



Elin yüksek basınçlı enjeksiyon yaralanmalarında dağılım yolları: Deneysel hayvan modeli

Dissemination pathways in high-pressure injection injuries of the hand: an experimental animal model

Halil BEKLER, Alper GÖKÇE, Tahsin BEYZADEOĞLU

Yeditepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Amaç: Yüksek basınçlı enjeksiyon yaralanmaları, el işlevlerinde ileri derecede kayıplara, hatta amputasyonlara neden olmaktadır. Bu çalışmada klinik uygulamalarda gözlemlediğimiz nörovasküler yayılımın deneysel çalışma ile gösterilmesi amaçlandı.

Çalışma planı: Çalışmada ortalama 200 gr ağırlıkta 10 adet erişkin Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Ksilazin hidroklorid ve ketamin anestezisi altında, üçlü musluk bağlantı sistemi yardımıyla 1 ml siyah çini mürekkebi 4 atmosfer basınç altında enjektör iğnesiyle her iki üst ekstremitte üçüncü parmak pulpasından uygulandı. İntrakardiyak enjeksiyonla deneklerin yaşamı sonlandırıldı. Toplam 20 adet üst ekstremitte transhumeral kesildi. Elde edilen amputatlar %10'luk formalin solüsyonu içinde tespit edildi. Dekalsifikasyonu takiben amputatlardan parmak, bilek distal ve proksimalinden çeşitli seviyelerde örnekler alındı. Doku kesileri hematoksi-len-eozin ile boyandıktan sonra incelendi.

Sonuçlar: Parmak seviyesinden yapılan transvers kesitlerde tüm örneklerde çini mürekkebinin öncelikle pulpada cilt altında toplandığı görüldü. Tüm örneklerde bilek distalinde üçüncü parmağın tendon kılıfları ile birlikte damar sinir yapılarının da çini mürekkebiyle boyandığı görüldü.

Çıkarımlar: Çalışmamızın bulguları, elin yüksek basınçlı enjeksiyon yaralanmalarında, literatürde belirtilen dokulara ek olarak, damar sinir paketlerinin de öncelikle ve ciddi şekilde etkilendiğini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: İş kazası; debridman; parmak yaralanması/etiyoloji/fizyopatoloji; el yaralanması/etiyoloji; basınç; tavşan.

Objectives: High-pressure injection injuries of the hand may compromise the function of the hand or even result in amputations. Based on our clinical observations, we aimed to demonstrate neurovascular dissemination in an animal model.

Methods: Ten adult New Zealand rabbits with a mean weight of 200 g were used. Under xylazine-ketamine anesthesia and using a triple connection system, the rabbits were injected one milliliter of black Indian ink in the third finger tip of the upper limbs at 4 atmospheric pressure. The rabbits were sacrificed via intracardiac injections for transhumeral amputation of all the upper limbs. All amputations were fixed in 10% formalin, decalcified, and specimens obtained from fingers and distal and proximal regions of the wrist were stained with hematoxylin and eosin for histopathologic examination.

Results: Transverse sections of the third finger showed subcutaneous deposition of Indian ink particularly in the pulp in all the specimens. In addition, all specimens from the distal wrist showed penetration into fascia, tendon sheaths, and neurovascular bundles of the third finger.

Conclusion: Our results suggest that, in addition to the tissues mentioned in the literature, neurovascular bundles are primarily and seriously affected by high-pressure injection injuries of the hand.

Key words: Accidents, occupational; debridement; finger injuries/etiology/physiopathology; hand injuries/etiology; pressure; rabbits.

Enjeksiyon yaralanmaları, sanayide yüksek basınçlı enjeksiyon tabancalarının kullanımının artmasıyla acil servislerde daha sık görülmeye başlanmıştır. İlk oluş anlarında, nispeten ufak giriş bölgesi, çevre dokularda abartılı olmayan şişlik ile seyrettiklerinden ihmal edilebilmekte ve yetersiz tedavi uygulanabilmektedir.

Amputasyon gibi ciddi sonuçlara yol açabilen bu yaralanmaların klinik seyri ve patolojisi iyi tanımlanmıştır. Bu hastalarda doğru ve yeterli tedavi debridmanın iyi yapılmasına bağlıdır. Bunun da ilk şartı tutulmuş dokuların tespiti. Enjekte malzeme yayılımının giriş kılıfları yoluyla olduğu bildirilmektedir.^[1,2] On dört hasta üzerine gözlemlerimiz, enjekte malzemenin giriş kılıfları ile birlikte damar sinir yapıları etrafında da yoğun olarak biriktiği şeklindeydi (yayınlanmamış çalışma).^[3] Bu birikmenin giriş kılıflarından mı yayıldığı yoksa damar sinir yapılarının bir diğer önemli yayılım yolu mu olduğu sorusuna yanıt aramak istedik. Parmaklarda, arter ve sinirlerin çevrelerinde bulunan yağlı dokunun gevşekliği ve direncinin kısmen düşüklüğü bilinen bir özelliktir. Enjekte malzemenin yüksek basınç altında potansiyel bir boşluktan yol alarak ilerlemesi olasıdır. Bu hipotezimizi araştırmak amacıyla bir hayvan modeliyle bu deneysel çalışmayı planladık.

Gereç ve yöntem

Bu çalışmada ortalama 200 gr ağırlıkta 10 adet erişkin Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Anestezi 5

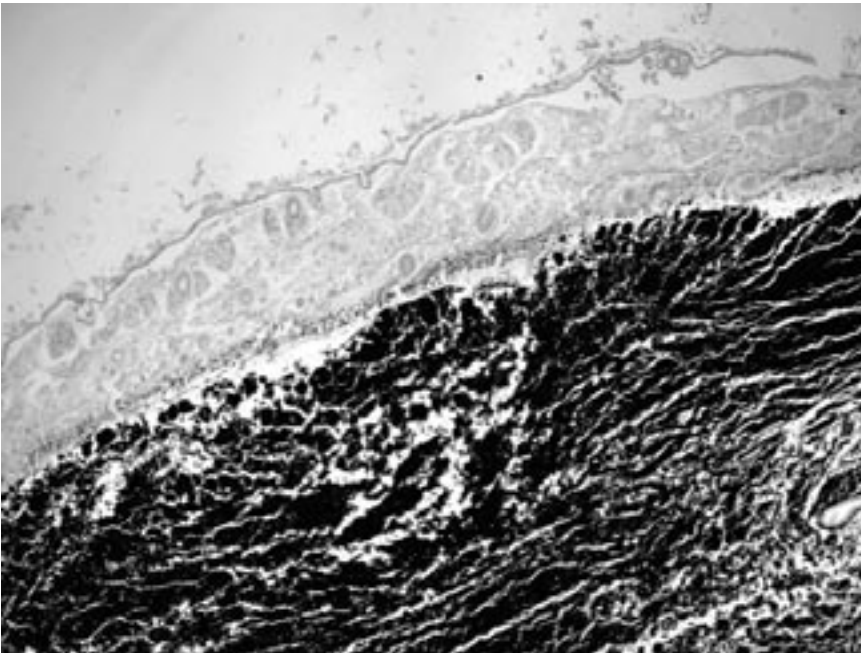
mg/kg ksilazin hidroklorid ve 35 mg/kg ketaminin adale içine enjeksiyonu ile sağlandı. Üçlü musluk bağlantı sistemi yardımıyla 1 ml siyah çini mürekkebi 4 atmosfer basınç altında enjektör iğnesi ile her iki üst ekstremité üçüncü parmak pulpasından uygulandı. Basınç, 50 ml'lik enjektör içindeki havanın bire dört oranında sıkıştırılması ile elde edildi. Hacim x basınç (V x P) sabit formülüne dayanarak elde edilmeye çalışılan bu basınç manometre ile kontrol edildi ve dört atmosferlik değere ulaşıldığı görüldü. Çini mürekkebinin dokular içine hızla yayıldığı gözlemlendi.

Intrakardiyak enjeksiyonla deneklerin yaşamı sonlandırıldı. Toplam 20 adet üst ekstremité transhumeral kesildi. Elde edilen amputatlar %10'luk formalin solüsyonu içinde tespit edildi. Dekalsifikasyonu takiben amputatlardan parmak, bilek distal ve proksimalinden çeşitli seviyelerde örnekler alındı. Doku kesileri hematoksilin-eozin ile boyandı. Boyama ile, enjekte edilmiş çini mürekkebinin dağıldığı dokuların kolay tanımlanması amaçlandı.

Sonuçlar

Patolojik anatomik incelemelerde malzemenin yayılma yolları ve tutulmuş olan dokuların tespitine önem verildi. Parmak seviyesinden yapılan transvers kesitlerde tüm örneklerde çini mürekkebinin öncelikle pulpada ciltaltında toplandığı görüldü (Şekil 1).

Tüm örneklerde bilek distalinde tavşan eline uyan anatomik alanda, üçüncü parmağın tendon kılıfları



Şekil 1. Ciltaltında toplanmış çini mürekkebi (H-E x 40).

Tablo 1. Tavşan üst ekstremitelerde çini mürekkebi ile tutulan anatomik yapıların dağılımı

	Pulpa	2. 3. ortak parmak sinir arter	3. bölge FDS FDP	Palmaris longus	5. bölge FDS FDP	Median sinir	Radial arter	Ulnar arter	Ulnar sinir	Fleksör karpi ulnaris
Tutulmuş görülen örnek sayısı	20/20	20/20	20/20	8/20	16/20	4/20	4/20	6/20	1/20	1/20
Oran (%)	100	100	100	40	80	20	20	30	5	5

FDS: Fleksör dijitorum süperfisiyalis; FDP: Fleksör dijitorum profundus.

ile birlikte damar sinir yapılarının da, yani median sinirin ikinci ve üçüncü ortak parmak sinir dallarının da etkilendiği görüldü. Bu bölgede ciltaltı dokusunun pulpaya benzer biçimde yoğun olarak tutulduğu gözlemlendi.

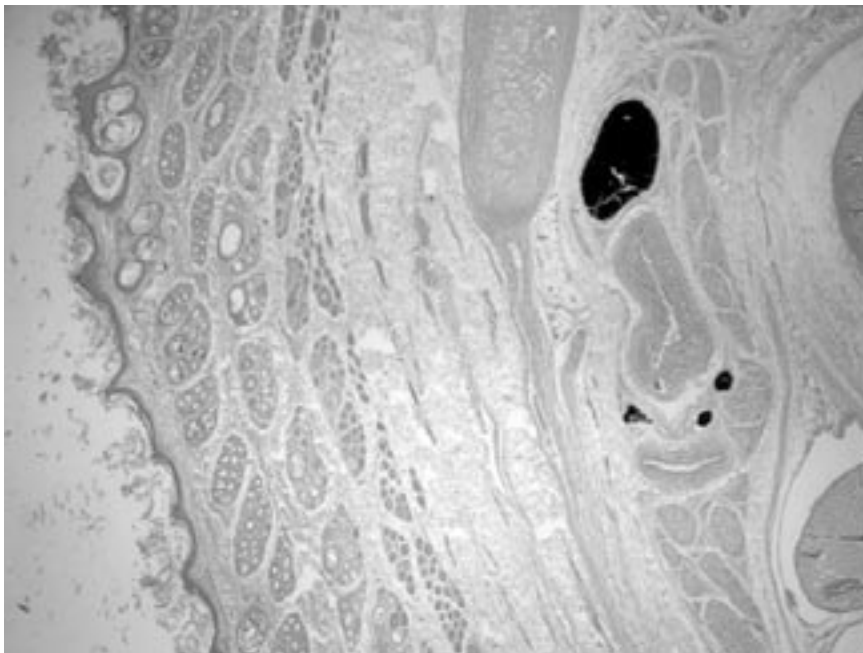
Bilek eklem proksimalinden alınan kesitlerde 20 örnekten 16'sında (%80), fleksör dijitorum süperfisiyalis ve profundus adale kılıflarında yoğun mürekkep saptandı. Ek olarak, sekiz ekstremitede (%40), palmaris longus tendonu tutulumu görüldü; bunların altısında (%30) parmak fleksörleri de boyanmıştı. Dört örnekte (%20) median sinir ve radial arterin çevre göze dokularında tutulum görüldü. Altı ekstremitede (%30) ulnar arter ve yandaş venlerinde tutulum gözlenirken, yalnızca bir kesitte (%5) ulnar sinir tutulumu görüldü. Bu örnekte ek olarak yoğun fleksör karpi ulnaris kılıf infiltrasyonu da görüldüğünden kontaminasyon olarak değerlendirildi. İki örnekte (%10) bilek proksimalinde hiçbir

mürekkep izine rastlanmadı ve basıncın yetersiz kaldığı düşünüldü (Tablo 1).

Kesitlerde çevre venlerin bir bölümünün de çini mürekkebi ile dolmuş olduğu gözlemlendi. Adale kılıf ve ciltaltı gibi dokular tam anlamıyla salim bulunurken, nörovasküler bantta ana ven ve arter çevresinde yerleşimli kapiller yapılar mürekkep ile dolu idi (Şekil 2).

Tartışma

Cilde 7 bar (700 kN/m²) basınç uygulanması cilt bütünlüğünü bozar.^[4] Enjeksiyon tabancalarının çoğu bu basınç ve üzerindeki seviyelerde çalışmaktadır. Bu tür endüstriyel yaralanmalarda malzeme kolaylıkla ciltaltına geçer, oradan da dokulara yayılır. Parmak pulparı yağlı göze dokunun yoğun olarak bulunduğu yapılarıdır. Enjekte malzemeye doğrudan ve en yüksek basınç altında maruz kaldıklarından, örneklerimizin tümünde pulpa ve ciltaltı dokusunda ki birikim doğal karşılandı. Enjeksiyon yaralanmalarında



Şekil 2. Ulnar ven ve ulnar artere yandaş venlerde mürekkep tutulumu (H-E x 100).

rında sonucu, malzemenin tipi, enjeksiyon bölgesi, yumuşak doku tutulumunun derecesi, tedavi zamanı, cerrahinin boyutu belirler.^[1,5,6] Hasar, basınca bağlı olarak doku dolaşımının bozulması, maddenin yarattığı kimyasal tahriş, enflamasyon ve enfeksiyon gibi değişik mekanizmalar sonucu oluşur.^[7] Wong ve ark.^[6] enjeksiyon yaralanmalarını hafif, orta ve ciddi olarak üçe ayırmışlar ve erken yeterli debridmanın gerekliliğini özellikle vurgulamışlardır.

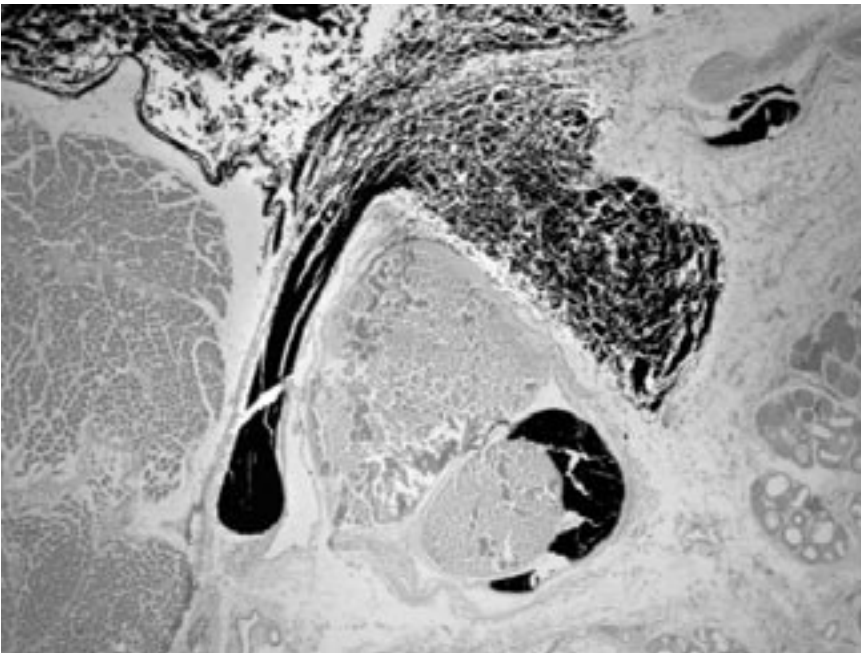
Cerrahi tedavi gerektiren olgularda, dekompresyon, tüm yabancı malzeme ve ölü dokuların ortamdaki uzaklaştırılması, yaranın bol serum ile yıkanması temel kurallardır. Enjeksiyon yaralanmalarında eksplorasyon, debridman ve yabancı cisimlerin özenle temizlenmesi çok önemlidir.^[2,8,9] Debridmanlar yara temiz hale gelinceye dek sürdürülür. Kontamine ve ölü dokular enfeksiyon kaynağıdır.^[10]

Kanımızca enjeksiyon yaralanmalarındaki kritik soru yapılacak yumuşak doku debridmanının genişliğidir. Yetersiz bir debridman beklenen yararı sağlamayarak yabancı cisim bulaşmasının yaratacağı tüm risklerin devamına neden olur, debridmanın kontrolsüz genişletilmesi ise dolaşımı daha da tehlikeye atacaktır. Gereğinden fazla ya da yetersiz debridman uygulanması, iyatrojenik damar sinir yaralanmaları, kimyasal tahriş sonucu dolaşım bozukluklarına neden olabilir. Enjekte malzemenin yayılma mekanizmasının bilinmesi debridmanın planlanmasında çok önemlidir.

Çalışmamızda, çini mürekkebinin yalnızca giriş kılıflarından değil, fasyal planlardan da yayıldığı gözlemlendi. Deneklerin 16'sında (%80) gözlenen parmak derin ve yüzeysel fleksörlerinin birlikte tutulması, bu yolun ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Ancak, enjekte malzemenin bir bölümü giriş kılıfı içinden ilerlerken, bir kısmının giriş kılıfı dışında fasyal planlar arasında ilerlemesi dikkat çekiciydi (Şekil 3). Özellikle bu bulgu enjekte malzemenin düşük doku dirençli yolu takip ettiğini düşündürmektedir.

Venöz yapıların ve arter yandaş kapillerlerinin mürekkep ile dolduğu saptandı. Daha önce klinik olgularda saptadığımız damar-sinir demetlerinden yayılım, model ekstremiteelerde de gözlemlendi. Nörovasküler yolla enjekte materyal yayılımının küçük çaplı venler yoluyla olduğu görüldü. Venlerin özellikle düşük damar içi basınçları ve kolayca yaralanabilen cidarları nedeniyle tutuldukları düşünüldü.

Genel olarak deneklerde saptadığımız bulgular, yaygın ciltaltı birikimi, fasyal planların, giriş kılıflarının ve damar sinir paketleri içindeki venlerin tutulumuydu. Bu bulgular ışığında, bir enjeksiyon yaralanmasında enjekte malzemenin öncelikle giriş bölgesinde ciltaltında toplandığı, bunu takiben giriş kılıfları, fasyal planlar ve damar sinir paketlerinin venöz yapılarını tutarak yayıldığını söyleyebiliriz. Yayılma yolu açısından belirleyici ölçütün doku direnci olduğu düşünülmektedir. Giriş kılıfla-



Şekil 3. Parmak derin ve yüzeysel fleksörlerine ait kılıf ve fasyal dokularda çini mürekkebi yayılımı (H-E x 200).

rına ek olarak, adale çevresinde bulunan gözeli do-ku ve daha da önemlisi damar sinir paketlerinin periarteriyel venleri, enjektörde malzeme yayılım yollarındadır.

Bulgularımız, elin yüksek basınçlı enjeksiyon yaralanmalarında, literatürde belirtilen diğer dokulara ek olarak, damar sinir paketlerinin öncelikle ve ciddi şekilde etkilendiğini ve bu tip yaralanmalarda do-laşım açısından özellikle damar sinir paketlerinin tutulumunun dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Kaynaklar

1. Lubber KT, Rehm JP, Freeland AE. High-pressure injection injuries of the hand. *Orthopedics* 2005;28:129-32.
2. O'Sullivan ST, Beausang E, O'Donoghue JM, O'Shaughnessy M, O'Connor TPF. The importance of open wound management in high-pressure injection injuries of the upper limb. *J Hand Surg [Br]* 1997;22:542-3.
3. Bekler H, Gokce A, Beyzadeoglu T, Parmaksizoglu F. The surgical treatment and outcomes of high-pressure injection injuries of the hand. *J Hand Surg [Br]* 2007. [Epub ahead of print]
4. Vasilevski D, Noorbergen M, Depierreux M, Lafontaine M. High-pressure injection injuries to the hand. *Am J Emerg Med* 2000;18:820-4.
5. Obert L, Lepage D, Jeunet D, Gerard F, Garbuio P, Tropet Y. Hand injuries resulting from high-pressure injection: lesions specific to industrial oil. *Chir Main* 2002; 21:343-9.
6. Wong TC, Ip FK, Wu WC. High-pressure injection injuries of the hand in a Chinese population. *J Hand Surg [Br]* 2005; 30:588-92.
7. Wieder A, Lapid O, Plakht Y, Sagi A. Long-term follow-up of high-pressure injection injuries to the hand. *Plast Reconstr Surg* 2006;117:186-9.
8. Barr ST, Wittenborn W, Nguyen D, Beatty E. High-pressure cement injection injury of the hand: a case report. *J Hand Surg [Am]* 2002;27:347-9.
9. Lewis HG, Clarke P, Kneafsey B, Brennen MD. A 10-year review of high-pressure injection injuries to the hand. *J Hand Surg [Br]* 1998;23:479-81.
10. Moutet F, Lantuejoul JP, Guinard D, Gerard P. Urgent nature and severity of lesions due to high pressure injections in the hand. *Ann Chir Main Memb Super* 1991;10:476-81.