

# El uso del manguito de isquemia en COT

## *The use of tourniquet in orthopaedic surgery*

Ruiz-Bonilla, María C.<sup>1</sup>  
Delgado-Martínez, Alberto D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UGC de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario Reina Sofía. Córdoba

adelgado@ujaen.es

Rev. S. And. Traum. y Ort., 2015; 33 (2/2): 09-16

Recepción: 02/11/2015. Aceptación: 22/12/2015

### Resumen

El uso del manguito de isquemia es muy habitual en cirugía ortopédica y traumatología. Las recomendaciones básicas actuales son utilizar un manguito lo más ancho posible, bien almohadillado, y lo más distal posible. La extremidad debe exanguinarse con venda de esmarch o mediante elevación, al menos 5 minutos tras la administración del antibiótico profiláctico de la cirugía (si procede). Nunca se debería mantener durante más de dos horas, y en todo caso, siempre el menor tiempo posible. La presión también debe ser la mínima, recomendándose actualmente usar la presión de oclusión del miembro (LOP) más un margen de seguridad. Si se va a cementar, se recomienda usar isquemia, al menos durante el momento de la cementación. Las complicaciones son raras y casi siempre debidas al mal empleo del torniquete. La más frecuente es el dolor postoperatorio. Cada vez se está usando más el manguito en combinación con técnicas de anestesia troncular (muñeca y tobillo). Las contraindicaciones absolutas para el uso del manguito son la neuropatía periférica, la trombosis venosa profunda, la enfermedad de Raynaud, y la enfermedad vascular periférica.

**Palabras clave:** manguito de isquemia, vaciamiento sanguíneo, uso correcto, complicaciones, contraindicaciones

### Abstract

*Application of tourniquet during surgery is very common in Orthopaedics. General guidelines are to use a cuff as wide as possible, to pad the tourniquet properly, and to place it distally. The limb should be exanguinated, by elevating and/or using an Esmarch bandage, at least five minutes after the administration of prophylactic antibiotic. The tourniquet should never be hold more than two hours, and in any case, it should be released as soon as possible. Use of lowest effective inflation pressure is the standard, moreover, use of the Limb Occlusion Pressure (LOP) with a safety margin has been currently advocated. It is also recommended to use the tourniquet at least during cementation. In addition, combination of tourniquet with regional anesthesia techniques (wrist and ankle) is becoming more popular. Complications are rare and usually due to a wrong use of the tourniquet. The most common is postoperative pain. Absolute contraindications for the tourniquet are peripheral neuropathy, deep vein thrombosis, Raynaud's disease and peripheral vascular disease.*

## Introducción

El término torniquete fue acuñado por el cirujano francés Jean Louis Petit tras emplear un cinturón como dispositivo para reducir las pérdidas de sangre en las amputaciones. Deriva del verbo francés *tourner*, que significa “dar la vuelta”. En el escenario quirúrgico llamamos manguito de isquemia a la herramienta que nos permite realizar un clásico torniquete.

El manguito de isquemia neumático moderno (el que tenemos habitualmente en los hospitales) fue inventado por James A McEwan en los años 80, y consta de un manguito inflable, una fuente de gas comprimido y un regulador de presión controlado por microprocesador, que mantiene la presión del manguito establecida con variaciones del 1%.

Es un instrumento indispensable para la cirugía de las extremidades porque gracias a él obtenemos un campo quirúrgico exangüe con una exposición clara de la anatomía. Esto reduce la incidencia de dificultades técnicas durante el acto quirúrgico, el tiempo operatorio, y el sangrado.

Actualmente existe mucha evidencia respecto a cómo se debe usar el manguito de isquemia. Sin embargo, unas veces por desconocimiento, otras por desinterés, no siempre se utiliza adecuadamente. El objetivo de este trabajo es sintetizar toda la evidencia disponible sobre el uso del manguito de isquemia en COT.

## Tamaño y lugar de colocación del manguito

En general, se recomienda utilizar el manguito más ancho posible. Crenshaw et al. midieron la presión del tejido en las extremidades de cadáveres a cuatro profundidades después de la aplicación del manguito. Encontraron que con los manguitos anchos se obtenía un perfil de variación de presión más gradual en todas las profundidades del tejido, con cambios relativamente pequeños entre los picos de presión en la posición media de la anchura del manguito, y las presiones más bajas en la periferia<sup>19</sup>. También encontraron que los manguitos más anchos requieren menos presión para detener el flujo. Graham et al. describen una relación inversa entre la presión y la anchura del manguito. Los manguitos contorneados (no recto estándar) y anchos, son los favoritos para lograr una presión de oclusión más baja<sup>5</sup>.

Respecto al lugar para colocar el manguito, antiguamente se pensaba que sólo se podían poner en lugares donde hubiese un solo hueso (en antebrazo y pierna se pensaba que no se conseguía isquemia en la membrana interósea), y sólo si éstos estaban recubiertos de abundante masa muscular (no en zonas con huesos subcutáneos, como el codo). Esto hoy en día se sabe que no es así, ya que con los modernos manguitos hinchables, la presión se distribuye de forma uniforme entre todos los tejidos bajo el manguito. Por lo tanto, hoy día se pueden colocar en cualquier lugar<sup>21,25</sup>.

Los manguitos se colocan convencionalmente en la parte superior del brazo en la cirugía del miembro superior. No se suelen colocar en el antebrazo, a pesar de estar respaldados por la literatura. Cuanto más distales se colocan, provocan menor dolor. Hutchinson y McClinton han demostrado que para los procedimientos quirúrgicos menores bajo anestesia local de menos de 30 minutos los manguitos de isquemia en el antebrazo son mejor tolerados y producen menos dolor. Se han colocado justo proximales a la muñeca (Delgado-Martínez<sup>18,22</sup>), consiguiéndose excelentes resultados en términos de dolor y de realización de cirugías de la mano de hasta una hora de duración sin complicaciones (por ejemplo, fasciotomías en la enfermedad de Dupuytren). Finsen y Delgado-Martínez obtuvieron los mismos resultados en miembro inferior<sup>20,21,26</sup>.

En resumen, actualmente se recomienda utilizar el manguito más ancho posible, y en la posición más distal posible.

## Modo de vaciar la extremidad y momento de colocación del manguito

Existen varias formas de conseguir el vaciamiento sanguíneo de la extremidad antes de inflar el manguito. El vaciamiento mecánico consiste en aplicar presión sobre la zona distal al manguito antes de inflarlo. Esto se puede hacer mediante venda de Esmarch (venda elástica de goma que se coloca de distal a proximal en el miembro, ideada por el cirujano alemán Johann von Esmarch) (Figura 1) o con el sistema Rhys – Davies (Figura 2) (“isquemia blanca”). Cuando este tipo de vaciamiento está contraindicado, como por ejemplo en la anemia falciforme, o nuestra cirugía requiere una identificación más clara de los vasos sanguíneos, o tratamos con infecciones o tumores<sup>23</sup> realizaremos una elevación



**Fig. 1:** Exanguinación mediante venda de esmarch.



**Fig. 2:** Sistema Rhys Davies. Cilindro elástico que rodea la extremidad y que se coloca desde distal a proximal, hasta la altura del manguito, y después se infla, para realizar el vaciamiento sanguíneo. Evita la movilización de miembros fracturados durante la exanguinación.

simple durante cinco minutos a 90° antes de aumentar la presión del manguito (“isquemia roja”). La limpieza del manguito y las vendas utilizadas para hacer el vaciamiento debe ser meticulosa. Pueden poner en riesgo la esterilidad del campo quirúrgico<sup>1,8</sup>. La correcta esterilización de las vendas de esmarch implica enrollarlas junto con una venda convencional para que el calor de la esterilización penetre bien entre las capas.

El manguito debe inflarse al menos 5 minutos después de que haya finalizado cualquier administración de antibiótico por vía intravenosa, para permitir la perfusión tisular adecuada con los antimicrobianos<sup>5</sup>.

## Tiempo y presión de isquemia seguros

No hay una duración exacta de isquemia que se considere segura, es importante minimizar el tiempo, para minimizar las potenciales complicaciones. Recientemente, los estudios en humanos han demostrado que la disfunción muscular se produce después de 2 horas. La deflación del torniquete durante la cirugía prolongada para permitir la reperfusión de los tejidos es un punto controvertido. Hay autores que defienden que si se superan las dos horas de cirugía, el manguito debe ser desinflado durante 5 minutos por cada 30 que sobrepasen las dos horas<sup>2,16</sup>; sin embargo, en otros artículos se recoge que no hay evidencia clara para la reperfusión<sup>5</sup>.

La presión a la que un manguito de isquemia debe inflarse depende de muchas variables: edad, presión sanguínea, piel, forma y tamaño de la extremidad, así como las dimensiones del manguito. Sin embargo, muchos cirujanos siguen utilizando una presión de referencia: para el miembro superior 250 mmHg, y 300 mmHg para el muslo; y otros utilizan la presión arterial sistólica (PAS) más un margen estándar de seguridad, que suele ser de 100 mmHg para el brazo, y de 100-150 mmHg para el miembro inferior<sup>20</sup>. Pero la presión no es constante, pudiendo sufrir cambios durante la intervención quirúrgica. Con idea de salvar estas variaciones se han creado sistemas sincronizados con la PAS, en los que la presión del manguito se regula automáticamente a 100 mmHg adicionales a la PAS y se renueva en intervalos de 2,5 minutos<sup>6,7</sup>.

Pero estos métodos de cálculo de presión no son exactos. Actualmente la Presión de Oclusión del Miembro (LOP) es la utilizada para calcular la presión de inflado del manguito. Este método ha sido desarrollado por la Asociación de Enfermeras que trabajan en quirófano, con la idea de minimizar la presión aplicada al manguito, disminuyendo así las complicaciones asociadas. Para calcular este parámetro utilizan una sonda Doppler sobre una arteria distal, comprobando a qué presión se ocluye la arteria. También existen sistemas de isquemia avanzados capaces de medir la LOP automáticamente, con una precisión comparable a la técnica manual. Un margen de seguridad se añade al valor de LOP para cubrir las fluctuaciones en la presión arterial intraoperatoria. Si la LOP es < 130mmHg, el margen de seguridad es de 40 mmHg; para una LOP 131-190mmHg, el margen es de 60 mmHg; y si la LOP

es > 190 mmHg, el margen es de 80 mmHg. Para los pacientes pediátricos el margen de seguridad es estándar, 50 mmHg<sup>27</sup>.

Los estudios han demostrado que la presión del manguito basada en LOP medida inmediatamente antes de la cirugía es generalmente menor que las presiones del manguito comúnmente utilizadas, y es suficiente para mantener un campo quirúrgico adecuado. Levy et al. encontraron que la presión media del manguito calculada mediante este método fue de 202,3 ± 34,2 mmHg para la hemostasia adecuada en el miembro superior, que estaba muy por debajo de los valores estándar que se utilizaban clásicamente<sup>16,5</sup>.

Las dimensiones del manguito también influyen a la hora de establecer la presión del manguito<sup>20</sup>. Crenshaw et al. encontraron que los manguitos más anchos requieren menos presión para detener el flujo. Graham et al. coincidían en esta idea y además observaron que los manguitos contorneados (no recto estándar) son los favoritos para lograr una LOP más baja<sup>5</sup>.

## Efectos sobre la técnica quirúrgica

El efecto de la isquemia sobre la cementación ha sido ampliamente discutido. En cirugías con isquemia hay menos sangre en el campo y teóricamente se logra una mejor cementación, sin embargo se desconoce en la actualidad si aumentan los aflojamiento mecánicos de los componentes en el tiempo cuando no se usa isquemia. En la cirugía de cadera se obtiene una buena interfaz hueso-cemento sin tiempo de isquemia<sup>3,13</sup>. La recomendación actual (empírica) es realizar isquemia siempre que se vaya a cementar, e incluso algunos autores que no usan isquemia, la ponen sólo durante el breve instante de la cementación, para así aumentar la interdigitación cemento-hueso<sup>15</sup>.

Respecto a la pérdida de sangre, la isquemia si disminuye la pérdida de sangre intraoperatoria, pero por otro lado aumenta la pérdida oculta de sangre (que es la sangre residual en la articulación y la extravasada a los tejidos una vez que se suelta la isquemia<sup>3,12</sup>). Para evitar esto, se ha propuesto realizar siempre una buena hemostasia liberando el manguito antes de cerrar, aunque esto no ha demostrado en series largas que disminuya el sangrado final global. El número de transfusiones es similar en cirugías llevadas a cabo con o sin isquemia<sup>14</sup>.

Cuando el manguito se coloca en algunas posiciones concretas (por ejemplo en la extremidad distal del antebrazo) se pueden apretar los tendones de la mano sobre el hueso, haciendo que la mano se flexione<sup>22</sup>. Esto se ha comprobado que es reductible y no suele provocar problemas a la hora de la cirugía, pero es necesario tenerlo en cuenta, por ejemplo, para no realizar cirugía de tendones con el manguito colocado en antebrazo (puede afectar al balance final de tensiones de los mismos).

## Complicaciones

La literatura expone que el riesgo de complicaciones relacionadas con el manguito de isquemia puede reducirse significativamente mediante la selección de presiones de inflado del manguito basándose en la LOP, y por una mejor comprensión del nivel real de la presión dentro del tejido blando, los efectos del ancho y el contorno del manguito<sup>27</sup>.

Los estudios actuales sugieren que las complicaciones asociadas al manguito de isquemia son raras. Recientemente en Noruega se han publicado 26 complicaciones en aproximadamente 63.484 procedimientos quirúrgicos con isquemia<sup>5</sup>.

La investigación clínica, sobre todo en animales, sugiere que las complicaciones están en relación con el tiempo, y esto ha llevado a la práctica generalizada de limitar el uso de isquemia a menos de 2 horas<sup>27</sup>.

Las complicaciones más frecuentes son:

1. Dolor postoperatorio: en un estudio realizado en 70 pacientes intervenidos de artroplastia total de rodilla, los autores concluyen que en los pacientes que no utilizaron manguito de isquemia, el dolor postoperatorio fue menor y el consumo de analgésicos también, siendo la mejora de la movilidad de la rodilla más rápida que en el grupo de pacientes en los que si se utilizó isquemia. Pasados seis y doce meses no se encontraban diferencias en cuanto a dolor y funcionalidad<sup>14</sup>.

En otro estudio, también realizado sobre pacientes a los que se implantó una prótesis total de rodilla (PTR), se obtuvieron los siguientes resultados: los pacientes intervenidos sin isquemia tenían menos dolor en los 2-4 primeros días. Y los intervenidos con isquemia tenían menos actividad muscular en el cuádriceps medida por electromiografía

superficial. A los seis meses no encontraron diferencias entre ambos grupos<sup>13</sup>.

2. Lesiones de la piel. Pueden ser de varios tipos:

a. En la zona de piel debajo del manguito, puede haber quemaduras por fricción, debido al movimiento del manguito. Son los típicos pliegues transversos que se ven en la piel al retirar el mismo (Figura 3). Para prevenirlo es esencial almohadillar con un algodón suave de buena calidad la zona entre la piel y el manguito<sup>17</sup>. Otro tipo de lesiones en esta zona (más raras) son las quemaduras químicas con la solución antiséptica del lavado prequirúrgico que



Fig. 3: Lesiones de la piel por fricción del manguito.

resbala y se mantiene bajo el manguito de isquemia hasta finalizar la cirugía.

b. En la zona de piel distal al manguito, la hiperemia reactiva y el aumento de actividad fibrinolítica tras la liberación del manguito conduce a hipoxia tisular y a un compromiso de la cicatrización de las heridas<sup>3</sup>.

3. Lesión nerviosa: la incidencia varía en la literatura (va desde 1 en 750 a 1 en 11000). Lo que sí está claro es que a mayor presión y tiempo, mayor riesgo de daño nervioso. Hace años se pensaba que, colocando el manguito en el muslo o la pantorrilla, se disminuía la presión directa ejercida sobre los nervios subyacentes, ya que las partes blandas «amortiguaban» la presión sobre los nervios. Sin embargo, recientemente se ha demostrado que las presiones que suministra un manguito de isquemia en la superficie de la piel, son muy similares a las que se producen en los nervios subyacentes, aunque éstos estén rodeados de abundantes partes blandas. La razón de esto es que el tejido es incompresible, por lo que no es capaz de disminuir la presión ejercida sobre los nervios. Por ello, lo más importante es disminuir la presión de hinchado del manguito<sup>21</sup>.

En la extremidad superior el nervio radial es el más propenso a las lesiones. El daño irreversible es raro, suele tratarse de neuroapraxia, con un período de recuperación estimado entre 2 y 6 meses.

En un estudio neurofisiológico realizado a 20 pacientes pasados tres días tras la implantación de una artroplastia total de rodilla, en los que la presión media del manguito fue de 237 mmHg, solo se encontró una amplitud de respuesta del nervio sensorial en un paciente, en el que la presión del manguito fue más alta a la de la población del estudio, 294 mmHg<sup>11</sup>.

4. El daño muscular debajo y distal al manguito se ha demostrado en estudios clínicos y animales. La concentración de creatina fosfoquinasa sérica (CPK) se eleva en respuesta al daño muscular en el lugar donde se coloca el manguito y distal a él, y se ha empleado en los estudios como un indicador sobre los tiempos seguros de aplicación de isquemia.

Después de la deflación puede sobrevenir, aún más, la lesión celular por la congestión microvascular, pudiendo desarrollar el paciente un síndrome postisquemia, experimentando debilidad, rigidez y adormecimiento de las extremidades. Su incidencia es tal vez subestimada debido a la ocultación, por rutina, de la extremidad con un yeso o vendaje postoperatorio. Este síndrome, por lo general se resuelve en una semana, aunque el período de recuperación puede ser prolongado<sup>19</sup>.

5. Aumento del riesgo de eventos tromboticos. La formación de trombos se relaciona con estasis venosa, lesión endotelial y cambios humorales, todos favorecidos por la isquemia<sup>3</sup>. Se ha encontrado mayor actividad fibrinolítica tras el uso de torniquete, sin embargo, hasta la fecha en ninguno se ha encontrado una relación clara entre el uso de torniquete y el aumento de riesgo de trombosis venosa profunda<sup>27</sup>.
6. Síndrome metabólico en el momento de la reperfusión, debido al paso de metabolitos tóxicos a la circulación sanguínea. Clínicamente se caracteriza por acidosis metabólica, hiperpotasemia, mioglobulinemia, mioglobinuria e insuficiencia renal (similar al síndrome de aplastamiento). Para prevenirlo es fundamental una buena hidratación postoperatoria<sup>24</sup>.

## Manguito de isquemia y anestesia

El manguito de isquemia se suele utilizar en una zona que ha sido previamente anestesiada, mediante anestesia general o regional. Esta anestesia debe incluir la zona del manguito y toda la zona sujeta a isquemia, porque ésta es dolorosa.

Sin embargo, cuando la cirugía es de corta duración, puede usarse el manguito sin anestesia en la zona donde asienta el mismo, como por ejemplo para realizar destechamientos del túnel carpiano<sup>25</sup>.

Otra opción es realizar bloqueos nerviosos justo en la zona donde se coloca el manguito, de forma que es posible realizar cirugías de hasta 1 hora de

duración con el uso de anestesia troncular en tobillo<sup>20,21</sup> y muñeca<sup>18,22</sup>.

## Contraindicaciones

Se consideran contraindicaciones para su uso la neuropatía periférica, trombosis venosa profunda en la extremidad, enfermedad de Raynaud, enfermedad vascular periférica. Son contraindicaciones relativas los miembros con infección severa, pacientes con pobre reserva cardíaca y extremidades traumatizadas. La anemia de células falciformes también es una contraindicación relativa, ya que en pacientes con enfermedad de células falciformes y rasgos, se ha utilizado isquemia con una tasa de complicación del 12,5 %<sup>4</sup>.

## Conclusiones

- El uso de manguitos neumáticos lo más anchos posibles, bien almohadillados, y localizados lo más distal posible, permiten reducir las presiones aplicadas a los tejidos subyacentes y la zona sujeta a isquemia, disminuyendo la tasa de complicaciones.
- Se recomienda utilizar la menor presión posible. Para ello, las mediciones de presión de oclusión del miembro (LOP) permite aplicar la mínima presión garantizando una isquemia efectiva.
- No hay una duración completamente segura de la isquemia. Minimizar siempre. En todo caso nunca más de dos horas.
- Más presión y más tiempo están en relación con más complicaciones, sobre todo dolor postoperatorio y lesiones en músculos, nervios y piel.
- Evitar el uso del manguito en pacientes con neuropatía periférica, antecedentes de trombosis venosa profunda (TVP), enfermedad de Raynaud o enfermedad vascular periférica.

### Conflicto de intereses:

*Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés relacionado directa o indirectamente con el contenido del artículo.*

## Bibliografía

1. Sahu SK, Tudu B, Mall PK. Microbial colonisation of orthopaedic tourniquets: A potential risk for surgical site infection. *Indian J Med Microbiol.* 2015 Feb;33 Suppl:S115-8. doi: 10.4103/0255-0857.150910. PubMed PMID: 25657127
2. Drolet BC, Okhah Z, Phillips BZ et al. Evidence for safe tourniquet use in 500 consecutive upper extremity procedures. *Hand (N Y).* 2014 Dec;9(4):494-8. doi: 10.1007/s11552-014-9667-1. PubMed PMID: 25414611.
3. Zhang W, Li N, Chen S et al. The effects of a tourniquet used in TKA: a metaanalysis. *J Orthop Surg Res.* 2014; 9: 13. Published online 2014 March 6. doi: 10.1186/1749-799X-9-13. PubMed PMID: 24602486. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3973857/>
4. Sharma JP, Salhotra R. Tourniquets in orthopedic surgery. *Indian J Orthop.* 2012 Jul-Aug; 46(4): 377–383. doi: 10.4103/0019-5413.98824. PubMed PMID: 22912509. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3421924/>
5. Oragui E, Parsons A, White T et al. Tourniquet use in upper limb surgery. *Hand (N Y)* 2011 June; 6(2): 165–173. Published online 2010 December 8. doi: 10.1007/s11552-010-9312-6. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3092892/>
6. Hong-yun Liu, Jun-yan Guo, Zheng-bo Zhang et al. Development of adaptive pneumatic tourniquet systems based on minimal inflation pressure for upper limb surgeries. *Biomed Eng Online.* 2013; 12: 92. Published online 2013 September 23. doi: 10.1186/1475-925X-12-92. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3848664/>
7. Junko Sato, Yoshinori Ishii, Hideo Noguchi et al. Safety and efficacy of a new tourniquet system. *BMC Surg.* 2012; 12: 17. Published online 2012 August 15. doi: 10.1186/1471-2482-12-17. <http://www.biomedcentral.com/1471-2482/12/17>
8. SMY Ahmed, R Ahmad, R Case et al. A study of microbial colonisation of orthopaedic tourniquets. *Ann R Coll Surg Engl.* 2009 March; 91(2): 131-134. doi: 10.1308/003588409X359402. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2749350/>
9. Chander Grover, Soni Nanda, Belum Siva Nagi Reddy. Gauze strip tourniquet for nail surgery. *J Cutan Aesthet Surg.* 2014 Jul-Sep; 7(3): 164–166. doi: 10.4103/0974-2077.146673. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4271298/>
10. O. Templeton-Ward, J. Feher, P. Davey. The use of the S-MART tourniquet in hand surgery: a safe and effective way to provide a bloodless field. *Surg Res Pract.* 2014; 2014: 402184. Published online 2014 January 2. doi: 10.1155/2014/402184. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4208589/>
11. Charlotta Olivecrona, Richard Blomfeldt, Sari Ponzer et al. Tourniquet cuff pressure and nerve injury in knee arthroplasty in a bloodless field. *Acta Orthop.* 2013 April; 84(2): 159–164. Published online 2013 April 18. doi: 10.3109/17453674.2013.782525. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3639336/>
12. Sen Chen, JianPing Li, Hao Peng et al. The influence of a half course tourniquet strategy on peri operative blood loss and early functional recovery in primary total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 2014 February; 38(2): 355–359. Published online 2013 November 21. doi: 10.1007/s00264-013-2177-x. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3923944/>
13. David Liu, David Graham, Kim Gillies et al. Effects of tourniquet use on quadriceps function and pain in total knee arthroplasty. *Knee Surg Relat Res.* 2014 December; 26(4): 207–213. Published online 2014 December 2. doi: 10.5792/ksrr.2014.26.4.207. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4258487/>
14. Ashir Ejaz, Anders C Laursen, Andreas Kappel et al. Faster recovery without the use of a tourniquet in total knee arthroplasty. *Acta Orthop.* 2014 August; 85(4): 422–426. Published online 2014 July 14. doi: 10.3109/17453674.2014.931197. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4105775/>
15. Rupesh Tarwala, Lawrence D. Dorr, Paul K et al. Tourniquet use during cementation only during total knee arthroplasty: a randomized trial. *Clin Orthop Relat Res.* 2014 January; 472(1): 169–174. Published online 2013 July 9. doi: 10.1007/s11999-013-3124-2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3889429/>
16. Jai Prakash Sharma, Rashmi Salhotra Tourniquets in orthopedic surgery. *Indian J Orthop.* 2012 Jul-Aug; 46(4): 377–383. doi: 10.4103/0019-5413.98824. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3421924/>
17. Yalçınkaya M1, Sökücü S, Erdoğan S et al. Tourniquet use in orthopedic surgery: a descriptive survey study among Turkish orthopedic surgeons and residents in Istanbul. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2014;48(5):483-90. doi: 10.3944/AOTT.2014.14.0068. <http://www.aott.org.tr/article/view/5000077732/5000071737>
18. Delgado-Martínez AD; Marchal JM, Blanco F et al. Distal forearm tourniquet for hand surgery. *Int Orthop.* 2004 Oct;28(5):267-9. Epub 2004 Jul 24. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3456980/>
19. Wakai A1, Winter DC, Street JT et al. Pneumatic tourniquets in extremity surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2001; 9: 345-351. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11575914>.

20. Delgado-Martínez AD, Marchal JM. Technique tip: supramalleolar ankle block anesthesia and ankle tourniquet for foot surgery. *Foot Ankle Int.* 2001; 22:836–838. <http://fai.sagepub.com/content/22/10/836.extract>
21. Delgado-Martínez AD, Marchal Escalona JM; Molina Martínez M et al. Manguito de isquemia en el tobillo para cirugía del antepie. *Rev Ortop Traum*, 2001;45:497-501. <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-cirugia-ortopedica-traumatologia-129-articulo-manguito-isquemia-el-tobillo-cirugia-13024047>
22. Delgado-Martínez, AD; Marchal, J. Distal forearm tourniquet with forearm block: a useful combination of techniques for long-lasting surgeries. *Techniques in Orthop* 2012; 27:267-8. [http://journals.lww.com/techortho/Fulltext/2012/12000/Distal\\_Forearm\\_Tourniquet\\_With\\_Forearm\\_Block\\_\\_A.10.aspx](http://journals.lww.com/techortho/Fulltext/2012/12000/Distal_Forearm_Tourniquet_With_Forearm_Block__A.10.aspx)
23. Delgado Martínez, AD *Cirugía ortopédica y traumatología*, 3ª ed. Madrid. Editorial médica panamericana” 2015.
24. Sever MS, Vanholder R. Recommendation for the management of crush victims in mass disaster. *Nephrology, Dialysis, transplantation* 27 suppl 1 (2012):i1. [http://ndt.oxfordjournals.org/content/27/Suppl\\_1/i1.long](http://ndt.oxfordjournals.org/content/27/Suppl_1/i1.long)
25. Odinson A, Finsen V. The position of the tourniquet on the upper limb. *The journal of bone and joint surgery. British volume* 2002 Mar;84(2):202-4. <http://www.boneandjoint.org.uk/content/jbjsbr/84-B/2/202.full.pdf>
26. Finsen V, Kasseth AM. Tourniquets in forefoot surgery: less pain when placed at the ankle. *The journal of bone and joint surgery. British volume* 1997 Jan;79(1):99-101. <http://www.boneandjoint.org.uk/content/jbjsbr/79-B/1/99.full.pdf>
27. Fitzgibbons PG, Digiovanni C, Hares S, Akelman E. Safe tourniquet use: a review of the evidence. *J Am Acad Orthop Surg.* 2012; 20:310-9. <http://www.jaaos.org/content/20/5/310.long>