



ORIGINAL

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2024;35(1):4-10

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revesppod.2024.1676/2023>

Uso de Presión de Oclusión de Extremidad como método de cálculo de la presión intraoperatoria del torniquete en tobillo en cirugía del antepié: serie de casos prospectiva

Use of Limb Occlusion Pressure as a method for calculation of intraoperative ankle tourniquet pressure in forefoot surgery: a prospective case series

Javier Pascual Huerta¹, Leticia Palacio Fernández¹, Lucía Trincado Villa¹, Antonio González Fernández¹ y Eduardo Mongil Escudero²

¹Clinica del Pie Elcano. Barakaldo, Vizcaya, España. ²Servicio de Anestesia y Reanimación. Hospital Universitario de Galdakao, Vizcaya, España

Palabras clave:

Torniquete neumático, presión, presión de oclusión de extremidad, cirugía del pie, isquemia, tobillo.

Key words:

Pneumatic tourniquet, pressure, limb occlusion pressure, foot surgery, ischemia, ankle.

Resumen

Objetivos: El uso de torniquetes en cirugía del pie puede presentar complicaciones. Se valoró la calidad del campo quirúrgico exangüe y la aparición de complicaciones con el uso de torniquete localizado en el tobillo, determinando la presión mediante el método de Presión de Oclusión de Extremidad (POE).

Pacientes y métodos: Se incluyeron a pacientes intervenidos quirúrgicamente del pie con torniquete en el tobillo. La presión con método POE se determinó con manguito en el tobillo hasta que se perdía el pulso con onda doppler, y al que se añadió un margen de seguridad de 40, 60 u 80 mm Hg si el valor POE era menor de 130, entre 131-190 y mayor de 190 mm Hg, respectivamente. La calidad del campo quirúrgico fue catalogada como Excelente, Buena, Regular y Mala.

Resultados: Se incluyeron un total de 116 pacientes. La media de presión utilizada fue de 192.73 ± 31.73 mm Hg y el tiempo medio de isquemia 73.92 ± 33.09 minutos. La calidad del campo quirúrgico fue Excelente en 84 casos (72.4 %), Buena en 26 casos (22.4 %) y Regular en 6 casos (5.2 %) sin ningún caso de Mala calidad.

Conclusiones: El campo quirúrgico fue considerado como Excelente o Bueno en el 94.8 % de los casos con el uso de presiones sensiblemente inferiores a las clásicamente utilizadas en el tobillo para cirugía del pie. El cálculo de la presión del torniquete en el tobillo mediante el método POE es un método válido y fiable que permite un campo quirúrgico exangüe con mínimas complicaciones.

Abstract

Objetivos: The use of tourniquets in foot surgery can produce complications. It was assessed que quality of surgical field hemostasis and its complications with the use of an ankle tourniquet whose pressure was determined by using the Limb Occlusion Pressure (LOP) method.

Patients and methods: Patients surgically treated with an ankle tourniquet were included. Pressure of the tourniquet was calculated using LOP method with a cuff at the ankle until Doppler stethoscope sound was not detected. A security margin was added of 40, 60 or 80 mm Hg if LOP value was less than 130, between 131-190 or more than 190 respectively. Quality of surgical field was graded as Excellent, Good, Fair and Bad.

Results: A total of 116 patients were included. Mean pressure was 192.73 ± 31.73 mm Hg and mean time of ischemia was 73.92 ± 33.09 minutes. Quality of the surgical field was Excellent in 84 cases (72.4 %), Good in 26 cases (22.4 %) and Fair in 6 cases (5.2 %) with no Bad cases.

Conclusions: The surgical field was considered Excellent or Good in 94.8% of the cases with ankle pressures noticeably lower than those traditionally used in the ankle for foot surgery. The use of LOP method to calculate tourniquet pressures at the ankle is a valid and safe method that allow a bloodless surgical field with minimal complications.

Recibido: 09-10-2023

Aceptado: 04-12-2023



0210-1238 © Los autores. 2024.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

Javier Pascual Huerta
javier.pascual@hotmail.com

Introducción

Los torniquetes quirúrgicos se usan de forma rutinaria en cirugía de las extremidades con el objetivo de mejorar la visualización del campo quirúrgico lo que permite trabajar con mayor precisión técnica en un ambiente seguro y más rápido^{1,2}, evitando lesiones o errores técnicos por falta de visibilidad y disminuyendo las pérdidas de sangre³. A pesar de todos estos beneficios y los avances tecnológicos producidos en el manejo de los torniquetes⁴, su uso no está exento de problemas o riesgos que están bien documentados en la bibliografía⁵⁻⁹.

La isquemia y la presión son los dos factores iatrogénicos principales implicados en el uso de torniquetes intraoperatorios. Los efectos metabólicos están relacionados con las secuelas producidas por la isquemia mantenida, mientras que las lesiones en el tejido nervioso y muscular tienen una relación directa con la compresión local producida por el propio torniquete y con el tiempo que se ha mantenido esa presión local^{10,11}. A fecha de hoy no existe una presión intraoperatoria segura que se pueda usar sin riesgo de lesionar estructuras, y la forma más adecuada de calcular esa presión sigue siendo desconocida.

No obstante, en los últimos años se ha desarrollado el concepto de Presión de Oclusión de la Extremidad (POE) (*Limb Occlusion Pressure* [LOP]), definida como la presión mínima del torniquete para detener el flujo arterial distal al mismo que sería la presión del torniquete que se requiere para mantener un campo quirúrgico exangüe¹². La *Association of periOperative Registered Nurses* (AORN) y la *Association of Surgical Technologists* (ATS) en Estados Unidos recomiendan calcular este valor y utilizarlo como sistema para calcular la presión intraoperatoria del torniquete a la que se le añade un margen de seguridad de 40, 60 o 80 mm Hg, dependiendo de si el valor POE es menor de 130 mm Hg, entre 131 y 190 mm Hg y mayor de 190 mm Hg, respectivamente (Tabla I)^{12,13}. Este sistema se le conoce como método POE (LOP) para calcular la presión intraoperatoria del torniquete en cada paciente concreto.

Diversos estudios han mostrado que el método POE es un sistema válido para conseguir un campo quirúrgico exangüe, minimizando el riesgo de lesionar tejidos sometidos a compresión por el torniquete en adultos¹⁴⁻¹⁷ y en niños¹⁸. Sin embargo, en la mayoría de estos estudios la colocación del manguito se realizó en el muslo o en el brazo, y el uso del POE en otras localizaciones, como la pierna o el tobillo, ha sido mucho menos estudiado. La colocación del torniquete en el tobillo es muy común en la cirugía del pie realizada por podólogos, ya que suele ser mejor tolerado por los pacientes y permite realizar la cirugía con bloqueos anestésicos locales dista-

les en el pie sin necesidad de utilizar anestesia general o bloqueos anestésicos más proximales (poplíteo o raquídeo). Pauers y Carocci¹⁹ estudiaron el efecto de optimizar la presión del torniquete en el tobillo, utilizando 200 mm de Hg, método diferente al del POE, por lo que hasta la fecha no sabemos si este sistema POE es un método válido para calcular la presión intraoperatoria del torniquete cuando la localización es en el tobillo.

Por todos estos motivos, el objetivo del presente estudio trató de valorar la calidad del campo quirúrgico exangüe y la aparición de complicaciones asociadas al uso del torniquete localizado en el tobillo para cirugía del pie, determinando la presión del torniquete con el uso del método recomendado por la AORN y AST basado en el cálculo del POE. Se trata de evaluar si al utilizar este método en el tobillo se consigue un sistema de hemostasia válido que permite un campo quirúrgico exangüe, a la vez que minimiza los problemas asociados al uso del torniquete por la presión ejercida en el tobillo.

Pacientes y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio transversal prospectivo de tipo serie de casos en pacientes intervenidos quirúrgicamente del pie mediante procedimientos que requerían la aplicación de torniquete quirúrgico en el tobillo. La redacción de este artículo se realizó siguiendo las recomendaciones de la guía STROBE para la redacción de estudios observacionales²⁰.

Población de estudio

Se incluyeron a todos los pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente del pie de forma consecutiva en la Clínica del Pie Elcano (Barakaldo, Vizcaya) y que cumplían los siguientes criterios de inclusión: 1) pacientes mayores de 18 años sometidos a intervención quirúrgica en el antepié, realizada con torniquete neumático colocado en el tobillo independiente del tiempo de duración del mismo, y 2) procedimiento realizado mediante anestesia local distal (tobillo o pie) junto con el uso de sedación consciente realizado con anestesiólogo. Se descartaron como criterios de exclusión los casos de cirugía del pie en los que no se utilizó torniquete en el tobillo (por ejemplo, cirugía ungueal) o en los que se utilizó otro tipo de hemostasia, como vasoconstrictores (adrenalina) asociada a anestésicos locales.

Todos los pacientes fueron pacientes privados de la Clínica del Pie Elcano (Bilbao, España) que acudieron al centro de forma voluntaria para el tratamiento de dolor y/o deformidades en el antepié y que aceptaron tratamiento quirúrgico de forma voluntaria. La toma de datos se realizó desde diciembre de 2018 a diciembre de 2022. La realización del presente estudio se cataloga como estudio observacional de tipo de serie de casos con carácter prospectivo cuya realización no alteró ni excedió la práctica clínica habitual o estándar que se realiza en dicho centro.

Protocolo e intervenciones realizadas

Una vez que el paciente estaba en el quirófano se canalizó una vía periférica mediante catéter intravenoso en el brazo y se administró

Tabla I. Método recomendado de determinación de la presión intraoperatoria del torniquete según la AORN y la AST.

Medición de POE	+ Margen de seguridad	POE < 130	40 mm Hg
		POE 131 - 190	60 mm Hg
		POE > 190	80 mm Hg

AORN: *association of perioperative registered nurses*. AST: *association of surgical technologists*. POE: presión de oclusión de la extremidad. mm Hg = milímetros de mercurio.



Figura 1. Medición de la presión de oclusión de la extremidad (POE) con la sonda doppler y el manguito de presión automático.

solución salina 0.9 % junto con fármacos para el procedimiento de sedación consciente realizado por el médico anestesiólogo (E. M. E.). Este procedimiento consistió en la administración de midazolam y fentanilo a dosis bajas ajustadas a peso del paciente y perfusión continua de propofol durante todo el procedimiento (sistema TCI entre 0.5-1.5 mg/ml) para conseguir una sedación con paciente dormido y respiración espontánea que se pudiera despertar a estímulo táctil o de llamada (escala 3 de Ramsay²¹). Justo después de la administración de esta medicación para la sedación consciente, y antes de realizar el bloqueo anestésico local en el pie, se calculó el valor POE en el miembro a intervenir. El valor POE se tomó colocando un manguito de presión automática que calculaba la presión arterial en el tobillo (HEM-M3-7131E; OMRON HEALTHCARE Co., Ltd., Kyoto, JAPAN) y con un doppler bidireccional con sonda de 8 Mhz (Sonoline B, Contect Medical Systems co., Ltd.; China) se localizó el flujo de la arteria pedia distal al manguito de presión. En los casos en los que la arteria pedia no pudo ser localizada (existe un porcentaje en torno al 5 % de la población que presenta ausencia o presencia vestigial de arteria tibial anterior y pedia²²) se utilizó la arteria tibial posterior para realizar dicha medición. Una vez que la arteria estaba perfectamente localizada con la sonda doppler, se realizó el inflado del manguito de presión del tobillo hasta una presión en la que el sonido de la onda doppler desaparecía, lo que indica que la arteria se colapsaba completamente. A continuación, el manguito de presión automático comenzaba a calcular la presión arterial bajando la presión en el tobillo de forma gradual a un ritmo de 3-5 mm de Hg por segundo aproximadamente. En el momento en el que la señal doppler se recuperaba, la presión marcada era estimada como la presión POE (Figura 1). Este procedimiento se realizó siempre con el paciente en decúbito supino (no sentado y con el corazón aproximadamente al nivel de la arteria del pie a explorar) y se repitió 2 veces consecutivas en cada paciente para asegurar la fiabilidad de la medición. Siempre se tomó la presión más alta de las 2 mediciones como la presión POE. No obstante, en los casos en los que se observó una diferencia mayor de 10 mm Hg entre el primer y el segundo registro, se tomó un tercer

registro para dilucidar la presión POE. Todos los cálculos del POE fueron realizados por 2 podólogos autores del artículo (J. P. H. y L. P. F.) que habían practicado previamente de forma conjunta el protocolo a seguir para la realización del cálculo POE. Todos los pacientes fueron monitorizados de forma constante por el anestesiólogo en su pulso cardiaco, presión arterial y saturación de oxígeno durante el procedimiento.

En todos los casos se utilizó un torniquete neumático manual (Komprimeter, Riester®, Phoenix, AZ, EE. UU.) de diseño recto (no contorneado a la extremidad) de 13 cm de anchura. El torniquete se aplicó haciendo previamente un vaciado de sangre mediante barrido con cinta de Smarch aplicada al pie. El tiempo de aplicación del torniquete nunca fue superior a 120 minutos. En los casos en los que el procedimiento se extendió más de 120 minutos, bien se continuó con la técnica sin torniquete ("en húmedo") hasta acabar la cirugía, bien se hizo una pausa de reperfusión por un mínimo de 20 minutos antes de volver a aplicar el torniquete en el tobillo. La nueva aplicación del torniquete nunca excedió los 30 minutos.

Variables y mediciones

Todos los procedimientos quirúrgicos fueron realizados por el mismo profesional podólogo, autor de este artículo (J. P. H.) que estaba al cargo de los pacientes durante el proceso quirúrgico. Una vez finalizada la cirugía, este autor realizó una valoración de la calidad del campo quirúrgico exangüe al finalizar la misma. Esta valoración del campo exangüe se realizó de forma cualitativa y estuvo basada en una escala de cuatro categorías: 1) Excelente: campo quirúrgico intraoperatorio exangüe con excelente visualización; 2) Buena: leve o mínimo sangrado que permite realizar la técnica sin modificar la presión del torniquete; 3) Regular: sangrado intraoperatorio que obliga a subir la presión del torniquete durante la cirugía, no porque la presión del manguito haya bajado, sino porque la presión calculada no permite trabajar por falta de visibilidad del campo; 4) Mala: abundante sangrado intraoperatorio que obliga a repetir el exanguinado del pie. Igualmente se anotaron durante el postoperatorio todas las incidencias o complicaciones que pudieran estar relacionadas con el uso del torniquete durante la cirugía: dolor local en la zona de colocación del torniquete, síntomas neurológicos postoperatorios compatibles con lesión nerviosa producida por el torniquete, lesión en la piel por la compresión ejercida por el torniquete y tromboflebitis y trombosis venosa profunda. Igualmente se anotó la existencia de eventos cardiovasculares o respiratorios inmediatos tras el desinflado del torniquete.

Los datos fueron rellenados durante el preoperatorio e inmediatamente después de la cirugía en una hoja de datos por cada paciente que finalmente fueron pasadas a una base de datos junto con la edad y sexo del paciente, presión arterial sistólica en el brazo, presión arterial sistólica en el tobillo, índice tobillo/brazo (T/B), valor POE, presión del manguito utilizada durante la cirugía y calidad del campo quirúrgico. Se llevó un seguimiento de todos los pacientes durante el curso postoperatorio habitual siguiendo los protocolos habituales del centro donde se llevó a cabo el estudio. Se realizaron consultas postoperatorias hasta el alta, que se realizó mínimo a los 12 meses después de la cirugía. Cualquier incidencia durante dicho periodo, especialmente relacionada con el uso del torniquete, fue seguida y anotada en la base de datos.

Análisis estadístico

Se calculó la media ± desviación estándar de las variables cuantitativas y los porcentajes simples para las variables categóricas. Se obtuvo una estimación mediante porcentajes simples de la calidad del campo quirúrgico exangüe y se analizó la existencia de diferencias en el valor de la presión utilizada y la presión sistólica en brazo y tobillo en los diferentes grupos de calidad del campo quirúrgico (Excelente, Bueno, Regular y Malo) por medio de un test de contraste de hipótesis mediante la prueba H de Kruskal-Wallis (el equivalente no paramétrico al test de ANOVA). Se consideró estadísticamente significativo el valor $p < 0.05$. Todos los cálculos se realizaron mediante el programa IBM SPSS Statistics® (versión 26).

Resultados

Se analizaron un total de 124 pacientes, de los cuales en 8 pacientes faltaba alguna medición que impedía incluirlos en el estudio, por lo que la muestra final fue de 116 pacientes. En 2 de los 116 casos fue imposible localizar su edad y sexo en la hoja de toma de datos, aunque el resto de valores estaban correctamente rellenos, por lo que fueron incluidos en el análisis de presiones y en el cálculo de variables pero no fueron incluidos en el cálculo de la edad y sexo de la muestra. La Tabla II recoge los datos básicos de población de estudio y de las variables del estudio. La media de presión utilizada en el total de la muestra fue de 192.73 ± 31.76 mm Hg y el tiempo medio de isquemia utilizada fue de 73.92 ± 33.09 minutos.

La Tabla III recoge los porcentajes de calidad del campo quirúrgico y los valores de TA sistólica en brazo y tobillo y POE en cada una de las categorías. Utilizando el método descrito con el valor POE, la calidad del campo quirúrgico fue Excelente en 84 casos (72.4 %), Buena en 26 casos (22.4 %) y Regular en 6 casos (5.2 %). No hubo ningún caso de Mala calidad del campo quirúrgico. La prueba H de Kruskal-Wallis no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de calidad del campo Excelente, Buena y Regular, tanto en la presión utilizada ($p = 0.327$) como en la presión arterial sistólica en el brazo ($p = 0.060$) y en el tobillo ($p = 0.076$).

En 9 casos se agotó el tiempo de hemostasia inicial de 120 minutos y se realizó reutilización de hemostasia con torniquete durante la cirugía con un periodo previo de reperusión del pie de entre 20 y 30 minutos (media 27.5 ± 5.2 minutos) para, a continuación, realizar

un segundo tiempo de hemostasia que duró entre 5 y 30 minutos (media 22.2 ± 8.2 minutos). Ninguno de los casos requirió una tercera utilización de hemostasia.

No se registró ningún evento cardiovascular o respiratorio al exangüinarse y al desinflado del torniquete en los pacientes del estudio. Se reportaron complicaciones en 2 pacientes del estudio que pudieran estar relacionadas con el uso de torniquete: una de ellas fue la presencia de trombosis venosa profunda localizada en la pierna intervenida, que fue tratada de forma conservadora en régimen ambulatorio y con seguimiento por su médico de Atención Primaria. Esta paciente tuvo una presión de 195 mm Hg durante 120 minutos y fue una de las pacientes en las que se volvió a aplicar isquemia por 30 minutos después de un periodo de reperusión de 30 minutos. La segunda fue la presencia de dolor postoperatorio de carácter neurológico en el lugar de aplicación del torniquete, que remitió favorablemente a las 4-6 semanas de la intervención sin secuelas. En este caso, la presión utilizada del torniquete fue de 165 mm Hg por 102 minutos de tiempo.

Tabla II. Datos generales de la población de estudio y de las variables estudiadas (n = 116) *.

	Media	DS	Rango
Edad *	62.57	13.60	16 - 90
TA sistólica brazo	132.55	22.43	90 - 195
TA sistólica tobillo	142	51.07	90 - 168
POE	136.43	24.28	75 - 215
Presión utilizada (tobillo)	192.73	31.76	125 - 250
Tiempo isquemia (minutos)	73.92	33.09	11 - 119
Número (%)			
Sexo *	Hombres	23 (19.3 %)	
	Mujeres	93 (80.7 %)	
Pie	Derecho	70 (60.3 %)	
	Izquierdo	46 (39.7 %)	

TA: tensión arterial. POE: presión de oclusión de la extremidad. DS: desviación estándar. * El cálculo de la edad y el sexo se realizó sobre n = 114 y el resto de valores sobre n = 116.

Tabla III. Visualización del campo quirúrgico y presiones asociadas (n = 116).

	Número (%)	POE (Media ± DS)	Presión utilizada (Media ± DS)	IC (95 %) presión utilizada	Presión sistólica brazo (Media ± DS)	Presión sistólica tobillo (Media ± DS)	Presión utilizada - presión sistólica brazo
Excelente	84 (72.4 %)	134.45 ± 23.04	190.90 ± 25.03 *	184.22 - 197.59	129,81 ± 19.84 **	135.55 ± 22.27 ***	60.68 ± 21.25
Buena	26 (22.4 %)	143.54 ± 27.52	200.46 ± 33.51 *	186.93 - 214.0	143.08 ± 25.38 **	166.96 ± 98.67 ***	61.0 ± 21.05
Regular	6 (5.2 %)	133.33 ± 25.03	184.5 ± 39.69 *	142.85 - 226.15	129.83 ± 32.6 **	116.6 ± 16.99 ***	54,67 ± 10.55
Mala	0 (0 %)	-	-	-	-	-	-

POE: presión de oclusión de la extremidad. DS: desviación estándar. IC: intervalo de confianza.

* Prueba H de Kruskal-Wallis ($p = 0.327$). ** Prueba H de Kruskal-Wallis ($p = 0.060$). *** Prueba H de Kruskal-Wallis ($p = 0.076$).

Discusión

Las lesiones en los vasos, nervios u otros tejidos, de forma temporal o permanente, son complicaciones debidas al uso del incorrecto del torniquete durante la cirugía de las extremidades. La mayoría de la literatura sostiene que el trauma mecánico originado por la presión del torniquete es el factor más importante en la patogenia de estas lesiones relacionadas con su uso²³⁻²⁷. Los trabajos clásicos de Ochoa y cols. concluyeron que las lesiones de los nervios estaban causadas por un aumento de la presión en el borde del manguito, que era donde se localizaban histológicamente las lesiones del nervio con desplazamiento de los nódulos de Ranvier, mostrando que se trataba de una neuropraxia por compresión más que una neuropatía isquémica como la causa de la parálisis producida por torniquete^{28,29}. Dentro de este contexto de lesión compresiva del nervio, las lesiones pueden aparecer como consecuencia de la colocación del torniquete en un lugar incorrecto, tamaño incorrecto del mismo, presión excesiva y/o un uso prolongado del mismo generalmente mayor a 2 horas. Determinar la presión adecuada del torniquete que sea suficiente como para crear un campo exangüe y que a la vez evite daño en los tejidos por compresión, es una tarea difícil cuya respuesta se mantiene elusiva. El presente estudio trató de valorar la calidad del campo exangüe en cirugía del pie con el torniquete colocado en el tobillo, utilizando el método recomendado por la AORN y ATS que utiliza en valor POE como referencia. Según el conocimiento de los autores, este es el primer estudio que ha medido la efectividad clínica del uso del POE como método de cálculo de la presión utilizada por el torniquete cuando este se localiza en el tobillo. Esta valoración clínica se había realizado en otros estudios con el método POE en el muslo^{14,16,17} pero no en el tobillo.

En la cirugía del pie realizada por podólogos se han utilizado históricamente durante años torniquetes en el tobillo con un índice mínimo de complicaciones. En un estudio sobre el uso de torniquetes neumáticos en el tobillo en 3027 procedimientos de cirugía podológica, realizados en EE. UU., únicamente se describieron un total de 5 complicaciones³⁰. Sin embargo, la determinación de la presión del torniquete usada en el tobillo no se realiza bajo unos parámetros fijos o estandarizados. Históricamente esta se ha realizado generalmente por medio de 3 métodos. El primero consiste en utilizar siempre una presión fija que no se cambia y que en el muslo suele ser de 350 mm de Hg y en el tobillo de 250 mm Hg. El segundo consiste en ajustar la presión con respecto a la presión arterial sistólica del paciente, añadiendo un incremento que varía entre 75-150 mm Hg dependiendo de la localización anatómica del torniquete, siempre evitando pasar los 250 mm de Hg en el tobillo³¹. El tercer método consiste en utilizar el método POE, recomendado por la AORN y por la ATS^{12,13}, que es el que se ha utilizado en el presente estudio, calculando el valor POE del paciente en el preoperatorio inmediato y añadiendo un margen de seguridad (Tabla I).

El presente estudio ha mostrado que el uso del método POE para el cálculo de la presión del torniquete en el tobillo es un método que permite trabajar bajo un campo quirúrgico exangüe con presiones sensiblemente más bajas que las históricamente utilizadas de 250 mm de Hg en el tobillo. En el presente estudio, en 110 de 116 pacientes (94.8 %) se catalogó el campo quirúrgico de Excelente o Bueno utilizando este método, y la presión media utilizada fue de 190.90 ± 25.03 mm de Hg en los casos que se consideró Excelente

el campo quirúrgico (72.4 % de la muestra total) y de 200.46 ± 33.51 mm de Hg en los casos que se consideró como Bueno el campo quirúrgico (22,4 % de la muestra total). Estos resultados son similares a los reportados por Pauers y Cacori, que usaron un torniquete ligeramente curvo inflado a 200 mm Hg en los que en el 90 % de los casos se obtuvo una hemostasia adecuada con complicaciones postoperatorias mínimas¹⁹. Los resultados del presente estudio hacen pensar que el uso de una presión fija a 250 mm de Hg en el tobillo sobreestima la presión necesaria para conseguir un campo quirúrgico exangüe en el que se puede trabajar de forma confortable. Igualmente, el utilizar un margen de seguridad de 100 mm Hg sobre la presión arterial sistólica^{32,33} puede sobreestimar en muchos casos la presión necesaria para producir un campo quirúrgico exangüe. En el presente estudio, la diferencia de presión arterial sistólica y la presión utilizada en el tobillo utilizando el cálculo del POE fue de 60.43 ± 21.64 mm Hg para el total de la muestra y la Tabla III muestra ese valor en los diferentes grupos de calidad del campo quirúrgico. A tenor de estos resultados, parece que el uso de esta regla (presión arterial sistólica + 100 mm Hg) para el cálculo de la presión del torniquete podría no ser el ideal.

El valor POE está relacionado con diversas variables del propio paciente, como la presión arterial sistólica, el índice tobillo-brazo, el tamaño de la extremidad y las variables externas como el diseño del torniquete (recto o contorneado) y el ancho del torniquete, entre otras. Diferentes autores han tratado de establecer fórmulas que ayuden al cálculo de este valor basándose en muchas ocasiones en la presión arterial sistólica braquial. Diamond y cols.³³ establecieron como fórmula: (presión arterial sistólica x 1.5) + edad como valor mínimo para oclusión. Massey y cols.³⁴ estudiaron diversos factores predictivos para determinar la presión de oclusión arterial en el pie utilizando un torniquete en el tobillo y utilizando diversas variables fisiológicas y antropométricas de los participantes su ecuación de regresión final fue: $(116 \times \text{índice tobillo/brazo}) + (1.37 \times \text{tensión arterial sistólica}) - 159$. Tuncalli y cols. desarrollaron el concepto de presión de oclusión arterial mediante la siguiente fórmula [presión arterial sistólica + 10]/KTP, siendo KTP un coeficiente de amortiguación tisular que los autores establecieron^{35,36}. Por otro lado, McEwey y cols. señalaron que el valor POE puede variar ampliamente con respecto a la presión arterial sistólica medida en el brazo y que esta variabilidad sugiere que calcular la presión del torniquete utilizando únicamente la presión arterial sistólica en el brazo del paciente podría no ser óptima en muchos casos¹⁴. En el presente estudio no se encontraron diferencias en la presión arterial sistólica en los diferentes grupos de calidad del campo quirúrgico: Excelente, Bueno y Regular; aunque se observó una mayor dispersión de los datos del grupo Regular con respecto al grupo Bueno y de estos dos (Regular y Bueno) con respecto al grupo Excelente, tal y como muestran los valores de la desviación estándar de la presión arterial sistólica braquial (Tabla III). Este aspecto también se ve reflejado en la dispersión de la presión final utilizada según los datos de los intervalos de confianza (Tabla III).

Un aspecto a señalar del presente estudio consiste en el uso de sedación consciente en todos los pacientes mediante anestesiólogo. Independientemente de que la presión arterial medida en el brazo sea o no relevante con respecto al cálculo del valor POE, es importante que esta se mantenga estable durante todo el acto quirúrgico con mínimas variaciones. El hecho de mantener al paciente monitorizado constantemente y bajo sedación consciente por el anestesiólogo

ayudó a mantener un nivel estable de presión arterial durante el acto quirúrgico en todos los pacientes del estudio. En este sentido, los resultados obtenidos en el presente estudio deben verse bajo dicho prisma de monitorización constante de la presión arterial y puede que no sean aplicables a otros estudios que no hayan tenido una vigilancia y monitorización estrecha de la presión arterial del paciente durante el intraoperatorio.

Aparte de la prevención de lesiones producidas por la presión, existe otro apartado relevante con el uso de los torniquetes que hace referencia a la presencia de dolor intraoperatorio producido por el torniquete que tiende a aumentar con el tiempo de uso del mismo³⁷. Este es un aspecto importante, ya que permite realizar la cirugía de forma segura y confortable para el paciente con bloqueos anestésicos distales y con sedación intravenosa sin la necesidad de anestesia general o de bloqueos más proximales (poplíteo o raquídeo). Finsen and Kasseh³⁸ concluyeron que el uso de torniquetes en el tobillo es mejor tolerado por los pacientes que cuando estos se usan en la pierna. Es la opinión subjetiva de los autores del presente artículo que el uso de presiones más bajas del torniquete, junto con el uso de sedación intravenosa, retrasa la aparición de dolor asociado al torniquete durante el procedimiento quirúrgico. Desafortunadamente, este aspecto no fue estudiado en el presente trabajo y se necesitarían estudios futuros para comprobar dicha hipótesis.

El periodo inmediato justo después de exanguinación de la extremidad y de desinflado del torniquete presentan potencialmente riesgo de crear inestabilidad hemodinámica en el paciente. El desinflado del torniquete produce efectos sistémicos cardiovasculares, hematológicos, respiratorios y metabólicos producidos por los residuos originados en el tejido una vez que la isquemia se retira y pasa a la circulación central^{39,40}. Igualmente, existe riesgo de crear fenómenos de embolización justo después del desinflado del torniquete de las extremidades que han sido reportados claramente en la literatura⁴¹⁻⁴⁴. En el presente estudio todos los pacientes fueron estrechamente monitorizados y ninguno sufrió ningún evento cardiovascular o respiratorio en el intraoperatorio y postoperatorio inmediatos con el inflado y desinflado del torniquete. Es importante señalar en este sentido que la mayoría de estos eventos han sido reportados con torniquetes en localizaciones más proximales como el muslo, en los que hay mayor de volumen sanguíneo de exanguinación y de desinflado, y mayor cantidad de tejido isquémico expuesto, especialmente muscular, comparado con el uso del torniquete en el tobillo en el que la única zona anatómica exanguinada es el pie. De hecho, un reciente estudio en pacientes operados de hallux valgus/limitus con uso de torniquete en el muslo mostró que los cambios isquémicos más significativos se producían en el tejido muscular y no en el tejido subcutáneo u óseo⁴⁵. Por todo esto, consideramos que la localización en el tobillo es muy segura a efectos cardiovasculares, respiratorios y metabólicos de carácter sistémico.

El presente estudio presenta ciertas limitaciones, por lo que la interpretación de los resultados debe ser tomada con cierta cautela. En primer lugar, la valoración de la calidad campo quirúrgico se realizó de forma subjetiva por medio de una gradación en 4 valores (Excelente, Buena, Regular y Mala). Aunque esta medición ha sido utilizada previamente en otros estudios^{14,16,36}, existe subjetividad inherente a esta valoración que puede haber interferido en los resultados obtenidos. En segundo lugar, el método de medición POE consume tiempo en el quirófano y requiere ciertas habilidades y prácticas del operador

responsable para que sea preciso. Es por esto que es un método muy poco usado en la práctica clínica habitual y estos aspectos creemos que pueden ser una limitación para expandir su uso de forma rutinaria a la práctica clínica en la cirugía del pie.

En conclusión, el presente estudio ha determinado la calidad el campo quirúrgico utilizando un método de cuantificación de la presión del torniquete (método POE) cuando la localización es en el tobillo en cirugía del antepie. La media de la presión utilizada por el torniquete en el presente estudio fue de 192.73 ± 31.73 mm de Hg, lo que supone presiones inferiores a las utilizadas históricamente en el tobillo de forma estándar para la cirugía del pie. La calidad del campo quirúrgico fue considerada como Excelente o Buena en el 94.8 % de los casos. El cálculo de la presión del torniquete en el tobillo mediante el método POE añadiendo un margen de seguridad es un método válido y fiable con el que se obtiene una calidad del campo quirúrgico excelente y buena en la gran mayoría de los casos y con mínimas complicaciones. Los autores opinan que el método de cálculo de la presión debe realizarse de forma individualizada y el uso rutinario de una presión constante de 250 mm Hg en todos los casos debe ser evitado.

Declaración ética

La realización del presente estudio fue aprobada por la dirección del centro y el estudio fue llevado a cabo siguiendo todas las recomendaciones de la Declaración de Helsinki, obteniendo un consentimiento informado de todos los participantes después de una explicación verbal del proyecto. La realización del presente estudio no alteró, ni excedió, ni modificó en ningún momento la práctica clínica habitual o estándar que se venía llevando a cabo para este tipo de pacientes en el centro asistencial donde se realizó, por lo que no se solicitó aprobación por un comité central de ética para investigación clínica.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Financiación

Ninguna.

Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio: JPH, LPF, LTV.

Recogida de datos: JPH, LPF, LTV, EME.

Análisis e interpretación de los resultados: JPH, AGF.

Creación, redacción y preparación del boceto inicial del trabajo: JPH, AGF, EME.

Revisión y aceptación final: JPH, LPF, LTV, AGF, EME.

Bibliografía

- Farhan-Alanie MM, Dhaif F, Trompeter A, Underwood M, Yeung J, Parsons N, et al. The risks associated with tourniquet use in lower limb trauma surgery: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthop Surg & Traumatol.* 2021;31(5):967-79. DOI: 10.1007/s00590-021-02957-7.
- Davey MS, Davey MG, Hurley ET, Kearns SR. Tourniquet use during open reduction and internal fixation of ankle fractures - A systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2022;61(5):1103-8. DOI: 10.1053/j.fas.2022.01.019.
- Singh V, Robin JX, Fieldler B, Rozell JC, Schwarzkopf R, Aggarwal VK. Tourniquet use is associated with reduced blood loss and fewer reoperations in aseptic revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2022;37(8S):S947-S953. DOI: 10.1016/j.arth.2022.01.005.
- McEwen JA. Complications of and improvements in pneumatic tourniquets used in surgery. *Med Instrum.* 1981;15(4):253-7.
- Odinsson A, Finsen V. Tourniquet use and its complications in Norway. *J Bone Joint Surg Br Vol.* 2006;88(8):1090-2. DOI: 10.1302/0301-620X.88B8.17668.

6. Committee on Complications of Arthroscopy, Association of North America. Complications of arthroscopy and arthroscopic surgery: results of a national survey. *Arthroscopy*. 1985;1(4):214-20. DOI: 10.1016/S0749-8063(85)80086-4.
7. Pennsylvania Patient Safety Authority. Strategies for avoid problems with the use of pneumatic tourniquets. *Pennsylvania Patient Safety Advisory*. 2010;7(3):97-101.
8. Ahmed I, Chawla A, Underwood M, Price AJ, Metcalfe A, Hutchinson C, et al. Tourniquet use for knee replacement surgery. *Cochr Database System Rev*. 2020;12:CD012874. DOI: 10.1002/14651858.CD012874.pub2.
9. Migliorini F, Maffulli N, Eschweiler J, Knobe M, Tingart M, Betsch M. Tourniquet use during knee arthroplasty: A Bayesian network meta-analysis on pain, function, and thromboembolism. *Surgeon*. 2022;20(4):241-51. DOI: 10.1016/j.surge.2021.03.004.
10. Fitzgibbons PG, DiGiovanni C, Hares S, Akelman E. Safe Tourniquet Use: A Review of the Evidence. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012;20(5):310-9. DOI: 10.5435/00124635-201205000-00007.
11. Noordin S, McEwen JA, KraghCJF, Eisen A, Masri B. Surgical Tourniquets in Orthopaedics. *J Bone Joint Surg (Am)*. 2009;91(12):2958-67. DOI: 10.2106/JBJS.I.00634.
12. AORN: Recommended practices for the use of the pneumatic tourniquet in the perioperative practice setting. In: Blanchard J, Burlingame B (eds.). *Perioperative Standards and Recommended Practices: For Inpatient and Ambulatory Settings*. Denver, Colorado: Association of periOperative Registered Nurses; 2011. p. 177-89.
13. Association of Surgical Technologists: Recommended Standards of Practice for Safe Use of Pneumatic Tourniquets [Internet]. Littleton, CO, Association of Surgical Technologists; 2007 [Acceso en marzo de 2023]. Disponible en: http://www.ast.org/pdf/Standards_of_Practice/RSOP_Pneumatic_Tourniquets.pdf.
14. McEwen JA, Inkpen K, Younger A. Thight tourniquet safety. *Surgical Technologist*. 2002;34(7):9-19.
15. Tuncali B, Karci A, Bacakoglu AK, Tuncali BE, Ekin A. Controlled hypotension and minimal inflation pressure: a new approach for pneumatic tourniquet application in upper limb surgery. *Anesth Analg*. 2003;97(5):1529-32. DOI: 10.1213/01.ANE.0000081660.97731.91.
16. Tuncali B, Boya H, Kayhan Z, Arac S. Tourniquet pressure settings based on limb occlusion pressure determination or arterial occlusion pressure estimation in total knee arthroplasty? A prospective, randomized, double blind trial. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2018;52(4):256-60. DOI: 10.1016/j.aott.2018.04.001.
17. Younger ASE, McEwen JA, Inkpen K. Wide Contoured Thigh Cuffs and Automated Limb Occlusion Measurement Allow Lower Tourniquet Pressures. *Clin Orthop Rel Res*. 2004;428:286-93. DOI: 10.1097/01.blo.0000142625.82654.b3.
18. Reilly CW, McEwen JA, Leveille L, Perdios A, Mulpuri K. Minimizing Tourniquet Pressure in Pediatric Anterior Cruciate Ligament Reconstructive Surgery: A Blinded, Prospective Randomized Controlled Trial. *J Pediatr Orthop*. 2009;29(3):275-80. DOI: 10.1097/BPO.0b013e31819bcd14.
19. Pauers RS, Carocci M. A low pressure pneumatic tourniquets: Effectiveness at minimum recommended inflation pressures. *J Foot Ankle Surg*. 1994;33(6):605-9.
20. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gotsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. *Ann Intern Med*. 2007;147(8):573-7. DOI: 10.7326/0003-4819-147-8-200710160-00010.
21. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, Goodwin R. Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *Br Med J*. 1974;2(5920):656-9. DOI: 10.1136/bmj.2.5920.656.
22. Sarrafian SK, Kellikian AS. *Angiology*. En: Kellikian AS (ed.). *Sarrafian's anatomy of the foot and ankle: descriptive, topographical, functional*. 3.rd ed. Philadelphia: Walters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 381-427.
23. Masri BA, Eisen A, Duncan CP, McEwen JA. Tourniquet-induced nerve compression injuries are caused by high pressure levels and gradients - a review of the evidence to guide safe surgical, pre-hospital and blood flow restriction usage. *BMC Biomed Eng*. 2020;2:7. DOI: 10.1186/s42490-020-00041-5.
24. Hurst LN, Weiglein O, Brown WF, Campbell G. The pneumatic tourniquet: a biomechanical and electrophysiological study. *Plast Reconstr Surg*. 1981;67(5):648-52. DOI: 10.1097/00006534-198105000-00014.
25. Day RL, Zale BW. The effect of tourniquets on muscle enzymes during foot and ankle surgery. *J Foot Surg*. 1993;32(3):280-4.
26. Klenerman L. Tourniquet paralysis. *J Bone Joint Surg*. 1983;66(4):374-5. DOI: 10.1302/0301-620X.65B4.6874704.
27. McLaren AC, Rorabeck CH. The pressure distribution under tourniquets. *J Bone Joint Surg*. 1985;67(3):433-8. DOI: 10.2106/00004623-198567030-00014.
28. Ochoa J, Fowler T, Gilliat RW. Anatomical changes in peripheral nerves compressed by a pneumatic tourniquet. *Anat*. 1972;113(Pt 3):433-55.
29. Ochoa J, Danta G, Fowler TJ, Gilliat RW. Nature of the nerve lesion caused by a pneumatic tourniquet. *Nature*. 1971;233(5317):265-6. DOI: 10.1038/233265a0.
30. Derner R, Buckholz J. Surgical hemostasis by pneumatic ankle tourniquet during 3027 podiatric operations. *J Foot Surg*. 1995;34(3):236-46. DOI: 10.1016/S1067-2516(09)80054-9.
31. Kim TK, Bammie AB, Sim JA, Park JH. Is lower tourniquet pressure during total knee arthroplasty effective? A prospective randomized controlled trial. *BMC Musculoskel Dis*. 2019;20(1):275. DOI: 10.1186/s12891-019-2636-7.
32. Wakai A, Winter DC, Street JT, Redmond PH. Pneumatic tourniquets in extremity surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2001;9(5):345-51. DOI: 10.5435/00124635-200109000-00008.
33. Diamond EL, Sherman M, Lenet M. A quantitative method of determining the pneumatic ankle tourniquet setting. *J Foot Surg*. 1985;24(5):330-4.
34. Massey KA, Blakeslee C, Martin W, Pitkow HS. Pneumatic Ankle Tourniquets: Physiological Factors Related to Minimal Arterial Occlusion Pressure. *J Foot Ankle Surg*. 1999;38(4):256-63. DOI: 10.1016/S1067-2516(99)80067-2.
35. Tuncali B, Karci A, Tuncali BE, et al. A new method for estimating arterial occlusion pressure in optimizing pneumatic tourniquet inflation pressure. *Anesth Analg*. 2006;102(6):1752-7. DOI: 10.1213/01.ane.0000209018.00998.24.
36. Tuncali B, Boya H, Kayhan Z, Arac S, Camurdan MA. Clinical utilization of arterial occlusion pressure estimation method in lower limb surgery: effectiveness of tourniquet pressures. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2016;50(2):171-7.
37. Kamath K, Kamath SU, Tejaswi P. Incidence and factors influencing tourniquet pain. *Chin J Traumatol*. 2021;24(5):291-4. DOI: 10.1016/j.cjtee.2021.05.002.
38. Finsen V, Kassetth A. Tourniquets in forefoot surgery. *J Bone Joint Surg*. 1997;79(1):99-101. DOI: 10.1302/0301-620X.79B1.0790099.
39. Murphy CG, Winter DC, Bouchier-Hayes DJ. Tourniquet injuries: pathogenesis and modalities for attenuation. *Acta Orthop Bel*. 2005;71(6):635-45.
40. Kumar K, Railton C, Tawfic Q. Tourniquet application during anesthesia: "What we need to know?". *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2016;32(4):424-30. DOI: 10.4103/0970-9185.168174.
41. Darmanis S, Papanikolaou A, Pavlakis D. Fatal intra-operative pulmonary embolism following application of an Esmarch bandage. *Injury*. 2002;33(9):761-4. DOI: 10.1016/S0020-1383(02)00096-7.
42. Feldman V, Biadsi A, Slavin O, Kish B, Tauber I, Nyska M, et al. Pulmonary Embolism After Application of a Sterile Elastic Exsanguination Tourniquet. *Orthopedics*. 2015;38(12):e1160-3. DOI: 10.3928/01477447-20151123-08.
43. Bharti N, Mahajan S. Massive pulmonary embolism leading to cardiac arrest after tourniquet deflation following lower limb surgery. *Anaesth Intensive Care*. 2009;37(5):867-8.
44. Song JE, Chun DH, Shin JH, Park C, Lee JY. Pulmonary thromboembolism after tourniquet inflation under spinal anesthesia - A case report-. *Korean J Anesthesiol*. 2010;59 Suppl(Suppl):S82-5. DOI: 10.4097/kjae.2010.59.S.S82.
45. Hanberg P, Bue M, Kabel J, Jørgensen AR, Søballe K, Stilling M. Tourniquet-induced ischemia and reperfusion in subcutaneous tissue, skeletal muscle, and calcaneal cancellous bone. *APMIS*. 2021;129(4):225-31. DOI: 10.1111/apm.13121.