daño inflamatorio y oxidativo). Los dos últimos están especialmente ligados en el llamado síndrome de

isquemia-reperfusión. Además, aunque la lesión inicialmente sólo tiene un ámbito local, puede expandirse y tener una repercusión sistémica ⁷.

Dentro de la fisiopatología, se ha descrito extensamente y documentado el daño muscular, el cual es evidente 30-60 minutos después de la inflación del torniquete, presentando los siguientes cambios: disminución del pH (< 6.5), disminución de pO₂, aumento de pCO₂, aumento de K⁺, aumento de lactato, progresivamente⁴. *El dolor de torniquete se desarrolla en hasta el 66% de los pacientes 30-60 minutos después de la inflación del manguito. La hipertensión inducida por torniquete ocurre en el 11-66% de los casos*⁴. El desinflado del torniquete conduce a una disminución significativa de la presión arterial media, debido a la liberación de metabolitos desde la extremidad isquémica a la circulación y la disminución de la resistencia vascular periférica. Se observa un aumento transitorio de EtCO₂, disminución de la temperatura y presión venosa central de oxígeno. El restablecimiento del flujo sanguíneo puede inducir una extensión paradójica del daño isquémico mediado por radicales libres de oxígeno⁸. En los tejidos situados directamente bajo el manguito neumático, hay un sufrimiento por la presión que ejerce el dispositivo. Este daño depende en gran medida de la magnitud de la fuerza de presión, del tiempo en que permanece activa, o del diseño del propio manguito. Con respecto a la piel, ha sido descrita la aparición de quemaduras, flictenas, despegamientos cutáneos o necrosis, hasta en un 0.04 al 1.5% de los casos, siempre sobre la piel situada bajo el manguito de presión ¹.

El músculo es un tejido que sufre un daño reversible con la presión, siendo el caso extremo el síndrome de aplastamiento o crush syndrome, con magnitudes de presión y tiempos prolongados, superiores a los que nos ocupan para los fines del presente estudio . Pero aún con tiempos y presiones de inflado de manguito tan bajos como los recomendados en las isquemias programadas, se produce un daño que puede atribuirse principalmente a la presión ejercida por el manguito ⁷.

Ante un evento de isquemia reperusión el musculo libera mioglobina, creatinfosfoquinasa, lactato, potasio, uratos y fosfatos; mismos que pueden ser identificados dentro de la circulación sistémica. Los niveles de estos biomarcadores se han asociado con el grado de daño y la posibilidad de desarrollar complicaciones⁶. Mioglobina, por ejemplo, se filtra a nivel renal, siendo la responsable directa del daño a través de su propia precipitación en los túbulos contorneados distales, donde sufre peroxidación liposomal y provoca inflamación inducida por aciduria. Su vida media es de 2 a 3 horas, el pico de mioglobina se observa más rápido que el de creatinfosfoquinasa, por lo que la mioglobina es el marcador ideal hasta ahora como determinante del grado de severidad de la isquemia en las extremidades⁴. La creatinfosfoquinasa es el marcador más utilizado por su disponibilidad, aunque su vida media es de 1.5 días, se debe considerar como un marcador tardío en el contexto de una rabiomólisis⁶.

Dentro de la liberación de todos estos radicales libres y productos del metabolismo anaerobio del miembro con isquemia, está el lactato, el cual es posible cuantificar con una gasometría arterial o venosa con mínima variación en los niveles respectivamente¹.

El lactato es un ácido fuerte y se encuentra casi en su totalidad disociado en forma de ion hidrógeno. La concentración de lactato está directamente relacionada con la disponibilidad de oxígeno. Es considerado un biomarcador fiable en la evaluación de la magnitud de la hipoperfusión⁹. En condiciones aeróbicas el piruvato se transforma en acetil coenzima A para dirigirse al ciclo de Krebs y oxidarse totalmente a CO₂ y agua. En condiciones anaeróbicas el piruvato se reduce a lactato en una reacción catalizada por la enzima L-lactato deshidrogenasa y de esta forma se regenera el NAD⁺ y la glucólisis puede continuar.

El lactato pasa a la sangre y es transportado hasta el hígado donde puede transformarse de nuevo en piruvato y utilizarse para la síntesis de glucosa (ciclo de Cori, que consiste en la conversión de glucosa a lactato en la periferia y de lactato a glucosa en el hígado).

El lactato es, cuantitativamente, el sustrato más importante para la síntesis de glucosa. El que se encuentra circulando procede sobre todo del músculo esquelético y, en menor medida, de eritrocitos, médula renal, cerebro y piel. En reposo, el hígado y en menor medida la corteza renal son los principales responsables del metabolismo del lactato para formar glucosa u oxidarse a CO₂ y agua. Si la concentración es elevada, el corazón y el músculo esquelético también pueden oxidarlo. Los niveles de lactato en la sangre son el reflejo del equilibrio entre la producción y la captación en los tejidos, el cual normalmente se encuentra en un rango de 0.5-1.3mmol/L.⁸. La concentración de lactato aumenta cuando la tasa de producción supera la tasa de eliminación. Su acumulación puede provocar una importante disfunción celular y orgánica de todos los sistemas del organismo dando lugar a un cuadro metabólico denominado acidosis láctica. Los niveles de lactato han sido utilizados en las Unidades de Cuidados Intensivos como pronóstico de severidad y sobrevida de los pacientes en estado de choque⁹. Inicialmente se utilizó el análisis del lactato arterial, actualmente la tecnología ha permitido simplificar su análisis, siendo posible obtenerlo a partir de una muestra de sangre capilar, los cuales se han correlacionado altamente con los niveles de lactato arterial y venoso que no es significativamente diferente¹.

El lactato capilar ha sido propuesto en modelos experimentales como un adecuado marcador, indicador de reperfusión de extremidades en comparación del lactato sistémico, ya que sus niveles son un reflejo directo del grado de isquemia, demostrando un rápido incremento durante la fase isquémica y un rápido descenso durante la fase de reperfusión; a diferencia del lactato sistémico, el cual presenta un cambio lento y progresivo⁹.

Es importante hacer mención que existen otros cuadros clínicos que cursan acidosis láctica y se pueden asociar a trastornos en los que no parece haber hipoxia tisular como leucemia, linfoma y tumores sólidos, donde puede existir una excesiva producción de piruvato y lactato por el tejido neoplásico¹⁰.

Existen también fármacos como el nitroprusiato sódico, la adrenalina y la noradrenalina, las biguanidas hipoglucemiantes (metformina), los salicilatos, la teofilina, la simvastatina, los beta2-agonistas, la isoniazida y el tratamiento con fármacos antirretrovirales que pueden cursar con elevaciones del metabolismo y elevación de lactato sérico. También intoxicaciones por salicilatos, etilenglicol o metanol se han descrito como causa de acidosis láctica. El etanol eleva el lactato sérico al elevar la relación NADH/NAD⁺ favoreciendo la conversión de piruvato en lactato y también puede inhibir la gluconeogénesis, por lo que no es infrecuente encontrar una moderada elevación de la concentración de lactato junto con hipoglucemia en los pacientes que sufren los efectos agudos de una ingesta excesiva de etanol ¹⁰.

Es importante exponer que existe otro tipo de lactato, por ejemplo, las bacterias presentes en el intestino pueden producir D-lactato (en humanos el lactato presente es el isómero L-lactato) y éste es absorbido y pasa a la sangre, donde puede acumularse tras una comida rica en carbohidratos. Esta acidosis no sería detectada por la medición de lactato en el laboratorio, pues las técnicas utilizadas están diseñadas para reaccionar solo ante el L-lactato y no miden el D-lactato¹⁰.

Vale la pena mencionar que este compuesto, el lactato es también encontrado en otros compartimentos del organismo como lo es en el LCR en donde la concentración de lactato en el LCR (intervalo de referencia 1.13-3.23 mmol/L) es independiente de la de lactato en sangre porque no atraviesa la barrera hematoencefálica.

El lactato presente en el LCR es el producto final de la glucólisis anaerobia tanto de los leucocitos como de las bacterias, siendo el metabolismo bacteriano, en caso de infección, la principal fuente de lactato en el LCR. Las concentraciones más altas de lactato en el LCR se han descrito en pacientes diagnosticados de meningitis bacteriana causadas por patógenos habituales (*Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*.) y también en meningitis fúngicas, tuberculosa y en la enfermedad de Lyme ¹¹. La medición de lactato presenta mayor sensibilidad y especificidad que la de glucosa para el diagnóstico de meningitis bacteriana en el postoperatorio neuroquirúrgico.

Esta característica de producir radicales libres le sucede a los seres humanos y a la mayoría de los organismos eucarióticos, pues al necesitar oxígeno para mantener una producción de energía suficiente para sobrevivir debe reducir este oxígeno, lo cual se logra mediante la acción de la citocromo-oxidasa de la cadena respiratoria mitocondrial que al añadirle cuatro electrones lo convierte en agua. En condiciones normales, se observa un equilibrio entre la producción y el consumo de las especies reactivas de oxígeno (ROS, siglas en inglés) ¹⁰.

En estados patológicos, la producción excesiva de ROS es responsable de una situación denominada estrés oxidativo potencialmente implicada en la fisiopatología de numerosas situaciones inflamatorias agudas, tales como síndrome de respuesta inflamatoria sistémica, choque séptico, síndrome de distrés respiratorio del adulto, quemaduras graves, politraumatismo, insuficiencia renal y situaciones de isquemia-reperfusión.

Los mecanismos de defensa antioxidantes se encuentran alterados sobre todo debido a la deficiencia de glutatión, selenio, vitaminas A, C y E, los cuales en investigaciones actuales de manera preventiva se usan vía oral para disminuir la presentación de dichos radicales libres en el momento de cirugías electivas ¹¹.

Disfunción orgánica, en donde predomina el SIRS es tan intensa que daña de manera significativa el endotelio vascular por la adhesión de polimorfonucleares y liberación masiva de proteasas y radicales libres con generación de trombosis, hipoperfusión tisular y disfunción orgánica. Esta respuesta inicial proinflamatoria es capaz de activar otros mecanismos como son la cascada de la coagulación, el sistema de complemento, el sistema de cininas y los eicosanoides con profundización y agravamiento hematológico, cardiovascular, metabólico, respiratorio y renal ¹¹. En casos de sobreexpresión, activación anómala, inadecuada señalización intracelular o perturbación de mecanismos antioxidantes, estos mediadores son causa de lesión tisular y daño al endotelio vascular con alteraciones microcirculatorias, como el aumento de la permeabilidad vascular y microtrombosis observadas en sepsis severa y choque séptico, así como otras entidades patológicas con mayor expresión que el síndrome de reperfusión que podría ser derivado de la aplicación de isquemia prolongada.

Otro radical libre importante para el desarrollo de los acontecimientos es el *óxido nítrico* (NO). Es un gas incoloro y poco soluble en agua, muy inestable en el aire, ya que se oxida rápidamente en presencia de oxígeno y se convierte en dióxido de nitrógeno (NO₂). Por esta razón se le considera como un radical libre. En condiciones fisiopatológicas como sepsis, inflamación y lesión por isquemia- reperfusión, se produce persistentemente en altas concentraciones lo cual condiciona acciones citotóxicas mediadas por la producción de especies reactivas de nitrógeno (RNS), las que en interacción con ROS produce peroxinitrito (ONOO), este último es un potente oxidante, más citotóxico que el NO y ejerce varias acciones deletéreas: además de inhibir la función de la aconitasa del ciclo de Krebs ¹¹.

El óxido nítrico mantiene la homeostasis microcirculatoria regulando el tono vascular y las anormalidades hematológicas descritas. En los casos más graves, donde la respuesta inflamatoria es persistente y se sobrepasa la capacidad de los mecanismos de compensación, puede aparecer

una parálisis vasomotora permanente con estasis circulatoria, distrés mitocondrial e hipoxia citopática irreversible (síndrome de la célula parética), lo que condiciona el incremento de la permeabilidad de los poros de la membrana interna de la mitocondria, la pérdida total de ATP y la muerte celular ¹¹.

3.6 CONTRAINDICACIONES PARA SU USO.

El procedimiento isquémico está contraindicado en pacientes que presentan una infección importante de la extremidad por el riesgo de diseminación infecciosa, reserva cardíaca deficiente, enfermedad periférica vascular, heridas graves o extremidad traumatizada, neuropatía periférica, enfermedad tromboembólica en la extremidad, cambios artríticos severos o resaltes óseos en la extremidad, condiciones deficientes de la piel, fístula arteriovenosa, carencia de equipo apropiado, hemoglobinopatía de células falciformes ³.

La finalidad es producir un campo incruento, por lo tanto, la presión del manguito necesita ser suficientemente alta para impedir el paso de la sangre arterial y venosa. Sin embargo, el mayor mecanismo de la lesión nerviosa está relacionado con la excesiva presión, por lo que el objetivo será producir una presión baja, sin riesgos, que mantenga la oclusión arterial y la hemostasia, por lo que no se indica en pacientes con estados protrombóticos.

3.7 COMPLICACIONES.

La incidencia de complicaciones con el uso del torniquete isquémico depende del tiempo por el que se va a emplear, los límites absolutos para el torniquete de isquemia y compresión nerviosa no se han establecido concretamente en la actualidad, estos dependen principalmente del tiempo y a veces son irreversibles y pueden comprometer la recuperación y resultado del procedimiento quirúrgico. La morbilidad perioperatoria no aumenta cuando se usa el torniquete durante solo la cementación ¹².

No hay regla sobre cuánto tiempo puede inflarse un manguito sin riesgo, sin embargo, la información actual y reciente sugiere que la compresión continua no deberá exceder las 2 horas. En pacientes pediátricos y con cirugía para extremidades inferiores se recomienda un tiempo de insuflado menor a 75 minutos, cuando el tiempo de isquemia es mayor a 2 horas se debe de utilizar un intervalo de retiro de isquemia mínimo de 10 minutos⁴. Los estudios histológicos muestran generalmente cambios tempranos a más de una hora, pero la necrosis celular y degeneración muscular aparece entre 2 a 3 horas. Los estudios funcionales muestran que la mayoría de los pacientes toleran dos horas de isquemia con torniquete sin secuelas. Sin embargo, se han registrado parálisis por torniquete cuando el tiempo y la presión estaban en límites de seguridad.

Otros factores son considerados como determinantes del tiempo de uso del torniquete, incluyendo la salud general del paciente, estado nutricional, presión del torniquete, trauma de la extremidad, neuropatía, estado cardiovascular, etcétera. Estos factores alteran la susceptibilidad de un paciente a las complicaciones e influyen en la decisión de la duración segura ⁴.

Una de las complicaciones más conocidas es dolor a la aplicación del torniquete por daño tisular. Estos límites están basados en estudios bioquímicos, histológicos y medidas funcionales. Los efectos sistémicos están relacionados usualmente con el inflado y desinflado del torniquete y las

fases de isquemia y reperfusión respectivamente, mientras que los efectos locales lo son a la compresión, los efectos sistémicos se hacen evidentes a la liberación de la isquemia.

Se ha argumentado que la pérdida total de sangre, por ejemplo, en cirugía de artroplastia total de rodilla no cambia por el torniquete, lo que significa que, al usar un torniquete, y minimizar así la pérdida de sangre intraoperatoria, resulta en un aumento concomitante en el sangrado postoperatorio ¹².

- **Complicaciones sistémicas:** El síndrome de reperfusión posterior al uso de torniquete neumático, puede ocurrir en pacientes a los que se les han aplicado torniquetes durante períodos prolongados. El restablecimiento del flujo sanguíneo puede inducir una extensión paradójica del daño isquémico mediado por radicales libres de oxígeno. Existe interacción entre los neutrófilos activados y las moléculas de adhesión superficial en el endotelio vascular. Comienza la infiltración de leucocitos, y aparece la expresión de neutrófilos aislados CD11b, CD18, molécula de adhesión celular endotelial-1 (CAM-1). Esto tiene efectos sistémicos locales y generalizados: síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), renal, pueden producirse lesiones cardíacas y pueden dar lugar a otras complicaciones graves y con frecuencia fatales.

1. Efectos cardiovasculares, estos ocurren durante todas las fases de la aplicación del torniquete, desde la exanguinación hasta el desinflado. La exanguinación de las extremidades y la inflación del torniquete aumentan el volumen sanguíneo y la resistencia vascular sistémica que finalmente causan un aumento transitorio de la presión venosa central. Este cambio de líquido puede aumentar la presión venosa central y también el volumen de sangre en un 15% que puede ser de hasta 800 mL después de la exanguinación de ambas piernas. La frecuencia cardíaca, la presión sistólica y la presión diastólica pueden aumentar después de 30-60 minutos de inflado del torniquete debido a

isquemia y dolor de torniquete ⁵. El desinflado del torniquete es una etapa crítica al generar una caída repentina en la presión venosa central y las presiones arteriales medias. Estos cambios hemodinámicos se deben a la combinación de un cambio en el volumen sanguíneo hacia la extremidad y el lavado de los metabolitos desde la extremidad isquémica hacia la circulación sistémica.

2. Efectos respiratorios, ocurren principalmente durante el desinflado del torniquete. Se asocia con un aumento transitorio en la tensión del dióxido de carbono al final de la espiración (EtCO₂) debido a la salida de sangre venosa hipercápnica y metabolitos en la circulación sistémica. El aumento en EtCO₂ está relacionado con la duración de la isquemia. El aumento de EtCO₂ también es mayor con el torniquete de la extremidad inferior en los hombres que en las mujeres, debido al mayor volumen muscular del hombre. El EtCO₂ alcanza su máximo en 1-3 minutos, volviendo a la línea de base a los 10-13 minutos en un paciente que respira espontáneamente.

3. Circulación cerebral, posterior a la liberación neumática del torniquete se ha descrito un aumento del flujo sanguíneo cerebral en dos minutos y vuelve a la línea de base en 10 minutos. Los pacientes con una perfusión intracraneal reducida pueden tener un mayor riesgo de efectos adversos relacionados con el aumento del flujo sanguíneo cerebral.

4. Efectos hematológicos: Clínicamente, el uso de torniquete se considera un factor de riesgo para tromboembolismo. ¹⁶ Existe un estado de hipercoagulabilidad secundario al aumento de la agregación plaquetaria y estimulación de los factores de coagulación causados por el daño tisular y catecolaminas liberadas en respuesta al dolor de la cirugía y aplicación del torniquete.

5. Cambios metabólicos: Se incluyen los siguientes: aumento de los niveles de ácido láctico, PaCO₂, potasio, disminución de los niveles de PaO₂ y pH. La magnitud de estos cambios se correlaciona con la duración de la isquemia. Todos estos cambios se invierten por completo dentro

de los 30 minutos del desinflado del torniquete. Los cambios metabólicos son más pronunciados cuando se usan torniquetes bilaterales.

6. Cambios de temperatura. A nivel central aumenta gradualmente después de la aplicación del torniquete a medida que disminuye el área de superficie disponible para la pérdida de calor, lo que resulta en una menor transferencia de calor desde el compartimiento central al periférico. El desinflado conduce a una caída transitoria en la temperatura central debido a la redistribución del calor corporal y la sangre hipotérmica de la extremidad isquémica. El mantenimiento de la normotermia corporal central durante la cirugía reduce esta disminución de la temperatura. Durand abogó por el uso de hiperemia reactiva como un indicador de la reserva microvascular, lo que sugiere una asociación entre la duración de la isquemia y la magnitud de respuesta hiperémica, este fenómeno puede ser secundario al ajuste adaptativo de la actividad metabólica realizada principalmente por los músculos.¹³

7. Efectos farmacológicos. Se presentan principalmente de manera secundaria a una alteración importante en el volumen de distribución de algunos medicamentos, lo que da como resultado una alteración de la farmacocinética de los fármacos anestésicos. El intervalo de tiempo entre la administración de antibióticos y la inflación del torniquete es importante para la profilaxis con antibióticos durante la cirugía, pero no existen pautas específicas.

Las pautas de cirugía ortopédica sugieren que el antibiótico debe infundirse por completo antes de inflar el torniquete. La evidencia clínica ha sugerido que los antibióticos profilácticos deben administrarse al menos 5-10 minutos antes del inflado del torniquete para permitir una buena penetración del tejido. Los datos de la transferencia Western mostraron que las citocinas inflamatorias (TNF α e IL-1 β) aumentaron en el músculo gastrocnemio después de 24 h de la isquemia reperusión, tratamiento con dexametasona al comienzo de la reperusión (1 mg / kg.)

inhibió significativamente expresión de TNF α e IL-1 β , reducción de la ruptura del sarcolema muscular y el infarto tamaño inducido por estimulación muscular directa. Los datos sugieren que el tratamiento de una sola dosis con dexametasona en el comienzo de la reperfusión solo redujo las deficiencias funcionales del músculo esquelético, pero no el de la placa neuromuscular al evidenciarse en biopsias musculares, bajo el mecanismo de la inhibición de las citocinas inflamatorias ¹⁴.

Existe una clasificación de las complicaciones según el sitio de las mismas:

- Complicaciones locales, las lesiones nerviosas, desde parestesia hasta parálisis. Lesión del tejido nervioso periférico: al igual que ocurre con el músculo, se acepta que el desencadenante principal del daño es la compresión, más que la anoxia ⁷. Los tejidos nerviosos son menos vulnerables a la lesión aguda en comparación con el musculoesquelético. La incidencia general de lesiones permanentes es del 0.032% ⁵. La lesión del nervio es mayor en los bordes proximal y distal del manguito, donde el esfuerzo cortante es mayor. Las lesiones nerviosas son más comunes en la extremidad superior que en la inferior ⁵. La lesión nerviosa más común de la extremidad superior es la del nervio radial, seguida de los nervios cubital y mediano. El nervio peroneo común es el nervio más comúnmente lesionado en la extremidad inferior⁴.

Las lesiones nerviosas son más comunes con el uso de vendajes Esmarch que con un torniquete neumático. El vendaje Esmarch puede generar presiones de hasta 1,000 mmHg. ⁴. El pronóstico de las lesiones nerviosas inducidas por el torniquete generalmente es bueno; los déficits permanentes son raros y la mayoría de las lesiones sanarán espontáneamente dentro de los seis meses del postquirúrgico.

Lesiones musculares, se deben al efecto combinado de la isquemia y la deformación mecánica del tejido. La isquemia y la compresión conducen a cambios metabólicos y microvasculares. Las concentraciones intracelulares de creatina fosfato, glucógeno, oxígeno y ATP se agotan en tres horas. La isquemia inducida por torniquete y la reperfusión generan peróxido de hidrógeno y causan una mayor actividad xantina oxidasa en sangre local y sistémica que contribuye a la lesión del musculoesquelético, el miocardio, los riñones y los pulmones después de la isquemia y la reperfusión. Un ejemplo ya bien documentado es el torniquete de muslo aplicado frecuentemente durante la artroplastia total primaria de rodilla que puede inducir lesiones relacionadas con la isquemia en las células musculares de los cuádriceps, llegando hasta la atrofia muscular, afectando la cantidad y la función de las mitocondrias dentro de las células musculares evidenciado por análisis de biopsia muscular con disrupción de miofilamentos, comprometiendo así el éxito clínico de la artroplastia total de rodilla la cual depende sustancialmente de la función muscular de los cuádriceps ¹⁵. Esta atrofia muscular se ha evidenciado por ejemplo, con una pérdida del 12% de cuádriceps a mitad del volumen muscular medido por resonancia magnética a las dos semanas después en artroplastia total de rodilla.¹⁶

3.8 MEDICIÓN DEL LACTATO.

De la importancia de todos estos reactantes de fase aguda deriva la necesidad de cuantificarlos. La gasometría arterial (GA) es una prueba disponible en la mayoría de los hospitales, que permite analizar, de manera simultánea, el estado ventilatorio, el estado de oxigenación y el estado ácido-base¹⁷. En circunstancias especiales, también se puede realizar en sangre venosa periférica o sangre venosa mezclada pues los determinantes en relación con el lactato tienen variaciones prácticamente nulas⁵. Es importante conocer que no se requiere de ayuno para la toma de la muestra y no debe suspenderse la medicación de base del paciente, se puede obtener la muestra sanguínea de la arteria femoral, humeral o pedía; no obstante, el sitio más común es la arteria radial, el cual es el sitio de toma de muestra en esta investigación¹⁸.

Algunas contraindicaciones para realizar una gasometría incluyen: a) prueba modificada de Allen negativa; es decir, ausencia de circulación colateral; b) lesión o proceso infeccioso en el sitio de punción, c) ausencia de pulso en la zona donde se planea llevar a cabo la punción arterial, d) presencia de fístula arteriovenosa (tratamiento con hemodiálisis) en el sitio considerado para la punción y e) coagulopatía o anticoagulación con dosis altas.

El material requerido para realizar la toma de gasometría es el siguiente: jeringa desechable para almacenar volúmenes de 1ml, agujas hipodérmicas de entre 20 y 23 Fr, Anticoagulante: heparina no fraccionada, Torundas con alcohol, gasas estériles, contenedor de desechos punzocortantes, guantes estériles, equipo de protección ocular, dispositivo descansa-brazo, anestésico local. Es un procedimiento que se debe realizar en condiciones de asepsia y antisepsia, con el paciente consciente o inconsciente¹⁹.

Las posibles complicaciones de dicho estudio de gabinete descritas son las siguientes:

1. Espasmo de la arteria puncionada.
2. Reacciones vasovagales y síncope.

3. Hematoma (mayor riesgo con punciones múltiples no exitosas).
4. Trombosis arterial.
5. Trauma vascular (la lesión más grave ocurre al desgarrar la pared de la arteria, es un evento muy raro; no obstante, para disminuir el riesgo se debe introducir la aguja en línea recta, evitar en todo momento oscilaciones de la aguja durante el intento de puncionar la arteria).
6. Infección.
7. Reacción alérgica al anestésico.
8. Hemorragia.
9. Dolor en sitio de punción.
10. Parestesias durante o posterior a la punción (síntomas de lesión temporal del nervio correspondiente a la arteria intervenida. Se sugiere retirar la aguja y reintentar la punción).

Todas estas complicaciones son prevenibles al respetar los estándares de seguridad para la preparación, toma y procesamiento de la muestra, así como seguir las precauciones universales para la toma de muestras sanguíneas.

El reporte básico debe incluir los siguientes componentes para el adecuado control de la muestra previo a su procesamiento:

1. Nombre completo del paciente
2. Tipo de muestra (sangre arterial o venosa) procesada.
3. Fracción inspirada de oxígeno con la que se procesó la muestra
4. Temperatura del sujeto en el momento de la toma de la muestra
5. Sitio de procedencia del paciente.

Es importante registrar la temperatura del paciente, porque si la temperatura difiere de 37°C, el estado *in vivo* podrá ser muy diferente al estado *in vitro* (al medir la gasometría)²⁰.

La muestra recolectada está en un sistema hermético así que antes y después del cambio de temperatura, el contenido de O₂ y CO₂ es idéntico ya que no se puede escapar ninguna molécula. Adicionalmente, con el cambio de temperatura se cambia la P₅₀ de la sangre de la muestra y la afinidad de la hemoglobina por oxígeno. Al cambiar la saturación cambia la PaO₂ también. Por ejemplo, si la afinidad por oxígeno de la hemoglobina se aumenta (desplazamiento a la izquierda por enfriamiento de la muestra de un paciente con fiebre), la PaO₂ medida estará más baja que *in vivo*. Si la afinidad por oxígeno se disminuye (desplazamiento a la derecha por calentamiento de la muestra en un paciente hipotérmico), la PaO₂ medida en el gasómetro será mayor que la que se tiene *in vivo* ⁵.

Por todo lo anterior es de suma importancia conocer todos los determinantes de manera minuciosa, para una correcta toma y procesamiento de gasometría ya que de verse alterados modificarían de manera importante nuestros resultados.

4._ PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En nuestra práctica diaria tenemos intervención con diferentes especialidades y subespecialidades quirúrgicas, como es el caso de traumatología y ortopedia, en donde como parte de su técnica quirúrgica se emplea el torniquete para isquemia arterial y venosa el cual es un procedimiento no fisiológico que posibilita el vaciamiento de la sangre de las extremidades. Esta maniobra proporciona condiciones óptimas dentro del terreno quirúrgico como son el tener un campo quirúrgico exangüe y unas condiciones quirúrgicas óptimas, minimiza la pérdida de sangre, facilita la visualización e identificación de las estructuras vitales y reduce los tiempos quirúrgicos. De la misma forma, la aplicación del torniquete puede presentar algunas consecuencias fisiológicas y bioquímicas significativas que son relevantes para el anestesiólogo y su manejo transoperatorio. Se trata de un elemento no fisiológico y como tal tiene una serie de inconvenientes tanto a nivel local como a nivel sistémico, de manera aguda, transitoria y a la vez sostenida temporalmente en el postoperatorio, cuya severidad guarda relación directa con el tiempo y la fuerza de presión a la que se mantiene inflado el torniquete, pues existe liberación de una serie de mediadores químicos circulatorios tras el retiro del torniquete isquémico del miembro pélvico en tratamiento, por lo cual es importante conocer la relación existente entre el tiempo de isquemia y los niveles de lactato sérico, para luego así plantear la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatológica de miembro pélvico?

5. JUSTIFICACIÓN.

La elevación de reactantes químicos tras la liberación del torniquete para isquemia, específicamente niveles séricos de lactato pre y post liberación de este, es un elemento de primordial repercusión metabólica en el paciente, por lo que es de suma importancia que exista más investigación al respecto.

Aunque el propósito de la cirugía es salvar vidas, la falta de seguridad de la atención quirúrgica puede provocar daños considerables, lo cual tiene repercusiones importantes en la salud pública, dada la ubicuidad de la cirugía, la aplicación y mantenimiento del torniquete, así como las posibles complicaciones a consecuencia de su empleo, son responsabilidad del cirujano y el anestesiólogo, pues este último en fase aguda debe comenzar a diagnosticarlas y tratarlas, por lo que es muy importante que ambos tengan un acuerdo previo sobre el tiempo quirúrgico esperado, el modo de aplicación y que los riesgos sean comentados con el paciente previamente, pues las complicaciones pueden aparecer por el uso inapropiado y estar asociadas a diferentes fases del empleo del torniquete desde la exanguinación de la extremidad hasta las características en torno al momento de su insuflado así como la etapa final de redistribución en los primeros minutos tras la liberación del torniquete isquémico.

Todas estas implicaciones tienen impacto directo en la población atendida en este hospital ya que por el número de pacientes atendidos con cirugía traumatológica de miembro pélvico es fundamental buscar mejorar el manejo perioperatorio considerando así las estrategias objetivas para disminuir las complicaciones a corto y largo plazo de manera individualizada con todos y cada de los pacientes a quien se les brinda atención medico quirúrgica.

6. HIPÓTESIS-

Hipótesis verdadera:

Existe correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatólogica de miembro pélvico.

Hipótesis nula:

No existe correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatólogica de miembro pélvico.

7._ OBJETIVOS:

Objetivo general:

-Determinar la correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatólogica de miembro pélvico.

8._DISEÑO DE ESTUDIO.

Este estudio se realizó empleando una investigación cuantitativa como experimental, descriptivo correlacional directo, explicativo y transversal.

9._ UNIVERSO DE TRABAJO:

La población de estudio se conformó por pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, aceptaron y firmaron su participación en el protocolo de estudio previa firma de consentimiento anestésico informado institucional en el Hospital Regional Tlalnepantla del Instituto de Seguridad Social del Estado de México y Municipios.

10._ PERIODO.

El estudio se realizó del 01 Diciembre del 2019 al 30 de Julio del 2020.

11. DEFINICIÓN Y OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.

<i>Variable</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Definición operacional</i>	<i>Escala de medición</i>	<i>Naturaleza</i>
Tiempo de isquemia	Interrupción mecánica intencionada del flujo sanguíneo total	Minutos	Minutos	Cuantitativa Discreta
Lactato	Acido fuerte, biomarcador sérico de anaerobiosis	Milimoles por litro (mmol/L)	Números decimales	Cuantitativa continua
Tensión arterial	Fuerza ejercida por la sangre en las paredes	Milímetros de mercurio (mmHg)	Numérica	Cuantitativa Discreta
Edad	Tiempo transcurrido des el nacimiento hasta la fecha actual	Años	Numérica	Cuantitativa Discreta
Sexo	Condición orgánica que distingue entre hombres y mujeres	Masculino y femenino	Masculino y Femenino	Cualitativa, Nominal dicotómica
Peso	Fuerza con que la tierra atrae a un cuerpo, por acción de la gravedad	kilogramos (Kg)	Numérica	Cuantitativa Discreta
Estado físico ASA	categorización del estado físico según la Sociedad Americana de Anestesiología	Escala Categórica de ASA I-V	Numérico	Cualitativa Ordinal

Tabla 1: Definición y operalización de variables.

12. TAMAÑO DE LA MUESTRA.

El hospital Regional Tlalnepantla tiene registro estadístico de aproximadamente 350 pacientes con cirugía traumatológica de miembro pélvico, los cuales tienen las características clínicas de los criterios de inclusión y exclusión antes citados para ingreso a este estudio, por lo tanto, se calculará la muestra a partir de dicha población (N=350)

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde n = número de la muestra.

N = es igual al número total de pacientes (350).

Z = constante en base al nivel de confiabilidad (1.96).

p = es el error estándar (0.05).

q = constante obtenida (0.95).

d = error estadístico al cuadrado (0.05).

$$n = \frac{350 \cdot 1.96^2 \cdot 0.05 \cdot 0.95}{0.05^2 \cdot (350 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.05 \cdot 0.95} = 63.84$$

Con la anterior formula que nos permite determinar el tamaño muestral no probabilística requerido para detectar un efecto de un determinado tamaño con un grado determinado de confianza. De modo complementario, también nos permite determinar la probabilidad de detectar un efecto de un tamaño determinado, dados un nivel de confianza y tamaño de muestra predeterminado; aplicándola a la población del servicio de traumatología y ortopedia obtenemos una muestra poblacional significativa de 64 pacientes para este protocolo de estudio.

13. CRITERIOS DE SELECCIÓN

A) Inclusión

- Pacientes de género femenino y masculino
- Cirugía Electiva
- Con ASA I o II (ver anexo 4)
- Mayores de 18 años y hasta 65 años
- Pacientes que aceptarán y firmarán la carta de consentimiento informado para participar en el protocolo de investigación (ver anexo 1)
- Pacientes sin alergias conocidas a anestésicos locales

B) Exclusión

- Pacientes que no aceptan o desisten de participar en el estudio
- Quienes no firman consentimiento anestésico informado
- Pacientes con alergia conocida o sospechada a anestésicos locales.
- Quemaduras o infección en zona de toma de muestra gasométrica.
- Pacientes con coagulopatías de base ya conocidas.
- Pacientes con otra técnica anestésica agregada
- Pacientes con infección en sitio de punción anestésica .

C) Eliminación:

- Pacientes con duración de isquemia menor a 30 minutos.
- Suspensión de cirugía.
- Cambio de técnica quirúrgica
- Cambio de técnica anestésica
- Incidentes anestésicos o quirúrgicos
- Pacientes con liberación de isquemia y recolocación de esta durante el perioperatorio.
- Con reporte ausente del lactato en la gasometría.
- Pacientes que no desea participar más.

14. PROCEDIMIENTO O DESARROLLO.

Para la presente investigación se estandarizó el siguiente procedimiento.

A) *Ingreso del paciente a sala de recuperación:* Procedente del área de hospitalización se realizó saludo y presentación del personal de anestesiología ante cada paciente, confirmado la identidad de éste, se llevó a cabo una revaloración preanestésica rápida, monitorización y registro de signos vitales basales (temperatura, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, presión arterial y saturación de oxígeno) en hoja de recolección de datos (ver anexo 2) con ayuda de los monitores automáticos de la unidad de recuperación marca Dash y modelo 2500, se explicó de forma clara y explícita el objetivo de la prueba, riesgos y posibles complicaciones, para obtener así firma del consentimiento bajo información y poder participar en el presente protocolo de investigación (ver anexo 1). Ya con el consentimiento informado firmado, así como hoja de recolección de datos adecuadamente requisitada (ver anexo 2) con los datos disponibles hasta el momento y con todos y cada uno de los pacientes participantes como muestra, justo previo a pase de sala quirúrgica se realizó la toma de gasometría basal por el investigador principal.

14.1 Obtención de la muestra.

Estando el paciente en la unidad de recuperación bajo monitorización no invasiva: presión arterial, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, temperatura y una vena periférica permeable sin apoyo de oxígeno suplementario. Seleccionando la mano no canalizada con la vía periférica, en posición decúbito ventral, con la mano en dorso flexión (ángulo de 45 grados) sobre un respaldo

plano, realizando la maniobra de Allen modificada con el objetivo de conocer si las arterias radial y cubital son permeables y existe evidencia de circulación colateral. Al confirmar la presencia de una adecuada circulación colateral, se realizó desinfección con algodón y alcohol en el área (2 centímetros cuadrados) donde se realizó la punción arterial.

En nuestro caso no contamos con jeringas preheparinizadas por lo que previa punción debemos tener preparada la jeringa de capacidad de 1ml debidamente lubricado el contenedor de la jeringa y aguja hipodérmica con calibre 22 Fr, empleando heparina no fraccionada 0.1 ml (de la heparina de 1000 UI) ⁸. Es de suma importancia que la jeringa no contenga excedentes de heparina porque ello modificará los resultados de la cuantificación de gases sanguíneos de nuestra muestra, por lo contrario, una cantidad casi nula de heparina provocaría que nuestra muestra se coagulara y no sea procesada. Localizar el sitio de punción palpando el pulso de la arteria radial, mientras se continúa palpando el pulso, con la mano de mayor habilidad; se puncionó la arteria colocando la aguja adaptada a la jeringa, puncionando en piel con un ángulo de 45 grados en sentido rostral (contrario al flujo sanguíneo) extrayendo como mínimo 0.4ml de sangre arterial. Una vez obtenida la muestra arterial y para finalizar el procedimiento retirar la jeringa y comprimir con una gasa limpia y seca por encima del sitio de punción, 3 minutos observando posterior la adecuada hemostasia.

14.2._ Procesamiento de la muestra.

Al extraer la muestra de sangre arterial se agitó rotatoriamente sobre el propio eje de la jeringa de manera gentil para lograr una mezcla homogénea con la heparina y evitar la formación de coágulos que pueden modificar los resultados o evitar su procesamiento. El tiempo máximo de retraso para analizar la muestra obtenida en jeringas de plástico es de 30 minutos con temperaturas ambientales de 22 °C ⁸. En el analizador de gases arteriales (figura 2), seleccionar

la cantidad de muestra a procesar (se requiere entre 95 y 200 μL para realizar un adecuado análisis).

En esta unidad hospitalaria se cuenta con el gasómetro de la **Figura 2: Gasómetro hospitalario ABLFlex**

laboratorio de análisis clínicos de modelo ABL Flex 800 (Radiometer, Copenhagen, Denmark) en donde, posterior a la toma de muestra y con adecuado rotulo de la misma se procesarán. Estando la muestra adecuadamente etiquetada con:

Nombre completo del paciente, fecha de nacimiento;

sangre arterial, fracción inspirada de oxígeno (FiO_2) y temperatura corporal del paciente durante la toma de la muestra. Previo a introducir la muestra en el receptáculo para su análisis, deberá cerciorarse que la jeringa se encuentre libre de burbujas porque esto provocaría errores en la medición de gases arteriales.

Abrir el receptor de muestra del analizador y colocar la jeringa para que la sangre sea aspirada, retirar la jeringa en el momento que lo solicite el analizador y cerrar el receptor. Al finalizar el aspirado de la muestra, la jeringa deberá depositarse en el contenedor resistente a punzocortantes correspondiente. Anotar los datos demográficos del paciente en el gasómetro y en el libro de registro del servicio al que pertenece el gasómetro. Imprimir el informe verificando que los resultados sean consistentes y se obtendrá reporte impreso para análisis previo ingreso a sala quirúrgica, con dicho informe se obtendrá el lactato sérico de cada paciente (ver anexo 2).



Fuente: fotografía de HRT

14.3._ Técnica anestésica.

Al ingreso a sala quirúrgica el paciente fue monitorizado no invasivamente, se registró sus signos vitales iniciales: presión arterial, presión arterial media, frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno, y trazo electrocardiográfico en monitor, así como temperatura con el uso del monitor perteneciente a la máquina de anestesiología de sala marca Datex-Ohmeda, Inc. Modelo Madison PO Box 7550, con lo anterior listo y en normalidad se procedió a practicar un bloqueo neuroaxial con abordaje mixto, con los siguientes pasos:

1._ Se colocó paciente en decúbito lateral según la extremidad a bloquear, realizó asepsia de región toracolumbar con yodopovidona al 1%, retirando excedente con alcohol y colocaré campo estéril hendido.

2._ Se infiltró piel y tejidos profundos con lidocaína simple al 2% con 60mg a nivel de la segunda y tercera vértebra lumbar, introduciré aguja Tuohy 17 G hasta espacio peridural con prueba de pitkin positiva.

3._ Se introdujo aguja Whitacre 27G hasta espacio subaracnoideo, a través de aguja Tuohy, observando salida de líquido cefalorraquídeo de características macroscópicas normales.

4._Se administró la dosis de 12.5mg subaracnoideos de bupivacaina hiperbárica al 0.5%.

5._Se retiró aguja Whitacre y de inmediato se introdujo translúmen de la aguja Tuohy el catéter peridural indiferenciado 19 G.

6._Se retiró aguja Tuohy, posteriormente se fijó el catéter peridural a piel con tela adhesiva.

7._ Se recolocó paciente en decúbito supino y nuevamente se hará toma de signos vitales.

Con tiempo de latencia y adecuado bloqueo sensitivo y motor, así como toxicidad nula por anestésicos locales confirmada, inició procedimiento quirúrgico.

En la hoja de recolección de datos se documentó el tiempo en el que inicia el vaciamiento vascular y el tiempo en el que se inició la isquemia del segmento corporal a operar (ver anexo 2).

Transanestésicamente como coadyuvantes intravenosos: ketorolaco a dosis de 0.5 mg/kg/dosis y paracetamol 15mg/Kg/dosis.

Se indicó en voz alta a los médicos traumatólogos y ortopedistas sobre el tiempo de isquemia quirúrgica a la hora y a las dos horas respectivamente, posterior a este tiempo cada 15 minutos.

Mantenimiento ventilatorio: Se mantuvo ventilación espontánea con apoyo de oxígeno suplementario por medio de puntas nasales a menos de 2 litros minuto.

Mantenimiento anestésico: Ropivacaína al 0.75% a dosis anestésica de 1mg/kg/ por medio del catéter peridural a los 90 minutos de la dosis subaracnoidea de la bupivacaina hiperbárica.

Se administró midazolam a 25mcg/kg en bolo intravenoso para seducción 10 minutos previos al retiro de isquemia quirúrgica y a la toma de la siguiente gasometría.

Durante el perioperatorio se registró la presión arterial media (PAM) que nos ayudó a determinar si existe evidencia en la elevación de la misma con reactividad al torniquete isquémico.

Una vez retirado el torniquete de isquemia, se registró el tiempo y se inició con la segunda toma de gasometría con la técnica antes descrita en torno a los primeros 5 minutos tras la liberación del torniquete y bajo efecto de midazolam a 25mcg/Kg, la cual se procesó con el procedimiento estandarizado antes mencionado.

Al egreso del paciente a el área de recuperación se confirmó nuevamente que no existieran molestias en sitio de punción para la toma de la gasometría, se monitorizaron nuevamente signos vitales y se evaluó con la escala de Bromage para egreso de unidad de cuidados posanestésicos (ver anexo 3).

15._ ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos recolectados se concentraron y analizaron con ayuda del programa Excel y Stata Corp 13 respectivamente. Pruebas estadísticas: Para las variables cuantitativas continuas numéricas específicamente la correlación se analizará utilizando el *coeficiente* de Rho o de Spearman. Para variables cuantitativas de distribución normal se calcularán la media y la desviación estándar. Las variables cuantitativas de distribución no normal se expresarán en moda y mediana.

16._ IMPLICACIONES ÉTICAS.

Con autorización y anterior presentación al Comité de Ética e Investigación del Hospital Regional Tlalnepantla perteneciente al Instituto de Seguridad Social del Estado de México y Municipios, basado en el tratado de Helsinki, acompañado del consentimiento informado donde se describieron riesgos y beneficios del estudio a realizar, los pacientes con copia de éste y tiempo para leerlo, reflexionarlo y aceptarlo confirmaron así su participación y se realizó el presente estudio.

17. ORGANIZACIÓN.

Para la realización del protocolo de investigación se utilizó como población de estudio a los pacientes que se sometieron a cirugía traumatológica de miembro pélvico donde se requirió el uso del torniquete isquémico y aceptaron participar en el mismo.

Contó con ayuda del personal de enfermería, compañeros residentes del servicio de traumatología y ortopedia, médicos adscritos en turno del servicio de anestesiología y traumatología y ortopedia que aceptaron que se hiciera la petición para participar en el protocolo a sus pacientes, así como ayuda del personal de laboratorio en el momento de analizar nuestra muestra hemática.

18. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO:

Presupuesto destinado para fines del protocolo de investigación fue costeado por el investigador interesado. El financiamiento se realizó de manera institucional a través del Instituto de Seguridad Social del Estado y Municipios con la sede en el Hospital Regional de Tlalnepantla.

Descripción	Cantidad	Precio unitario
➤ Plumas.	Paquete de 5 piezas	\$30
➤ Papelería en fotocopias e impresiones de material bibliográfico.	500 hojas aproximadamente	\$800
➤ Equipo para bloqueo neuroaxial: mixto.	70 piezas	Institucional
➤ Lidocaína simple al 2%.	3 frascos aproximadamente	Institucional
➤ Bupivacaína hiperbárica al 0.5%.	70 piezas	Institucional
➤ Heparina sódica.	5 frascos aproximadamente	Institucional
➤ Jeringas de 1ml.	150 piezas aproximadamente	Institucional

Tabla 2: Financiamiento y presupuesto.

19. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

ACTIVIDADES	A	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABRI	MAY	JUN	JUL
DESARROLLAR												
1._Selección y delimitación del tema.	y	X										
2._Recolección y de bibliografía.	y		X									
3._Desarrollo del marco teórico.	del			X								
4._Planteamiento del problema y justificación.					X							
5._Organización y redacción de capítulos.	y					X						
6._Desarrollo de la metodología.							X					
8._Ajuste de hoja de recolección de datos y consentimiento informado				X								
6._ Correcciones y recomendaciones.							X					
7._Ajuste a la propuesta según conceptos de revisores.	a						X		X			
8._Presentación de protocolo al comité de ética e investigación.												
9._Análisis estadístico.											X	
10. Procesamiento de datos.											X	
11._ Análisis de resultados.												X
12._Informe final												X

Tabla 3: Cronograma de actividades.

20. RESULTADOS.

La presente tesis se realizó en la sede de ISSEM y M en el Hospital Regional Tlalnepantla, previa autorización del Comité de Ética e Investigación del hospital, con el objetivo de establecer la correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatológica de miembro pélvico teniendo en cuenta una muestra total de 64 pacientes (n=64) que cumplieron estrictamente con los criterios de inclusión, exclusión y eliminación en el periodo comprendido entre el 01 Diciembre 2019 al 30 de Julio del 2020. Encontrando entonces que 73% de los pacientes pertenecían al sexo masculino y el restante 27% al sexo femenino (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribución de acuerdo con el género.

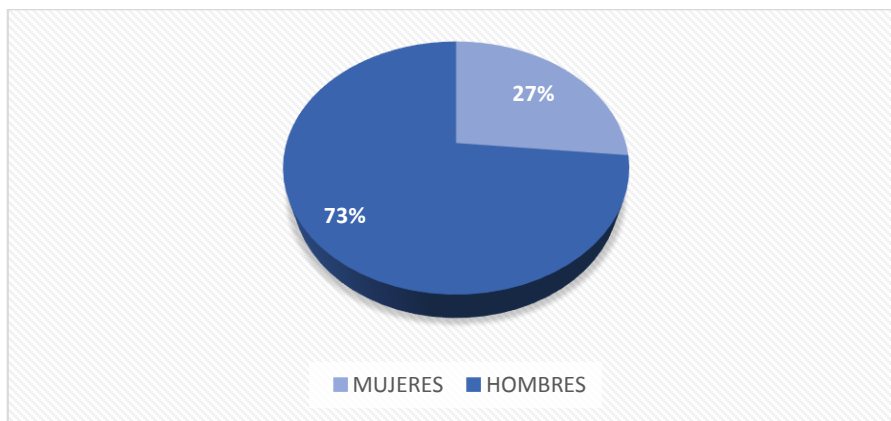


Tabla 4: Distribución acuerdo al género

Genero	Número	Porcentaje
Femenino	17	27 %
Masculino	47	73 %

Fuente: Hoja de recolección de datos

La edad de los pacientes osciló entre los 20 y los 59 años; media de 37, Moda 49, desviación estándar de 10 años. El peso registrado osciló entre los 58 y los 121 kilos con una media de 77 kilos.

La puntuación más baja registrada para el lactato prequirúrgico o basal fue de 0.4; con una desviación estándar de 0.66, mientras que la más alta en los 5 minutos posteriores a la liberación de isquemia (postquirúrgico o final) fue de 3.9 y una desviación estándar de 1.6 (grafico 2).

En promedio la puntuación obtenida en elevación de lactato diferencial prequirúrgico y postquirúrgico denominado como cambio de lactato fue de 2.9 puntos con una desviación estándar

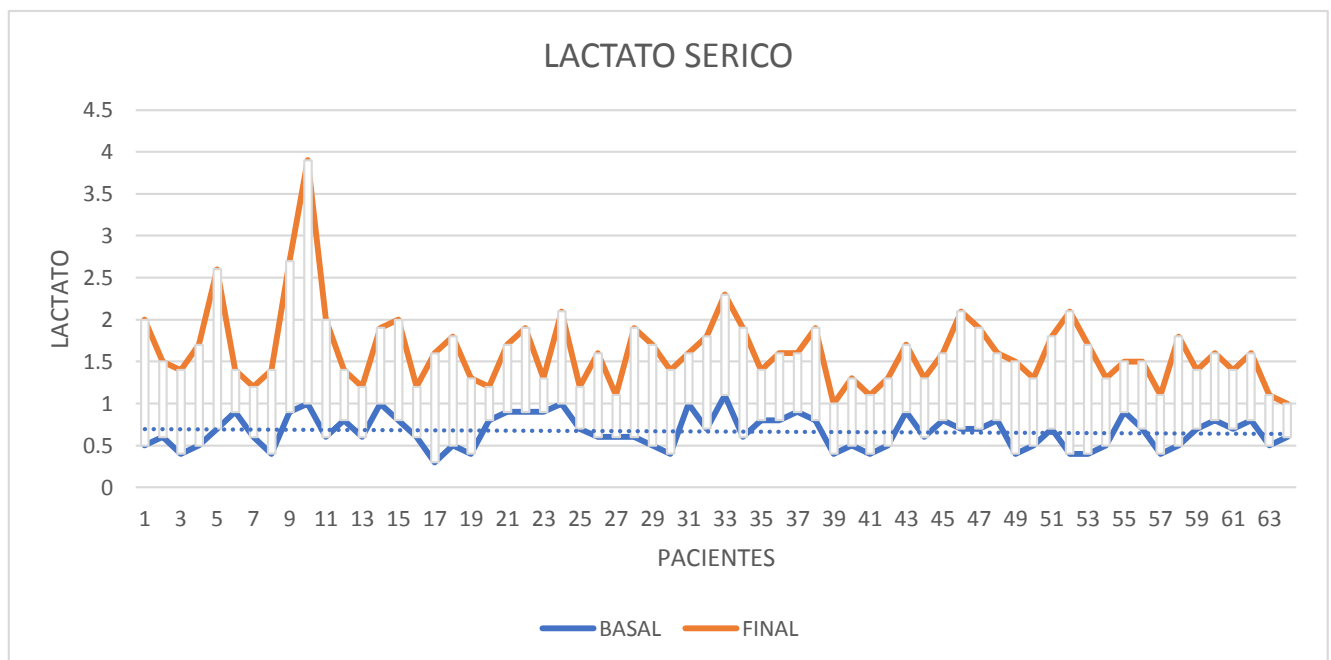
0.8; considerando los tiempos registrados de cirugía efectivos con isquemia en horas, como mínimo se obtuvo el de una hora y como máximo tres horas con treinta minutos.

Tabla 5: Descripción de la población.

Variable.	n (DS/RIC)
Edad (años)	37 (\pm 10)
Hombres	47 (73%)
Peso(kg)	77(\pm 14)
Lactato prequirúrgico(mmol/l)	0.66 (\pm 0.19)
Lactato postquirúrgico (mmol/l)	1.6 (1.3 – 1.85)
Cambio de lactato	0.8 (0.7-1.2)

Fuente: Hoja de recolección de datos. DS: desviación estándar, RIC: rango intercuartilar.

Grafica 2: Cambio de Lactato.



Fuente: Hoja de recolección de datos

Otra variable analizada es el estado físico de ASA. En este estudio se evidencia que del 100% de la muestra el 59% son ASA 1 (n=38) y el 40% corresponde a ASA 2 (n=26).

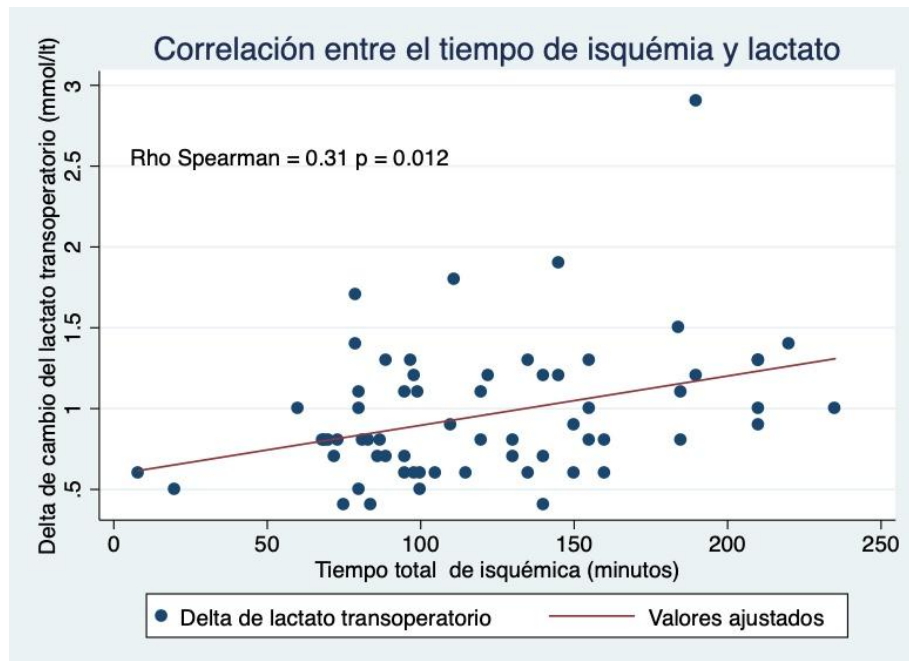
Para cumplir con el objetivo central de esta investigación se calculó el índice de correlación mediante el estadístico R de Spearman. Los resultados de dicho análisis arrojaron un valor de $r=0.31$, $p=0.012$, lo que indica que las variables de tiempo y lactato evaluadas en esta investigación están correlación. (ver gráfico 3).

Tabla 6. Valores de correlación del cambio de lactato y el tiempo de cirugía como valor crudo y separado por grupos de ASA.

Categoría de ASA	Valor de Rho	Valor de p
ASA total	0.31	0.012
ASA I	0.26	0.11
ASA II	0.40	0.038

Fuente: Hoja de recolección de datos

Gráfico 3 de Scatter : Correlación entre el tiempo de isquemia y lactato.



Fuente: Programa Stata Corp versión 13.

Estadísticamente se considera la existencia de correlación en dichas variables continuas numéricas, categorizando la correlación o asociación de éstas, ésta se clasifica como de baja, porque de manera global (el coeficiente de Rho o de Spearman es de 0.31) lo que indica que la elevación del lactato en el paciente transoperatoriamente con isquemia quirúrgica contribuye solo con el 31% en relación al tiempo, con una P de 0.012 lo que indica que es estadísticamente significativa para la prueba.

Es interesante observar que quien motiva la correlación de manera reveladora al categorizarlos por el estado de ASA es el ASA 2, ya que en ASA 2 existe una Rho del 40% y aún más significativa una P de 0.038, comparado con el ASA 1 en quienes se establece una correlación del 26% pero una P no tan significativa 0.11 (tabla 6).

Tabla 7. Comparación de la población por clase de ASA.

Variable	ASA I	ASA II	Valor de p
Edad	36(± 10)	38(± 11)	0.51
Genero (H/M) n/%	12-26 / 31 – 68 %	5 – 21 / 20 – 80 %	
Peso (kg)	71(± 9)	86(± 15)	>0.001
Tiempo total de isquemia (min)	117 (86 – 155)	105 (80 – 150)	0.632
Diferencia de lactato (mmol/l)	0.8 (0.6 -1.2)	1.05 (0.8 – 1.3)	0.016
Diferencia de PAM (mmHg)	5 (2- 11)	8 (5 – 12)	0.20

Fuente: Hoja de recolección de datos

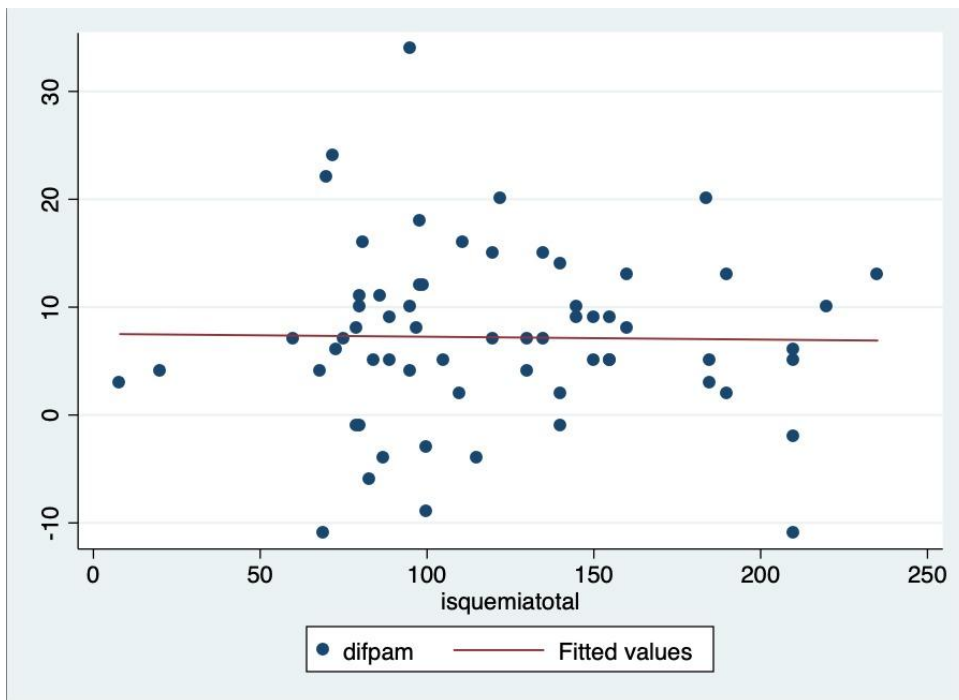
En este análisis con la hoja de recolección de datos y el registro de la presión arterial media (PAM) durante el perioperatorio se obtuvieron valores horarios como representativos según el transcurso de cada cirugía del total de la muestra n=64, se puede concluir que no existe aumento significativo de PAM en relación con el tiempo transcurrido de isquemia en miembro pélvico, pues se obtuvo una desviación estándar de 7, y los rangos intercuartiles máximos de los valores analizados por paciente en general fueron de 11 milímetros de mercurio, considerando finalmente solo el valor pre y postquirúrgico (tabla 8).

Tabla 8: PAM prequirúrgica y postquirúrgica.

PAM inicial (mmHg)	88(± 11)
PAM final (mmHg)	82(± 11)
Diferencia AM (mmHg)	7(3.5 - 11)
Escala ASA	
ASA I	38(59%)
ASA II	26(40%)

Fuente: Hoja de recolección de datos

Gráfico 4: Diferencia PAM basal y final.



Fuente: Programa Stata Corp versión 13.

21. DISCUSION.

En este estudio se pudo observar que existe una correlación entre las 2 variables numéricas continuas: el tiempo de isquemia y los niveles de lactato en pacientes bajo cirugía traumatológica de miembro pélvico. La asociación entre estas variables es débil porque estadísticamente los valores se alejan de la unidad, sin embargo haciendo un análisis detallado de las variables epidemiológicas es posible denotar que la distribución porcentual de los 2 grupos de ASA con un 59% y 40% para ASA 1 y 2 respectivamente, evidenciado sobre todo en la determinación de P, considerando en el ASA 2 que el nivel de significación elegido ha sido $p < 0,05$, existe correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles de lactato postquirúrgicos, lo que traduce como tal una asociación más fuerte en el grupo de ASA 2 comparado con el grupo de ASA 1, lo cual implica analizar y resaltar cuales fueron las condiciones que primordialmente en este estudio categorizaron los paciente como ASA 2. Esto es debido posiblemente a que la respuesta fisiopatológica originada por la isquemia y que como resultado tiene la liberación de metabolitos tóxicos es más elevada en pacientes con mayor índice de masa muscular, es decir, aquellos con sobrepeso que es considerado actualmente un estado proinflamatorio per se, así como los que están o estuvieron bajo el consumo de cigarro o tabaco como antecedente de importancia principal para figurar como ASA 2. Quedado constatado también en este trabajo que no existe evidencia a menos demostrada con el análisis de las cifras tensionales basales y perioperatorias, específicamente la presión arterial media de la muestra estudiada durante el manejo perioperatorio, que pueda explicar o evidenciar la existencia de hipertensión arterial reactiva a él torniquete, pues la monitorización continua de la presión arterial media sobre todo prequirúrgica y postquirúrgica tuvo una desviación estándar de 7, y los rangos intercuartilares máximos son de 11 milímetros de mercurio por lo que se decidió utilizar como parámetros sólo la PAM inicial o prequirurgica y la final o postquirurgica, concluyendo entonces en este estudio que no hemos obtenido una variación global de la PAM ni siquiera analizándolos por grupos ASA.

22. RECOMENDACIONES.

Con base en los resultados obtenidos y dada la existencia de correlación, pero sobre todo por la importancia que radica el hecho que es significativo para esta prueba, se sugiere mejorar los tiempos de isquemia transquirugicos, enfocado a reducirlos, pues existen modificaciones fisiopatológicas agudas importantes documentadas en pacientes considerados sanos como lo es la producción de lactato tras los primeros 15 minutos de la aplicación de esta. Es trascendente mencionar que la manera de aplicar la isquemia es de suma importancia la diferencia radica en que existen aparatos neumáticos específicos diseñados para mejor control de la isquemia perioperatoria que permiten controlar la presión en milímetros de mercurio ejercida en la extremidad, el tiempo transcurrido desde su aplicación, la liberación temporal transoperatoria y reactivación de la misma.

Al existir menor presión isquémica disminuye la liberación de lactato y otros radicales libres tóxicos que reperfundan al momento de la liberación de la isquemia, sin contar que ya está determinado que el vendaje de Smarch contribuye a mayor lesión nerviosa de etiología isquémica, comparado con la compresión neumática controlada, en nuestra unidad hospitalaria se realiza la isquemia de forma manual y empírica con el uso de vendaje Smarch, lo cual tiene una significancia relevante en el estudio; es importante mencionar por otro lado que, incrementando el número de pacientes puede tornarse mas claro el resultado por ser aún más significativo el estudio. Es importante que como parte de los indicadores de cirugía segura se documente y comunique de manera verbal clara y explícita el tiempo de inicio del vaciamiento o drenaje hemático del miembro pélvico a tratar, así como el tiempo de inicio y el tiempo de isquemia transcurrido y final, a fin de minimizar los riesgos transoperatorios, por lo tanto, recomendamos rediseñar el formato de cirugía segura salva vidas.

23. CONCLUSIONES.

Con el presente estudio podemos concluir con base en lo observado y analizado de manera estadística que, existe correlación entre el tiempo de isquemia y los niveles séricos de lactato en pacientes bajo cirugía traumatólogica de miembro pélvico confirmado con la P del valor estadístico significativo sobre la hipótesis en estudio, sobre todo con relevancia en el grupo de pacientes con ASA 2, en donde se determina que el tiempo de isquemia contribuye en un 40% en relación a la elevación de lactato sérico confirmado con una Rho del 40% y aun más significación estadística con una P de 0.038. Por otro lado, el análisis comparativo durante el perioperatorio de presión arterial media expone que, no existe hipertensión inducida por el torniquete isquémico después de determinado tiempo de que se coloca éste en la extremidad, tema interesante para el estudio ya que se ha descrito una hipertensión arterial sistémica inducida por el torniquete isquémico durante el perioperatorio; pese a todo lo anterior aunque no está bien estudiado a largo plazo por el objetivo mismo del estudio, cabe resaltar que no existieron implicaciones clínicas agudas importantes agregadas secundarias al empleo de isquemia sostenida en los pacientes que formaron parte de la muestra. Esto nos podrá permitir una mejor toma de decisiones preventivas y terapéuticas en el perioperatorio pues queda acentuado entonces la corrección de alteraciones en las analíticas gasométricas de pacientes considerados sanos y sobre todo con el fin de generar conciencia de que una mejor utilización de las técnicas para generar isquemia quirúrgica beneficiaría significativamente la evolución clínica de nuestros pacientes.

24. BIBLIOGRAFÍA.

- 1._ Henry Oliveros-Rodríguez, Rodrigo Estupinán-López y Juliana Rodríguez Gómez. Mediciones seriadas del lactato y su validez predictiva de la mortalidad temprana en los pacientes con politrauma que ingresan a la unidad de cuidado intensivo. Revista Colombiana de Anestesiología, Mayo 2017.
- 2._ Dr. Gerardo Ochoa-Anaya, Dra. Ariadna Zoé Méndez-Hernández. Implicaciones anestésicas mediante el uso del torniquete arterial neumático. Revista Mexicana de Anestesiología. Vol. 38. No. 1 Enero-Marzo 2015 pp 44-48.
- 3._ Ruiz Bonilla María C, Delgado Martínez Alberto. El uso del maguito de isquemia en cirugía ortopédica. Rev. S. And. Traum. y Ort., 2015; Pp 09-16.
- 4._ Dra. Verónica Mireya Ramos Chávez. Síndrome de reperfusión con el uso de torniquete neumático. Revista Mexicana de Anestesiología, 7a Reunión Interinstitucional de Residentes de Anestesiología, vol. 41. supl. 1 abril-junio 2018 pp s139-s143.
- 5._ Shahryar Noordin, MBBS, FCPS, James A. McEwen, PhD, PEng, Colonel John F. Kragh Jr. THE JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY, 2010 PP 308-320.
- 6._ Dr. José R. Gómez-Romo, Dr. Francisco J. Llamas-Macías, Dr. César Nuño-Escobar, Dr. Miguel A. Calderón-Llamas, Dr. Carlos S. Valdespino-Mendoza. Niveles de lactato capilar en extremidades con insuficiencia arterial aguda, previo y posterior a revascularización abierta. Revista Mexicana de ANGIOLOGIA Vol. 46 Núm. 2 Abril-Junio 2018 pp 61-67
- 7._ Dra. Arizbe Rivera-Ordoñez, Anestesia en trauma, Síndrome de reperfusión por síndrome de Crush y torniquete. Revista Mexicana de Anestesiología. Vol. 40. Supl. 1 Abril-Junio 2017 pp S48-S51.

- 8._Hernandez González Guadalupe Lisseth, Salgado Reyes José Manuel, et. Al. Monitorización de la perfusión tisular en el paciente críticamente enfermo. *Rev. Cient. Cienc Med* 2016; 19 (2): 43-47.
- 9._Mauro Enrique Tun-Abraham, José Luis Martínez Ordaz, Adriana Vargas Rivas, et. Al, L-lactato como marcador e isquemia intestinal en pacientes con oclusión intestinal complicada, *Rev. Academia Mexicana de Cirugía A. C*, Vol. 83, núm. 1, 2015, pp 65-69.
- 10._ P. Guevara Ramírez, R. Díaz García, A. Galán Ortega, E. Guillén Campuzano, S. Malumbres, J.L. Marín Soria, M. Muñoz Pérez, X. Navarro Segarra, P. Oliver Sáez, E. Oujo, N. del Río Barcenilla, A. Buño Soto. Lactato: utilidad clínica y recomendaciones para su medición. *Sociedad Española de Bioquímica Clínica y Patología Molecular*, Documento N I. Fase 3. Versión 3, 2015.
- 11._ Manuel Antonio Díaz de León Ponce, Alberto Basilio Olivares, Felipe Cruz Vega, Jesús Carlos Briones Garduño. Trauma un problema de salud en México. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Academia Nacional de Medicina de México 2016, pp 35-49.
- 12.- Lasse E. Rasmussen , Henriette A. Holm, PerW. Kristensen, Per Kjaersgaard-Andersen. Tourniquet time in total knee arthroplasty. (2018), <https://doi.org/10.1016/j.jknee.2018.01.002>
- 13._ Liang Lin¹, Gang Li², Jinlei Li³ and Lingzhong Meng. Tourniquet-induced tissue hypoxia characterized by near-infrared spectroscopy during ankle surgery: an observational study. ¹Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital, Province, China. 18 April 2019. Pp 1-7.
- 14._ Ryan M. Corrick[†], Huiyin Tu[†], Dongze Zhang[†], Aaron N. Barksdale, Robert L. Muelleman, Michael C. Wadman and Yu-Long Li. Dexamethasone Protects Against Tourniquet-Induced Acute Ischemia-Reperfusion Injury. Department of Emergency Medicine, University of Nebraska Medical Center, Omaha, NE, United States. March 2018 | Volume 9 | Article 244.

15._ A. Jawhar¹ · N. Ponelies¹ · L. Schild² et. Al. Effect of limited ischemia time on the amount and function of mitochondria within human skeletal muscle cells. *Eur J Trauma Emerg Surg*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015.

16._ Prangmalee Leurcharusmee, Passakorn Sawaddiruk, Yodying Punjasawadwong, Nipon Chattipakorn , Siriporn C. Chattipakorn et. At. The Possible Pathophysiological Outcomes and Mechanisms of Tourniquet-Induced Ischemia-Reperfusion Injury during Total Knee Arthroplasty. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* Volume 2018, Article 15 pages.

17._ DiMaggio C, Ayoung-Chee P, Shinseki M, Wilson C, MarshallG, Lee DC, et al. Traumatic injury in the United States:In-patient epidemiology 2000-2011. *Injury*. 2016;47:1393–403.3

18._Arturo Cortés-Telles, Laura Graciela Gochicoa-Rangel, Rogelio Pérez-Padilla, Luis Torre-Bouscoulet. Gasometría arterial ambulatoria. Recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax*, Vol. 76, No. 1, Enero-marzo 2017.

19._Dezman ZD, Comer AC, Smith GS, Narayan M, Scalea TM,Hirshon JM. Failure to clear elevated lactate predicts 24-hourmortality in trauma patients. *J Trauma Acute Care Surg*.2015;79:580–5.15.

20._ John B. West. A lifetime of pulmonary gas Exchange, Department of Medicine, University of California, San Diego, *Physiol Rep*, 6 (20), 2018.

25. Anexos

Anexo 1: Carta de consentimiento informado para participar en el protocolo de investigación.

“CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE ISQUEMIA Y LOS NIVELES SÉRICOS DE LACTATO EN PACIENTES BAJO CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA DE MIEMBRO PÉLVICO EN EL HOSPITAL REGIONAL DE TLALNEPANTLA EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE DICIEMBRE 2019 A JULIO 2020”.

Lugar y fecha: Instituto de Seguridad Social y Municipios. Hospital Regional de Tlalnepantla, Estado de México a ___ de ___ del ___.

El objetivo del estudio: Demostrar que existe elevación del lactato sérico dependiente del tiempo de isquemia en cirugía traumatológica de miembro pélvico en el Hospital Regional de Tlalnepantla.

Procedimiento: Si yo: _____ estoy de acuerdo en participar en los eventos que se me explicaron que sucederán o podrían suceder:

1._ Responder a preguntas sobre mi historia clínica. 2._Examen físico y toma de constantes vitales 3. _Procedimiento anestésico: bloqueo neuroaxial abordaje mixto. 4._Registro durante el transanestésico de inicio de isquemia y fin de esta. 5._Toma de gasometría arterial radial en zona de recuperación previo a ingreso a sala y otra durante los primeros 5 minutos tras liberación de torniquete isquémico. 6._Durante el transanestésico se registrará mis valores de signos vitales. Lo anterior con el fin de utilizarlos para brindar una mayor seguridad durante el procedimiento, consciente de los posibles riesgos y complicaciones de ello, los cuales ya me fueron explicados, así como las medidas necesarias que se tomaran para evitarlos. **Posibles riesgos** en la toma de gasometría: espasmo arterial, riesgo de repunción, trombosis, trauma vascular, hematoma, infección, reacción alérgica al anestésico local, dolor a la punción, reflejo vasovagal.

Confidencialidad: La información proporcionada únicamente será conocida por los médicos investigadores y tratantes, excepto por esto toda la información obtenida será considerada como confidencial y utilizada únicamente para propósito de la investigación y publicación.

Participación o retiro: Mi participación en el estudio es totalmente voluntaria y soy libre de rehusarme a formar parte del protocolo de estudio y retirarme en cualquier momento sin afectar la atención medica que se me brinde en el instituto.

Consentimiento: Estoy de acuerdo en participar en el estudio, se me ha dado una copia de este documento, se me ha dado tiempo de leer, reflexionarlo y aceptarlo.

Firma del paciente:

Firma del testigo:

Investigador: María Yesenia Velázquez Arreola

Investigador: Giselle Adriana Arcos Streber

Anexo 2: Hoja de recolección de datos.

Nombre del paciente: _____ Sexo: F / M Edad: _____

Diagnóstico: _____ Cirugía realizada: _____

Peso: _____ Talla: _____ ASA: _____

Procedimiento Anestésico: bloqueo neuroaxial abordaje mixto.

Tipo y Dosis de AL: _____ Inicia vaciamiento: _____

Inicia isquemia: _____ Fin de isquemia: _____ Isquemia total: _____

Liberación transitoria de isquemia: SI / NO. Mantenimiento anestésico PD: _____

Signos vitales iniciales:	TA: mmHg.	PA() mmHG	FC x'	PSO2 %	Temp: °C
Basal					
10 min					
20 min					
30 min					
40 min					
50 min					
60 min					
1hr 5min					
1hr 10					
1hr 15					
1hr 20					
1hr 25					
1hr 30					
1hr 35					
1hr 40					
1hr 45					
1hr 50					
1hr 55					
2hrs					
2hr 5min					
2hr 10min					
2hr 15min					
2hr 20min					
2hr 25min					
2hr 30min					
2hr 35min					
2hr 40min					
2hr 45min					
2hr 50min					
2hr 55min					
3hrs					

Anexo 3:

Escala de Bromage.

CUIDADO POST-OPERATORIO DESPUES DE ANESTESIA REGIONAL: ESCALA DE BROMAGE

Tabla 7. Evaluación del bloqueo motor (Escala de Bromage)

1-Completo: incapaz de movilizar pies y rodillas

2-Casi completo: solo capaz de mover pies

3-Parcial: capaz de mover rodillas

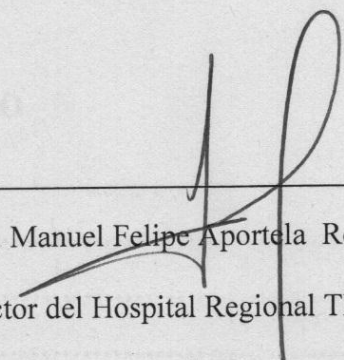
4-Nulo: flexión completa de rodillas y pies

Anexo 4:

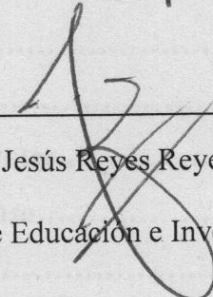
Escala de la ASA.

ASA 1	Paciente Sano	
ASA 2	Paciente con alguna alteraciones sistémicas leves a moderadas , que no produce incapacidad o limitación funcional.	HTA controlada, anemia, tabaquismo, diabetes controlada, asma, embarazo, obesidad, edad < de 1 año o > de 70 años.
ASA 3	Paciente con alguna alteraciones sistémicas grave, que produce limitación funcional definida y en determinado grado.	Angor, HTA no controlada, Diabetes no controlada, Asma, EPOC, Historia de IAM, Obesidad Mórbida.
ASA 4	Paciente con enfermedad sistémica grave e incapacitante que constituye una amenaza constante para la vida y que no siempre se puede corregir por medio de la cirugía	Angor inestable, insuficiencia respiratoria, insuficiencia cardíaca global, hepatopatía, insuficiencia renal.
ASA 5	Pacientes terminales o moribundos, con unas expectativas de supervivencia no superior a 24 horas con o sin tto quirúrgico.	
ASA 6	Paciente con muerte cerebral.	

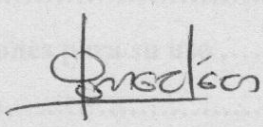
INDICE DE CONTENIDO



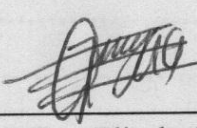
Dr. Manuel Felipe Aportela Rodríguez
Director del Hospital Regional Tlalnepantla



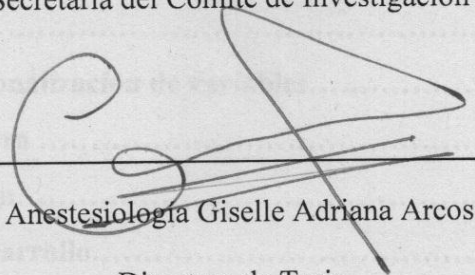
Dr. Jesús Reyes Reyes
Jefe de la Unidad de Educación e Investigación Médica



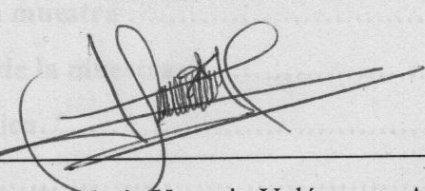
M.E. en Pediatría Dr. Othón Romero Terán
Presidente del Comité de Investigación en Salud



M.E. en Pediatría Dra. Elizabeth Graciela Arizpe Amador
Secretaria del Comité de Investigación



M. E. en Anestesiología Giselle Adriana Arcos Streber
Directora de Tesis



M. C. y P. María Yesenia Velázquez Arreola
Investigador

TEMA:

**CORRELACIÓN ENTRE EL TIEMPO DE ISQUEMIA Y LOS NIVELES SÉRICOS
DE LACTATO EN CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA DE MIEMBRO PÉLVICO.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

1._ Resumen	1
2._ Abstrac.....	3
3._ Marco teórico.....	5
3.1 Antecedentes históricos.....	5
3.2 Generalidades.....	5
3.3 Clasificación y componentes.....	6
3.4 Determinantes para su uso.....	8
3.5 Fisiopatología.....	10
3.6 Contraindicaciones para su uso	17
3.7 Complicaciones.....	18
3.8 Medición del lactato.....	24
4._ Planteamiento del problema.....	27
5._ Justificación.....	28
6._ Hipótesis.....	29
7._ Objetivos.....	30
8._ Diseño de estudio	31
9._ Universo de trabajo.....	31
10._ Periodo.....	31
11._ Definición y operacionalización de variables.....	32
12._ Tamaño de la muestra	33
13._ Criterios de selección.....	34
14._ Procedimiento o desarrollo.....	36
14.1 Obtención de la muestra	36
14.2 Procesamiento de la muestra.	37
14.3 Técnica anestésica.....	39
15._ Análisis estadístico.....	41
16._ Implicaciones éticas.....	41

17._ Organización.....	42
18._ Presupuesto y financiamiento.....	43
19._ Cronograma de actividades.....	44
20._ Resultados	45
21- _ Discusion.....	50
22._ Recomendaciones.....	51
23._ Conclusiones.....	52
24._ Bibliografía.....	53
25._ Anexos.....	57
Anexo 1.....	58
Anexo 2.....	59
Anexo 3.....	60
Anexo 4.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS.

➤ Tablas:

Tabla 1: Definición y operalización de variables.....	30
Tabla 2: Financiamiento y presupuesto.....	41
Tabla 3: Cronograma de actividades.....	42
Tabla 4: Distribución de acuerdo con el género.....	43
Tabla 5: Descripción de la población	44
Tabla 6: Valores de correlación del cambio de lactato y el tiempo de cirugía como valor crudo y separado por grupos de ASA.....	45
Tabla 7: Comparación de la población por clase de ASA.....	46
Tabla 8: PAM prequirúrgica y postquirúrgica.....	47

➤ Gráficos:

Gráfico 1: Distribución de acuerdo con el género.....	43
Gráfico 2: Cambio de lactato.....	44
Gráfico 3: De Scatter : Correlación entre el tiempo de isquemia y lactato.....	45
Grafico 4: Diferencia de PAM basal y final.....	47

➤ Figuras.

Figura 1: Automatic Tourniquet System.....	5
Figura 2: Gasómetro hospitalario ABLFlex.....	36