



تورنیکه در جراحی اندام‌ها: مروری بر تاریخچه، انواع و عوارض آن

*دکتر علیرضا سعید، **فاطمه عرب نژاد، ***دکتر عالیا آیت‌اللهی موسوی

«دانشگاه علوم پزشکی کرمان»

خلاصه

تورنیکه وسیله‌ای است که به کمک آن جلوی ورود و خروج خون به اندام گرفته می‌شود. استفاده از آن در اعمال جراحی به سال ۲۰۰ قبل از میلاد، یعنی امپراطوری رومی‌ها برمی‌گردد. این روش در آن زمان مخصوصاً در قطع اندام مورد توجه قرار گرفته بود. انواع تورنیکه در طول تاریخ مورد استفاده جراحان قرار گرفته‌اند و مرتباً تغییراتی در طراحی آن داده شده است. حتی اگر امروزه استفاده از تورنیکه در جراحی‌های ارتوپدی، عروق و پلاستیک متداول نباشد، می‌توان آن را امری بسیار شایع دانست و این امر کمک بسیار زیادی به جراحان کرده است. تورنیکه بدون عوارض و خطر نیست و جراح بایستی از این عوارض و روش استفاده از آن آگاهی کامل داشته باشد. در این مقاله به تورنیکه بادی، موارد استفاده و عوارض آن پرداخته شد. واژه‌های کلیدی: تورنیکه، اندام انتهایی، عوارض

دریافت مقاله: ۸ ماه قبل از چاپ؛ مراحل اصلاح و بازنگری: ۲ بار؛ پذیرش مقاله: ۲۵ روز قبل از چاپ

Tourniquet in Surgery of the Limbs: a Review of History, Types and Complications

*Alireza Saied, MD; **Fatemeh Arabnejad; ***Alia Ayatollahi Moussavi, MD

Abstract

Tourniquet is a device that prevents blood entrance and exit from a limb. Its use goes back to 200 years BC- the Roman emperors' era - and has been utilized especially in amputations. During the history, several types of tourniquets have been used by surgeons and its design has changed regularly. Nowadays tourniquet is used very often in orthopaedic, vascular and plastic surgery. Although its usage is not routine, but it is a great help to the surgeon. Tourniquet, like other techniques has risks and side effects and the surgeons have to be aware of them as well as its proper use. This article mainly deals with pneumatic tourniquet, its usage and complications.

Keywords: Tourniquets; Extremities; Complications

Received: 8 months before printing ; Accepted: 25 days before printing

مقدمه

اولین تلاش‌های ثبت شده برای جلوگیری از خونریزی شریانی به وسیله «سوشروتا»^(۱)، پزشک هندی و «پدر علم و هنر جراحی»^(۱) در سال‌های ۶۰۰ قبل از میلاد انجام شد. وی در آن زمان با تکه‌های چرمی که خودش ساخته بود، بر روی شریان‌هایی که به وجود آنها پی برده بود فشار وارد آورد^(۲). حتی گفته شده او از آنچه امروزه تورنیکه نام دارد استفاده کرده

است^(۳). استفاده از تورنیکه، وسیله‌ای که به کمک آن جلوی ورود و خروج خون به اندام گرفته می‌شود، در طول تاریخ با قطع اندام گره خورده است. از تورنیکه اولین بار در سال‌های ۲۰۰ قبل از میلاد تا ۵۰۰ پس از میلاد، یعنی در زمان امپراطوری رومی‌ها، استفاده شد^(۴). در آن زمان هدف، حفظ جان جنگجو یا بیمار بدون در نظر گرفتن اندام بود و از وسایل چرمی یا برنزی حلقه‌ای برای این

1.Sushruta

*Orthopaedic Surgeon, Neuroscience Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

** Medical Student, Students' Research Committee, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

***General Practitioner, Medical Informatics Research Center, Kerman University of Medical Sciences, Kerman, IRAN.

Corresponding author: Alireza Saied, MD

Dr. Bahonar Hospital, Neuroscience Research Center, Tahmasseb-abad Four way, Kerman, Iran.

E-mail: arsaied@kmu.ac.ir

با بالا نگه داشتن به مدت ۳ دقیقه از خون خالی شود^(۸). تورنیکه بعدی باند لاستیکی مورد استفاده عمومی بود که در سال ۱۸۷۳ به وسیله استاد جراحی دانشگاه کیل^{۱۴}، «ژان فردریش آگوست فن اسمارک»^{۱۵} معرفی شد. وی توصیه کرد که این بانداژ در اندام‌های دچار عفونت برای جلوگیری از پخش شدن عفونت به خون انجام نشود^(۹)، یعنی چیزی که امروزه هم به عنوان یک اصل پذیرفته شده است. «کوشینگ»^{۱۶} در سال ۱۹۰۴ پس از نارضایتی از باند «اسمارک» به خاطر عوارض نورولوژیک احتمالی که ایجاد می‌کرد، تورنیکه بادی را که به طور مشخص با الهام از دستگاه فشارخون طراحی شده بود، اختراع نمود^(۱۰). بعداً تورنیکه به وسیله «کریشنر»^{۱۷} بهبود یافت و در سال ۱۹۰۸ «آگوست بیر»^{۱۸} روش جدیدی برای بیهوشی دادن به یک اندام با تزریق ماده بی‌حس کننده درون ورید آن، در حالی که تورنیکه در بالا بسته بود، ابداع نمود^(۱۱). در سال‌های بعد طراحی تورنیکه بهتر شد و امنیت آن بالاتر رفت. در سال ۱۹۸۴ «مک اوان»^{۱۹} مهندس بیوتکنولوژی از ونکوور سیستم‌های تورنیکه میکرو کامپیوتری را اختراع کرد^(۱۲). دستگاه‌های جدیدتر امکان پایش مداوم فشار و زمان تورنیکه، جلوگیری از قطع ناگهانی تورنیکه به دنبال اشتباه عامل یا قطع منبع برق و اندازه‌گیری فشار بسته شدن اندام برای هر بیمار را فراهم آوردند^(۴).

انواع

به طور کلی دو نوع تورنیکه وجود دارد: جراحی و اورژانسی. تورنیکه‌های جراحی برای ایجاد یک محیط بدون خون، امنیت بالاتر، دقت بیشتر و راحتی کار جراح در اعمال جراحی ارتوپدی یا جراحی پلاستیک بکار می‌روند. کاربرد دیگر آنها همان‌گونه که اشاره شد در بیهوشی ناحیه‌ای است. تورنیکه‌های اورژانسی برای کنترل خونریزی (معمولاً تهدیدکننده حیات) در حوادث یا جنگ کاربرد دارند. به طور کلی تورنیکه‌ها می‌توانند از

مجله جراحی استخوان و مفاصل ایران/ دوره دهم، شماره ۱، زمستان ۱۳۹۰

منظور استفاده می‌شد. «آرچیجن»^۱ و «هلیکوروس»^۲ که در رُم باستان در زمان «سلسوس»^۳ طبابت می‌کردند، در موقع انجام قطع اندام یک تکه پارچه را درست بالا و پایین محل برش می‌بستند و چند دور روی خودش می‌چرخاندند^(۵). «گالن»^۴، مشهورترین جراح روم باستان (۱۳۰ قبل از میلاد) استفاده از آنچه آن را تورنیکه می‌شناسیم منع کرد، زیرا این کار باعث خونریزی بیشتر می‌شد و این احتمالاً به خاطر فشار ناکافی بود که فقط بازگشت وریدی را مختل می‌نمود^(۶). به نظر نمی‌رسد که در ۱۵۰۰ سال بعد تغییر زیادی در این وضعیت بوجود آمده باشد. «پاره»^۵ جراح فرانسوی قرن شانزدهم پیشنهاد کرد که بالای محل قطع اندام «با یک رشته بلند مانند آنچه زنان موی خود را با آن می‌بندند»، گره زده شود. استفاده از یک تکه چوب برای هر چه محکم‌تر پیچانیدن نوار به دور اندام به «هیلدن»^۶ (۱۶۳۴-۱۵۶۰)، «مورل»^۷ (۱۶۷۴) و «یانگ»^۸ (۱۶۷۹) نسبت داده شده است^(۵). اولین اشاره به آنچه پایه و اساس تورنیکه را تشکیل داد در سال ۱۵۱۹ به وسیله «فابری»^۹ انجام شد، یعنی دستگاهی که در آن چیزی شبیه چرخ چاه به کار می‌رفت^(۶). ولی در سال ۱۷۱۸ «ژان لویی پوتی»^{۱۰} اختراع خود را در آکادمی سلطنتی علوم پاریس به نمایش گذاشت و اصطلاح «تورنیکه»^{۱۱} را که از کلمه فرانسوی «تورنه»^{۱۲} به معنای چرخاندن گرفته شده بود، برای اولین بار بکار برد^(۷). اختراع او یک تورنیکه پیچ‌دار بود که از یک باند نواری و یک پیچ از جنس چوب و بعداً قلع تشکیل می‌شد. احتمالاً «لیستر»^{۱۳} (۱۸۶۴) اولین جراحی بود که از فیلد بدون خون ایجاد شده به وسیله تورنیکه برای یک عمل جراحی غیر از قطع اندام، در این مورد برای خارج کردن مفصل مچ دست استفاده نمود، و اشاره کرد اندام قبل از اتصال به تورنیکه بایستی

1. Archigenes
2. Heliodorus
3. Celsus
4. Galen
5. Pare
6. Hilden
7. Morel
8. Yong
9. Fabry
10. Jean Louis Petit's
11. Turniquet à vis
12. Turner
13. Lister

14. Kiel

15. Johannes Friedrich August von Esmarch

16. Cushing

17. Kreshner

18. August Bier

19. Mc-Evan

زیر تورنیکه می‌تواند پشم، پنبه، باند جورابی یا پیش ساخته باشد که در مجموع به نظر می‌رسد تفاوتی با هم نداشته باشند^(۳۱،۳۲)، و شاید باند جورابی در اندام تحتانی اندکی بهتر باشد^(۳۳). در موقع پرپ باید مایع شست‌وشو به زیر تورنیکه نشت نکند زیرا ممکن است باعث واکنش شدید پوستی^(۳۴،۳۵) و حتی از دست رفتن قسمتی یا تمام پوست گردد^(۳۲،۳۶). این خطر در کودکان و افراد مسن به مراتب بیشتر است^(۳۷) و به‌طور شایع‌تر با محلول‌های حاوی الکل اتفاق می‌افتد^(۳۸). برای جلوگیری از این موضوع می‌توان از یک حوله استریل یا یک تکه پلاستیک و حتی یک دستکش جراحی^(۳۷) و وسایل پیش‌ساخته^(۳۹) که زیر تورنیکه رانده می‌شود استفاده کرد. برای خالی کردن از خون، یا باید اندام را به مدت دو دقیقه بالا نگاه داشت و یا از یک باند الاستیک استفاده نمود. در یک مطالعه دریافتند که زمان بالا نگه‌داشتن از ۵، ۱۵، ۳۰، ۴۵ ثانیه و ۱ تا ۴ دقیقه تفاوت چندانی در میزان تخلیه ندارد^(۴۰). روش‌های خالی کردن اندام از خون با هم مقایسه شدند و روش «اسمارک» و «مکیدن خون» از نظر بالینی و راحتی جراح مانند هم و بهتر از بالاگرفتن به تنهایی بود^(۴۱).

چنانچه از تورنیکه‌های با عرض بیشتر استفاده شود، فشار کمتری مورد نیاز خواهد بود^(۴۲،۴۳). با بکارگیری کاف‌های عریض‌تر در همراهی با دستگاه‌های اتوماتیک اندازه‌گیری فشار بسته شدن اندام، فشار تورنیکه ممکن است تا ۴۰٪ کاهش یابد^(۴۴). افراد چاق و پرفشارخون ممکن است به فشارهای بالاتر نیاز داشته باشند^(۴۵). امروزه با به‌وجود آمدن مفهوم «فشار بسته شدن اندام» شاید نتوان یک عدد ثابت برای تمام بیماران، یا فرمولی برای محاسبه آن پیشنهاد کرد. فشار بسته شدن اندام، حداقل فشاری است که در یک زمان مشخص با یک کاف مشخص به جای مشخصی از اندام وارد می‌شود و باعث ناپدید شدن نبض اندام می‌گردد^(۴۶). تورنیکه‌های مدرن‌تر حاوی وسایلی هستند که این فشار را اندازه‌گیری می‌کنند ولی بایستی یک رمز امنیتی به فشار بسته شدن اندام اضافه شود تا از کارایی تورنیکه اطمینان حاصل گردد. البته سیستم‌هایی هم به‌وجود آمده‌اند که براساس فشار خون سیستمولیک بیمار فشار تورنیکه تعیین می‌شود^(۴۷-۵۰).

نوع بادی (با استفاده از پمپ هوا) یا از نوع «اسمارک» باشند. بیشتر تورنیکه‌های مورد استفاده امروزی از نوع بادی هستند. در بعضی موارد به‌کارگرفتن تورنیکه یک نوع تجمل و در بعضی دیگر مثل اعمال جراحی ظریف بر روی دست، انجام عمل بدون آن غیرممکن است^(۱۳). در این مورد باید گفته «بانل»^۱ را در نظر داشت: «انجام جراحی بر روی دست بدون تورنیکه مانند تعمیر یک ساعت درون ظرفی از جوهر است»^(۱۴). در مواردی که بایستی یک عمل جراحی نسبتاً کوتاه بر روی انگشت و تحت بیحسی موضعی انجام شود، می‌توان از یک باند لاستیکی که به دور پایه انگشت بسته می‌شود استفاده کرد. در این مقاله به تورنیکه‌های جراحی و عمدتاً بادی پرداخته می‌شود.

کاربرد

استفاده از تورنیکه منجر به کاهش خونریزی حین عمل، دید بهتر جراح و ایجاد یک محیط بدون خون و در نهایت کاهش زمان جراحی می‌شود^(۱۵). حداقل یک مطالعه در آرتروسکوپی زانو^(۱۶) و یک مرور سیستماتیک در مورد اعمال جراحی اندام فوقانی^(۱۷) به این نتیجه رسیده‌اند که تورنیکه منجر به کاهش زمان عمل جراحی نمی‌شود.

در گذشته عنوان می‌شد که تورنیکه بایستی در بالاترین قسمت ممکن اندام بسته شود، اما امروزه استفاده از تورنیکه‌های ساعد^(۱۸)، ساق^(۱۹) و حتی مچ دست^(۲۰) و مچ پا^(۲۱) به‌صورت معمول در آمده است. در واقع مطالعات به این نتیجه رسیده‌اند که تورنیکه‌های ساعد آسان‌تر از تورنیکه‌های بازویی و مچ دست از هر دو آسان‌تر تحمل می‌شود و تحمل تورنیکه ساق و مچ پا آسان‌تر از ران است^(۲۰،۲۲-۲۵) ولی بعضی هم به این نتیجه رسیده‌اند که در اندام فوقانی تفاوتی بین بازو و ساعد وجود ندارد^(۲۶،۲۷). زیر تورنیکه بایستی به اندازه کافی با محافظ حمایت شود ولی با افزایش تعداد لایه‌ها از کارایی آن کاسته می‌شود. لیکن پیشنهاد می‌شود که محافظ از دو لایه بیشتر نشود^(۲۸) و این در تضاد با آموزه‌های قبلی است که تعداد این لایه‌ها را چندین^(۲۹) و حداقل دو ذکر می‌کرد^(۳۰). ماده محافظ

باشد^(۶۳). البته سیستم عصبی مرکزی نیز می‌تواند در این مسئله دخالت داشته باشد^(۵۳). در یک مطالعه دریافتند که این درد ارتباطی با عرض و فشار باد شدن تورنیکه ندارد^(۶۴)، ولی یک مقاله دیگر بیان کرد که با استفاده از تورنیکه‌های با عرض کمتر، درد کمتر و در زمان طولانی‌تری ایجاد می‌شود^(۶۵). برای کاهش درد تورنیکه می‌توان از بی‌حسی موضعی با لیدوکائین استفاده کرد و کارآیی کرم موضعی حاوی ۰.۵٪ لیدوکائین و پریلوکائین مشابه تزریق زیرجلدی و با آزرده‌گی کمتر بیمار همراه است^(۶۶). استفاده از لیدوکائین به همراه گاباپنتین خوراکی^(۶۷)، کتامین^(۶۸)، دگزامتازون و کتورولاک تزریقی^(۶۹) می‌تواند در کاهش درد موثرتر باشد.

آسیب‌های جدی ممکن است به علت اشتباه بودن درجه تورنیکه به بیمار وارد شود^(۷۰-۷۲) و تورنیکه‌هایی مورد توجه قرار گرفته‌اند که ۳۵۰^(۷۳) و حتی ۵۰۰ میلی‌متر جیوه^(۷۴) بیشتر از آنچه نشان داده‌اند، به اندام بیمار فشار وارد کرده‌اند. اشتباه بودن درجه «یک اتفاق نادر» نیست، بلکه کاملاً شایع است. در مطالعات فوق^(۷۳،۷۴) ۶۵٪ تورنیکه‌ها غیردقیق بودند و در یک مطالعه به عدد ۳۵٪ رسید^(۷۵). در حد اطلاع ما یک مورد شکایت موفق در ارتباط با فشار تورنیکه و فلج اندام گزارش شده است^(۷۶).

به‌دنبال استفاده از باند «اسمارک» برای خالی کردن اندام از خون، مواردی از آمبولی کشنده ریوی گزارش شده است. بیشتر این موارد به‌دنبال تروما بوده‌اند^(۷۷،۷۸)، ولی این اتفاق به‌دنبال اعمال جراحی الکتیو نیز گزارش شده است^(۷۹).

بیشتر آسیب‌های شریانی به‌دنبال استفاده از تورنیکه به‌دنبال تعویض مفصل زانو اتفاق افتاده‌اند و به‌واسطه آسیب غیرمستقیم شریان و ترومبوز، به‌خصوص در اندام با مشکلات قلبی جریان خون رخ داده‌اند^(۸۰). در مواردی هم تورنیکه باعث ایجاد سندروم کمپارتمان شده است^(۸۱-۸۴).

آسیب‌های عصبی شایع‌ترین عارضه تورنیکه در اندام فوقانی هستند ولی ممکن است در اندام تحتانی هم اتفاق بیفتند. آسیب عصبی ممکن است از یک بی‌حسی ساده تا فلج دائم اندام متغیر باشد^(۴۶). این آسیب‌ها شایع نیستند و در یک مطالعه بزرگ انسیدانس آنها ۰/۰۲۴ درصد گزارش شد و از مجموع ۱۵ آسیب گزارش شده ۱۳ مورد طی شش‌ماه خودبه‌خود بهبود یافت^(۷۰).

گفته شده که در یک فرد سالم زیر ۵۰ سال، بهتر است تورنیکه بیش از ۲ ساعت بسته نماند^(۱۳). میزان دو ساعت یک پایه منطقی دارد، چرا که بعد از این مدت ایسکمی، اسیدوز پیشرونده و ریدی در منطقه تحت تاثیر تورنیکه ایجاد خواهد شد^(۵۱). روش‌هایی برای افزایش زمان امن تورنیکه پیشنهاد شده است:

۱) اگر عمل جراحی بیش از ۳ ساعت طول بکشد، «دوره تنفس» داده و تورنیکه بعد از دو ساعت به مدت نیم ساعت قطع می‌شود^(۵۲). البته بعد از باز کردن تورنیکه نزدیک به ۴۰ دقیقه طول می‌کشد تا وضعیت متابولیک اندام به حالت طبیعی برگردد^(۱۳) و یک مطالعه نیز به این نتیجه رسیده است که دوره‌های خون‌رسانی مجدد گذرا ممکن است مفید واقع نشوند^(۵۳).

۲) با استفاده از کاف‌های دوتایی تورنیکه و بازکردن متناوب یکی از آنها، می‌توان زمان تورنیکه را تا ۴ ساعت افزایش داد^(۵۴).

۳) سرما اثر ایسکمی در بافت را کاهش می‌دهد، پس می‌توان اظهار داشت سرد کردن اندام با طولانی کردن زمان امن تورنیکه همراه باشد. این موضوع در مطالعات حیوانی^(۵۵،۵۶) و انسانی^(۱۷،۵۷) تایید شده، ولی سرد کردن بافت‌ها در حین جراحی کار عملی و ساده‌ای نیست.

باتوجه به نقش آنتی‌بیوتیک قبل از جراحی در پیشگیری از عفونت، منطقی به‌نظر می‌رسد که آنتی‌بیوتیک قبل از باد شدن تورنیکه تجویز شود و زمان تجویز آنتی‌بیوتیک ۲۰ دقیقه^(۵۸)، پنج دقیقه^(۵۹)، دو دقیقه^(۶۰) و یک دقیقه^(۶۱) قبل از باد کردن تورنیکه پیشنهاد شده است. ولی در یک مطالعه دریافتند که تجویز آنتی‌بیوتیک قبل از باد کردن تورنیکه هیچ مزیتی نسبت به تجویز پس از باد کردن ندارد^(۶۲). نتایج یک کارآزمایی بالینی جدید نشان داد که به‌طور واضح در جراحی‌های اندام تحتانی با تجویز آنتی‌بیوتیک قبل از باد کردن تورنیکه در مقایسه با بعد از آن، شانس عفونت و زمان بهبود کامل زخم افزایش و رضایت بیمار کاهش می‌یابد^(۶۳).

عوارض

یک عارضه مشهور، درد تورنیکه است که می‌تواند ناشی از فشار مکانیکی و مکانیزم ایسکمی- بازگردش مجدد خون

چون استفاده از تورنیکه به‌طور گذرا باعث ایجاد ایسکمی در اندام می‌شود، این موضوع قابل بحث است که در مورد شکستگی‌ها استفاده از تورنیکه می‌تواند بر نتیجه عمل تأثیر بگذارد. این موضوع در مطالعات حیوانی بررسی شده و اثر سوء تورنیکه ثابت نشده است^(۱۰۶). یک مطالعه انسانی بر روی شکستگی‌های تی‌بیا که با پلاک درمان می‌شوند نیز به همین نتیجه رسید^(۱۰۷)، ولی مطالعه انسانی دیگری نیز در این مورد انجام شد که در آن تحلیل آماری انجام نشد و ظاهراً تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین دو گروه به جز چند تاول در گروه تورنیکه دیده نشد. با این وجود نویسندگان عدم استفاده از تورنیکه را توصیه نمودند^(۱۰۸). البته در مورد شکستگی‌های فیبولا مقاله دیگری به این نتیجه رسید که استفاده از تورنیکه می‌تواند باعث افزایش شانس عفونت زخم شود^(۱۰۹).

یک مرور سیستماتیک در مورد تورنیکه در جراحی پا و مچ‌پا نشان داد که درد پس از عمل و تورم اندام و احتمالاً عفونت و ترومبوز عمقی وریدی با عدم استفاده از تورنیکه کاهش می‌یابند^(۱۱۰). در واقع به احتمال بسیار زیاد عدم استفاده از تورنیکه باعث کاهش احساس درد پس از عمل خواهد شد^(۱۱۱-۱۱۴)، گرچه این موضوع ثابت نشده است^(۱۱۷). استفاده از تورنیکه در حال تراشیدن (ریم‌کردن) برای کارگذاری میله داخل کانالی ساق مناسب نمی‌باشد^(۱۱۵) چون می‌تواند باعث نکروز سوزنده شدید استخوان شود^(۱۱۶،۱۱۷) ولی این موضوع حداقل در یک مطالعه زیر سوال رفت^(۱۱۸). نتایج یک مطالعه دیگر نیز نشان داد که در بیماران با ترومای متعدد که شکستگی فمورشان با میله داخل کانال تراشیده شده درمان می‌شود، استفاده از تورنیکه برای شکستگی‌های سایر استخوان‌های اندام تحتانی ممکن است باعث افزایش موربیدیتی ریوی شود^(۱۱۹).

در مورد استفاده از تورنیکه در بیماران با آنمی داسی شکل هنوز اختلاف نظر وجود دارد. تورنیکه باعث هموستاز، اسیدوز و هیپوکسی در بافت‌های دیستال به موضع مورد استفاده می‌شود و هر سه این حالات، وضعیت‌هایی هستند که در بیماران با آنمی داسی شکل گمان می‌شود با داسی‌شدن سلول‌های خونی ارتباط مستقیم داشته باشند^(۱۲۰). این موضوع در عمل ثابت نشده است

سندروم پس از تورنیکه عبارت است از یک واکنش شایع به ایسکمی طولانی اندام که طی آن حالت سفتی و کاهش قدرت عضلات، رنگ‌پریدگی، خشکی مفاصل و احساس سوزن سوزن شدن توسط بیمار تجربه می‌شود^(۱۲۹). این حالت اگرچه مخل برنامه فیزیوتراپی پس از عمل است، معمولاً در مدت کوتاهی خودبه‌خود برطرف می‌شود^(۱۳).

آمبولی ریوی به‌دنبال استفاده از تورنیکه یک عارضه بسیار نادر است که می‌تواند قبل^(۸۵) یا بعد^(۸۶،۸۷) از آزادسازی هوای آن اتفاق بیفتد. در مورد نقش تورنیکه در ایجاد ترومبوز وریدهای عمقی و آمبولی ریوی اختلاف نظر وجود دارد و بیشترین تحقیقات در آرتروپلاستی زانو بوده است. گروهی اعتقاد دارند که این ریسک افزایش نمی‌یابد^(۸۸)، در حالی که بعضی مطالعات به نتیجه عکس رسیده^(۸۹-۹۲) و بیان کردند مکانیسمی که به‌واسطه آن تورنیکه ممکن است چنین آسیبی ایجاد کند، استاز وریدی، آسیب اندوتلیال و تجمع پلاکتی می‌باشد^(۹۳-۹۵).

تورنیکه به‌دلیل تغییرات سیستم اتونوم منجر به افزایش فشار خون^(۹۶) و به‌خصوص در کودکان منجر به هیپرترمی می‌شود. اختلال در تبادل گازهای ریوی، چند ساعت پس از خالی‌کردن باد تورنیکه، می‌تواند حتی در محدوده زمانی امن استفاده از تورنیکه نیز رخ دهد^(۹۷). پس از تخلیه باد، نبض و $END\ tidal\ CO_2$ افزایش می‌یابند و پس از ۵ دقیقه به حداکثر میزان خود می‌رسند که البته پس از ۱۵ دقیقه به میزان طبیعی باز می‌گردند. این اتفاقات معمولاً خوش‌خیم هستند اما در بیماران با مشکل قلبی عروقی یا مشکل داخل جمجمه‌ای اهمیت دارند. در این موارد مانیتورینگ همودینامیک، $END\ tidal\ CO_2$ و همچنین تزریق سریع مایع به همراه هیپرونتیلیاسیون به مدت ۳۰-۱۵ دقیقه پس از خالی‌کردن باد تورنیکه توصیه شده است^(۹۸).

برای اعمال جراحی انجام شده بر روی انگشتان، استفاده از یک تکه از دستکش به‌عنوان تورنیکه بسیار معمول است و راه‌های متفاوت زیادی هم برای آن پیشنهاد شده است^(۹۹،۱۰۰،۱۰۱). قطع اندام و یا آسیب جدی انگشت به‌دنبال استفاده از تورنیکه‌های انگشتی که فراموش شده‌اند مرتباً اتفاق می‌افتد^(۱۰۲،۱۰۳) و برای جلوگیری از آن راهکارهایی پیشنهاد شده است^(۱۰۴،۱۰۵).

بودند^(۱۲۷). البته یک گزارش مورد جدیدتر، به اثرات ناگهانی و سوء تورنیکه در دو کودک، حتی با فشار ۵۰ میلی‌متر جیوه بالای فشار سیستولیک اشاره و لزوم ایجاد «معیارهای اختصاصی» برای کودکان را تأکید می‌نماید^(۱۲۹).

بیماری‌های عروق محیطی که نبض‌های انتهایی قابل لمس نمی‌باشند کتراندیکاسیون نسبی برای استفاده از تورنیکه هستند^(۲). تورنیکه در افرادی که استعداد مادرزادی برای فشردگی عصب دارند نباید استفاده شود. کاربرد تورنیکه در نوروپاتی‌ها، لوپوس سیستماتیک، اختلالات انعقادی زمینه‌ای و بیماران کاشکتیک باید با احتیاط انجام شود^(۱۳۰).

و یک مطالعه اخیر با بررسی مطالعات قبلی به این نتیجه رسید که با رعایت احتیاط لازم و آمادگی قبلی می‌توان از تورنیکه در این بیماران با امنیت نسبی استفاده کرد^(۱۲۱). همان‌گونه که نویسندگان اشاره می‌کنند، در این مورد مطالعات زیادی انجام نشده و بسیاری از مقالات منتشر شده به‌صورت گزارش مورد بوده‌اند^(۱۲۲-۱۲۵).

مطالعات زیادی در مورد کاربرد تورنیکه در اطفال انجام نشده است^(۱۲۶,۱۲۷,۱۲۸). در حقیقت اصول با بالغین تفاوتی ندارد و مقاله اخیری که در این مورد منتشر شده تکرار توصیه‌هایی است^(۱۲۸) که در بزرگسالان کاربرد دارند و قبلاً هم مطرح شده

References

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/Sushruta>.
2. **Esmarch F.** Historical article. On artificial bloodlessness during operations. 1873. *J Hand Surg Br.* 2006;31(4):390-6.
3. **Bhattacharya S.** Sushruta - our proud heritage. *Indian J Plast Surg.* 2009;42(2):223-5.
4. **Noordin S, McEwen JA, Kragh JF Jr, Eisen A, Masri BA.** Surgical tourniquets in orthopaedics. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(12):2958-67.
5. **Klenerman L.** The tourniquet in surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 1962;44-B:937-43.
6. **Richey SL.** Tourniquets for the control of traumatic hemorrhage: a review of the literature. *J Spec Oper Med.* 2009;9(1):56-64.
7. **Désiron Q.** History of instrumental haemostasis and the particular contribution of Jules E. Péan. *Acta Chir Belg.* 2007;107(1):88-95.
8. **Fu Kuo-Tai Louis.** Great Names in the History of Orthopaedics XIV: Joseph Lister (1827e1912) Part 1. *J Orthop Trauma Rehab.* 2010;14:30-8.
9. **Bunts FE.** A Pneumatic Tourniquet *Ann Surg.* 1910;52(5):700-3.
10. **Cushing H.** Pneumatic tourniquets: with special reference to their use in craniotomies. *Med News.* 1904;84:557.
11. **dos Reis A Jr.** Intravenous regional anesthesia—first century (1908-2008). Beginning, development, and current status. *Rev Bras Anesthesiol.* 2008;58(3):299-321. English, Portuguese.
12. **McEwen JA.** Complications of and improvements in pneumatic tourniquets used in surgery. *Med Instrum.* 1981; 15(4):253-7.
13. **Crenshaw AH Jr.** Surgical techniques and approaches. In: Canale ST, Beaty JH, eds. *Campbell's Operative Orthopaedics.* 11th ed. Philadelphia: Mosby St Louis; 2008. p 4.
14. **Flatt AE.** Tourniquet time in hand surgery. *Arch Surg.* 1972;104(2):190-2.
15. **Whitehead DJ, MacDonald SJ.** TKA sans tourniquet: let it bleed: opposes. *Orthopedics.* 2011;34(9):e497-9.
16. **Hoogeslag RA, Brouwer RW, van Raay JJ.** The value of tourniquet use for visibility during arthroscopy of the knee: a double-blind, randomized controlled trial. *Arthroscopy.* 2010;26(9 Suppl):S67-72.
17. **Smith TO, Hing CB.** Should tourniquets be used in upper limb surgery? A systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Belg.* 2009;75(3):289-96.
18. **Swan KG Jr, Wright DS, Barbagiovanni SS, Swan BC, Swan KG.** Tourniquets revisited. *J Trauma.* 2009; 66(3):672-5.
19. **Rudkin AK, Rudkin GE, Dracopoulos GC.** Acceptability of ankle tourniquet use in midfoot and forefoot surgery: audit of 1000 cases. *Foot Ankle Int.* 2004;25(11):788-94.
20. **Karalezli N, Ogun CO, Ogun TC, Yildirim S, Tuncay I.** Wrist tourniquet: the most patient-friendly way of bloodless hand surgery. *J Trauma.* 2007;62(3):750-4.
21. **Derner R, Buckholz J.** Surgical hemostasis by pneumatic ankle tourniquet during 3027 podiatric operations. *J Foot Ankle Surg.* 1995;34(3):236-46.
22. **Hutchinson DT, McClinton MA.** Upper extremity tourniquet tolerance. *J Hand Surg Am.* 1993;18(2):206-10.
23. **Maury AC, Roy WS.** A prospective, randomized, controlled trial of forearm versus upper arm tourniquet tolerance. *J Hand Surg Br.* 2002;27(4):359-60.
24. **Ng ES, Ting JR, Foo SL, Akram SA, Fadzlina AA, Alywiah JS, Ahmad TS.** The comparison of discomfort level between upper arm and forearm tourniquet. *Med J Malaysia.* 2006;61 Suppl B:23-6.

25. **Finsen V, Kaseth AM.** Tourniquets in forefoot surgery: less pain when placed at the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(1):99-101.
26. **Odinsson A, Finsen V.** The position of the tourniquet on the upper limb. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(2):202-4.
27. **Edwards SA, Harper GD, Giddins GE.** Efficacy of forearm versus upper arm tourniquet for local anaesthetic surgery of the hand. *J Hand Surg Br.* 2000;25(6):573-4.
28. **Rajpura A, Somanchi BV, Muir LT.** The effect of tourniquet padding on the efficiency of tourniquets of the upper limb. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(4):532-4.
29. **Bruner JM.** Safety factors in the use of the pneumatic tourniquet for hemostasis in surgery of the hand. *J Bone Joint Surg Am.* 1951;33(A:1):221-4.
30. **Braithwaite I, Klenerman L.** Burns under tourniquets – Bruner's ten rules revisited. *J Med Def Unions.* 1996;12:14-5.
31. **Guo S.** Is Velband still a safe and cost effective skin protection beneath the tourniquet in hand surgery? *Hand Surg.* 2011;16(1):5-8.
32. **Din R, Geddes T.** Skin protection beneath the tourniquet. A prospective randomized trial. *ANZ J Surg.* 2004;74(9):721-2.
33. **Olivecrona C, Tidermark J, Hamberg P, Ponzer S, Cederfjäll C.** Skin protection underneath the pneumatic tourniquet during total knee arthroplasty: a randomized controlled trial of 92 patients. *Acta Orthop.* 2006;77(3):519-23.
34. **Madhok R.** Chemical burns beneath tourniquets. *BMJ.* 1989;298(6668):254.
35. **Dickinson JC, Bailey BN.** Chemical burns beneath tourniquets. *BMJ.* 1988;297(6662):1513.
36. **Sarkhel T, Stride V.** The TourniquetAid: prevention of chemical burns. *Injury.* 2002;33(1):73-4.
37. **Tomlinson PJ, Harries WJ.** The use of a surgical glove in the prevention of tourniquet-associated chemical burns. *Ann R Coll Surg Engl.* 2008;90(3):255.
38. **Nahlieli O, Baruchin AM, Levi D, Shapira Y, Yoffe B.** Povidone-iodine related burns. *Burns.* 2001;27(2):185-8.
39. **Bayne D.** Prevention of chemical burns. *Ann R Coll Surg Engl.* 2008;90(8):715; author reply 715.
40. **Blond L, Madsen JL.** Exsanguination of the upper limb in healthy young volunteers. *J Bone Joint Surg Br.* 2002;84(4):489-91.
41. **Blond L, Jensen NV, Søb Nielsen NH.** Clinical consequences of different exsanguination methods in hand surgery. a double-blind randomised study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008;33(4):475-7.
42. **Crenshaw AG, Hargens AR, Gershuni DH, Rydevik B.** Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta Orthop Scand.* 1988;59(4):447-51.
43. **Moore MR, Garfin SR, Hargens AR.** Wide tourniquets eliminate blood flow at low inflation pressures. *J Hand Surg Am.* 1987;12(6):1006-11.
44. **Younger AS, McEwen JA, Inkpen K.** Wide contoured thigh cuffs and automated limb occlusion measurement allow lower tourniquet pressures. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;(428):286-93.
45. **Van Roekel HE, Thurston AJ.** Tourniquet pressure: the effect of limb circumference and systolic blood pressure. *J Hand Surg Br.* 1985;10(2):142-4.
46. <http://www.tourniquets.org>
47. **Ishii Y, Noguchi H, Takeda M.** Clinical use of a new tourniquet system for foot and ankle surgery. *Int Orthop.* 2010;34(3):355-9.
48. **Ishii Y, Noguchi H, Takeda M, Higashihara T.** A new tourniquet system that determines pressures in synchrony with systolic blood pressure in knee surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(1):48-52.
49. **Ishii Y, Noguchi H, Matsuda Y, Takeda M, Higashihara T.** A new tourniquet system that determines pressures in synchrony with systolic blood pressure in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2008;23(7):1050-6.
50. **Ishii Y, Noguchi H, Matsuda Y, Takeda M, Higashihara T.** A new tourniquet system that determines pressures in synchrony with systolic blood pressure. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128(3):297-300.
51. **Wilgis EF.** Observations on the effects of tourniquet ischemia. *J Bone Joint Surg Am.* 1971;53(7):1343-6.
52. **Wakai A, Winter DC, Street JT, Redmond PH.** Pneumatic tourniquets in extremity surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(5):345-51.
53. **Estebe JP, Mallédant Y.** Pneumatic tourniquets in orthopedics. *Ann Fr Anesth Reanim.* 1996;15(2):162-78. French.
54. **Dreyfuss UY, Smith RJ.** Sensory changes with prolonged double-cuff tourniquet time in hand surgery. *J Hand Surg Am.* 1988;13(5):736-40.
55. **Fish JS, McKee NH, Kuzon WM Jr, Plyley MJ.** The effect of hypothermia on changes in isometric contractile function in skeletal muscle after tourniquet ischemia. *J Hand Surg Am.* 1993;18(2):210-7.
56. **Irving GA, Noakes TD.** The protective role of local hypothermia in tourniquet-induced ischaemia of muscle. *J Bone Joint Surg Br.* 1985;67(2):297-301.
57. **Swanson AB, Livengood LC, Sattel AB.** Local hypothermia to prolong safe tourniquet time. *Clin Orthop Relat Res.* 1991;(264):200-8.
58. **Papaioannou N, Kalivas L, Kalavritinos J, Tsourvakas S.** Tissue concentrations of third-generation cephalosporins (ceftazidime and ceftriaxone) in lower extremity tissues using a tourniquet. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1994;113(3):167-9.

59. Friedman RJ, Friedrich LV, White RL, Kays MB, Brundage DM, Graham J. Antibiotic prophylaxis and tourniquet inflation in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(260):17-23.
60. Bannister GC, Auchincloss JM, Johnson DP, Newman JH. The timing of tourniquet application in relation to prophylactic antibiotic administration. *J Bone Joint Surg Br.* 1988;70(2):322-4.
61. Friedrich LV, White RL, Brundage DM, Kays MB, Friedman RJ. The effect of tourniquet inflation on cefazolin tissue penetration during total knee arthroplasty. *Pharmacotherapy.* 1990;10(6):373-7.
62. Akinyoola AL, Adegbehingbe OO, Odunsi A. Timing of antibiotic prophylaxis in tourniquet surgery. *J Foot Ankle Surg.* 2011;50(4):374-6.
63. Estèbe JP, Kerebel C, Brice C, Lenaoures A. Pain and tourniquet in orthopedic surgery. *Cah Anesthesiol.* 1995;43(6):573-8. French.
64. Crews JC, Hilgenhurst G, Leavitt B, Denson DD, Bridenbaugh PO, Stuebing RC. Tourniquet pain: the response to the maintenance of tourniquet inflation on the upper extremity of volunteers. *Reg Anesth.* 1991;16(6):314-7.
65. Hagenouw RR, Bridenbaugh PO, van Egmond J, Stuebing R. Tourniquet pain: a volunteer study. *Anesth Analg.* 1986;65(11):1175-80.
66. Inal S, Er M, Ozsoy M, Cavusoglu A, Dincel V, Sakaogullari A. Comparison of two different anesthesia techniques for tourniquet pain with the use of forearm tourniquet. *Iowa Orthop J.* 2009;29:55-9.
67. Turan A, White PF, Karamanlioglu B, Pamukçu Z. Premedication with gabapentin: the effect on tourniquet pain and quality of intravenous regional anesthesia. *Anesth Analg.* 2007;104(1):97-101.
68. Arslan M, Cantürk M, Ornek D, Gamli M, Pala Y, Dikmen B, Basaran M. Regional intravenous anesthesia in knee arthroscopy. *Clinics (Sao Paulo).* 2010;65(9):831-5.
69. Jankovic RJ, Visnjic MM, Milic DJ, Stojanovic MP, Djordjevic DR, Pavlovic MS. Does the addition of ketorolac and dexamethasone to lidocaine intravenous regional anesthesia improve postoperative analgesia and tourniquet tolerance for ambulatory hand surgery? *Minerva Anesthesiol.* 2008;74(10):521-7.
70. Odinson A, Finsen V. Tourniquet use and its complications in Norway. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(8):1090-2.
71. Hamilton WK, Sokoll MD. Tourniquet paralysis. *JAMA.* 1967;199(1):37.
72. Prevoznik SJ. Injury from use of pneumatic tourniquets. *Anesthesiology.* 1970;32(2):177.
73. Irwing GA, Christopher K. Inaccurate tourniquet pressure-gauge readings--a widespread problem. *S Afr Med J.* 1984;66(7):265-6.
74. Fry D. Inaccurate tourniquet gauges. *Br Med J.* 1972; 1(5798):511.
75. Hallett J. Inaccuracies in measuring tourniquet pressures. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1983;286(6373):1267-8.
76. Wachsman HF. Jury decision on injury upheld. *Leg Aspects Med Pract.* 1978;6(9):64-5.
77. Pollard BJ, Lovelock HA, Jones RM. Fatal pulmonary embolism secondary to limb exsanguination. *Anesthesiology.* 1983;58(4):373-4.
78. Samaan HA. Pulmonary embolism under general anaesthesia, following Esmarch bandage in injuries of lower limb. *Anaesthesia.* 1970;25(3):445.
79. Darmanis S, Papanikolaou A, Pavlakis D. Fatal intra-operative pulmonary embolism following application of an Esmarch bandage. *Injury.* 2002;33(9):761-4.
80. Smith DE, McGraw RW, Taylor DC, Masri BA. Arterial complications and total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2001;9(4):253-7.
81. O'Neil D, Sheppard JE. Transient compartment syndrome of the forearm resulting from venous congestion from a tourniquet. *J Hand Surg Am.* 1989;14(5):894-6.
82. Luk KD, Pun WK. Unrecognised compartment syndrome in a patient with tourniquet palsy. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69(1):97-9.
83. Greene TL, Louis DS. Compartment syndrome of the arm--a complication of the pneumatic tourniquet. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(2):270-3.
84. Moore MR, Garfin SR, Hargens AR. Compartment syndrome of the thigh complicating surgical treatment of ipsilateral femur and ankle fractures. *J Orthop Trauma.* 1987;1(1):71-3.
85. Boogaerts JG. Lower limb exsanguination and embolism. *Acta Anaesthesiol Belg.* 1999;50(2):95-8.
86. Berman AT, Parmet JL, Harding SP, Israelite CL, Chandrasekaran K, Horrow JC, Singer R, Rosenberg H. Emboli observed with use of transesophageal echocardiography immediately after tourniquet release during total knee arthroplasty with cement. *J Bone Joint Surg Am.* 1998; 80(3):389-96.
87. McGrath BJ, Hsia J, Epstein B. Massive pulmonary embolism following tourniquet deflation. *Anesthesiology.* 1991;74(3):618-20.
88. Fukuda A, Hasegawa M, Kato K, Shi D, Sudo A, Uchida A. Effect of tourniquet application on deep vein thrombosis after total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127(8):671-5.
89. Nishiguchi M, Takamura N, Abe Y, Kono M, Shindo H, Aoyagi K. Pilot study on the use of tourniquet: a risk factor for pulmonary thromboembolism after total knee arthroplasty? *Thromb Res.* 2005;115(4):271-6.
90. Parmet JL, Horrow JC, Berman AT, Miller F, Pharo G, Collins L. The incidence of large venous emboli during total knee arthroplasty without pneumatic tourniquet use. *Anesth Analg.* 1998;87(2):439-44.
91. Kato N, Nakanishi K, Yoshino S, Ogawa R. Abnormal echogenic findings detected by transesophageal

echocardiography and cardiorespiratory impairment during total knee arthroplasty with tourniquet. *Anesthesiology*. 2002;97(5):1123-8.

92. Shemshaki H, Laripiur TA, Saadati H, Jalalian M. Effects of Pneumatic Tourniquet on Knee. *Surgery. Aus Med J*. 2010;3(10):682-8.

93. Parnet JL, Horrow JC, Singer R, Berman AT, Rosenberg H. Echogenic emboli upon tourniquet release during total knee arthroplasty: pulmonary hemodynamic changes and embolic composition. *Anesth Analg*. 1994;79(5):940-5.

94. DeLee JC, Rockwood CA Jr. Current concepts review. The use of aspirin in thromboembolic disease. *J Bone Joint Surg Am*. 1980;62(1):149-52.

95. Francis CW, Pellegrini VD Jr, Stulberg BN, Miller ML, Totterman S, Marder VJ. Prevention of venous thrombosis after total knee arthroplasty. Comparison of antithrombin III and low-dose heparin with dextran. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(7):976-82.

96. Tetzlaff JE, O'Hara J Jr, Yoon HJ, Schubert A. Tourniquet-induced hypertension correlates with autonomic nervous system changes detected by power spectral heart rate analysis. *J Clin Anesth*. 1997;9(2):138-42.

97. Lin L, Wang L, Bai Y, Zheng L, Zhao X, Xiong X, Jin L, Ji W, Wang W. Pulmonary gas exchange impairment following tourniquet deflation: a prospective, single-blind clinical trial. *Orthopedics*. 2010;33(6):395.

98. Zaman SM, Islam MM, Chowdhury KK, Rickta D, Ireen ST, Choudhury MR, Alam M. Haemodynamic and end tidal CO₂ changes state after inflation and deflation of pneumatic tourniquet on extremities. *Mymensingh Med J*. 2010;19(4):524-8.

99. Tang WY. A latex finger strip and nylon zip-tie combo as a tunable digital tourniquet. *Dermatol Surg*. 2007;33(6):713-5.

100. Harrington AC, Cheyney JM, Kinsley-Scott T, Willard RJ. A novel digital tourniquet using a sterile glove and hemostat. *Dermatol Surg*. 2004;30(7):1065-7.

101. Shah A, Asivatham R, Ellis RD. Tips of the trade #42. An improved technique for creating a digital tourniquet. *Orthop Rev*. 1992;21(1):91-2.

102. Durrant C, Townley WA, Ramkumar S, Khoo CT. Forgotten digital tourniquet: salvage of an ischaemic finger by application of medicinal leeches. *Ann R Coll Surg Engl*. 2006;88(5):462-4.

103. Selvan D, Harle D, Fischer J. Beware of finger tourniquets: a case report and update by the National Patient Safety Agency. *Acta Orthop Belg*. 2011;77(1):15-7.

104. The national patient safety agency. A rapid response report. 09 Dec 2009. URL: www.nrls.npsa.nhs.uk/tourniquets.

105. Osanai T, Ogino T. Modified digital tourniquet designed to prevent the tourniquet from inadvertently being left in place after the end of surgery. *J Orthop Trauma*. 2010;24(6):387-8.

106. Kase T, Skjeldal S, Nordsletten L, Reikerås O. Healing of tibial fractures is not impaired after acute hind-

limb ischemia in rats. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1998; 117(4-5):273-6.

107. Saied A, Zyaei A. Tourniquet use during plating of acute extra-articular tibial fractures: effects on final results of the operation. *J Trauma*. 2010;69(6):E94-7.

108. Salam AA, Eyres KS, Cleary J, el-Sayed HH. The use of a tourniquet when plating tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73(1):86-7.

109. Maffulli N, Testa V, Capasso G. Use of a tourniquet in the internal fixation of fractures of the distal part of the fibula. A prospective, randomized trial. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75(5):700-3.

110. Smith TO, Hing CB. The efficacy of the tourniquet in foot and ankle surgery? A systematic review and meta-analysis. *Foot Ankle Surg*. 2010;16(1):3-8.

111. Konrad G, Markmiller M, Lenich A, Mayr E, Rüter A. Tourniquets may increase postoperative swelling and pain after internal fixation of ankle fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;(433):189-94.

112. Omeroğlu H, Günel U, Biçimoğlu A, Tabak AY, Uçaner A, Güney O. The relationship between the use of tourniquet and the intensity of postoperative pain in surgically treated malleolar fractures. *Foot Ankle Int*. 1997;18(12):798-802.

113. Omeroğlu H, Uçaner A, Tabak AY, Güney O, Biçimoğlu A, Günel U. The effect of using a tourniquet on the intensity of postoperative pain in forearm fractures. A randomized study in 32 surgically treated patients. *Int Orthop*. 1998;22(6):369-73.

114. Abdel-Salam A, Eyres KS. Effects of tourniquet during total knee arthroplasty. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77(2):250-3.

115. Whittle A. P. Fractures of the lower extremity. In: Canale ST, Beaty JH, eds. *Campbell's Operative Orthopaedics*. 11th ed. Philadelphia: Mosby St Louis; 2008. p 3086-216.

116. Saldua NS, Kuhn KM, Mazurek MT. Thermal necrosis complicating reamed intramedullary nailing of a closed tibial diaphysis fracture: a case report. *J Orthop Trauma*. 2008;22(10):737-41.

117. Leunig M, Hertel R. Thermal necrosis after tibial reaming for intramedullary nail fixation. A report of three cases. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(4):584-7.

118. Giannoudis PV, Snowden S, Matthews SJ, Smye SW, Smith RM. Friction burns within the tibia during reaming. Are they affected by the use of a tourniquet? *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(4):492-6.

119. Pollak AN, Battistella F, Pettay J, Olson SA, Chapman MW. Reamed femoral nailing in patients with multiple injuries. Adverse effects of tourniquet use. *Clin Orthop Relat Res*. 1997;(339):41-6.

120. Bunn HF. Pathogenesis and treatment of sickle cell disease. *N Engl J Med*. 1997;337(11):762-9.

121. Fisher B, Roberts CS. Tourniquet use and sickle cell hemoglobinopathy: how should we proceed? *South Med J*. 2010;103(11):1156-60.

122. Willinsky JS, Lepow R. Sickle cell trait and use of the pneumatic tourniquet. A case report. *J Am Podiatry Assoc.* 1984;74(1):38-41.

123. Jasper AO. Use of tourniquet in a sickle cell patient for sequestrectomy and saucerisation: a case report. *Cases J.* 2009;2:9085.

124. Abdulla Al-Ghamdi A. Bilateral total knee replacement with tourniquets in a homozygous sickle cell patient. *Anesth Analg.* 2004;98(2):543-4.

125. Siddiqui FM, Slater RM, Razzaq I, Atkinson M, Ryan K. Tourniquet use during total knee replacement in a Jehovah's Witness with sickle cell trait: a case report. *Eur J Anaesthesiol.* 2010;27(6):581-2.

126. Lynn AM, Fischer T, Brandford HG, Pendergrass TW. Systemic responses to tourniquet release in children. *Anesth Analg.* 1986;65(8):865-72.

127. Tredwell SJ, Wilmink M, Inkpen K, McEwen JA. Pediatric tourniquets: analysis of cuff and limb interface, current practice, and guidelines for use. *J Pediatr Orthop.* 2001;21(5):671-6.

128. 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.

129. Misra A, Panda A, Sharma R. Tourniquet cuff pressures in pediatric patients: urgent need to device guidelines? *Paediatr Anaesth.* 2010;20(4):369-70.

130. Landi A, Saracino A, Pinelli M, Caserta G, Facchini MC. Tourniquet paralysis in microsurgery. *Ann Acad Med Singapore.* 1995;24(4 Suppl):89-93.