

Ekstremitte cerrahisinde turnike kullanımı

Taşkın Tecimer⁽¹⁾, İsmail Yedek⁽²⁾, Erkal Bilgiç⁽²⁾, Ercüment Zaim⁽²⁾, Cuma Kılıçkap⁽³⁾

Ekstremitte cerrahisinde sıklıkla kullanılan bir enstrüman olan turnikenin, uygulama esasları, lokal ve sistemik etkileri ile komplikasyonları; bu konudaki klasik bilgilerle birlikte literatür de gözden geçirilerek tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Turnike kullanımı, turnike komplikasyonları

Usage of tourniquet in extremity surgery

Basic principles, local and systemic effects, and complications of tourniquet application has been discussed in the highlight of current literature in addition to the classic knowledge.

Keywords: Application of tourniquet, complications of tourniquet

Turnikenin operasyon sahasında kansız bir ortam yaratmasına bağlı olarak; anatomik yapıların daha detaylı görünmesini sağlaması, operasyon süresini kısaltması ve kanama miktarını azaltması, turnikenin ekstremitte cerrahisinde geniş bir kullanım alanı bulmasını sağlamıştır. Turnikenin, bu kadar sık kullanımına rağmen, sebepleri henüz tam olarak aydınlatılmamış birçok lokal ve sistemik yan etkilerine de rastlanılmaktadır. Bu yan etkilerin çoğu uygulama hatalarına bağlıdır. Bu yüzden, başta cerrah olmak üzere, tüm ameliyathane personeli turnikenin tehlikeli bir enstrüman olduğunu bilmeli, turnike yeterli bilgi ve deneyime sahip olanlar tarafından uygulanmalıdır (4).

Tarihçe

Cerrahi girişim esnasında ekstremitte kan dolaşımını geçici olarak durdurma fikrini ilk kez kimin ortaya attığı bilinmemektedir. Susrutha'nın, M. Ö. 600 yılında ana arterlerden biri üzerine uyguladığı bir çakıl taşı yardımıyla kan dolaşımını durdurduğuna kayıtlarda rastlanılmaktadır. Turnike terimini Fransızca'da döndürmek anlamına gelen "tourner" kelimesinden esinlenerek, 1718 yılında ilk kez Jean Louis Petit kullanmıştır. Turnike, önce 16. yüzyılda Ambroise Pare tarafından amputasyonlar esnasında kullanılmış, 1864 yılında ise Joseph Lister amputasyon dışındaki cerrahi girişimlerde de turnikeyi kullanmağa başlamıştır. Turnike uygulamasından önce bir lastik bandaj kullanarak ekstremitte kanın boşaltılmasının fikir babası bir 19. yüzyıl cerrahı olan ve halen kendi adıyla anılan lastik bandajını kullandığımız, Johann Friedrich Von Esmarch'tır. Günümüzde sıklıkla kullandığımız pnömatik turnikeyi ise, 1904 yılında, turnikenin komplikasyonlarını azaltmak amacı ile Harvey Cushing geliştirmiştir (6).

Klinik uygulama

Değişmez bir kural olarak, turnike, tek kemik bu-

lunan bölgelere, mümkün olan en kısa süreyle ve en az basınçla uygulanır. Üst ekstremitte kolun proksimali, alt ekstremitte uyluğun proksimali ve parmaklarda proksimal falanks, turnikenin uygulandığı bölgelerdir.

Enfeksiyon varlığında ve vasküler hastalığı olan olgularda, turnike uygulanımı kesin olarak kontrendikedir. Öte yandan, yaşlı hastalarda, ciddi yumuşak doku travması mevcut olan olgularda, travma ile cerrahi girişim arasındaki sürenin bir haftayı aştığı durumlarda, uzun süreden beri immobilize olan ekstremitelerde ve ayak cerrahisinde komplikasyon oranı fazla olduğundan, turnike uygulamasından kaçınılması önerilmektedir (10).

Turnike uygulamasının süresi açısından, güvenliğin sınırlarının ne olduğu sorusunun cevabı, günümüzde, henüz tam olarak verilememiştir. Turnikenin güvenle kullanılabilmesi için, literatürde 45 dakika ile 4 saat arasındaki süreler rastlanılmakta ise de (4, 17), çoğu otorite kabul ettiği süre 2 saattir (6). Steril turnikeler kullanarak, turnikenin hasta örtüldükten sonra uygulanmasıyla turnike süresinin daha efektif kullanılmasına olanak tanınmış olur.

Turnike her saat başında beş ile on dakika açılarak, reperfüzyona olanak tanındığında, turnike kullanımı için üst sınır üç saate kadar çıkabilmektedir. Sapega ve ark. (17), turnikeyi en fazla üç saat uygulayarak yaptıkları çalışmada, kasların uğradığı hasarın, turnike uygulamasının süresinin formlarındaki değişikliğe bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır. Üç saat boyunca her saat başı reperfüzyona izin verilen model ile, başlangıçtaki bir saatlik iskemiyi beş dakikalık reperfüzyondan sonra bir buçuk saatlik turnike uygulamasının izlediği modelinin kaslarda en az hasara yol açan uygulama şekilleri olduğunu saptamışlardır. Reperfüzyon esnasında, intrasellüler düzeyde yaptıkları gözlemlerin sonucunda da, 5 dakikayı aşan reperfüzyonların herhangi bir ek fayda göstermediğini bildirmektedirler.

Turnikenin uygulanım süresini uzatmak için baş-

(1) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Başasistanı, Op. Dr.

(2) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Araştırma Görevlisi

(3) Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği Şef Yardımcısı, Op. Dr.

ka yöntemlerde kullanılmaktadır. Anestezi indüksiyonundan önce 30-40 dakika buz torbaları uygulayarak, turnikenin şişirilmesinden önce ekstremitenin sıcaklığını 20°'ye kadar düşürerek turnikenin 4 saate kadar güvenle uygulanabileceği iddia edilmektedir (6). Sürenin uzatılması açısından, dokuların periyodik olarak serum fizyolojik veya ringer laktat solüsyonları ile yıkanması da faydalıdır. Turnikenin uygulanım süresini uzatmak için kullanılan bir diğer yöntem de, çift turnike manşonu uyguladıktan sonra, bu manşonları birer saat ara ile şişirerek hep aynı damar ve sinir segmentinin basınç altında kalmasını engelleme prensibine dayanır (6). Bu yöntemle de turnike uygulanım süresinin 4 saate kadar uzatılabileceği savunulmaktadır.

Turnike ile uygulaması gereken basıncın ne olması gerektiği sorusuna daha kesin yanıt vermek mümkündür. Uygulanması gereken basınç miktarı, üst ve alt ekstremiteler için farklı olduğu gibi hastadan hastaya da değişiklik gösterir. Bu farklılığın çeşitli sebepleri mevcuttur. Her ne kadar, manşonun genişliği arttıkça, uygulanması gereken basınç azalıyorsa da, ideal olanı turnikenin uygulanacağı ekstremitenin çapına eşit genişlikte bir turnike manşonu kullanmaktır (6). Turnikenin uygulandığı bölgede, doku içinde derinlere inildikçe, turnikenin yarattığı basınç, ekstremitenin çapıyla ters orantılı olarak azalır. Uygulanacak basıncın belirlenmesinde hastanın anestezi indüksiyonundan hemen önceki kan basıncı değerinin de önemi büyüktür (6, 19).

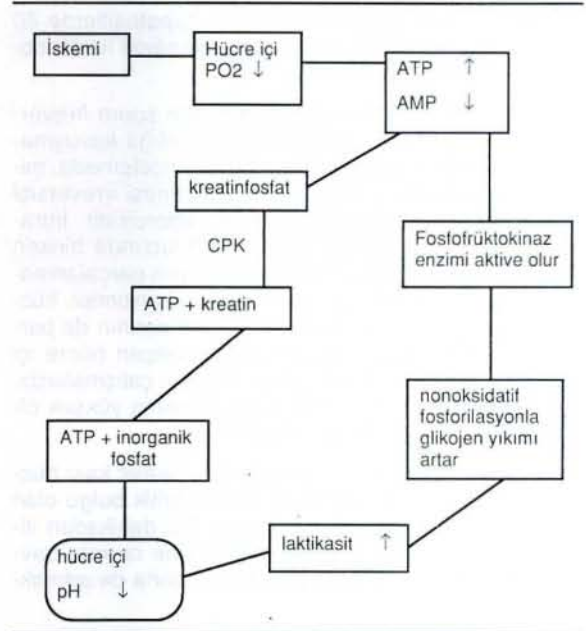
Turnike basıncı için üst ekstremitede 135-255 mmHg, alt ekstremitede 175-305 mmHg (4, 6) ve çocuklarda 150-250 mmHg değerleri önerilmektedir. Uygun turnike basıncını belirleme de bu genellemelerin yanı sıra, anestezi induksiyonu öncesi sistolik kan basıncının baz olarak alındığı aşağıdaki formüllerden de yararlanılabilir (6, 19):

1. (Kan basıncı x 2) ± 25
2. Kan basıncı + (70 veya 100)

Unutulmaması gereken bir diğer nokta, kan basıncının operasyon esnasında 70 mmHg'ya kadar varan oynamalar gösterebileceğidir. Bu yüzden, operasyon esnasında turnike basıncı periyodik olarak ayarlanmalıdır. Pnömatik turnikelerle de uygun basıncı elde edebilmek için, bu cihazların, haftalık olarak kalibrasyonlarının kontrol edilmesi gereklidir.

Turnike uygulanımının lokal ve sistemik etkileri

Turnike uygulanan dokuda, iskemiyeye bağlı olarak bir dizi histokimyasal olay ortaya çıkar (Şekil 1). İskemiden ilk olarak etkilenen, hücrenin mitokondriumu ve oksidatif fosforilasyon sistemidir. Hücre içi pO₂'nin düşmesi sonucunda ATP yapımı azalır, AMP artar. Artan AMP, fosfofruktokinaz enzimini uyarak nonoksidatif fosforilasyon, glikoz, yolunu açar. Bunun sonucunda, hızla glikojen yıkımı ve laktik asit birikimi olur (14). ATP yapımının azalmasının bir diğer sonucu da, kas dokusundaki ATP deposu olan kreatinfosfatın kreatinfosfokinaz enzimi ile yıkılması ve açığa çıkan serbest ATP'nin yıkımı ile inorganik fosfat biriki-



Şekil 1: İskemiyeye karşı hücre cevabı

mi olmasıdır (25). Hücre içinde laktik asit ve inorganik fosfat birikimi sonucunda hücre pH'sı düşer. Hücre içindeki bu pH düşüşünü, klinik olarak doku pH'sındaki düşüşü ölçerek saptayabiliriz. Sınırlı sayıda hastada (5 hasta) yaptığımız deneysel çalışmada, operasyon sahasındaki fasya altına tonometri katateri yerleştirerek doku pH'sını monitorize ettik. Turnike uygulandıktan sonraki 15. dakikada pH değeri 7,2 iken bu değer 30. ve 60. dakikalarda sırasıyla 6,8 ve 6,2 değerlerine düştüğünü saptadık.

Düşmüş olan pH'nın turnike açıldıktan sonra normale dönüş süresi, turnikenin uygulanım süresine bağlıdır. Bir saatlik turnike uygulanımından sonra pH 20 dakikada normale dönerken iki ile dört saat aralıktaki uygulamalarda 40 dakikada, beş saate ulaşan uygulamalarda ise 100 dakikada normale dönmektedir (11).

Hücre içindeki ATP konsantrasyonunun azalmasının bir diğer sonucu da, hücre membranında bulunan Na-K pompasının bozulmasıdır. Bilindiği üzere, bu pompa aracılığıyla, ATP harcanarak intrasellüler ortamdan ekstrasellüler ortama sodyum taşınırken, karşılığında intrasellüler ortama potasyum alınmaktadır. Böylece intra ve ekstrasellüler ortamların sodyum ve potasyum dengesi korunmaktadır. Bu dengenin bozulmasıyla birlikte, intrasellüler ortamda biriken sodyumla birlikte su tutulumu da olur. Histolojik olarak, hücrenin şiştiği (bulanık şişme) görülür ve bu bulgu iskemik nekrozun bir habercisidir. Daha sonraki dönemde, şişen hücrede granüllü endoplazmik retikulum üzerinde bulunan ribozomlar serbest hale gelir. Böylece protein sentezi bozulur ve hücrede yağ birikimi başlar (yağlı dejenerasyon).

Gelişen bu iskemik nekrozu, iskeminin süresine bağlı olarak, reversibl veya irreversibl olabilir. İrreversibl hasarın ortaya çıktığı süre, hücre türüne göre değişiklik gösterir. Bu süre nöronlarda 3-5 dakika; miyo-

kard ve böbrek epitel hücreleri ile hepatositlerde 30 dakika; epidermis ve iskelet kası hücreleri ile fibroblastlarda ise 1-2 saattir (14).

Reversibl hasarın hangi noktadan sonra irreversibl hale dönüştüğü tam olarak aydınlığa kavuşmamıştır. Elektron mikroskopla yapılan incelemede, mitokondriumlarda vakuolizasyon görülmesi irreversibl hasar döneminin başladığının ilk habercisidir. İntrasellüler pH'nın giderek düşmesi sonucunda biriken fosfat esterleri, lizozomal membranların parçalanmasına sebep olur. Açığa çıkan lizozomal enzimler, hücrenin otolizisine neden olurlar. Hücre zarının da parçalanmasıyla ekstrasellüler ortama geçen hücre içi enzimler, dolaşımına karışırlar. Yapılan çalışmalarda, LDH, SGOT, SGPT ve CPK enzimlerinin yüksek ölçülmesinin nedeni bu otolizisidir (14).

Turnike uygulanımı sonrasında, iskelet kası hücrelerinde, iskemik nekroz açısından kritik bulgu olan mitokondriumlarda vakuolizasyon, 30. dakikadan itibaren saptanmıştır. Turnike iskemisine cerrahi travmanın da eklenmesiyle, doku hasarı daha da artmaktadır.

Turnike uygulananın siskemik etkileri, turnike uygulanmış olan ekstremitede oluşan metabolitlerin, sistemik dolaşıma katılması sonucunda ortaya çıkabilir. Ancak yapılan çalışmalarda, venöz dolaşımda bulunan büyük miktardaki kanın dilüsyonel etkisi sayesinde, turnike uygulanmış olan ekstremitede ortaya çıkan asidozun ve hiperpotaseminin sistemik etkilerinin olmadığı gösterilmiştir (11).

Turnike uygulanmış olan ekstremitede ortaya çıkan biyokimyasal değişiklikler, turnike açıldıktan hemen sonra femoral venden veya sağ atriümden alınan kan örnekleri aracılığıyla araştırıldığında, Tablo 1'deki veriler saptanmıştır (Tablo 1).

Biz de kliniğimizde az sayıda (5 olgu) hastanın, femoral venenden aldığımız kan örneklerinde benzer veriler elde ettik.

pH ↓	LDH ↑	Na ↑	İnorganik P ↑
pCO ₂ ↑	CPK ↑	K ↑	Kreatinin ↑
pO ₂ ↓	SGOT ↑	Ca ↑	
HCO ₃ ↓	SGPT ↑	Cl ↑	

Tablo 1: Turnike sonrası femoral venden alınan kan örneklerinde saptanan değişiklikler

Turnike uygulananın komplikasyonları

Turnikenin uygulanmasıyla birlikte o ekstremitede dolaşımın tamamen durması, ekstremitede fizyolojik olmayan bir ortamın oluşmasına neden olur. Bunun sonucunda sinir, kas ve cilt dokularının hasara uğrama riski artar. Turnike uygulananına bağlı olarak bu dokularda ortaya çıkan komplikasyonlar, ya iskeminin süresine ya da turnikenin yarattığı basıncın bu dokular üzerindeki direkt etkisine bağlıdır. Bu lokal komplikasyonların yanında, turnike uygulananına bağlı olarak, pulmoner emboli gibi sistemik komplikasyonlar da ortaya çıkabilir. Turnikenin uygulanmasına bağlı olarak gelişen komplikasyonların, sinir dokusu açısından en önemlisi, turnike paralizisidir. Literatürde, bu

komplikasyonun görülme oranının, 1/5000 ile 1/8000 arasında değiştiği bildirilmektedir (1, 23). Turnike paralizisinin nedenleri hakkında çok çeşitli görüşler ileri sürülmektedir. Normal sınırların üzerindeki turnike basınçları kadar, normal sınırların altındaki turnike basınçları da turnike paralizisine yol açabilir. Normal sınırların altındaki basınç uygulamaları sonrasında görülen turnike paralizisinden, turnike altındaki pasif konjesyonun sinirde yol açtığı hemorajik infiltrasyon sorumlu tutulmaktadır. Turnike süresinin uzaması ve turnikenin, uygulanan bölgenin lokal anatomisi dikkate alınmadan uygulanması da turnike paralizisine yol açabilir (4).

İnsanda turnike paralizisinin patogeneğinde, iskemik hasar ile direkt mekanik hasarın rölatif etkinlikleri ne yazık ki aydınlığa kavuşmamıştır. Literatürde, otörlerin çoğu, turnikenin oluşturduğu basıncın direkt etkisinin paraliziden sorumlu olduğu savına katılmaktadır (3). Spigel ve Lewin, turnike paralizisi gelişen üç olguda siniri eksplere ettiklerinde, turnikenin uygulandığı bölgede sinirin çapının normale göre %25-50 oranında azaldığını, neuromata ve skar dokusu gelişimi gözlediklerini bildirmişlerdir (22). Ochoa ve ark. ise, şebekler üzerinde yaptıkları deneylerde, Ranvier boğumlarında yer değiştirme ve miyelin kılıfında invaginasyon saptamışlardır (13). Öte yandan, Yates ve ark. turnike paralizisinin gelişmesinden başlangıçta her iki faktörün de sorumlu olduğunu, ancak turnike uygulandıktan çok kısa bir süre sonra, iskeminin olumsuz etkilerinin basıncın direkt mekanik etkisine göre daha etkin hale gelerek, turnike paralizisi gelişiminde asıl rolü oynadığına inanmaktadırlar (24).

Turnike paralizisine, üst ekstremitede daha sık rastlanılır. Alt ekstremitede görülen turnike paralizilerin çoğu, Esmarch Bandajı uygulananına bağlı olarak gelişmiştir (12). Üst ekstremitede turnike paralizisinden en çok etkilenen sinir, radial sinirdir (23). Duyu liflerinde ortaya çıkan lezyonlar, genellikle daha hafiftir ve motor liflerin lezyonlarına oranla daha hızlı iyileşirler. Turnike paralizisinden, otonom sinir lifleri de etkilenebilir ve ortaya terleme bozukluğu, kozalji gibi semptomlar çıkabilir (3). Ancak ortaya çıkan tüm bu lezyonlar, çoğu kez, 3-6 hafta içinde kendiliğinden düzelirler. Hastaların aktif iş hayatına geri dönüşleri ise daha uzun zaman alır (23).

Turnike kullanımına bağlı olarak en sık ortaya çıkan, ancak en az fark edilen komplikasyon, post-turnike sendromu olarak tanımlanan tablodur (17). Bu sendrom, ekstremitede ödem, endurasyon, solukluk, parezi ve objektif duyu kaybı olmaksızın ekstremitede uyuşukluk yakınması ile karakterizedir. Hücrelerin maruz kaldığı subletal hasarın yol açtığı bu doku reaksiyonu, olguların büyük kısmında, bir hafta içinde kendiliğinden ortadan kalkar. Ancak bazı olgularda, postiskemik ödemin çözülmesi, bir ay, hatta daha da uzun sürebilir. Turnike uygulananının bu en sık görülen komplikasyonunun, çoğu kez fark edilmemesinin nedeni, turnike uygulanmış olan ekstremitelerin, postoperatif dönemde sıklıkla alçı veya atel içinde immobilize ediliyor olmalarıdır. Post-turnike sendromu postoperatif dönemde hastayı huzursuz ederek, analjezik ihtiyacını artırır. Post-turnike sendromunun en önemli sakıncaları, yara iyileşmesini geciktirmesi, enfeksi-

yonlara karşı direnci azaltması ve erken harekete engel olmasıdır (15).

Turnike uygulamanın komplikasyonlarının birisi de, turnike altındaki ciltte bül gelişimidir. Bül gelişiminin en sık rastlanılan nedeni, turnikenin altında kalan ciltte kırışıklıklar olması ve bunun sonucunda turnike altındaki derinin farklı bölgelerinin farklı basınçlara maruz kalmasıdır (5). Pnömatik turnike uygulanmadan önce Esmarch Bandajı'nın kullanılmasıyla ve pnömatik turnike uygulanmadan önce derinin distale doğru çekilerek gerilmesiyle turnike altındaki deride kırışıklıkların olması engellenebilir. Turnike altına kaçırılan deriyi temizleyici solüsyonlar ise, ancak turnike altına sarılan pamuğu satüre hale getirdikten sonra lokal iritasyon yoluyla bül gelişimine neden olabilirler. Turnike uygulamasına bağlı olarak gelişen diğer komplikasyonlar ise, pulmoner emboli, kompartman sendromu, rhabdomyolysis (20) ve amputasyondur (2). Turnike uygulamasına bağlı olarak gelişen komplikasyonların en ağırı, pulmoner embolidir. Literatürde bulunan 7 olgunun (18) hepsinde de, alt ekstremiteye turnike uygulandıktan sonra pulmoner emboli gelişmiştir ve bu olguların ikisi pulmoner emboli sonucunda kaybedilmiştir. Samann (16) travma ile operasyon arasındaki süre 7 günü aştığında Esmarch Bandajı'nın kullanılmaması önerirken; Hoffmann ve Wyatt (9) ise immobilizasyonu takiben geç dönemde müdahalede bulunan olgularda turnikenin hiç kullanılmamasını önermektedirler.

Literatürde turnike uygulaması sonrasında kompartman sendromu gelişen, bir olgu mevcuttur (7). 12,5 saat süren bir operasyondan sonra, el ayasında, median sinirden lipofibromun eksize edildiği bu olguda, operasyondan oniki saat sonra kolda kompartman sendromu gelişmiştir. Hastaya derhal fasciotomi uygulanmış ve yara bir hafta sonra primer olarak kapatılmıştır. Hastanın daha sonraki takiplerinde, kompartman sendromuna bağlı nöromusküler fonksiyon bozukluğu görülmemiştir.

Turnikenin komplikasyonları incelenirken akla gelen bir soru da, turnike uygulamasının cerrahi girişime ait komplikasyonları nasıl etkilediği sorusudur. Sherman, 1175 olguluk diz artroskopisi çalışmasının sonuç kısmında, turnike uygulamasının komplikasyon oranı üzerinde etkili olmadığını bildirmiştir (21). Ancak, turnike süresi uzadıkça, komplikasyon gelişme riskinin arttığı aşikardır.

Turnike uygulaması, her ne kadar derin ven trombozunun patogenezinden sorumlu olan Virchow Triadı'nın (ven duvarına travma, venöz staz, hiperkoagülabilite) tüm komponentlerinin ortaya çıkmasını sağlarsa da, turnike uygulaması primer olarak derin ven trombozu riskini arttırmaz. Aksine turnike uygulaması, vasküler endotelden, plazminojen aktivatörlerinin salınımını artırarak; turnike açıldıktan hemen sonra fibrinolitik aktivitenin artması sonucunda, derin ven trombozu riskini azaltır. Fahmy ve ark. çalışmasında, diz artroskopisi yapılan yirmişer kişilik iki gruptan, turnike uygulanmayan grupta 7 kişide derin ven trombozu gelişirken, bu sayı turnike uygulanan grupta 2 bulunmuştur (8) Turnike altındaki derin venlerden alınan biopsi materyallerinin incelenmesinde, plaz-

minojen aktivatörlerinin arttığı görülmüştür. Crush sendromu, hemoraji ve yanıklar sonrasında gelişen dolaşım yetmezliğinde de, plazminojen aktivatörlerindeki artışa bağlı olarak, fibrinolitik görülmekte ve bu olay iskemiye bağlanmaktadır.

Sonuç

Turnike, faydalarının yanında, operasyonun sonucunu etkileyebilecek bazı komplikasyonları da olan bir enstrumandır. Turnikenin tehlikesiz bir enstruman olmadığı akıldan çıkarılmamalı ve turnike deneyimli kişilere sarılmalıdır. Komplikasyon oranı fazla olduğundan, Esmarch Bandajı yerine pnömatik turnike tercih edilmelidir. Pnömatik turnikelerin kalibrasyonu, düzenli aralıklarla mutlaka kontrol edilmelidir. Turnike altına pet konulması unutulmamalıdır.

Temel prensip, turnikeyi en az süreyle ve en az basınçla uygulamak olmalıdır. Turnike süresi, 1-2 saati geçmemeli, eğer bu süre aşıyorsa reperfüzyona izin verilmelidir. Turnike basıncının, sistolik kan basıncının 70-100 mmHg üzerinde olması yeterlidir.

Şimdiye kadar bahsedilen kurallara sıkı bir şekilde uymanın yanında, operasyon sahasının ıslak tutulması, hipotermi uygulanması ve cerrahi travmanın en aza indirilmesi turnikeye bağlı olarak gelişen komplikasyonların azalmasında etkili faktörlerdir.

Kaynaklar

1. Aho, K., Sainio, K., Kianta, M., Varpanen, E.: Pneumatic Tourniquet Paralysis. *JBJS* 65-B: 441-443, 1983.
2. Alho, A.: The Bloodless Field (correspondence). *Acta Orthop. Scand.* 63 (2): 234, 1992.
3. Bolton, C. F., McFarlane, R. M.: Human Pneumatic Tourniquet Paralysis. *Neurology*, 28: 787-793, 1978.
4. Crenshaw, A. H.: Surgical Techniques. In *Campbell's Operative Orthopaedics*, edited by A. H. Crenshaw. Ed. 8 Vol: 1 pp 3-4, St Louis C. V. Mosby, 1992.
5. Goldnet, L. J., Fitch, R. D.: Idiopathic Congenital Talipes Equinovarus. In *Disorders of the Foot and Ankle*, edited by M. H. Jahss. Ed. 2, Vol: 1 pp 819-820, Philadelphia, W. B. Saunders, 1992.
6. Green, D. P.: General Principles. In *Operative Hand Surgery*, edited by David H. Green. Ed. 3 Vol: 1 pp 5-11, New York, Churchill-Livingstone, 1993.
7. Greene, T. L., Louis, D. S.: Compartment Syndrome of the Arm-A Complication of the Pneumatic Tourniquet. *JBJS* 65-A: 270-273, 1983.
8. Fahmy, N. R., Patel, D. G.: Hemostatic Changes and Postoperative Deep Vein Thrombosis Associated With Use of a Pneumatic Tourniquet. *JBJS* 63-A: 461-465, 1981.
9. Hofmann, A. A., Wyatt, R. W.: Fatal Pulmonary Embolism Following Tourniquet Inflation. A case report. *JBJS* 67-A: 633-634, 1985.
10. Jahss, M. H.: Surgical Principles and the Plantigrade Foot. In *Disorders of the Foot and Ankle*, edited by M. H. Jahss. Ed. 2, Vol: 1 pp 246-250, Philadelphia, W. B. Saunders, 1992.
11. Klenerman, L., Biswas, M., Hulands, G. H., Rhodes, A. M.: Systemic and Local Effects of the Application of a Tourniquet. *JBJS* 62-B: 385-389, 1980.
12. Love, B. R. T.: The Tourniquet. *Aust. N. Z. J. Surg.* 48: 66-70, 1978.
13. Ochoa, J., Fowler, T. J., Gilliat, R. W.: Anatomic Changes in Peripheral Nerves Compressed by a Pneumatic Tourniquet. *J. Anat.* 113: 433-455, 1972.
14. Robbins, S. L., Cotran, R. S., Coumar, W.: *Pathologic Basis of Disease*. Ed. 3, pp 2-17, Philadelphia, W. B. Saunders, 1984.
15. Salam, A. A., Eyres, K. S., Cleary, J., El-Sayhed, H. H.: The use of a Tourniquet When Plating Tibial Fractures. *JBJS* 73-B: 86-87, 1991.

16. Samann, H. A.: Pulmonary Embolism Under General Anesthesia Following Esmarch Bandage in Injuries of Lower Limb (letter). *Anaesthesia*, 25: 445, 1970.

17. Sapega, A. A., Heppenstall, R. B., Chance, B., Park, Y. S., Sokolow, D.: Optimizing Tourniquet Application and Release Times in Extremity Surgery. *JBJS* 67-A: 303-314, 1985.

18. Satoshi, A., Uchiyama, M.: Fatal Pulmonary Embolism Following Tourniquet Inflation. *Acta Orthop. Scand.* 62 (5): 488, 1991.

19. Shaw, J. A., Murray, D. G.: The Relationship Between Tourniquet Pressure and Underlying Soft-Tissue Pressure in the Thigh. *JBJS* 64-A: 1148-1152, 1982.

20. Shenton, D. W., Spitzer, S. A., Mulrennan, B. M.: Tourniquet Induced Rhabdomyolysis. *JBJS* 72-A: 1405-1406, 1990.

21. Sherman, O. H., Fox, J. M., Snyder, S. J., Pizzo, W. D., Friedman, M. J., Ferkel, R. D., Lawley, M. J.: Arthroscopy-"No Problem Surgery". *JBJS* 68-A: 256-265, 1986.

22. Spiegel, I. J., Lewin, P.: Tourniquet Paralysis. *JAMA*, 129: 432-435, 1945.

23. Sunderland, S.: *Nerves and Nerve Injuries*. Ed. 2, Edinburgh, Churchill-Livingstone, 1978.

24. Yates, S. K., Hurst, L. N., Brown, W. F.: The Pathogenesis of Pneumatic Tourniquet Paralysis in Man. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 44: 759-761, 1981.

25. Yenson, M.: *İnsan Biyokimyası*. 5. Baskı, s. 58, İstanbul Beta Yayınları, 1984.

Yazışma adresi:

Op. Dr. Taşkın Tecimer
Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi
1. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği
Cevizli, Kartal, İstanbul, Türkiye