



Deprem yaralanmalarında ekstremitte koruyucu yaklaşım

Extremity salvage approach in earthquake injuries

Mehmet Ali Acar, Ali Özdemir, Erkan Sabri Ertaş

Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, El Cerrahisi Bilim Dalı, Konya

Deprem gibi doğal afetler, insanların hayatını ciddi şekilde etkileyebilir, birçok kişinin yaralanmasına hatta ölümüne neden olabilir. Bu tür afetlerde, öncelikle hayatta kalma ve acil müdahaleler gerekmektedir. Ancak, mümkün olduğu takdirde ekstremitelerin korunması da büyük önem taşır, çünkü ekstremitte yaralanmaları insanların yaşam kalitesini ciddi şekilde etkilemektedir. Ekstremitte koruyucu cerrahiler, genellikle karmaşık ve uzun bir süreç gerektiren müdahalelerdir. Bu tür cerrahiler, hastaların uzun süre hastanede kalmasına ve tekrarlayıcı cerrahi müdahalelere ihtiyaç duyulmasına neden olabilir. Bu nedenle, depremden etkilenmemiş deneyimli bir cerrahi ekip tarafından iyi bir planlama yapılması büyük önem taşır. Fasyotomi cerrahileri, uygun tekniklerle yapılmalı, debridmanlar da düzenli olarak ve uygun şekilde gerçekleştirilmelidir. Debridman işlemi, yaranın sepsis riskini önlemek ve ekstremitenin kurtarılması için hayati önem taşır. Yara kapatma teknikleri hakkında iyi bir bilgi sahibi olunmalı ve ihtiyaç duyan hastalar, erken dönemde doku nakli cerrahileri yapabilecek merkezlere yönlendirilmelidir. Her hastanın özel ihtiyaçlarını karşılayan multidisipliner bir tedavi planı belirlenmeli, cerrahi sonrası takip ve rehabilitasyon süreci aksatılmadan gerçekleştirilmelidir. Bu şekilde, ekstremitte korunması kadar fonksiyonel bir iyileşme sağlanabilir ve hastaların yaşam kalitesi artırılabilir.

Anahtar sözcükler: uzuv kurtarma; fasyotomi; debridman, yara kapama teknikleri; serbest doku flepleri

Natural disasters, such as earthquakes, can have a significant impact on people's lives, causing numerous injuries and even deaths. In such situations, the priority is to ensure survival and provide immediate interventions. However, if possible, preserving the extremities is also crucial as limb injuries can greatly affect individuals' quality of life. Limb salvage surgeries, which are often complex and require extensive procedures, play a vital role in preserving the affected limbs. These surgeries may result in prolonged hospital stays and the need for repeated interventions. Therefore, it is essential to have a skilled surgical team with experience in unaffected areas to plan and execute these procedures effectively. Proper techniques should be employed in fasciotomy surgeries, and debridement procedures should be performed regularly and appropriately. Debridement is a critical procedure not only to prevent sepsis risks but also to save the limb. Having a good understanding of wound closure techniques is important, and patients in need should be directed to centers capable of performing early tissue graft surgeries. Each patient should have an individualized multidisciplinary treatment plan that addresses their specific needs. Postoperative follow-up and rehabilitation should be carried out without interruption to ensure not only limb preservation but also functional recovery. By implementing these measures, both limb preservation and improved functional outcomes can be achieved, ultimately enhancing the patients' quality of life.

Key words: limb salvage; fasciotomy; debridement; wound closure techniques; free tissue flaps

Depremler birçok insanın aynı anda yaralanmasına ve ölmesine neden olan doğal afetlerin başında gelir. Depreme bağlı yaralanmalar genellikle binaların çökmesi, duvarların yıkılması veya diğer yapıların zarar görmesi sonucu meydana gelir. Bazı hastalar ise deprem sırasında kaçış amacıyla yaşadıkları binadan atlayarak yaralanabilirler. Depreme bağlı

yaralanmalarda hastaneye başvuru sebeplerinin en başında kas iskelet sistemi yaralanmaları gelmektedir.^[1] Depremde yaralanması olan hastalarda öncelikli amaç hastanın hayatta kalmasını sağlamak olmakla beraber depremden etkilenen uzvun da korunması hastanın fonksiyonel durumunu arttıracak, psikolojik durumuna olumlu katkı sağlayacak ve aynı zamanda

İletişim / Contact: Op. Dr. Erkan Sabri Ertaş • E-posta / E-mail: erkansabri@yahoo.com

ORCID iD: Mehmet Ali Acar, 0000-0003-2701-4923 • Ali Özdemir, 0000-0002-8835-9741 • Erkan Sabri Ertaş, 0000-0002-3108-3297

Geliş / Received: 8 Haziran 2023 • **Revizyon / Revised:** 31 Temmuz 2023 • **Kabul / Accepted:** 30 Ağustos 2023

sağlık sistemleri üzerine binen protez maliyetlerinin azaltılmasında rol oynayacaktır.

Ağır ekstremitte yaralanması, bir uzuvda yumuşak doku, kemik, damar ve sinirlerden en az üçünün hasar gördüğü ve uzvun tanınmaz hâle geldiği bir durumdur.^[2] Bu tür yaralanmalar sonrasında, cerrahların kurtarıcı cerrahi müdahale veya uzvun kesilmesi gibi zor kararlar vermesi gerekebilir. Depremler ve diğer kitlesel yaralanma olayları sırasında, yaralanma mekanizması öncelikle düşük enerjili, uzun süreli, ezici, geniş yumuşak doku hasarına neden olan ve geç ortaya çıkan travmadır. Bu faktörler ise enfeksiyon oranlarının ve amputasyon ihtiyacının artmasına neden olabilmektedir.

Günümüzde rekonstrüktif cerrahi tekniklerin gelişmesi ve enfeksiyon tedavilerinde artan başarı oranlarıyla birlikte, geçmişte amputasyon uygulanan birçok olguda ekstremitte kurtarıcı girişimler uygulanabilmektedir. Uygun seçilmiş hastalarda ekstremitte rekonstrüksiyonu, amputasyona göre hasta açısından daha avantajlı olabilir. Ancak, her hasta için uygun bir tedavi planının belirlenmesi için bir dizi faktörün dikkate alınması gerekmektedir.

Ekstremitte kurtarıcı cerrahilerde başa çıkılması gereken birçok problemle karşılaşılabilir. Örneğin kemik kaynamaması, osteomyelit, kısalık, yumuşak doku örtünme sorunlarıyla karşılaşılabilir gibi ekstremitte gelişebilecek bir enfeksiyon sepsise neden olarak hastanın yaşamını da tehdit edebilir. Bu nedenlerle, her hasta için uygun bir tedavi planının belirlenmesi ve cerrahi müdahale öncesinde hastanın tıbbi durumu, yaralanmanın ciddiyeti ve diğer faktörlerin dikkate alınması önemlidir. Ayrıca, cerrahi sonrası düzenli takip ve rehabilitasyon da hastanın fonksiyonel bağımsızlığını, yaşam kalitesini arttırılabilirliği açısından kritiktir.

KOMPARTMAN SENDROMU

Ezilme (*crush*) yaralanmaları, depremlerin yaygın sonuçlarından biridir. Ezilme yaralanmalarının depremlerin %3-20'sini etkilediği tahmin edilmektedir.^[3] Farklı tedavi protokolleri gerektiği için, saha hekimlerinin ezilme yaralanması, ezilme sendromu ve kompartman sendromu arasında ayırım yapması ve gerçek yaralanmanın doğru bir şekilde tanımlanması ve buna göre tedavi edilmesi önemlidir. Bu nedenle, doğru tanı ve tedavi, ezilme yaralanmaları sonucu oluşan ciddi komplikasyonların önlenmesinde hayati önem taşır.

Ekstremitelerdeki ezilme yaralanması; deri, kaslar, sinirler ve kan damarları gibi yumuşak dokulara zarar veren doğrudan basınçtan kaynaklanır. Kompartman sendromu, dokuların sınırlı bir alanda sıkışmasından

kaynaklanır ve doku nekrozuna neden olabilir. Yaralı bir ekstremitte uzun bir süre boyunca önemli bir ezilme kuvvetine maruz kaldığında, ezilmiş yumuşak dokunun hacmine de bağlı olarak kas hücrelerinin ölümü ve sistemik belirtiler de dâhil olmak üzere geri dönüşü olmayan değişiklikler meydana gelebilir. İlk olarak İkinci Dünya Savaşı sırasında İngiliz hekim Eric Bywaters tarafından tanımlanan bu durum ezilme (*crush*) sendromu olarak adlandırılır.^[4] Ezilme sendromuna maruz kalan hastalarda büyük kas hasarları görülebilir ve ardından böbrek yetmezliğine bağlı ölümler görülebilir.^[5] Doğal afetler sırasında ezilme sendromu çok yaygın bir tanıdır.^[6] Ezilme sendromu şiddetli ezilme durumunda sadece bir saat sonra gelişebilir, ancak sistemik belirtilerin ortaya çıkması için genellikle dört ile altı saat kompresyon gerektirir. Erken aşamalarda sınırlı bulgu vermekle birlikte ilerleyen aşamalarda klinik olarak tespit edilebilen dolaşım bozukluğu görülebilir. Yaralanma ilerledikçe etkilenen kaslarda rabdomyolize neden olan ve kas hücresi ölümüne yol açan iskemik değişikliklerle birlikte ortaya çıkabilir.^[7] Eşlik eden semptomlar arasında belirgin şişlik, cilt kızarıklığı veya solgunluk, pasif hareketle ağrı, parestezi ve motor bozukluk sayılabilir. Etkilenen uzuvda dolaşım yeniden sağlandığında, rabdomyolizin toksik yan ürünleri, ölümcül aritmilere neden olabilen böbrek yetmezliği ve hiperkalemiyle sonuçlanan miyoglobüriye neden olabilir.

Bir felaketin ardından enkaz altında kalan bir ekstremitte, ezilme sendromuna veya kompartman sendromuna maruz kalabilir ve etkilenen bölgeden kan çıkışı bozulur. Toksik metabolik yan ürünler ortaya çıkarak hastanın sistemik dolaşımına karışır. Perfüzyonun restorasyonu ile beraber kardiyak, renal, dolaşım ve elektrolit anormallikleriyle birlikte reperfüzyon yaralanmalarına yol açabilir. Bu nedenle ezilme sendromunun tedavisi öncelikle hastanın kardiyak, renal, metabolik ve dolaşım sıvı hacimlerinin korunmasına odaklanır. Öncelik uzuvdan çok hayat kurtarmaktır.

Ezilme sendromunun lokal tedavisi, akut kompartman sendromunun tedavisinden farklıdır. Ezilme sendromunun tedavisinde fasyotominin rolü tartışmalıdır. Bazı cerrahlar, ezilmeden sonraki başvuruda fasyotomi yapılırsa doku hasarını tersine çevirme şansının olduğuna inanmaktadır.^[8] Tek bir ekstremitenin erken dönem ezilme sendromu sonrası yapılan fasyotomi vakalarında bildirilen iyi sonuçlar vardır.^[9] Bununla birlikte, kırık varlığında, etkilenen ekstremitenin stabilizasyonu endikedir ve kapalı kırıkları açık kırıklara dönüştüren herhangi bir açık redüksiyon ve fiksasyon yöntemi yüksek enfeksiyon oranları ile ilişkilidir.^[6]

Ayrıca, farklı felaket bölgelerinde sıklıkla bildirilen saha deneyimi, ezilme sendromu varlığında fasyotomiler

yapıldığında koşullar ne olursa olsun yüksek enfeksiyon oranları ve buna bağlı amputasyon olduğunu göstermektedir.^[7,10-13] Hipoksik dokularda enfeksiyon kontrolü ve iyileşme mekanizmaları bozulur, enfeksiyon riski artar ve yara iyileşmesiyle ilgili sorunlar diğer yaralanmalardan sonra daha sık görülür. Akut kompartman sendromunun ana tedavisi fasyotomi olmasına rağmen, ezilme sendromunda kullanımı, ilgili uzvun periferik dolaşımının bozulduğu vakalara saklanmalı ve periferik kan akışını yeniden sağlamak için kompartman dekompresyonu yapılmalıdır. Açık kırıkları içeren olgularda kompartman sendromundan şüphelenildiğinde veya ilk kompartman basıncı normal olup gecikmiş kompartman sendromu geliştiğinde de fasyotomi önerilir.^[7,10]

Kompartman sendromu tedavisi sonrası prognoz, durumun ne kadar hızlı teşhis edildiği ve tedavi edildiğine bağlıdır. Fasyotomi işlemi altı saat içinde yapıldığında, uzuv fonksiyonlarının neredeyse %100'ü geri kazanılabilir. Altı saatten sonra sinir hasarı kalabilir. Veriler, fasyotomi işleminin 12 saat içinde yapılması durumunda, sadece hastaların üçte ikisinin normal uzuv fonksiyonuna sahip olduğunu göstermektedir. Baldırda anterior, lateral, yüzeysel posterior ve derin posterior kompartmanlar medialden ve lateralden yapılan tam boy kesilerle rahatlatılmalıdır. Uzman ellerde tek kesi yaklaşımı mümkündür, ancak biz deprem hastalarında iki kesim tekniğinin standart bakım olarak kalması gerektiğini düşünüyoruz. Özellikle derin posterior kompartman en sık gözden kaçırılan kompartman olması nedeniyle bu kompartmanın açılmasına özellikle dikkat edilmelidir. Ön kol bölgesinde ise, yüzeysel ve derin volar kompartmanların rahatlatılması, lacertus fibrosustan karpal tünele kadar uzanan bir kesiyle yapılmalıdır. Ayrıca *pronator quadratus* epimisyumunun da açılması önemlidir. Eğer etkilenmişse dorsal kompartman da ayrı bir kesiyle açılmalıdır. Deprem hastalarında uzvun uzun süre ezilme yaralanması söz konusu olması nedeniyle dorsal kompartman fasyotomilerinin unutulmaması gerektiğini düşünüyoruz. Kontrol edilemeyen kanamalardan ve iyatrojenik nörovasküler hasarlardan kaçınmak için fasyotomiler mümkün olduğunca ameliyathane şartlarında yapılmalıdır.

Deprem gibi doğal afetlerde birçok kişi aynı anda etkilenmekte ve arama kurtarma faaliyetleri sonrası hastaların hastanelere ulaştırılması uzun saatleri alabilmektedir. Bu tip durumlarda gecikmiş kompartman sendromuna sahip birçok hastayla karşılaşmaktadır. Travma sonrasında kompartman sendromu ilk saatlerde gelişebildiği gibi ilk 48 saatin sonlarına doğru da oluşabilir.^[14] Kompartman sendromu oluşup 12 saat ve daha uzun süre geçtiyse bu durum gecikmiş kompartman sendromu

olarak değerlendirilmelidir. Bu hastalarda sepsis ve ölüm dâhil komplikasyon riskleri oldukça artmıştır.^[10] Bu yaralılar uygun resüsitasyon, idrar alkalinizasyonu, mannitol kullanımı ve yoğun yaşam desteği ile tedavi edilmelidir.^[15] Bu tür konservatif bakım, mekanik olarak ezilen kasların olduğu kapalı yaralanmalı yaralılarda fasyotomiden daha iyi sonuçlar vermektedir.^[10] Bu nedenle, cansız kaslı 12 saatten fazla sıcak iskemisi olan kompartman sendromunda rutin olarak fasyotomi yapılmamalıdır.^[11,15] Fakat deprem şartlarında hangi hastada ne zaman kompartman sendromunun geliştiğini öngörmek zor olacaktır. Enkaz altında kalma durumunda kaç saat sonra tam olarak kompartman sendromu geliştiğini öngörebilmek kesin olarak mümkün değildir. Geç saptanan olgularda olay yerinde yapılan amputasyonlar veya erken dönemde yapılan amputasyonlar, miyohemoglobinin dolaşıma katılıp renal tübülleri tıkamasına engel olmak için böbrekleri koruyucu ve hayat kurtarıcı olduğu şeklinde düşünülse de bu görüşlerin kanıt düzeyi düşüktür.

Alt ekstremite kompartman sendromunda zaman ilerledikçe fasyotomi işleminden kaçınmak gerektiği hakkında kanıt düzeyi yüksek iken üst ekstremitede bu konu hakkında kanıt düzeyi düşüktür. Literatüre bakıldığında ön kol kompartman sendromunda 24 saat öncesinde ve sonrasında yapılan fasyotomiler arasında fonksiyonel olarak anlamlı fark saptanamamıştır.^[16] Geç dönemde saptanan üst ekstremite kompartman sendromlarında erken dönemdekiler gibi fasyotomiyle tedavi ön planda düşünülebilir. Yapılan fasyotomilerin kas nekrozuna olan etkisi sınırlı dahi olsa sinir iyileşmesine katkısı olabilir. Sinir fonksiyonları olmayan bir üst ekstremite fonksiyonel olarak ampute olarak kabul edildiğinden, sinir iyileşmesini sağlamak son derece kritiktir. Kısmi olarak el duysusu sağlanması durumunda, geniş kas nekrozları dahi olsa yapılabilecek fonksiyonel kas transferleriyle ekstremiteye fonksiyon kazandırılabilceği unutulmalıdır.

DEBRİDMAN

Debridman işlemi, yaralı bölgedeki ölü veya hasarlı dokuların temizlenmesini ve enfeksiyon riskinin azaltılmasını sağlar. Ekstremitte yaralanmaları gibi açık yaraların enfeksiyon riski yüksektir ve bu nedenle debridman işlemi enfeksiyonun önlenmesi için en önemli basamaklardan biridir. Debridman işlemi, enfekte dokuların temizlenmesi ve iyileşme sürecinin hızlandırılması için önemlidir. Debridman cerrahileri basit bir işlem olarak değerlendirilmemeli, tecrübeli cerrahi ekip tarafından ameliyathane koşullarında uygulanmalıdır. Çünkü doğru şekilde yapılmayan bir debridman işlemi enfeksiyon riskini arttırabilir ve sonraki tedaviler için de sorun yarata-

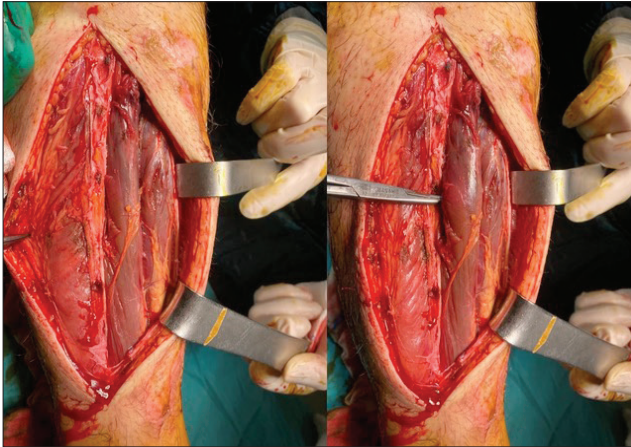
bilir. Ayrıca, titiz bir debridman işlemiyle enfeksiyonun önlenmesi ve ekstremiteye gereken tedavinin uygulanması mümkün olabilir.

Debridman, yaralanmanın türüne ve ciddiyetine bağlı olarak farklı teknikler kullanılarak yapılabilir. Bazı durumlarda, yaralanmış doku tamamen çıkarılmak zorunda kalınabilirken, diğer durumlarda yalnızca nekrotik doku ve enflamasyonu artıran doku çıkarılabilir. Debridman sırasında, steril tekniklerin kullanılması ve enfeksiyon riskinin azaltılması çok önemlidir. Ayrıca, debridman sırasında kanama kontrolü yapılmalı ve dokuların hasar görmemesi için dikkatli bir şekilde işlem yapılmalıdır.

Kemik uçlarının ve medüller kanalın temizliği, debridman sırasında önemli bir adımdır. Temizlenmeyen kemik uçları, enfeksiyonun devam etmesine ve yeniden yayılmasına neden olabilir. Eğer mevcutsa serbest kemik parçaları çıkarılmalıdır, çünkü yumuşak dokularla bağlantısı olmayan bu parçalar enfeksiyon odakları olabilir ve enfeksiyonun kontrol edilmesini zorlaştırabilirler.

Debridman sırasında kasların rengi, kasılması ve kanaması gibi faktörler değerlendirilerek nekrotik dokuların çıkartılması sağlanır (Şekil 1). Debridman işlemi, çevreden merkeze doğru keskin disseksiyonlar ile yapılmalıdır. Aynı zamanda, nörovasküler yapılar ve tendonlar gibi önemli yapılar mümkün olduğunca korunmaya çalışılır. Ancak, avasküler dokuların tamamen çıkartılması gerekir çünkü bu dokular enfeksiyonların yayılmasına neden olabilir (Şekil 2).

Mikroorganizmaların belirlenmesi için kültür testlerinin düşük duyarlılığı nedeniyle, ilk debridman işlemi sırasında kültür alınması önerilmemektedir. Ancak, tekrarlayan debridmanlarda ya da ekstremitte kurtarıcı



Şekil 1. Lateralde insizyon yapılmış bacak kompartmanı açılan depremzede bir hastanın anterior kompartmandaki kasların renginin kahverengiye dönmüşken lateral kompartman kaslarının pembe renkte olduğuna dikkat ediniz.



Şekil 2. Bacak fasyotomisi sırasında kaslar kasılmasına ve rengine göre değerlendirilmiş ve nekroz olan kaslar tamamen debride edilerek çıkarılmıştır.

girişim uygulandıktan sonra enfeksiyon belirtileri ortaya çıkarsa, üreyen etkene göre uygun antibiyotik tedavisi uygulanabilir. Enfeksiyonlarla mücadelede tekrarlayan debridmanlar kritiktir. Travmanın şiddetine bağlı olarak ilk debridmanda canlı olarak görülen dokularda zamanla nekroz gelişebilir. Lüzumu hâlinde 2-3 gün aralıklarla ameliyathane şartlarında debridman işlemleri uygulanmalıdır.

KIRIKLARIN TESPİTİ

Kurtarıcı ortopedik girişimlerin uygulanacağı ekstremitedeki kırık tespiti, hastanın durumuna ve kırığın lokalizasyonuna, yanı sıra yumuşak doku hasarının genişliği ve kontaminasyonun derecesine bağlı olarak farklılık gösterir. Özellikle kritik kemik defekti durumunda, ilk etapta özenle yapılan debridman ve erken tespit, yumuşak doku hasarının ilerlemesini önleyebilir, uzunluk ve düzgün dizilim sağlayarak ekstremitedeki kemik yapısının korunmasına yardımcı olabilir. Ancak, kemik defektinin rekonstrüksiyonu mümkün değilse, primer kısaltma veya segment kaydırma gibi alternatif yöntemler tercih edilebilir.

Eksternal fiksatorler, geniş yumuşak doku hasarı ve aşırı kontaminasyonun eşlik ettiği kemik yaralanmalarında

rında geçici veya kalıcı olarak kullanılabilirler. Özellikle alt ekstremitede kompartman sendromunun eşlik ettiği yaralanmalarda eksternal fiksasyon tek seçenek olarak planlanmalıdır. Hasar kontrollü yaklaşım planlandığında da eksternal fiksasyon daha hızlı uygulanması ve hemodinamiği bozmaması açısından avantajlıdır.^[17] İntramedüller çiviler ise alt ekstremite açık diyafizer kırıkların tedavisinde sık kullanılan bir yöntemdir. Plak ve vidalarla tespit ise en sık eklem çevresi ve üst ekstremite açık kırıklarında kullanılır. Bu tedavi yöntemleri, kırık tespitinde kullanılan çeşitli seçeneklerdir. Hangi yöntemin tercih edileceği, hastanın durumuna, kırığın özelliklerine ve yaralanmanın diğer faktörlerine bağlı olarak değişebilir.

AÇIK YARALARIN KAPATILMASI

Fasyotomi yara kapama için çok sayıda teknik tarif edilmiştir.^[18,19] Yara kapama sırasında fonksiyon ve kozmetik arasında denge sağlanması önemlidir. Fasyotomi yapılan hastaların yaklaşık yarısında primer kapama mümkün olurken diğer kısımda ise ek cerrahiler gerekmektedir.^[20] Tarif edilmiş farklı teknikler olmakla birlikte fasyotomi sonrasında yara kapamada sıklıkla kullanılan teknikler vakum yardımcı kapama ve ayakkabı bağı (*shoelace*) teknikleridir (Şekil 3).

Bin dokuz yüz doksanların sonlarında tanıtıldığı ve geliştirildiği günden beri, vakum yardımcı kapatma (VAC), çeşitli yara tiplerini kapatmak için kullanılmış ve iyileşmeyi önemli ölçüde artırarak rekonstrüktif prosedürlere olan ihtiyacı azaltmıştır. Vakum yardımcı kapatma, angiogenez ve hücre bölünmesini artırarak yara iyileşmesini geliştiren doku mikrogerilimi oluşturur, yara kenarlarından bakteri içeren eksudatı atar, ekstrasellüler matrisin ödemi uzaklaştırarak yerel kan dolaşımını iyileştirir ve proenflamatuvar sitokinleri azaltır.^[21] Sonuç olarak, marjinal dokunun iyileşmesi ve progresif doku nekrozu



Şekil 3. Ayakkabı bağcığı tekniğiyle uyluk ve bacadaki kompartmanların primer kapatılabilmesi mümkün olmuştur.

azaltılabilir. Ayrıca, VAC pansumanları, belirgin doku kaybıyla ilişkili ciddi travma sonrası yumuşak dokuları birleştirmede avantajlı bir rol oynayabilir.

Fasyotomi yaralarının yönetiminde, VAC cerrahi yönetimine güçlü bir destek sağlamak veya tek başına kullanılabilir. Yara kapanma süresini azaltır, yara iyileşmesini kolaylaştırır, cilt grefti için gereken zamanı azaltır.^[22] Açık fasyotomi yaralarında, VAC pansumanı hasta yatağında ya da ameliyathanede lüzumu hâlinde debridman da yapılarak 2-3 günde bir değiştirilmelidir.

Tek seans VAC uygulamasının etkisi, diğer yara kapama tekniklerine kıyasla sadece pansumanların etkisine benzerdir. Geleneksel pansumanlara kıyasla, VAC terapisi yara iyileşmesini, kapanmasını önemli ölçüde hızlandırır ve cilt grefti için gereken süreyi azaltır.^[23] Bununla birlikte, %20-57 arasında değişen önemli bir hasta grubunda cilt grefti ihtiyacı olabilir, bu da tedavi süresini ve maliyetini artırır.^[22-24] Bir prospektif çalışmada, VAC tedavisi ayakkabı bağı tekniğine kıyasla daha uzun tedavi süreleri, daha sık cilt greftine ihtiyaç duyma ve daha yüksek maliyetli olarak bulunmuştur.^[25,26] Çalışmalarda, VAC destekli yara kapatmanın ayakkabı bağı tekniğiyle kapatılan yaralara göre daha uzun süreceği ve daha fazla zaman alacağı gösterilmiştir.^[27] Bununla birlikte, aşırı granülasyon dokusu oluşumu nedeniyle gecikmiş epitelleşme, VAC ile ilgili bir diğer sorun olabilir ve bu durum yarının enfeksiyona maruz kalmasına neden olabilir.^[25]

Ayakkabı bağı tekniği ilk olarak 1986'da tanımlanmıştır.^[28] Fasyotomi yapıldıktan 48 saat sonra çaprazlama bir şekilde yerleştirilen damar askıları (*vessel loop*) uygulanır. Daha sonra cilt zımba dikişleri yara kenarlarını sabitlemek için kullanılır ve düzenli olarak 48 saatte bir döngü ile sıkıştırma yapılır. Sonunda, yara kenarları dikişle kapatılır ve kabul edilebilir estetik sonuçlarla yüksek yara kapanma oranları elde edilir. Ayakkabı bağı tekniği güvenli, ucuz ve hareketliliği en az etkileyen bir yöntemdir, ancak büyük yara boşluklarını kapatmak için yeterli güce sahip değildir. Nokta yüklenme bölgeleri gibi yüksek gerilimli alanlarda, cilde yerleştirilen zımba dikişler yerinden çıkabilir.^[25]

Ayakkabı bağı yönteminin farklı modifikasyonları da mevcuttur. Damar askısı yerine dikiş materyalleri kullanılabilir. Kırıkla ilişkili fasyotomilerin ardından basit ipek dikişlerle ayakkabı bağı tekniği uygulanarak yara kapatması yapılabilmekte ve komplikasyonsuz bir şekilde yara kapaması sağlanabilmektedir.^[29] Elastik tel kullanımı ve pediyatrik idrar sondası kullanımıyla da başarılı sonuçlar bildirilmiştir.^[28,30] Ayrıca Galois ve ark., kaslardaki yaralanmayı önlemek ve dikişlerle kaslar arasındaki temas alanını arttırmak için dikişler içeren geniş drenaj tüpleri kullanımını tarif etmişlerdir.^[31]

Ayrıca literatürde VAC ile ayakkabı bağı tekniklerinin kombinasyonu da tarif edilmiştir. Kombine tedaviyle cilt grefti ihtiyacında azalma ve estetik sonuçlarda iyileşme saptanmıştır.^[32] Bu kombinasyon, şiddetli yumuşak doku yaralanmaları veya karın yaralanmaları olan hastalarda yara yaklaştırmada yardımcı olabilir ve her tekniğin ayrı ayrı kullanıldığı durumlara göre toplam tedavi süresini kısaltabilir.

Fasyotomi yapılan hastalarda cilt greftlemesi tek başına ya da diğer kapama teknikleri uygulandıktan sonra kullanılabilir. Kısmi kalınlıkta cilt greftlemesi ödem ve cilt retraksiyonuyla karakterize olan fasyotomi yaralarının erken kapatılması için tercih edilen tedavi yöntemidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir retrospektif kohort çalışmasında, primer kapatmanın mümkün olmadığı yaralar için (hastaların %40'ı) kısmi kalınlıkta cilt greftlemesi ana cerrahi endikasyonuyken, gecikmiş primer kapatma teknikleri sadece hastaların %18'inde kullanılmıştır.^[33] Genel olarak, gecikmiş birincil kapatma veya gerilim uygulaması mümkün olmadığında, kısmi kalınlıkta cilt greftlemesi açık yaraları kapatmak için tek seçenek olabilir. Cilt greftleme prosedürlerinin maliyeti, greftleme için uzun operasyon süreleri ve gereken malzemeler nedeniyle artsa da bu teknik birincil kapatma tekniklerine göre daha kısa hastane kalış süreleri ve daha az sık ek prosedürler nedeniyle maliyet-etkin olabilir. Bununla birlikte cilt greftleme tekniğinin bazı sınırlamaları vardır. Hastalar, donör bölge yarasında ağrı ve fark edilir görünümle karşılaşabilir; bu, hastanın morbiditesini arttırabilir ve mobilizasyonu azaltabilir. Fasyotomi alanındaki skar dokusu geniş bir alanda yer kaplayabilir ve kompartmanlardaki kas fonksiyonunu etkileyebilir. Ayrıca, cilt greftleme prosedürleri kozmetik sorunlara, kaslar ve tendonlar arasındaki yapışmalara ve azalmış cilt hassasiyetine neden olabilir.^[34]

BASTON BACAK TEKNİĞİ

Deprem gibi birçok kişinin aynı anda etkilendiği afetlerde kompartman sendromuna maruz kalan hastalara geç dönemde fasyotomi yapılmış olabilmektedir. Uzun süreli yüksek intrakompartman basıncı ve dış etkenler etkilenen kompartmandaki kasın bütün olarak nekroza uğramasına neden olabilir. Bu durumda fasyotomi ve debridman sonrası nekrotik kas kaldıysa, yara bakımı ve antibiyotik tedavileri uygun şekilde yönetilmiyorsa enfeksiyona neden olabilir. Kontrolsüz enfeksiyon sepsise, amputasyona ve ölüme yol açabilir. Günümüzde cerrahi girişim öncesi kompartman kaslarının canlı kalma potansiyelini tahmin etmek için herhangi bir objektif yöntem bulunmamaktadır. Kompartman serbest bırakıldıktan sonra, intrakompartman basıncı genellikle normale döner ve kas canlılığı fizyolojik uyaranlara (elekt-

riksel veya mekanik) ve dokunun sertliğine (turgor ve forsepsle sıkıştırıldığında normale geri dönme) yanıtına göre değerlendirilir. Nekrotik olduğu tespit edilen kaslar debride edilmelidir. Bazı hastalarda ekstremitedeki bütün kasların nekroza gittiği görülebilir ve bu durumda debridman işlemi karmaşık bir hâl alır.

Reis ve ark., baldır kompartman sendromu nedeniyle başlangıçta dört kompartman fasyotomisiyle tedavi edilen ve daha sonra geniş kas nekrozu gelişen yedi hastalık serilerinde baldırdaki bütün kas dokusunu eksize ettiklerini bildirmişlerdir.^[35] Sadece kemik, deri ve nörovasküler demetlere sahip olmasına rağmen hastalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ozer ve ark. tarafından bildirilen üç hastalık seride ise iki hastanın ayak parmaklarında pençeleşme olsa da ayak bileği ortezi (*ankle foot orthosis*, AFO) ile diğer hastanın ise kısmi ayak bileği ekin deformitesi nedeniyle topuklu ayakkabıyla desteksiz yürüyebildikleri belirtilmiştir.^[36] Aynı çalışmada takip süresi uzun olan iki hastada da kısmi olarak ayak plantar yüzde duyu hissi geri gelmiştir. Ozer ve ark., baston bacak tekniğinin başarılı olması için iki faktörün sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Bunlardan birincisi ölü boşluk yönetimi, diğeri ise bacağı kaplayan cildin hayatta kalmasıdır. Boşluk yönetimi için, iki negatif emme dreni yerleştirdiklerini ve uzun bir süre yerinde tuttuklarını belirtmektedirler. Bu yaklaşımın hematoma, serom veya apse oluşumunu önlediğini savunmaktadırlar.^[36] Bacağı örten cildin dolaşımının korunması için ise Taylor ve ark. tarafından tarif edilen bacağın dört anjiyosomundan (anterior tibial arter, peroneal arter, posterior tibial arter, sural arter) en az ikisinin sağlam bırakılması gerektiğini belirtmişlerdir.^[37] Kompartmanlardaki tüm kasların eksize edilmesi arterlerin kaslara giden perforatörlerinin zarar görmesine neden olacak ve cildi sadece septokütan dallar besleyecektir. Fasyotomiler yapılırken ve sonraki debridmanlarda septokütan dalların mümkün olduğunca korunması baldırı saran cildin sağlam kalmasını sağlayacaktır (Şekil 4).

YUMUŞAK DOKU REKONSTRÜKSİYONU

Ekstremité kurtarıcı girişim yapılan hastalarda, özellikle de yumuşak dokuların tedavi edildiği durumlarda bazı zorluklar ortaya çıkabilir. Cilt nekrozları, ekspoze olan kemik, tendon ve nörovasküler yapıların mevcudiyeti serbest doku nakilleri gerektirebilir. Bu bakımdan fasyotomiler yapılırken ve debridmanlar sırasında mümkün olduğunca vasküler yapıların korunması önemlidir. Bu cerrahilerde yüzeysel venler dâhil vasküler yapılar zarar görmesi durumunda, ilerleyen dönemde serbest doku nakli ihtiyacı olabileceği nedeniyle kanama kontrolü damar klipsleriyle sağlanmaya çalışılmalı elektrokoterin aşırı kullanımından kaçınılmalıdır. Serbest doku nakli ihtiyacı olabileceği



Şekil 4. Hastanın tüm bacak kasları eksisize edilmiş, takiplerinde nekroze kas dokusu olmamasının da etkisiyle enfeksiyon problemi yaşanmamıştır ve ayak tabanında hissi olan bir baston bacak elde edilebilmiştir (Hastanın diğer ekstremitesinde diz dezartiküle edilmiştir).

düşünüyorsa mümkünse debridmanlar da nakli yapacak cerrahi ekip tarafından yapılmalıdır.

Serbest doku nakilleri radikal debridmanlar sonrasında hastanın genel sağlık durumu da göz önünde bulundurularak erken dönemde yapılmalıdır. Eğer mümkünse ilk yedi gün içinde kemik, tendon ve nörovasküler yapıların doku nakilleriyle kapatılması enfeksiyon oranlarının azaltılmasını ve geç dönemde oluşacak fibrozis nedeniyle cerrahinin zorlaşmasını engelleyebilir.^[38] Erken doku kapatılması yapılmayan hastalarda, psödomonas, enterobakter, metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* gibi hastane kaynaklı enfeksiyon etkenleri ortaya çıkabilir.^[39] Baker ve ark. tarafından tanımlanan travma sonrası ölümlerinin trimodal dağılımında geç dönem ölümlerinin nedeni enfeksiyonlar ve çoklu organ yetmezliğidir.^[40] Bu nedenle, erken dönemde yapılacak flep cerrahileri bu hastalarda kritiktir ve enfeksiyon riskinin azaltılması için dikkatli bir şekilde yönetilmelidir.

Alt ekstremite gecikmiş kompartman sendromunda baston bacak tekniği tarif edilmiş olsa da benzer tekniği üst ekstremitede uygulamak gerçekçi değildir. Fonksiyon olmayacağından ampute ekstremitede kabul edilecektir. Üst ekstremitede toplam kas kayıplarında serbest fonksiyonel kas nakilleri kullanılabilir (Şekil 5,6). Ön kol kompartman sendromununun bağlı toplam kas nekrozları sonrasında parmakların fleksiyon ve ekstansiyonunu sağlamak için serbest fonksiyonel kas transferleri uygulanabilir. Aynı zamanda transfer edilen kasla beraber yumuşak doku rekonstrüksiyonu da sağlanmış olur. Serbest fonksiyonel kas nakillerinde hastanın şartlarına göre değişmekle beraber en sık grasilis, latissimus dorsi ve rektus femoris kasları kullanılmakta ve başarılı sonuçlar bildirilmektedir.^[41]



Şekil 5. Ön kol anterior kasları tamamen nekroze olan hastanın tüm ön kol anterior kasları eksisize edilmiştir. Sinirleri, arterleri ve sağlam cilt dokuları korunmuş ve açık kalan alan fonksiyonel latissimus dorsi kas transferiyle tedavi edilmiştir.

SONUÇ

Deprem gibi doğal afetler, birçok insanın yaralanmasına ve hatta ölümüne neden olabilmektedir. Bu tür afetlerde kas iskelet sistemi yaralanmalarıyla sıklıkla karşılaşmakta, hastanın hayatta kalması birincil öncelik olsa da mümkünse ekstremitelerin korunması da gereklidir. Ekstremitede koruyucu cerrahiler kompleks olup genellikle tekrarlayıcı cerrahiler gerektireceğinden hastanın uzun süre hastanede kalmasına neden olabilir. Depremden etkilenmemiş tecrübeli bir cerrahi ekip tarafından iyi bir planlamayla cerrahiler yapılmalıdır. Fasyotomi cerrahilerinin tekniğe uygun şekilde yapılması kadar debridmanların da usulüne uygun ve sık yapılması önemlidir. Debridman basit bir cerrahi müdahaleden ziyade hastanın hayatını tehdit edebilecek sepsis riskini önlemek ve ekstremiteyi



Şekil 6. Şekil 5'teki hastanın kolunun iyileşmiş hâli.

kurtarmak için kritik bir işlemdir. Yara kapatma teknikleri iyi bilinmeli, ihtiyacı olan hastalara erken dönemde doku nakil cerrahileri yapılmalı ya da yapılacak merkezlere yönlendirilmelidir. Her hasta için multidisipliner uygun bir tedavi planı belirlenmeli, ekstremitayı korumak kadar fonksiyonel olmasını sağlamak için de cerrahi sonrası takip ve rehabilitasyon aksatılmadan yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde kaybettiğimiz başta sağlık çalışanlarımız olmak üzere bütün insanlarımıza Allah'tan rahmet dileriz. Yaraların sarılmasında gerek deprem bölgesinde gerekse buldukları kurumlarda canla başla çalışan bütün sağlık çalışanımıza emekleri için teşekkür ederiz. Deprem sürecinde gösterdikleri çabadan ve mesai kavramı olmaksızın azimli çalışmalarından dolayı Selçuk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı öğretim üyeleri Prof. Dr. Bahattin Kerem AYDIN, Doç. Dr. Ali GÜLEÇ, Dr. Öğr. Üyesi Selim SAFALI, Dr. Öğr. Üyesi Sadettin ÇİFTÇİ'ye, kliniğimizden uzmanlığı alan Op. Dr. Musa ERGİN'e ve başta Dr. Mehmet ERTANIDIR, Dr. Süha AKTAŞ, Dr. Samed GÜRSES, Dr. Derviş Ali GÜLHAN olmak üzere kliniğimizdeki bütün asistanlara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Clover AJ, Jemec B, Redmond AD. The extent of soft tissue and musculoskeletal injuries after earthquakes; describing a role for reconstructive surgeons in an emergency response. *World J Surg* 2014;38(10):2543-50. [Crossref](#)
2. Gregory RT, Gould RJ, Pecllet M, Wagner JS, Gilbert DA, Wheeler JR, et al. The mangled extremity syndrome (M.E.S.): A severity grading system for multisystem injury of the extremity. *J Trauma* 1985;25(12):1147-50. [Crossref](#)

3. Gonzalez D. Crush syndrome. *Crit Care Med* 2005;33(1 Suppl):S34-41. [Crossref](#)
4. Bywaters EG, Beall D. Crush injuries with impairment of renal function. *Br Med J* 1941;1(4185):427-32. [Crossref](#)
5. Nadjafi I, Atef MR, Broumand B, Rastegar A. Suggested guidelines for treatment of acute renal failure in earthquake victims. *Ren Fail* 1997;19(5):655-64. [Crossref](#)
6. Bar-On E, Lebel E, Kreiss Y, Merin O, Benedict S, Gill A, Lee E, et al. Orthopaedic management in a mega mass casualty situation. The Israel Defence Forces Field Hospital in Haiti following the January 2010 earthquake. *Injury* 2011;42(10):1053-9. [Crossref](#)
7. Better OS, Rubinstein I, Reis DN. Muscle crush compartment syndrome: Fulminant local edema with threatening systemic effects. *Kidney Int* 2003;63(3):1155-7. [Crossref](#)
8. Malinoski DJ, Slater MS, Mullins RJ. Crush injury and rhabdomyolysis. *Crit Care Clin* 2004;20(1):171-92. [Crossref](#)
9. Mrcic V, Neseck Adam V, Grizelj Stojcic E, Rasic Z, Smiljanic A, Turcic I. Acute rhabdomyolysis: A case report and literature review. *Acta Med Croatica* 2008;62(3):317-22.
10. Reis ND, Better OS. Mechanical muscle-crush injury and acute muscle-crush compartment syndrome: With special reference to earthquake casualties. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87(4):450-3. [Crossref](#)
11. Huang KC, Lee TS, Lin YM, Shu KH. Clinical features and outcome of crush syndrome caused by the Chi-Chi earthquake. *J Formos Med Assoc* 2002;101(4):249-56.
12. Duman H, Kulahci Y, Sengezer M. Fasciotomy in crush injury resulting from prolonged pressure in an earthquake in Turkey. *Emerg Med J* 2003;20(3):251-2. [Crossref](#)
13. Demirkiran O, Dikmen Y, Utku T, Urkmez S. Crush syndrome patients after the Marmara earthquake. *Emerg Med J* 2003;20(3):247-50. [Crossref](#)
14. Torlincasi AM, Lopez RA, Waseem M. Acute Compartment Syndrome. In: *StatPearls*. Treasure Island (FL) 2023.
15. Gerdin M, Wladis A, von Schreeb J. Surgical management of closed crush injury-induced compartment syndrome after earthquakes in resource-scarce settings. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73(3):758-64. [Crossref](#)
16. Zhang D, Janssen SJ, Tarabochia M, von Keudell A, Earp BE, Chen N, et al. Factors associated with poor outcomes in acute forearm compartment syndrome. *Hand (NY)* 2021;16(5):679-85. [Crossref](#)
17. Cimbanassi S, O'Toole R, Maegele M, Henry S, Scalea TM, Bove F, et al. Orthopedic injuries in patients with multiple injuries: Results of the 11th trauma update international consensus conference Milan, December 11, 2017. *J Trauma Acute Care Surg* 2020;88(2):e53-e76. [Crossref](#)
18. Narayanan K, Futrell JW, Bentz M, Hurwitz D. Comparative clinical study of the sure-closure device with conventional wound closure techniques. *Ann Plast Surg* 1995;35(5):485-91. [Crossref](#)
19. Mittal N, Bohat R, Virk JS, Mittal P. Dermotaxis v/s loop suture technique for closure of fasciotomy wounds: A study of 50 cases. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2018;13(1):35-41. [Crossref](#)

20. Feliciano DV, Cruse PA, Spjut-Patrinely V, Burch JM, Mattox KL. Fasciotomy after trauma to the extremities. *Am J Surg* 1988;156(6):533-6. [Crossref](#)
21. Morykwas MJ, Howell H, Bleyer AJ, Molnar JA, Argenta LC. The effect of externally applied subatmospheric pressure on serum myoglobin levels after a prolonged crush/ischemia injury. *J Trauma* 2002;53(3):537-40. [Crossref](#)
22. Zannis J, Angobaldo J, Marks M, DeFranzo A, David L, Molnar J, et al. Comparison of fasciotomy wound closures using traditional dressing changes and the vacuum-assisted closure device. *Ann Plast Surg* 2009;62(4):407-9. [Crossref](#)
23. Krticka M, Ira D, Bilik A, Rotschein P, Svancara J. Fasciotomy closure using negative pressure wound therapy in lower leg compartment syndrome. *Bratisl Lek Listy* 2016;117(12):710-4. [Crossref](#)
24. Saziye K, Mustafa C, Ilker U, Afksendiyos K. Comparison of vacuum-assisted closure device and conservative treatment for fasciotomy wound healing in ischaemia-reperfusion syndrome: Preliminary results. *Int Wound J* 2011;8(3):229-36. [Crossref](#)
25. Kakagia D, Karadimas EJ, Drosos G, Ververidis A, Trypsiannis G, Verettas D. Wound closure of leg fasciotomy: Comparison of vacuum-assisted closure versus shoelace technique. A randomised study. *Injury* 2014;45(5):890-3. [Crossref](#)
26. Johnson LS, Chaar M, Ball CG, Perez S, Nicholas JM, Wyrzykowski AD, et al. Management of extremity fasciotomy sites prospective randomized evaluation of two techniques. *Am J Surg* 2018;216(4):736-9. [Crossref](#)
27. Fowler JR, Kleiner MT, Das R, Gaughan JP, Rehman S. Assisted closure of fasciotomy wounds: A descriptive series and caution in patients with vascular injury. *Bone Joint Res* 2012;1(3):31-5. [Crossref](#)
28. Cohn BT, Shall J, Berkowitz M. Forearm fasciotomy for acute compartment syndrome: A new technique for delayed primary closure. *Orthopedics* 1986;9(9):1243-6. [Crossref](#)
29. Saini RA SD, Shah N. Shoe lace technique, a simple and less expensive method for fasciotomy wound closure following compartment syndrome. *Int J Orthop Sci* 2018;2018;4:445-9. [Crossref](#)
30. Eid A, Elsoufy M. Shoelace wound closure for the management of fracture-related fasciotomy wounds. *ISRN Orthop* 2012;2012:528382. [Crossref](#)
31. Galois L, Pauchot J, Pfeffer F, Kermaecq I, Traversari R, Mainard D, et al. Modified shoelace technique for delayed primary closure of the thigh after acute compartment syndrome. *Acta Orthop Belg* 2002;68(1):63-7.
32. Murakami M, Morikage N, Samura M, Yamashita O, Suehiro K, Hamano K. Shoelace technique plus vacuum-assisted closure in leg fasciotomy. *ANZ J Surg* 2014;84(10):795. [Crossref](#)
33. Ganske I, Wall J. Skin Grafts. In: Meara JG, McClain CD, Mooney DP, Rogers SO Jr, editors. *Global Surgery and Anesthesia Manual: Providing Care in Resource-Limited Settings*. Boca Raton, USA: CRC Press; 2014. p.419.
34. Hazani R, Whitney R, Wilhelmi BJ. Optimizing aesthetic results in skin grafting. *Am Surg* 2012;78(2):151-4. [Crossref](#)
35. Reis ND, Michaelson M. Crush injury to the lower limbs. Treatment of the local injury. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68(3):414-8. [Crossref](#)
36. Ozer K, Smith W. Limb salvage in the treatment of total muscle necrosis of the leg due to compartment syndrome. A report of three cases. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(11):2708-12. [Crossref](#)
37. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: Experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987;40(2):113-41. [Crossref](#)
38. Cao Z, Li C, He J, Qing L, Yu F, Wu P, et al. Early reconstruction delivered better outcomes for severe open fracture of lower extremities: A 15-year retrospective study. *J Clin Med* 2022;11(23). [Crossref](#)
39. Carsenti-Etesse H, Doyon F, Desplaces N, Gagey O, Tancredi C, Pradier C, et al. Epidemiology of bacterial infection during management of open leg fractures. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1999;18(5):315-23. [Crossref](#)
40. Baker CC, Oppenheimer L, Stephens B, Lewis FR, Trunkey DD. Epidemiology of trauma deaths. *Am J Surg* 1980;140(1):144-50. [Crossref](#)
41. Lin SH, Chuang DC, Hattori Y, Chen HC. Traumatic major muscle loss in the upper extremity: Reconstruction using functioning free muscle transplantation. *J Reconstr Microsurg* 2004;20(3):227-35. [Crossref](#)