

112415  
1 ej 59



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**HOSPITAL DE TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEdia  
"MAGDALENA DE LAS SALINAS"**

**I. M. S. S.**

**EL TORNIQUETE NEUMATICO EFECTOS Y  
COMPLICACIONES INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA**

**TESIS DE POSTGRADO  
QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD EN  
TRAUMATOLOGIA Y ORTOPEdia**

**P R E S E N T A**

**DR. JAIME CELSO ORTEGA GALINDO**



**MEXICO, D. F.**

**1987**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **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 está 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.

## INDICE

	Pág.
I. JUSTIFICACION	1
II. OBJETIVOS	4
III. ANTECEDENTES HISTORICOS	6
Romanos	
Petit	
Lister	
Esmarch	
Cushing	
Richards Medical	
IV. DISTRIBUCION DE PRESIONES BAJO TORNIQUETE	13
Bajo la Venda de Esmarch	
Bajo el Torniquete Neumático	
V. EFECTO DEL TORNIQUETE NEUMATICO SOBRE LAS ESTRUCTURAS NERVIOSAS	23
Sobre la Velocidad de Conducción	
Cambios Electromiográficos	
Cambios Neurológicos Anatómicos	
VI. EFECTO DEL TORNIQUETE SOBRE EL MUSCULO ESQUELETICO	33
Cambios Histológicos	
Cambios Ultraestructurales	
Efectos sobre la Fisiología del Músculo Esquelético	

Tiempo de Seguridad  
Hemostasia en Campo Seco  
Forma de Retiro

X.	CONCLUSIONES	68
XI.	BIBLIOGRAFIA	72

## JUSTIFICACION

El evitar la hemorragia durante una intervención quirúrgica es de mucha utilidad tanto para evitar la pérdida hemática como para visualizar mejor las estructuras finas y hacer una técnica quirúrgica más rápida. En algunas intervenciones el evitar el sangrado resulta esencial como en el caso de la mano, según señaló Bunnel (6) "operar una mano sin esquemia es como intentar reparar un reloj en un tintero". La misma situación ocurre cuando intentamos operar una rodilla, un codo, etc., o bien hacer una disección neurológica o vascular.

La alta frecuencia del uso del torniquete en cirugía Ortopédica nos ha hecho familiarizarnos con él, en muchas ocasiones nos hemos olvidado de sus principios físicos como efectos que conlleva su aplicación por lo que le damos un uso empírico y con ello la existencia de una diversidad de criterios en su uso (25), ya no hablando sólo de un paciente de características físicas normales, sino que se agudiza cuando nos enfrentamos a pacientes hipotensos o hipertensos, obesos o excesivamente delgados, amén de las edades extremas de la vida como en el caso de los pacientes pediátricos o se

niles: en los cuales los estandarizamos y les aplicamos presiones que a nuestro criterio les correspondería.

Desde que Cushing introdujo el uso del torniquete neumático en la extremidad (1904), este aparato rápidamente desplazó a la venda de Esmarch por su significativo riesgo de lesión nerviosa periférica, debido a la presión incontrolada. Recientes investigaciones en el uso del torniquete se han centrado en el tiempo de seguridad de su aplicación (25, 6, 11, 15, 17), los efectos metabólicos e histológicos de hipoperfusión con metabolismo anaeróbico resultante y el efecto de la presión e hipoxia de los nervios periféricos. Pocos estudios científicos de las presiones requeridas para obtener una adecuada homeostasia clínica se encuentran disponibles en la literatura, las presiones recomendadas en los textos quirúrgicos estandar varían de 250 mm Hg para el adulto en la extremidad superior y aproximadamente 500 mm Hg en la extremidad inferior, con varios ajustes por edad, presión sanguínea, peso, forma de la extremidad y talla, esto sin embargo parece ser empírico.

El único factor predominante al parecer es evitar un sangrado distal significativo. Sin embargo la presión del torniquete excesiva puede dar como resultado parálisis por torniquete.

Dada la gran diversidad de criterios, la poca disponi

bilidad de información y la falta de interés por un conocimiento científico de los efectos y complicaciones de un dispositivo que usamos a diario los cirujanos Ortopédicos, surgió el interés por efectuar la presente investigación bibliográfica.

3. Conocer los efectos metabólicos locales y sistémicos que suceden con el uso del torniquete neumático.
4. Saber que cambios musculares suceden con el uso del torniquete neumático.
5. Saber cuáles son sus efectos sobre el tejido nervioso.
6. Recordar los lineamientos del uso del torniquete.
7. Informar sobre los peligros que implica el uso del -- torniquete.

## ANTECEDENTES HISTORICOS

El desarrollo temprano del torniquete está relacionado con la operación de amputación. Fue sólo hace unas cuantas centurias que el torniquete fue usado en otras operaciones de las extremidades. La introducción de un "campo quirúrgico sin sangre" fue un suceso que hizo época en el desarrollo de la técnica operatoria ortopédica.

Hay evidencia de que las extremidades fueron amputadas de tiempo tan atras como la edad neolítica, pero solamente desde los tiempos romanos hay varios dispositivos constrictivos que fueron empleados para ayudar al control de la hemorragia durante la amputación. Archigenes y Heliodorus quienes ejercian en Roma en el tiempo de Celso, usaron bandadas estrechas de tela colocadas arriba y abajo de la línea de la insición, cada uno pasando dos o tres veces alrededor de la extremidad y anudado con un simple nudo. Esto principalmente controlaba el sangrado venoso. Hubo un avance en la practica en la época de Hipócrates quien recomendo efectuar la amputación a nivel de una articulación "cuidando que la herida no tomara alguna parte vital".

Durante los próximos 1500 años no aparecieron alteraciones significativas en el quehacer de esta práctica. Ambrosio Pare en el Siglo XVII advoco una "cinta ancha y fuerte de las que usan las mujeres para atarse el pelo arriba del sitio de amputación". Esto ayudo a conservar el máximo de piel y músculo para el muñón controlando la hemorragia y reduciendo el dolor. El uso de un mástil que gira una banda constrictiva fue dado a conocer por William Fabry de Hilden (1560 -- 1624) así Morell (1674) es quien da crédito a este autor.(16) (Fig. 1).

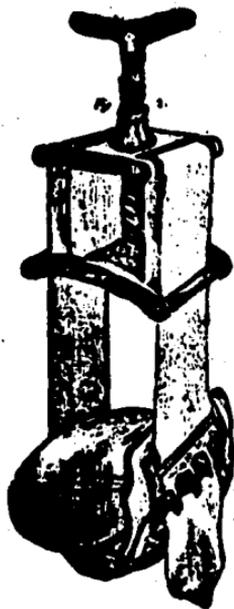
FIGURA 1



FIG. 1

Jean Louis Petit (1674-1750) describe su invención de un torniquete atornillado, ante la Academia Royal de Ciencias de París (Fig. 2) en 1718. El fue el primero que uso el nombre de torniquete el cual es derivado del Francés "Tourner" de girar. Este fue un avance definitivo debido a que no requería un asistente que lo sujetara en el sitio colocado y además podía ser rápidamente liberado. El torniquete consistía en una correa la cual pasaba alrededor de la extremidad y la cual era sujeta a la porción atornillada. Cuando el -

FIGURA # 2



tornillo fue apretado, la presión fue llevada sobre los va -  
sos principales de la extremidad por una pieza curva fijada  
al tornillo, fue hecho primeramente de madera y más tarde de  
latón. Varias modificaciones al aparato de Petit permanecie-  
ron en uso hasta la última parte del siglo XIX. Sin embargo  
durante la guerra de Crimea la armada británica quiso regre-  
sar a la simple variedad de correa y hebilla. (16)

Lister alrededor de 1864 fue probablemente el primer  
cirujano que uso el método de "campo seco" para otras inter-  
venciones que no fueran amputaciones. Lo utilizo en la esci-  
sión de la muñeca en la tuberculosis. Lister enfatizo la im-  
portancia de la elevación de la éxtremidad antes de que el -  
torniquete fuera aplicado y considero los cuatro minutos co-  
mo un buen tiempo. Hubo así un drenaje de la sangre venosa -  
en adición a una constricción arteriolar. El dio una eviden-  
cia experimental con respecto a este punto basado en sus ob-  
servaciones de su propia mano y en la exposición de la arte-  
ria metacarpal de un caballo. (16)

La comúnmente usada venda de caucho la cual fue intro-  
ducida por Johann Friederich August Von Esmarch profesor de  
cirugía en Kiel fue descrita primeramente por él en 1878. -  
Cuando Esmarch publicó su método de operación en campo lim -  
pio Lister cambio del torniquete de Petit al método de Es -  
march debido a que fue más confiable y más conveniente, así

durante toda su práctica él continuo vaciando la extremidad de sangre por simple elevación.

Esmarch dio crédito a Sartorio (1806) y Sir Charles Bell en su libro "Ilustraciones de las grandes operaciones" (1821) habiendo usado métodos de expresión de sangre venosa de una extremidad en combinación con el torniquete antes de él. El también reconoció que Grandeso Silvestri en 1871 para prevenir el sangrado de una extremidad antes de la amputación uso una venda elástica. El mismo había estado vendando las extremidades firmemente antes de la amputación desde 1855. Esmarch había sido estimulado en adoptar este método en un esfuerzo por conservar la sangre, debido a que había tenido disturbios en la cantidad de sangre presente en una extremidad amputada después del agravamiento del paciente. Subsecuentemente él adopto otras técnicas para las operaciones de la extremidad. El así describio una operación bajo isquemia en osteomielitis de ambas tibias "ambas extremidades fueron después uniformemente vendadas desde las puntas de los dedos de los pies hasta por arriba de la rodilla con vendas elásticas, las cuales están hechas de goma elástica, hace presión uniforme la cual conduce la sangre fuera de los vasos de la extremidad vendada. Inmediatamente arriba de la rodilla donde termina el vendaje, nosotros ahora aplicamos vueltas con la venda elástica girando cuatro o cinco veces alrededor del muslo y conectando un extremo con el otro por

medio de un giro y anclándola a ella misma... Ahora remove -  
mos la venda primeramente aplicada y vemos ambas extremida -  
des por abajo de la venda parecidas a las de un cadáver. - -  
Observará que operamos como en un sujeto muerto". (16)

En este tiempo, Esmarch había usado el método en - -  
aproximadamente 80 casos y había mantenido la isquemia sin -  
efectos adversos durante una hora. Si, aún las partes blan -  
das contenían pus, el torniquete aplicado después de la ele -  
vación de la extremidad, siendo evitada la compresión de una  
venda elástica probablemente para prevenir la diseminación -  
de la infección.

Harvey Cushing introduce el torniquete neumático en -  
la cirugía de la extremidad en 1904. El abandonó el tornique  
te con venda elástica debido a que llevaba el peligro de pa -  
rálisis nerviosa y era difícil removerlo y aplicarlo rápida -  
mente durante una cirugía. La idea de un manguito inflable -  
originada del uso de el dispositivo distensible del aparato  
de presión Riva-Rocci, pero este aparato podía sólo ser in -  
flado a bajas presiones, lo que permitía que la extremidad -  
llegara a edematizarse con sangre, haciendo difícil la di - -  
sección. Cushing así diseñó un manguito el cual podía ser rá -  
pidamente inflado por conectarlo a una bomba de bicicleta, -  
como un refinamiento él sugirió agregar un manómetro en el -

tubo conectando el torniquete a una bomba y a un tanque de aire comprimido para mantener la presión requerida. Cushing también uso un torniquete neumático como una banda constrictiva alrededor de la cabeza para prevenir la pérdida de sangre durante el levantamiento de un trépano. (16)

Hoy en día el torniquete neumático es un instrumento de elección para cirugía de ambas extremidades, superiores e inferiores, así hay aún una tendencia al uso de la venda de Esmarch como torniquete en el muslo. Con el mango neumático hay un control medible de la presión ejercida en las paredes de los vasos, y hay también una distribución uniforme. Hay algunas variaciones de los mangos de los baumanómetros disponibles.

En la actualidad se ofrecen diferentes tipos de torniquetes neumáticos que tienen diferentes tipos de dispositivos para control de las presiones (marcados generalmente en mm Hg) con diferentes anchos de brazalete, describiéndose inclusive mangos especiales para pacientes pediátricos, obesos y aún para cirugía digital. (34)

En 1985 la Richards Medical Company introdujo un torniquete que ajusta automáticamente la presión del torniquete dependiendo de la presión arterial que presenta el paciente conforme transcurre la cirugía y el acto anestésico.

## DISTRIBUCION DE PRESIONES BAJO EL TORNIQUETE

El uso del torniquete neumático o isquemia con venda de Esmarch produce un campo quirúrgico sin sangre y es una buena práctica que se utiliza en cirugía de extremidades pero no se encuentra exenta de complicaciones. Hay tal vez algunos efectos sistémicos relacionados a la isquemia distal al torniquete o lesiones locales a músculos, vasos y nervios debido a la presión excesiva debajo del torniquete o a ambas.

Desde que las lesiones a partes blandas aparecen son un efecto directo de la presión aplicada y dado que las presiones indebidamente altas pueden producir lesiones más rápidamente, es deseable que presiones más bajas que mantengan el objetivo de un campo quirúrgico sin sangre deberían de ser usadas. Hay pocos estudios que determinen los niveles apropiados de presión que deberían ser usados. (30)

Primeramente consideramos la distribución de presión bajo torniquete con venda de Esmarch y en segundo término la determinación de la interrelación de la presión del torniquete neumático y la presión adyacente a las partes blandas. Con esta última información se espera que la selección arbi-

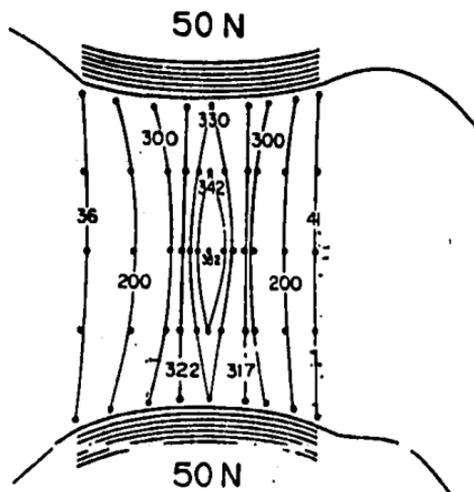
traría de una presión de torniquete innecesariamente alta - será eliminada y que una selección estará basada en el conocimiento de la presión del torniquete transmitida y la presión sanguínea del paciente.

#### DISTRIBUCION DE PRESION BAJO LA VENDA DE ESMARCH

En un estudio practicado en perros (21) trabajando -- sobre su muslo y empleando una venda de Esmarch de 8 cms. - de diámetro y utilizando un catéter subcutáneo para medir -- las presiones de los tejidos blandos debajo del torniquete y un sistema de monitoreo (denominado sistema de monitoreo de presión compartamental). Y teniendo como consideraciones previas: al aplicar una venda de Esmarch como torniquete la presión ejercida por la venda es sumada en forma algebraica y - no en forma aritmética ya que la presión ejercida por la - - vuelta superior comprime también a la inferior; se determinó mediante tensiometro que el mínimo de tensión para alargar - una venda de Esmarch es de 50 Newtons, la tensión media a la que se usa en cirugía es de 125 Newtons y sometida a su máxima tensión o casi punto de ruptura 175 Newtons. Se tiene que sí se aplican al paciente seis vueltas de venda a la misma - tensión (50 Newtons) tendremos inmediatamente por debajo de la venda una presión de 330 mm Hg y que en este caso en vez de disminuir aumenta la presión en el centro del toniquete - 352 mm Hg, iniciándose la disminución de las presiones en --

forma concéntrica hacia la periferia y dependiendo de la forma de aplicación del vendaje las presiones se distribuyen -- tanto en forma proximal o distal con presiones diferentes. (Fig. 3)

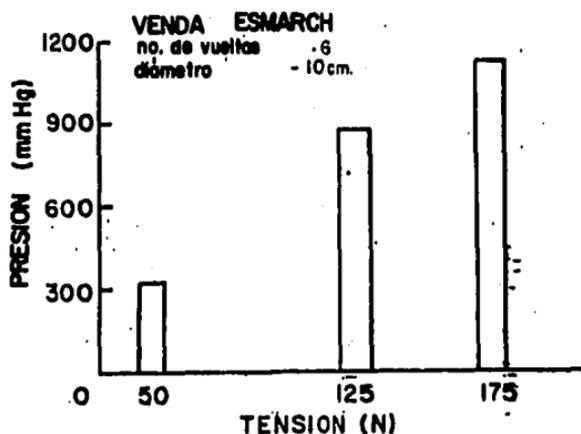
FIGURA # 3



Si consideramos en la gráfica (Fig. 4) una venda de Esmarch haciendo las formas de torniquete, sometida a seis - vueltas en una extremidad de 10 cms. de diámetro aplicada a diferentes tensiones, tenemos que con una mínima tensión de 6 vueltas estaríamos sometiendo la región a 300 mm Hg, pero si la tensamos a término medio nos daría presiones mayores a los 900 mm Hg y si la tensamos en forma total obtendríamos -

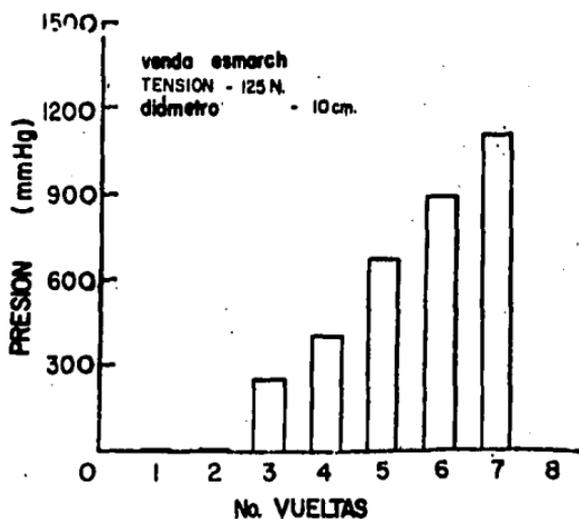
tensiones mayores a los 1100 mm Hg.

FIGURA # 4



Ahora bien, con la misma venda de Esmarch la tensamos en la forma habitual (125 Newtons) y en la misma extremidad de 10 cms de diámetro, la sometemos a diferentes vueltas, tenemos que con tres vueltas obtenemos presiones de 300 mm Hg en la región, con cuatro vueltas manejamos presiones cercanas a los 500 mm Hg., con cinco vueltas la presión está cercana a los 700 mm Hg., con siete vueltas sobre los 900 mm Hg y con ocho vueltas manejamos presiones cercanas a los 1200 - mm Hg. (Fig. 5)

FIGURA # 5



Dada la gran variación en la presión sometida bajo la venda de Esmarch con la tensión y con el número de vueltas de la venda alrededor de la extremidad; además que la venda de Esmarch es poco usada por los cirujanos a una tensión menor de 50 Newtons y casi siempre con tres vueltas o menos, aunado a que la distribución de presión es mayor en el centro de la venda de Esmarch (Fig. 3) que la presión subcutánea máxima. Con tales presiones tan grandes encontradas en este estudio se puede explicar la gran incidencia de lesión nerviosa asociada con el uso de la venda de Esmarch.

## INTERRELACION DE LA PRESION DEL TORNIQUETE NEUMATICO Y LA PRESION ADYACENTE A LAS PARTES BLANDAS

Es interesante preguntarse como se distribuye la presión ejercida por un torniquete neumático a diferentes profundidades sobre una extremidad y principalmente sobre las arterias; para saber cual es el mínimo necesario de presión para producir isquemia evitando con esto presiones excesivas que nos expongan a complicaciones graves.

Shaw y Col (21) diseñaron un experimento muy interesante que podría contestar a nuestra pregunta. En 4 especímenes de desarticulación de cadera, se tomaron los diámetros de los muslos 15 cms por arriba de la Patela, se diseño una sonda de medición de presión, la cual se coloco en cinco diferentes localizaciones de profundidad directamente por abajo del sitio de colocación del Kidde, las presiones se fueron incrementando de 100 en 100 iniciando en 100 y terminando en 900 mm Hg.

Los resultados de su experimento son mostrados en las figuras 6 y 7. El promedio de presiones de partes blandas -- (obtenidas de las cinco localizaciones monitorizadas) fueron considerablemente menores a las aplicadas al torniquete (Fig. 6). Esta diferencia de presión fue pequeña en muslos de diámetro menor pero se incremento de acuerdo al aumento del ta-

maño de la extremidad. El promedio de presión de partes blandas reflejado en el muslo que era de 34 cms en circunferencia fue de 95% de la presión aplicada por el torniquete, este decreció a 68% en el muslo de 59 cms de circunferencia -- con un decremento lineal entre los dos extremos (Fig. 7). En todas las extremidades la presión tendió a disminuir conforme la sonda se profundizaba, se encontró que en los tres muslos de diámetro menor era poca la diferencia de presión entre el tejido subcutáneo y la presión inmediatamente adyacente al hueso, siendo esta alta en el muslo de mayor diámetro (Fig. 6). Poca diferencia hubo entre las presiones registradas adyacentes al Ciático y a la arteria femoral, siendo la presión menor a la del tejido celular y mayor que las presiones adyacentes al hueso.

FIGURA # 6

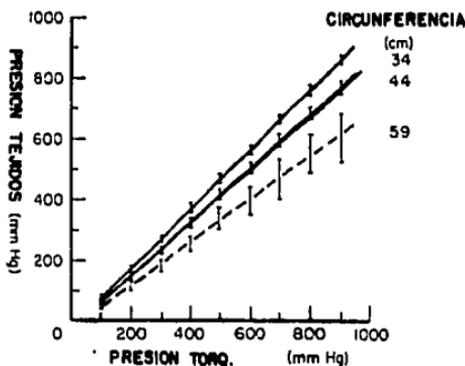
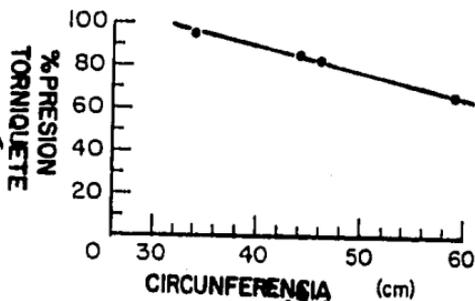
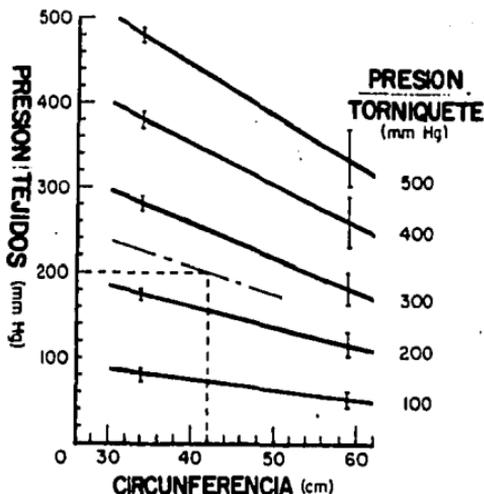


FIGURA # 7



Se ha establecido que para que halla una correlación entre la presión arterial "verdadera" con la medida por métodos indirectos, el manguito utilizado deberá ser el 20% de la circunferencia de la extremidad, el manguito que se utiliza en la isquemia con torniquete neumático es angosto en relación al diámetro del muslo, por lo que sería de esperarse la presión de las partes blandas debería ser menor que la aplicada al torniquete y que la presión transmitida disminuiría a medida que el tamaño del muslo aumentara. Con esto se establece que las decisiones razonables no pueden ser hechas de acuerdo a las presiones del torniquete, sin el conocimiento de las presiones transmitidas a las partes blandas subyacentes por lo que un normograma fue construido en base a los datos del experimento. (Fig. 8). Este normograma permite una selección de la presión del torniquete apropiada para una circunferencia dada de muslo y una presión tisular deseada. Dado que la presión sistólica presente durante la inducción de la anestesia puede tener fluctuaciones durante la cirugía se ha encontrado por experiencia que una presión de 70 a 100 mm Hg., más alta asegura un "campo quirúrgico sin sangre". En las extremidades de diámetro mayor el descenso en la presión de tejido subcutáneo a hueso puede ser significativo por lo que un promedio de presión tisular alto será requerido para asegurar hemostasia en tejidos profundos.

FIGURA # 8



El rango de presión tisular está indicada por las líneas verticales variando con la circunferencia del muslo y la presión del torniquete. En pacientes normales se agregaran 70 a 100 mm Hg., por arriba del promedio de presión tisular, en pacientes obesos e hipertenso se seleccionara presiones del torniquete altas, de acuerdo al rango de presión más alto.

Un ejemplo del uso del normograma para seleccionar una presión de torniquete apropiada se ilustra por las líneas punteadas en la Figura 8, circunferencia de muslo de 42 cms, y presión sistolica de 100 mm Hg., en la inducción de la

anestesia, aumentando 100 mm Hg como rango de seguridad de -  
seamos una presión tisular de 200 mm Hg., estas coordenadas  
se intersepan en un punto medio entre 200 y 300; la presión  
de torniquete apropiada por lo tanto es de 250 mm Hg.

Es posible que en pacientes vivos con relajación mus-  
cular incompleta puedan requerir presiones de torniquete más  
altas que las sugeridas por este experimento, sin embargo en  
las experiencias clínicas del autor no he necesitado presio-  
nes más altas.

## EFECTO DEL TORNIQUETE SOBRE LAS ESTRUCTURAS NERVIOSAS

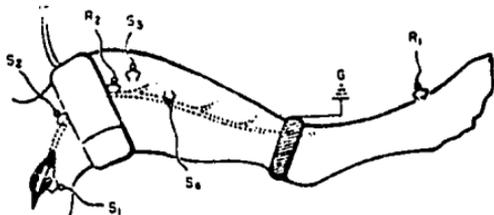
### EFECTO DEL TORNIQUETE SOBRE LA VELOCIDAD DE CONDUCCION EN TEJIDO NERVIOSO

Son de diferentes tipos, éstas las podemos clasificar en forma burda en lesiones anatómicas y lesiones fisiológicas, las segundas tienen más importancia en cuanto a las manifestaciones y frecuencia con que se presentan.

Los efectos sobre el tejido nervioso se inició con -- los comentarios elaborados por Brunner en 1951 y Moldaver en 1954 que opinaron que el daño neurológico era causado por isquemia, concepto que persiste hasta nuestros días por algunos cirujanos. Para esclarecer dichos comentarios Rorabeck y col (27) ideó el siguiente estudio: haciendo la aplicación de un torniquete en el muslo de perros anestesiados practicó la disección del nervio Ciático aplicando un electrodo estimulador proximal fue aplicando directamente al nervio 5 cms, proximal al borde principal del torniquete (S1). Un segundo electrodo estimulador fue aplicado (S2) directamente sobre el extremo proximal del torniquete. Un tercer electrodo estimulador fue aplicado (S3) a la porción peroneal del nervio -

a nivel del cuello de la fíbula y un cuarto electrodo estimulador fue aplicado cuatro cms distal a S3 a lo largo del trayecto del nervio peroneo. Los electrodos registradores fueron colocados en dos puntos. El primero R1 fue insertado dentro del músculo extensor breve del pie y el segundo fue aplicado en el extremo inferior del torniquete directamente sobre el nervio ciático. Este modelo permitió la medición de la velocidad de conducción a nivel nervio ciático proximal al torniquete (S1,S2,R1), directamente bajo el torniquete -- (S1,S2,R2) y distal al torniquete (S3,S4,R1). La velocidad de conducción para el nervio ciático en reposo para cada animal fue registrada antes de que los experimentos fueran iniciados y fue de 40 y 50 Mts/segundo. El torniquete neumático fue inflado para 250 y 500 mm Hg., la presión fue mantenida para 1, 2 y 3 hrs. Un estímulo supramáximo fue aplicado a S1 y S2 así como a S3 y S4 cada 15 minutos y la velocidad de conducción a lo largo de los segmentos fue medida. (Fig. 9)

FIGURA # 9



Los resultados fueron los siguientes: a 250 mm Hg. la presión del torniquete aplicada y mantenida del tiempo 0 disminuyó la velocidad de conducción a lo largo de los segmentos S1, S2 y R1 de 40 Mts/seg apareciendo aparentemente temprano. Un bloqueo completo de la conducción a través del manguito ocurrió en todos los animales en la marca de los 55 minutos. Seguido a desinflar el manguito del torniquete a 1, 2 y 3 hrs., la recuperación en la velocidad de conducción ocurrió. Cuando el torniquete fue desinflado después de una hora, tomó 30 minutos para que la velocidad de conducción regresara a lo normal. Cuando el torniquete fue desinflado después de una hora y media a dos horas a una presión de 250 mm Hg tomó 45 y 60 minutos respectivamente para que la velocidad respectivamente para que la velocidad de conducción regresara a lo normal. Cuando se aplicaron 500 mm Hg el bloqueo de la conducción a través del torniquete ocurrió dentro de los 45 minutos de la aplicación del torniquete. Después de desinflar el torniquete posterior a una, una y media y dos horas la velocidad de conducción regreso a lo normal dentro de 60, 90 y 120 minutos respectivamente. Después de la liberación del torniquete a las 3 hrs., la velocidad de conducción no regreso a lo normal, durante la duración del experimento.

Similares hallazgos fueron encontrados cuando la velocidad de conducción en el segmento S1, S2, R2 fueron examinados.

Cuando la velocidad de conducción en el segmento S3, S4, R1, fue registrada con 250 mm Hg un deterioro gradual de la conducción ocurrió por arriba de la duración del experimento pero un bloqueo completo no sucedió. En este mismo segmento pero con presión de 500 mm Hg., y después de 3 hrs., de continua aplicación la velocidad de conducción no regresó a lo normal.

Han sido reportados en la literatura algunos casos de pacientes que han evolucionado con parálisis como alteraciones sensitivas posterior al uso del torniquete que siendo severas en un principio han evolucionado en forma satisfactoria posteriormente, tanto por la terapéutica de rehabilitación como en los casos en que no se ha dado, esta evolución se ha observado en un lapso de seis meses en casi todos los casos. La característica de todos los casos en que tienen una distribución total a partir del sitio de aplicación.

La frecuencia de afectación de los diferentes nervios se han reportado tanto por estudios electromiográficos como de mapeo sensitivo.

## CAMBIOS ELECTROMIOGRAFICOS POSTERIOR AL USO DEL TORNIQUETE NEUMATICO

Cuando los pacientes se someten a cirugía de rodilla en forma específica a menisectomías y los pacientes no tienen una evolución satisfactoria, tanto el cirujano como el fisioterapeuta culpan al paciente o al cirujano mismo, señalando que el paciente no coopera en su recuperación, que el umbral del dolor que tiene es muy bajo o bien finje molestias. O se culpa al cirujano en relación al trauma quirúrgico a formación de bridas cicatrizales etc., sin considerar un posible daño en la neuroconducción, causado por el torniquete neumático.

Weingarden (35) estudio los cambios electromiográficos en 25 pacientes sometidos a menisectomía en los que se utilizó torniquete neumático en el tercio proximal del muslo, todos los pacientes fueron examinados tres semanas después de la cirugía el estudio electromiográfico incluyo los músculos de las extremidades. Las anomalías electromiográficas fueron definidas como la presencia de ondas positivas sostenidas de potenciales de fibrilación, una reducción en el número de los potenciales de unidades motoras voluntarias y un incremento en el porcentaje de potenciales polifásicos de unidades motoras, las edades fluctuaron entre 14 y 65 años.

Se encontró que de los 25 pacientes sometidos al estudio, 18 mostraron anomalías electromiográficas y 7 de ellos mostraron electromiografías normales, dichos pacientes tuvieron un tiempo de isquemia de 41 minutos. (Todos los pacientes fueron sometidos a un rango de presión de 350 a 450 mm Hg). Los otros 18 pacientes que tuvieron electromiografías anormales, 15 presentaban alteraciones tanto en el músculo como en la rodilla, 3 de ellos tenían sólo alteraciones electromiográficas a nivel del muslo. El tiempo promedio que se les había aplicado el Kidde fue de 55 minutos y los que tenían lesiones severas lo habían tenido por 62 minutos, - - siendo este grupo el que mayor tiempo tardó en recuperarse.

Si se analiza la distribución de anomalías en estos pacientes encontramos que el nervio que más frecuentemente se afectó fue el femoral (con afección de dos o tres músculos del cuádriceps) se siguieron la afección del femoral y tibial (con afección de cuádriceps y tricéps) y después con la misma frecuencia afección del femoral, tibial y peroneo - (con afección a los músculos cuádriceps, tricéps, músculos - del compartimiento anterior de la pierna), otro con afección de femoral, tibial, peroneo y obturador (con afección de los músculos mencionados más los aductores de la cadera) y un paciente con afección de los aductores de la cadera.

Todos los pacientes finalmente se recuperaron siendo

la recuperación más rápida en aquellos pacientes con un tiempo de torniquete de 41 minutos, con un promedio de tiempo de recuperación de 1.75 meses y en el que el tiempo del torniquete fue de 62 minutos, el tiempo promedio de recuperación fue de 3 meses.

Hubo una prolongación en el tiempo de recuperación clínica en los pacientes que tuvieron anomalías electromiográficas. Con este estudio una reducción en el tiempo de uso del torniquete, reducirá la incidencia de anomalías electromiográficas postoperatorias y el tiempo de recuperación. (Tabla 1 y 2).

#### CAMBIOS ANATOMICOS NEUROLOGICOS

Algunos autores (27) sugieren que la lesión nerviosa se produce porque la fuerza compresiva actúa directamente sobre los vasos sanguíneos intraneurales con una isquemia secundaria a las fibras nerviosas. Sin embargo, más recientemente ha sido claramente mostrado que hay un bloqueo de la conducción nerviosa localizado, producida por una deformación mecánica directa de la fibra nerviosa, estos cambios están representados por los estudios de Ochoa y Col (23) quienes encontraron que los cambios morfológicos ocurren inmediatamente por abajo del torniquete y que incluyen en ocasiones hasta 3 cms proximales al mismo, y encontraron que los cam

TABLA I  
DISTRIBUCION DE HALLAZGOS ANORMALES

MUSCULOS INVOLUCRADOS	INERVACION	No. PACIENTES
Cuadriceps	Femoral	6
Cuadriceps y Gastrocnemio	Femoral y Tibial	8
Cuadriceps gastrocnemio y músculo del compartimiento anterior de la pierna	Femoral, tibial y peroneo	1
Cuadriceps, gastrocnemio, - músculos del compartimiento anterior de la pierna y aductor de la cadera	Femoral, tibial, peroneo y obturador	1
Cuadriceps, Biceps, femoral - músculos del compartimiento anterior de la pierna y aductor de la cadera	Femoral, peroneo, - ciático y obturador	1
Aductor de la cadera	Obturador	1

TABLA 2  
RESUMEN DE DATOS

SUBGRUPO DE POBLACION	No. de Pacientes	Promedio de tiempo de - torniquete. min.	Promedio de tiempo de - recuperación. M mo
Electromiograma normal (EMG)	7	41	1.75
Electromiograma anormal con EMG	9	55	2.8
Anormalidades limitadas al muslo	3	44	2.67
Anormalidades también por abajo de la rodilla	6	62	3
Electromiografía anormal incluyendo pacientes con seguimiento clínico	18	59	2.6
Anormalidades limitadas al muslo	7	53	2.4
Anormalidades también por abajo de la rodilla	11	60.5	2.7

bios incluyen adelgazamiento de la vaina de mielina, intususpección de la mielina tanto de la mielina paranodal y del axon en el sitio opuesto al nódulo de Ranvier. La mielina se encontro en otros sitios adelgazada y rota en la región invaginada o aún plegada distalmente. Las Células de Schwan parecen disminuir y aparentemente no se encontraban rodeando íntegramente al mesaxon. Estos cambios estuvieron presentes 24 hrs., después del retiro del torniquete y después de una semana la desmielización era evidente en las áreas de intususpección.

Se han hecho observaciones experimentales con microscopio electrónico en nervios Ciático de ratas, usando un torniquete neumático de 1.5 cms! de ancho, a una presión de 300 mm Hg., variando las longitudes de tiempo. (22)

#### Compresión por una hora.

Los cambios estructurales seguidos a una hora de compresión por torniquete, fueron caracterizados por una más prolongada fisuración de la mielina, notándose la primera evidencia de retracción axonal de la vaina de mielina, la contracción de los axones fue indicadora de leve degeneración axonal, presencia de proliferación de algo parecido al axon que sugiere una degeneración axonal concurrente con una regeneración.

### Compresión durante dos horas.

Un gran porcentaje de fibras mostraron desorganiza --  
ción de las láminas de mielina, retracción axonal pronuncia-  
da, aumento de tamaño de las células de Schwan, presencia de  
formaciones "ovoides" de mielina fueron observadas, localiza  
das hacia el exterior alrededor del axón.

### Compresión durante tres horas.

Total disolución de la mielina y remarcable desorgani  
zación de las láminas de mielina, elongación de las células  
de Schwan y desprovistas de axoplasma, la mitad del tamaño -  
de los axones fue denudada de mielina. En general el tejido  
nervioso en este tiempo tuvo gran disrupción y aparecieron -  
severamente alterados, sugiriendo un marcado deterioro fun -  
cional.

Estos hallazgos en los estudios mencionados, explican  
porque muchos pacientes presentan dificultades motoras (re -  
tardando la rehabilitación muscular) seguido a una cirugía -  
efectuada con uso de torniquete neumático.

EFFECTOS DEL TORNIQUETE NEUMATICO  
EN EL MUSCULO ESQUELETICO

CAMBIOS HISTOLOGICOS

Kauko y Col. (32) en 1968 hizo un estudio de los cambios histológicos visibles en especímenes de músculo tomados de 17 pacientes sometidos a cirugía de mano bajo isquemia -- con torniquete de variable duración. No hubo cambios macroscópicos de los especímenes tomados durante la isquemia. Después de un período de isquemia la degeneración es más alta. La degeneración granular fue notificada después de un período de isquemia de 30 minutos. El grado de degeneración vario y tuvo una tendencia a incrementarse con el período de isquemia. La vacuolización y la hialización no aparecieron antes de 40 minutos de isquemia. Después de la isquemia de una hora o más los signos de degeneración vinieron a ser numerosos antes de que la circulación fuera restablecida.

La reacción de células inflamatorias fue observada -- primeramente después de los 55 minutos de isquemia. No se -- observaron hemorragias pero sí extravasación de eritrocitos que pudiera ser el resultado de la presión por la venda de Esmarch. En isquemia de más de una hora, una observación que

señalo el edema fue la separación de las fibras musculares y un incremento del espacio entre las fibras, las cuales aumentaron simultáneamente a través de la estriación. La cantidad del núcleo de sarcolema aumento con el incremento de la duración de la isquemia. Se puede sostener que los cambios capilares y celulares causados por la isquemia viene a ser históricamente demostrables, después de una isquemia de más de 30 minutos de duración. Los cambios son mínimos, sin embargo hasta aproximadamente dos horas de iniciada la isquemia. En ninguno de los pacientes hubo algún signo postoperatorio indicativo de irreversibilidad de los cambios ocurridos durante o después de la isquemia.

#### CAMBIOS EN LA ULTRAESTRUCTURA

Los cambios desde el punto de vista ultraestructural (18) se puede apreciar que con una hora de isquemia hay un incremento en la densidad de los discos Z, sin afección de los núcleos ni de las mitocondrias. A las 3 hrs., de isquemia se aprecia una mayor densidad a nivel de las líneas Z -- con edema evidente de las mitocondrias y aún con presencia de cristales dentro de ellas, apreciase así mismo una disminución de los organelos.

Este tipo de afección se encontro tanto en las fibras rojas como en las blancas.

de severo daño en todos los casos subsecuentemente examinado por otro lado sólo uno de los cuatro especímenes mostró algún signo de severo daño, después de 3 horas de torniquete. Tal vez tres horas es el límite máximo de tiempo que un músculo puede resistir una compresión sostenida y que los músculos de más susceptibilidad individual sufrirán después de este período.

### EFFECTOS SOBRE LA FISIOLOGIA DEL MUSCULO ESQUELETICO

El efecto de 3 y 5 horas de torniquete neumático sobre la fisiología del músculo esquelético fue investigada por Klenerman y Col. (19). El desarrollo de máxima tensión isométrica, contracción y tiempo medio de relajación fue medido en músculos situados abajo y distal al torniquete neumático. En el momento de la liberación del torniquete no hubo una diferencia importante entre el grupo control y experimental, con respecto a la contracción y tiempo medio de relajación; sin embargo hubo una marcada reducción en el desarrollo de la tensión isométrica máxima. En el sexto día después de la liberación del torniquete posterior a 5 horas de isquemia la tensión isométrica se redujo del 2-20% del grupo control en el músculo distal (Soleo y Gemelos) y 40 a 60% en el músculo comprimido (cuadriceps). Seis días después de un torniquete de 3 horas de duración, la tensión del músculo comprimido fue reducida al 80% en relación al grupo control mien-

mendación de que 3 horas son el límite superior de seguridad de aplicación de un torniquete.

Otros autores (14), han estudiado la ultraestructura del músculo de la mano, encontrando alteraciones ultraestructurales limitadas después de la isquemia por 2 horas, tanto en músculos intactos como en tenotomizados. Excepto por una reducción en el número de granulos de Glicógeno en las células musculares, la isquemia no tuvo inmediato efecto en algún otro componente de las fibras, por lo que ellos recomiendan dos horas como límite superior.

## ALTERACIONES METABOLICAS DURANTE LA ISQUEMIA

Serias complicaciones pueden resultar del uso de la isquemia en cirugía de las extremidades, por lo que dar una gufa es requerido al intervalo de seguridad de tiempo en que un torniquete puede ser inflado, sin producir efectos residuales. Klenerman y Col.(20) midieron experimentalmente por medio de radioisotopos en la extremidad distal a un torniquete y reportaron que el flujo sanguineo fue severamente disminuido a menos de 1% que en la extremidad contralateral sin isquemia, esto está de acuerdo con el estado severo de hipoxia tisular, hipercapnia y acidosis, así como las alteraciones bicarbonato, presión parcial de oxígeno, potasio y piruvato.

Solonen y Col.(33) hicieron determinaciones de diferentes metabolitos en pacientes que se operaron con isquemia por torniquete neumático con duración de 35 a 155 minutos, reportando sus resultados en las gráficas respectivas, en donde la línea continua representa el valor promedio para la extremidad mantenida en isquemia, la línea punteada representa el valor promedio de la extremidad intacta, las líneas verticales representan las desviaciones estandar de las de -

terminaciones. El espacio en blanco de la izquierda indica el promedio de las determinaciones antes del inicio de la anestesia. Las determinaciones fueron hechas después de abrir el torniquete.

PH

El valor del Ph fue ostensiblemente descendido y su valor mínimo promedio fue de 7.14, el Ph normal de la sangre venosa es de 7.30 y 7.40; el valor del Ph puede ser aún más bajo en algunas condiciones patológicas. La acidez puede alcanzar el nivel de la extremidad intacta en 16 minutos. El organismo es bien capaz de comenzar el descenso en el nivel del Ph, seguido al retiro del torniquete como se menciona más adelante. Cuando la isquemia es prolongada el Ph declina casi linealmente el descenso llega hasta casi 7.0 por arriba de 2 hrs. Estos valores de Ph son cercanos al Ph intracelular (Fig. 10 y 11)

FIGURA # 10

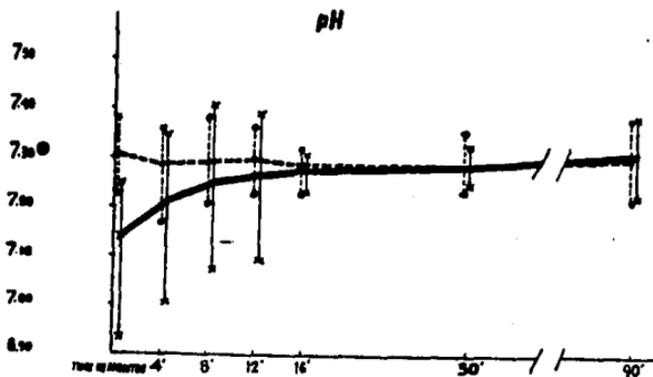
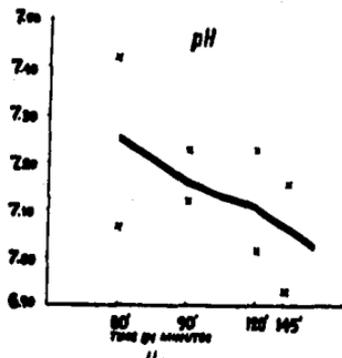


FIGURA # 11



PCO<sub>2</sub>

El cambio de PCO<sub>2</sub> no es grande para la extremidad en los períodos de isquemia, así el valor promedio de 85 mm Hg. es acidótico. La elevación del PCO<sub>2</sub> valuado como función del período de isquemia no es de descenso rápido. El PCO<sub>2</sub> puede elevarse por arriba de 150 mg Hg., en algunas ocasiones patológicas y por lo tanto los valores del presente estudio pueden considerarse como muy altos. (Fig. 12 y 13)

FIGURA # 12

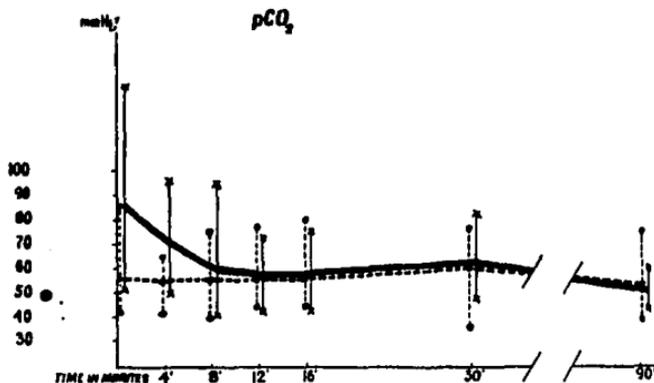
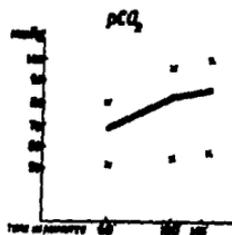


FIGURA # 13



#### BICARBONATO Y EXCESO DE BASE

La acidosis metabólica es de acuerdo al bicarbonato estándar y exceso de base. Sus valores normales no son pronunciados; pero su neutralización es más lenta que su normalización del PCO<sub>2</sub>, esto es debido porque la eliminación de los metabolitos acidóticos toma más tiempo para la difusión del CO<sub>2</sub> de los tejidos a la sangre. Acerca de los valores de exceso de base, 30 son medidos en ciertas condiciones acidóticas y el descenso promedio 6.1 de nuestra medición no fue -- muy bajo. (Fig. 14 y 15) y (Fig. 16 y 17)

FIGURA # 14

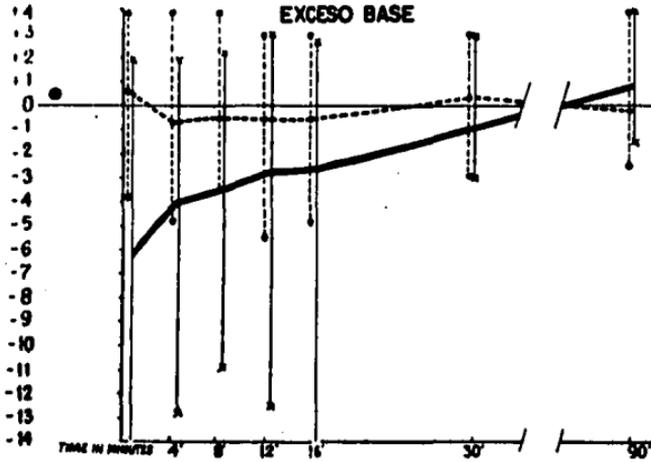


FIGURA # 15

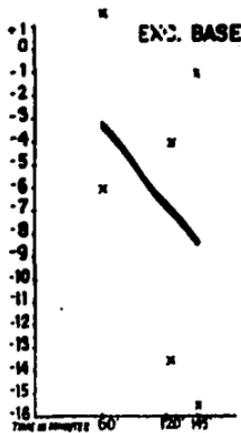


FIGURA # 16

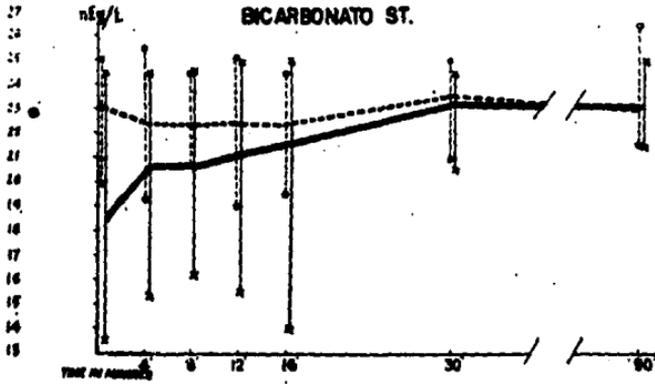
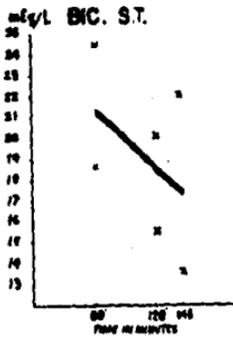


FIGURA # 17



## PRESION PARCIAL DE OXIGENO

La presión parcial de oxígeno no desciende en función del tiempo. Los procesos los cuales se llevan a cabo en una extremidad isquémica después de una hora son parcialmente -- anaeróbicos. Considerable disociación de oxígeno y hemoglobina sucede solamente después que el  $PO_2$  ha descendido por -- abajo de 10 mm Hg. Obviamente alguna de tales situaciones ha prevalecido durante la isquemia. Sin embargo los acúmulos de oxígeno en la mioglobina no son apreciablemente depletados, determinado por el valor de  $PO_2$ . El porcentaje de disosia -- ción de la mioglobina cuando el  $PO_2$  es de 40 mm Hg es aproxima -- madamente 90% y por lo tanto es consecuentemente considera -- ble. (Fig. 18 y 19)

FIGURA # 18

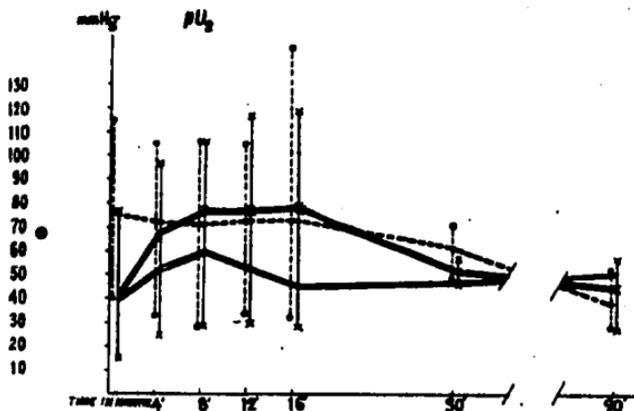
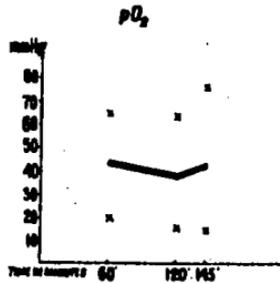


FIGURA # 19



## POTASIO

El valor del potasio 6.1 meq. después de dos horas de isquemia y persiste tal valor cuando la isquemia continua. - El valor del potasio regresa rápidamente a lo normal después de retirar la isquemia dentro de los cuatro minutos. Solamente una pequeña cantidad de potasio parece escapar de los tejidos durante estas operaciones y durante la isquemia. El potasio intracelular es 30 veces mayor que el extracelular. El balance depende de la energía administrada, cuando la administración de energía es inhibida algo de potasio escapa de las células.

El daño quirúrgico puede contribuir a la elevación -- del potasio. (Fig. 20 y 21)

FIGURA # 20

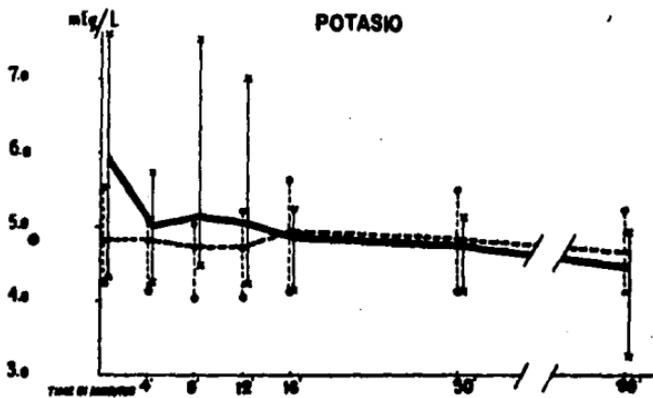
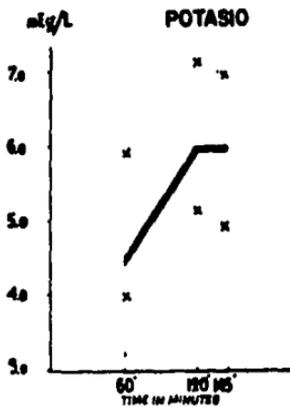


FIGURA # 21



## PIRUVATO Y LACTATO

Los valores de piruvato continúan elevándose después de retirado el torniquete. La explicación puede ser que la glicólisis produce piruvato de glicógeno y que no es desintegrada inmediatamente por catabolismo. Sin embargo la cantidad de glicógeno que produjo energía es probablemente poca ya que la elevación de PCO<sub>2</sub> inhibe la descomposición anaeróbica de glicógeno a lactato. La concentración de lactato permanece elevada por 30 minutos después de retirado el torniquete pero los valores no fueron altos. La concentración de lactato se elevó como una función de la duración de la isquemia. (Fig. 22, 23, 24 y 25)

FIGURA # 22

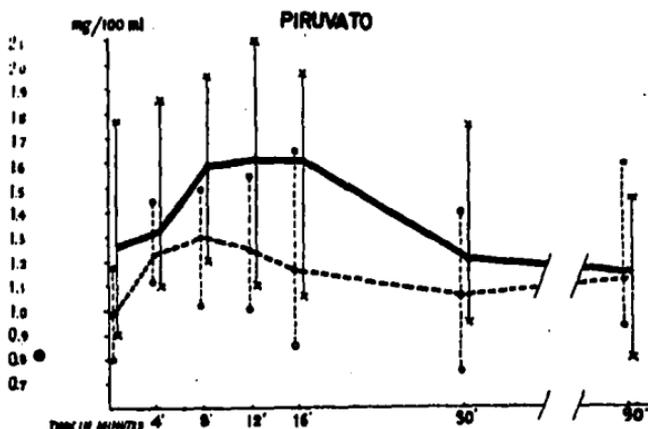


FIGURA # 23

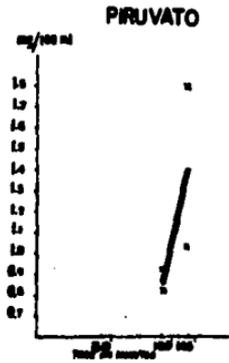


FIGURA # 24

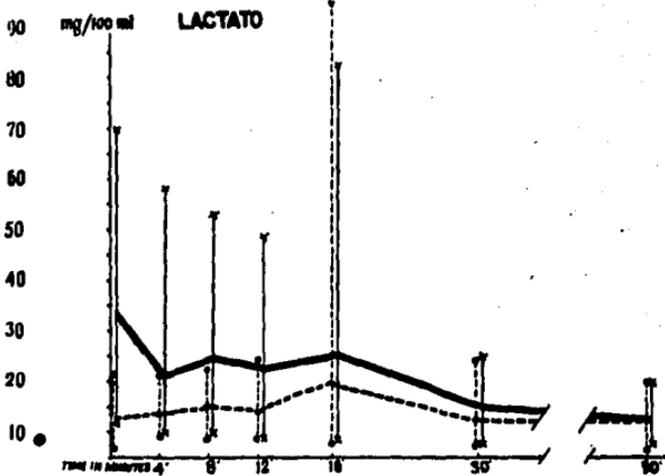
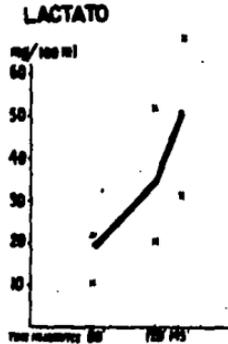


FIGURA # 25



PERIODO DE RECUPERACION METABOLICA

Otros estudios clínicos (29) han determinado que después de la liberación del torniquete hubo un intervalo de reajuste durante el cual el Ph regreso gradualmente a los valores preinflación. Durante esta fase de recuperación los valores de PO2 venoso y arterial fueron esencialmente iguales para cada uno de cada intervalo. Esta fase retardada entre tres y cinco minutos después de media hora de isquemia y correlacionada con la apariencia clínica de hiperemia reactiva observada seguida a la liberación de la isquemia. Después de una hora de tiempo de torniquete, este intervalo de reajuste varia entre 5 y 10 minutos. El periodo de recuperación después de 90 minutos de isquemia por torniquete fue mayor de

10 minutos pero siempre menor de 15 minutos. Finalmente la fase de reajuste después de dos horas de isquemia fue siempre mayor de 15 minutos y de 15 a 20 minutos después de 3 -- horas.

Heppenstall (11) observo que hubo un retardo definitivo entre la hiperemia observada y la recuperación de oxígeno intramuscular. Esto puede reflejar un incremento preferencial de los cortocircuitos arteriovenosos a la piel o incremento del consumo de oxígeno en el músculo, seguido a la liberación. Es probable que ambos mecanismos sean operantes. Estos hallazgos son importantes dado que sugieren el tiempo adecuado de intervalo que debe permitirse antes de la reinflación del torniquete, durante este "periodo de recuperación" metabólica, los productos acumulados son renovados desde la extremidad y los niveles de oxígeno tisular regresan a lo normal.

#### EFFECTOS SISTEMICOS POR LA APLICACION DE UN TORNIQUETE

En una extremidad que ha estado suministrando metabolitos isquémicos acumulados como resultado de hipoxia en los tejidos. Teóricamente un rápido influjo de algunos de estos productos, por ejemplo el potasio dentro de la circulación coronaria es probable que produzca una alteración en la fun

ción cardiaca. En estos estudios (15) los niveles de potasio en sangre procedente de la extremidad fueron elevados y en ningún momento hubo una elevación significativa detectada en la aurícula derecha (se inserto una cánula en la aurícula derecha de pacientes y de monos rhesus para hacer las determinaciones bioquímicas). La explicación más probable para esto es un efecto dilucional debido al gran volumen de sangre contenido en el lado venoso de la circulación. Similarmente, el descenso en el Ph en la sangre venosa procedente de la extremidad acidótica no fue reflejada en el equilibrio acidobase de las muestras de sangre de la aurícula derecha. Aquí nuevamente el efecto dilucional es un factor, pero en adición, -- hay un sistema eficiente de mecanismos amortiguadores en sangre. Cuando está reducida la capacidad de amortiguamiento -- por anemia, hipovolemia, acidosis metabólica o enfermedad -- vascular preexistente probablemente reduzca el rango normal de seguridad. En adición, bajo ciertas condiciones un miocardio comprometido puede ser sensibilizado a las catecolaminas por agentes anestésicos. Bajo estas circunstancias el periodo durante el cual un torniquete será usado se minimizara al máximo y se deberá efectuar un monitoreo cardiovascular.

En contraposición con otros autores, el equilibrio ácido básico en la extremidad regresaba a lo normal dentro de los 20 minutos de la liberación del torniquete que había sido colocado durante una hora y dentro de 40 minutos des --

pués de dos horas de isquemia, por lo que estos autores recomiendan un período de tres horas como límite razonablemente seguro. Y se concluye que los cambios sistémicos producidos como resultado de la aplicación de un torniquete por perío-dos por arriba de 3 horas no son acentuados y son rápidamente reversibles a modificar su equilibrio ácido base y sin producir alguna repercusión sistémica importante.

## COMPLICACIONES

Las complicaciones del uso del torniquete están divi-  
didas en dos categorías: aquellas debidas a presión local y  
aquellas debidas a isquemia distal al torniquete. La primera  
es manifestada como equimosis y ampollas de la piel en el si-  
tio de aplicación del torniquete y parálisis nerviosa. En la  
extremidad superior, la parálisis nerviosa comúnmente afecta  
al nervio Radial, pero cualquier nervio puede ser afectado.  
Ambos, la afección a la piel y las lesiones nerviosas son --  
frecuentemente atribuibles a errores técnicos en la aplica-  
ción del torniquete (piel) y a lecturas de la presión erró-  
neas en el manómetro del torniquete (nervio) (13). En cuanto  
a lesiones de los vasos no se han reportado lesiones por da-  
ño directo. Giangestras (8) reporta un caso de oclusión de -  
la arteria tibial después de una operación de pie bajo torni-  
quete debido al desprendimiento de una placa de Ateroma, pe-  
ro la paciente tenía antecedentes de historia de tromboflebi-  
tis, por lo que el efecto directo del torniquete no puede --  
ser valorado. Por otro lado se ha invocado (5) que la com-  
pre-  
nsión de las extremidades, durante y después de la ciru-  
ja reduce la incidencia de trombosis venosa profunda en las  
extremidades inferiores a la mitad que en pacientes del gru-

po control, presumiblemente debidas a la liberación de un ac tivador de plasminógeno. Puede ser de interés, en esta corre lación notar que la trombosis es mucho menos común en las ex tremidades superiores, donde la fibrinólisis es mayor que en las extremidades inferiores, donde la fibrinólisis es menor.

La debilidad algunas veces observada después del uso del torniquete ha sido atribuida a lesión nerviosa y cambios musculares locales, comentados en capítulos precedentes.

Los efectos de la isquemia distal son los cambios me tabólicos en la extremidad, el grado de acidosis está en fun ción del tiempo, justo como la reversibilidad de este estado está en función de la duración del torniquete.

Esta bien claro que las complicaciones debidas a pre sión local e isquemia distal debidas a la venda de Esmarchs u otro tipo de torniquete que en la actualidad ya no usa - - eran debidas a la falta de medición de la cantidad de pre sión aplicada y a que las presiones no se distribufan de una manera uniforme, con el advenimiento del torniquete neumáti co estas complicaciones mostraron una tendencia, casi a desa parecer por completo.

## Parálisis por Torniquete.

Verdaderamente las únicas referencias de parálisis -- por torniquete después del uso del torniquete neumático son de Bruner (1951) y Moldaver (1954) y más recientemente Hamilton (10). Tanto en los casos de Bruner como en los de Hamilton se encontro que el manómetro anaeroide usado para la medición de la presión fue determinada incorrectamente, así -- que la presión en el manguito fue dos veces la indicada. En recientes trabajos (7) en los cuales un torniquete neumático de 5 cms. fue inflado alrededor de la rodilla en baboons, mostraron que el bloqueo de la conducción regularmente siguió a una presión del manguito de 1000 mm Hg., sostenida durante -- más de una hora. En contraste el bloqueo de conducción mínimo o deterioro de la conducción ocurrió con una presión de -- 500 mm Hg; una presión de 250 mm Hg., no tuvo efectos persistentes.

En un caso reportado por Rudge (28) de parálisis nerviosa después de la aplicación correcta del torniquete neumático, este caso como en otros casos reportados resultaron dañados el nervio mediano, cubital y radial. Algunas de las fibras motoras degeneraron completamente y otras fueron bloqueadas localmente en el sitio de la compresión. Es comúnmente asumido que el bloqueo de la conducción en estos casos se recupera dentro de pocas semanas, pero los estudios de la --

conducción nerviosa en estos pacientes demostraron que con respecto a las fibras que inervan a los músculos intrínsecos de la mano, el bloqueo de la conducción fue completo aún después de 10 semanas y que el 50% de recuperación no se llevó a cabo hasta después de 17 semanas.

En otros estudios de parálisis de la extremidad superior, pruebas electrofisiológicas mostraron un severo bloqueo de la conducción sensitiva y motora, bien localizada presumiblemente en el margen inferior del torniquete con poca evidencia de degeneración axonal, clínicamente había pérdida de la fuerza, sensibilidad y sudoración distal, la reversibilidad del bloqueo se inició a las cinco semanas y fue completa en seis meses, coincidiendo con la casi total recuperación clínica. La sudoración estuvo ausente antes de las cinco semanas y después regreso, acompañada por un síndrome de causalgia que no desapareció hasta la desaparición del bloqueo electrofisiológico. La interrelación de cambios autonómicos y bloqueo electrofisiológico sugiere un mecanismo de la causalgia en estos pacientes (3).

#### PARALISIS POR LECTURA INADECUADA DE LA PRESION DEL TORNIQUETE

Como se comentó previamente los casos de parálisis nerviosa por torniquete son raros cuando el torniquete es

bien usado. Pero poco se ha comentado sobre la inadecuada -- lectura de la presión del torniquete. Irwing (13) ha hecho -- una investigación muy interesante a este respecto.

Uno de los mayores problemas del dispositivo del torniquete neumático es su vulnerabilidad a no ser visto como un instrumento peligroso, de tal manera el registro de presión parece estar funcionando correctamente, pueden llevarse a cabo lecturas superiores por algunos cientos de mm Hg. La parálisis nerviosa completa causada por falla del manómetro del torniquete ha sido reportada por muchos autores, quiénes han sugerido que muchas parálisis por torniquete no han sido publicadas debido a implicaciones medicolegales y sugieren que la incidencia estimada (1:8000) puede ser falsamente baja -- (26).

A pesar de estos riesgos pocos hospitales parecen tener instituido pruebas regulares de exactitud o estabilidad del equipo del torniquete. Fry reportó que en un chequeo al azar de la exactitud de 32 torniquetes neumáticos revelo que 20 tenían defectos, con lecturas superiores a la presión -- real tanto como 500 mm Hg, otros defectos que se encontraron falla del mecanismo de la válvula liberadora de presión. Este estudio demuestra que es necesario una serie de chequeos regulares del aparato del torniquete.

## LINEAMIENTOS DEL USO DE LA ISQUEMIA POR TORNIQUETE

### INDICACIONES

La cirugía de las extremidades se facilita con el uso de torniquetes, así tanto en cirugía Ortopédica (4), cirugía vascular (1); en donde el torniquete neumático es un efectivo sustituto de los clamps vasculares en cirugía de arterias tibial y poplitea. Debido a que el trauma de la íntima es evitado, porque la disección circunferencial de los vasos no es necesaria, los vasa vasorum son preservados minimizando la lesión isquémica a la pared del vaso.

El torniquete es también usado en casos de cirugía oncológica (6) de las extremidades. Hay evidencias que la diseminación de embolias tumorales están reducidas cuando la biopsia o la amputación por malignidad es llevada a cabo en un campo quirúrgico sin sangre. En cirugía de la mano (6) como lo afirmó Bunnel "operar una mano sin isquemia es como intentar reparar un reloj en un tintero". En neurocirugía, procedimientos tan finos como una sutura nerviosa requieren de un campo operatorio sin sangre. Así como en cirugía reconstructiva en donde inclusive se han diseñado torniquetes digi

tales neumáticos para reparaciones distales de los dedos (34).

El uso de la isquemia por torniquete ha sido condenado como una medida de primeros auxilios en la hemorragia aguda, Watson Jones (2) afirmó que más extremidades habían sido perdidas, de las que se habían salvado con el uso del torniquete, debido a que los primeros auxilios en su mayoría los da gente inexperta, como por ejemplo en el caso de una hemorragia venosa, una inadecuada aplicación del torniquete resultaría en una exanguinación del paciente.

El uso de la isquemia por torniquete abarca todas las especialidades quirúrgicas que interesen las extremidades, por lo que las indicaciones precisas serán individualizadas en cada caso y serán dadas por cada uno de los cirujanos.

## TECNICA DE EMPLEO

### Aplicación.

Generalmente la isquemia que se emplea es dada por un torniquete neumático Kidde estandar (8.5 por 86 cms) el cual esta calibrado en mm Hg, se colocará en el tercio proximal del muslo (lo más proximamente posible), cuando se utilicen en extremidades superiores, se utilizará un brazaletes para brazo y se colocará en su tercio proximal, los torniquetes -

colocados distalmente, tales como aquellos alrededor del to-  
billo o a nivel del antebrazo son inseguros debido a la ca-  
rencia de partes blandas y son mejor evitadas.

Primero se envolverá (4) el brazo o muslo con varias vueltas de huata para proteger la piel de quemadura y para tratar de igualar la forma del muslo del paciente a la del torniquete y máxime cuando tenemos brazos o muslos sumamente cónicos como en el caso de los pacientes obesos para así lograr una uniformidad en la distribución de las presiones, a continuación se elimina todo el aire del manguito neumático y se aplica este en la extremidad en forma suave y pareja porque de lo contrario al insuflarlo se forman arrugas que pellizcan la piel y forman ampollas, se recomienda también usar un vendaje sobre el torniquete para evitar el desprendimiento del mismo en el transcurso de la cirugía. A continuación se eleva la extremidad unos dos minutos o se exprime la sangre colocando una venda elástica, se empieza en las puntas de los dedos, de la mano o pie y se va aplicando el vendaje en dirección proximal hasta unos 2.5 ó 5 cms del torniquete si se aplica una venda elástica hasta el nivel del torniquete, este último tenderá a resbalar en dirección distal. La insuflación deberá hacerse con rapidez para que las venas superficiales no se llenen antes de que se interrumpa la circulación arterial.

## Intensidad de Presión del Torniquete Neumático.

Pocos estudios científicos de las presiones requeridas para obtener una adecuada hemostasia clínica se encuentran disponibles en la literatura y recientes investigaciones en el uso del torniquete se han centrado en el tiempo de seguridad de su aplicación y las presiones requeridas para su uso, siempre haciendo énfasis sobre el mínimo necesario de presión para producir isquemia, evitando con esto presiones excesivas que expongan al paciente a complicaciones graves. Las presiones del torniquete recomendadas en los textos quirúrgicos estandar varían de 250 a 300 mm Hg., para el adulto en la extremidad superior y aproximadamente 500 mm Hg, para la extremidad inferior, con varios ajustes por edad, presión sanguínea, peso y forma de la extremidad y talla esto sin embargo parece ser empírico. El único factor predominante al parecer evita un sangrado distal significativo (21).

Shaw mediante el estudio de la distribución de presiones bajo un torniquete construyó un normograma, este normograma permite una selección de la presión del torniquete apropiada para una circunferencia dada de muslo y una presión tisular deseada, ésta se calcula con el conocimiento de la presión sistólica preinducción y se agregan 100 mm Hg como rango de seguridad para compensar las elevaciones de la presión transoperatorias. Estas coordenadas se intersepan -

lo que nos dará la presión del torniquete apropiada (ver -- ejemplo en el capítulo de distribución depresiones).

En un estudio clínico experimental Reid (25) poste -- rior a la inducción de la anestesia, determinó la presión -- del torniquete neumático a la cual desapareció el pulso pe -- riférico mediante un estetoscopio Doppler. Para la extremi -- dad superior 50 mm de Hg., fueron adicionados a este sistema lo que permitió fluctuaciones en la circulación colateral y la presión sanguínea y en la extremidad inferior fueron adi -- cionados 75 mm Hg. Estas fórmulas fueron derivadas arbitra -- riamente, parcialmente basadas en los hallazgos de que un in -- cremento de menos de 25 mm Hg., arriba de la presión de oclu -- sión Doppler, no hicieron adecuada hemostasia en los estu -- dios preliminares. Un promedio de 189.9 +- 24.1 mm Hg., fue -- ron utilizados para el grupo de la extremidad superior y un promedio de 231.0 +- 26.5 mm Hg., fueron usados para el gru -- po de la extremidad inferior. Las presiones máximas para la extremidad superior fueron de 255 mm Hg y 305 en la extremi -- dad inferior, usándose presiones bajas de aquellas recomenda -- das en los textos de referencia, sin sacrificar la adecuada hemostasia y obteniendo un campo quirúrgico seco.

Rorabeck basado en estudios Doppler podría emplearse la siguiente fórmula para la utilización del torniquete: pa -- ra miembros torácicos, el doble de la tensión arterial prein --

ducción. Esta fórmula es válida para pacientes obesos e hipertensos, ya que el lecho vascular está adaptado a dichas circunstancias. Klenerman sugiere el uso de dos veces la presión sistólica.

En general se encontró la presión a que debe inflarse el torniquete, no es necesario que sea extrema y según se ha visto una presión mayor a los 350 mm Hg., no es necesaria en una extremidad pélvica, lográndose con ello la oclusión de la arteria.

#### Tiempo de Seguridad.

A pesar de que es común su uso diario hay escasos de reportes experimentales y clínicos que sugieren cuanto tiempo es seguro mantener un "campo quirúrgico sin sangre" variando de una a dos horas, con períodos de "liberación" de 10 minutos, después de 90 minutos como fue recomendado por Bunell (1956) estableciendo que en su experiencia cuando el torniquete excedía más de dos horas, había un grado de reacción tisular en forma de induración local en el sitio de la operación. Después de este período el torniquete podría ser reaplicado por un período similar con seguridad (16).

Flatt (6) de 1500 operaciones consecutivas de mano y con un tiempo límite arbitrario de dos horas de aplicación -

de torniquete neumático, con una presión de 250 mm Hg en - - adultos y de 200 mm Hg en niños, sólo dos pacientes presenta ron complicaciones, lesión del nervio radial y cubital, de - la cual se recuperaron; esto se debió a incorrecta calibra - ción del aparato. Por lo que este autor recomienda dos horas como tiempo límite de seguridad.

Klenerman (15,17,19) basado en determinaciones de - - Potasio, Ph, determinación de bicarbonato; notó que los cam - bios en el equilibrio ácido base, en los cambios histológi - cos a nivel de ultraestructura del músculo esquelético, indi - có que un período de 3 hrs., bajo torniquete es seguro.

Heppenstal (11) también en estudios experimentales ba - sados en la determinación de  $P_{O_2}$ ,  $PCO_2$ , Ph y secciones histo - lógicas de músculo, concluye que la isquemia no debe ser - - excedida de una hora a hora y media si los efectos fisiopato - lógicos significativos quieren ser evitados. Si mayor tiempo es requerido, la liberación intermitente del torniquete por 10 minutos al final de cada hora de inflación evitará com - - plicaciones.

Rorabeck (27) sugirió un límite superior de una hora 15 minutos, sin reinflar el torniquete, debido al prolongado tiempo de recuperación del nervio periférico.

En otro estudio orientado para la determinación del tiempo seguro para la reaplicación del torniquete. Mediante la determinación de 3 parámetros (Ph, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> en sangre) encontraron que después de media hora de torniquete el tiempo de recuperación a valores preinflación fue de 3 a 5 minutos, después de una hora de torniquete el intervalo de reajuste tardo entre cinco y diez minutos. El periodo de recuperación después de una hora y media fue mayor de 10 minutos y menor de 15. Finalmente la fase de recuperación de dos horas de torniquete fue siempre mayor de 15 minutos (29).

Si bien no se ha señalado en forma concreta un tiempo máximo de uso del torniquete, si analizamos los casos de conducción nerviosa y los cambios musculares que pueden encontrarse es conveniente no utilizar más de 3 horas de isquemia total. Cuando se planea cirugía de tiempo prolongado deberá tomarse en cuenta el tiempo que tardan los diferentes mecanismos homeostáticos en llevar a la extremidad a la normalidad. Para un tiempo de una hora y media un periodo de 10 minutos mínimo.

Si bien los esfuerzos de los investigadores están centrados en un sistema en el cual se logre el máximo tiempo de isquemia con los menores efectos fisiopatológicos posibles. Desde este punto de vista parece ser que el uso de la hipotermia (24,12) logra disminuir los efectos de la isquemia, -

aunque este concepto sólo se ha publicado en mínimas ocasiones, con este principio sólo se ha operado seis pacientes y los resultados han sido cuestionados por los mismos autores, en cuanto a la introducción de las extremidades en hielo 6 horas antes de la cirugía con el paciente sedado. ¿Qué tan conveniente es el uso de Ni o He helados en el torniquete, sin llegar a producir una lesión más severa que la causada por la presión y por la hipoxia?

#### Hemostasia en Campo Seco.

La hemostasia cuidadosa se ha tenido como un dogma válido en cirugía y es igualmente aplicable cuando se opera en un "campo quirúrgico sin sangre", no obstante, durante el acto quirúrgico a pesar de la colocación adecuada del torniquete y de una presión indicada puede ocurrir salida de sangre por la herida y puede ocurrir en ocasiones debido a la reserva venosa, si la extremidad no ha sido exanguinada adecuadamente. Sin embargo, se ha visto que en modelos animales la salida de sangre por la herida tuvo dos fuentes: tejidos blandos y hueso medular. La compresión externa fácilmente ocluye el sangrado directo de los tejidos blandos, sin embargo la compresión de los vasos nutricios profundos es más difícil. Así la circulación colateral de un hueso medular a tejidos blandos puede ocurrir distal o más proximalmente al sitio del torniquete. El flujo sanguíneo puede resultar después

en partes blandas y hueso medular y probablemente no será -- disminuido a menos por extrema elevación de la presión del -- torniquete. Ha sido sugerido que una venda elástica concén - trica distal al torniquete es usada para disminuir el flujo sanguíneo colateral.

En cirugía de las extremidades con excepción de in - tervenciones en articulaciones grandes, el torniquete puede ser liberado antes del cierre de la herida. Este es un cami no para la prevención de hematomas y existen algunas eviden cias de que hay disminución del dolor en el período postope ratorio. En un procedimiento tan fino como sutura nerviosa la liberación del toniquete es un paso vital antes de que - los extremos nerviosos sean afrontados debido a que un hema toma en el sitio de la sutura puede comprometer grandemente el resultado. Sin embargo en la práctica observamos sangra do en capa importante y en ocasiones es difícil de ocluir - los totalmente, ya que se tiene una hiperemia reactiva y ge - neralmente quedamos con la duda si se debería realizar esta forma de retiro (1,6).

#### Forma de Retiro.

En 1881 Volkman primeramente describió la devastadora parálisis que puede resultar de la colocación de vendajes -- apretados en una extremidad lesionada. Recientemente Garfin

dio evidencia experimental de que un molde puede causar significativa compresión externa de un compartimiento. La combinación de compresión externa y un incremento en el contenido compartimental debido al edema de un trauma o una cirugía puede causar un síndrome compartimental. La compresión de un molde por varias horas puede establecer un círculo vicioso. La presión de cierre arteriolar es excedida y el retorno venoso del compartimiento lleva a que se propague el mismo y la interrupción de este círculo solo puede ocurrir mediante la faciotomía.

Silver y Col (31) han cuestionado la práctica Ortopédica común de aplicar un molde circunferencial en una extremidad exanguinada antes de liberar el torniquete neumático. Esto es hecho con el fin de prevenir el hematoma postoperatorio. Sin embargo los problemas aparecen con estos moldes - mucho más comúnmente que con vendajes flexibles cuando son - usados con férula de yeso para reforzamiento.

Obviamente la exanguinación con venda de Esmarch puede forzar la sangre de la extremidad, resultando en una reducción del volumen de la misma. Cuando el torniquete es liberado, esta cantidad de sangre necesariamente regresa, reexpandiendo la extremidad a su estado basal prexanguinación. - Este grado de edema postorniquete puede potencialmente contribuir a la compresión compartimental con la extremidad en-



## CONCLUSIONES

1. El desarrollo del torniquete, en su comienzo se relaciono con las amputaciones como medio para impedir la hemorragia profusa, posteriormente se aplicó a otros tipos de cirugía con el fin de, además de evitar el sangrado proporcionar un "campo quirúrgico limpio" facilitando las técnicas quirúrgicas y utilizando en todas las especialidades quirúrgicas en donde se involucrara alguna extremidad, haciéndose incluso indispensable en algunos procedimientos quirúrgicos.
2. El conocimiento de la distribución de presiones bajo la venda de Esmarch nos muestra que la presión suministrada es incontrolada, ya que varía con la tensión a la que la someta el cirujano, con el número de vueltas y con las características anatómicas del paciente. Además como la distribución de presiones se concreta hacia el centro del torniquete en lugar de disminuir la posibilidad de lesión nerviosa es mayor, por lo -- que se recomienda de ser posible no utilizarlo.

bre el músculo, disminuyendo su poder de contracción y en el tejido nervioso retardando la conducción y, en casos más severos lesiones irreversibles con daño anatómico.

6. Las investigaciones en relación a las alteraciones metabólicas en la extremidad sometida a isquemia y el tiempo de recuperación hacia valores normales fundamentan al tiempo de "reposo metabólico apropiado" en el que se espera que el organismo hecha a caminar sus mecanismos homeostáticos acercándose a la normalidad. Recomendando que en general cuando se utiliza por una hora y media liberarlo de 10 a 15 minutos y cuando se utiliza por dos horas de 15 a 20 minutos, recomendándonos un tiempo de utilización máximo de 3 horas.
7. No se ha establecido un criterio en cuanto a la intensidad de presión, encontrándose que en la mayoría de los casos y como concenso general de todos los autores, en las extremidades superiores en pacientes normales "se recomienda presiones no mayores de 250 mm Hg y en las inferiores no más de 350 mm Hg.
8. Cuando se utiliza torniquete neumático y se va a aplicar un molde de yeso al final de la cirugía, debe to-

## BIBLIOGRAFIA

1. Bernhard V. M.  
Tourniquet as a substitute for vascular  
clamps in distal bypass surgery.  
Surgery 1980; 6: 709-713
2. Birnstingl M. A.  
Lesiones Vasculares.  
Watson Jones,  
Fracturas y Heridas Articulares.  
3a. ed. J.N. Wilson.  
Tomo 1; 1980: 180-181
3. Bolton C. F.  
Human pneumatic tourniquete paralysis.  
Neurology 1978; 28: 787-793
4. Edmonson A. S.  
Técnicas Quirúrgicas.  
Crenshaw A. H.  
Cirugía Ortopédica de Campbell.  
6a. ed. Ed. Panamericana 1981; 1: 16-17
5. Fahmy N. R.  
Hemostatic changes and postoperative. Deep-Vein  
thrombosis Associated with use of a Pneumatic  
tourniquet.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1981;  
63 A, No. 3: 461-465
6. Flatt A. E.  
Tourniquet time in hand.  
Surgery Arch. Surg 1972; 104: 190-192

7. Fowler J. T.  
Recovery of nerve conduction after a  
pneumatic tourniquet: observations on  
the hind limb of the baboon.  
Journal of Neurology,  
Neurosurgery and Psychiathy 1972;  
35: 638-647
8. Gianestras N. J.  
Occlusion of the tibial artery after a  
foot operation under tourniquet.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1977;  
59 A: 682-683
9. Halj mae H.  
Human skeletal muscle energy metabolism during  
and after complete tourniquet ischaemia.  
Ann surgery 1975; 18 L: 9-14
10. Hamilton W. K.  
Tourniquet Paralysis  
J.A.M.A. 1967; 199 No. 1: 95
11. Heppenstall R. B.  
Pathophysiologic Effects, Distal to a tourniquet  
in the dog.  
The Journal of Trauma 1979; 19 No. 4: 234-238
12. Irving G. A.  
The Protective Role of local Hypothermia in  
tourniquet induced ischaemia of muscle.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1985;  
67 B No. 2: 297-301
13. Irwing G. A.  
Inaccurate tourniquet pressure-gauge readings  
a widespread problem.  
S. Afr. Med. J. 1984; 66: 265-266
14. Jozsa L.  
The effect of tourniquet ischaemia on intact  
tenotomized and Motor nerve injured Human  
Hand Muscles.  
The Hand 1980; 12 No. 3: 235-240

15. Klenerman L.  
Systemic and Local effects of the application  
of a tourniquet.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1980;  
62 B, No. 3: 385-388
16. Klenerman L.  
The tourniquet in Surgery.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1962;  
44 B, No. 4: 937-943
17. Klenerman L.  
Tourniquet time-how long.  
The Hand 1980; 12 No. 3: 232-234
18. Klenerman L.  
The effect of Pneumatic tourniquets on the  
ultrastucture of skeletal muscle.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1979;  
61 B, No. 2: 178-183
19. Klenerman L.  
The effect of Neumatic Tourniquets  
on skeletal muscle.  
Physiology. Acta Orthop. Scand. 1981;  
52: 171-175
20. Klenerman L.  
Limb Blood Flow in the presence of a tourniquet.  
Acta Orthon Scand 1972; 48: 291-295
21. Maclaren C. A.  
The Pressure Distribution under tourniquets.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1985;  
67 A, No. 3: 433-438
22. Nitz A. J.  
Tourniquet compression nerve injury.  
Journal Neurosugery 1982; 57: 660-666

23. Ochoa F. J.  
Anatomical changes in peripheral nerves  
compressed by a pneumatic tourniquet.  
Journal of Anatomy 1972; 113: 433-455
24. Paleta F. X.  
Hypothermia and tourniquet ischaemia.  
Plastic and Reconstructive Surgery 1962;  
29 No. 5: 531-538
25. Reid H. S.  
Tourniquet Hemostasis.  
Clinical Orthopaedics and Related Research 1983;  
177: 230-234
26. Rorabeck C. H.  
Tourniquet-induced nerve ischaemia complicatin  
Knee ligament surgery.  
AM. J. Sports Med. 1980; 2: 98-102
27. Rorabeck C. H.  
Tourniquet-induced Nerve Ischaemia:  
An Experimental Investigation.  
The Journal of Trauma 1980;  
20 No. 4: 280-286
28. Rudge P.  
Tourniquet Paralysis with Prolonges  
Conduction Block.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1974;  
56 B, No. 4: 716-720
29. Shaw F. W.  
Observations on the Effects of  
Tourniquet ischaemia.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1971;  
54 A, No. 7: 1343-1346
30. Shaw J. A.  
The Relationship between tourniquet  
Pressure and underlging soft-tissue.  
Pressure in the Thing.  
The Journal of Bone and Joint Surgery 1982;  
64 A: 1148-1152

31. Silver R.  
Limb Swelling after Release of a tourniquet.  
Clinical Orthopaedics and Related Research 1986;  
206: 86-89
32. Solonen K. A.  
Morphological Changes in striated  
muscle during ischaemia.  
Acta Orthop. Scandinav 1968; 39: 13-19
33. Solonen K. A.  
Metabolic Changes in the Upper Limb  
During tourniquet ischaemia.  
Acta Orthop. Scandinav 1968; 39: 20-32
34. Toontas C. P.  
A disposable pneumatic digital tourniquet.  
The Journal of hand surgery 1986;  
11 A, No. 4: 600-601
35. Weingarden S. I.  
Electromyographic changes in post-menisectomy.  
Patients 1979; 241, No. 12: 1248-1250