



Kirletilmiş dana spongiöz kemiğinin debridmanında üç yıkama yönteminin karşılaştırılması ve yıkama süresinin debridman üzerine etkisi

A comparison between three irrigation methods in the debridement of contaminated bovine cancellous bone and the effect of duration of irrigation on the efficiency of debridement

Cemal KURAL, İbrahim KAYA, Murat YILMAZ, Emrah DEMİRBAŞ,
Barış YÜCEL, Musa KORKMAZ, M. Ercan ÇETİNUS

Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

Amaç: Açık kırıklarda yıkama ve debridman, tedavinin önemli bir bölümünü oluşturur. Bu çalışmada, farklı yıkama yöntemlerinin ve farklı sürelerde yıkamanın kirletilmiş sığır femur spongiöz kemik örneklerinin temizlenmesindeki etkinliği ve yıkamaya bağlı oluşabilecek kemik hasarı araştırıldı.

Çalışma planı: Taze donmuş sığır distal femurundan 4x4x1 cm boyutlarında 72 adet spongiöz kemik örneği alındı ve her bir örneğin üst yüzeyi 2 mm derinliğinde oyularak eşit büyüklükte dört kare oluşturuldu. Bütün kemikler aynı yöntem kullanılarak inşaat kumu ile kirletildi. Örneklerden rastgele seçimle 24 adetlik üç grup oluşturuldu. Bir gruba 20 ml'lik plastik şırınga ile yıkama uygulanırken, bir gruba düşük basınçlı (DBY), bir gruba yüksek basınçlı (YBY) yıkama uygulandı. Yıkama her gruptaki sekizer örneğe farklı sürelerde (3, 6 ve 9 dakika) uygulandı. Yıkama işleminden sonra kemik örneklerinin görüntüleri video-mikroskop kamera ile bilgisayar ekranına aktarılarak üzerinde kalan kum tanecikleri sayıldı ve yıkama sonrası kemikte oluşan makroskobik doku hasarı değerlendirildi.

Sonuçlar: Yüksek basınçlı yıkama uygulanan örneklerde, diğer iki yöntemle göre anlamlı derecede düşük sayıda kum taneciği bulundu ($p<0.001$). Hiçbir grupta farklı sürelerde yıkamanın (3, 6 ve 9 dk) debridman üzerinde anlamlı etkisi görülmedi ($p>0.05$). Yıkama sonucu kemikte en az doku hasarı 3 dk'lık yıkamada DBY yönteminde görüldü ($p<0.01$). Daha uzun süreli yıkamalarda ise kemik hasarı üç yöntemde de benzer idi ($p>0.05$).

Çıkarımlar: Bulgularımız, kum taneciklerinin temizlenmesinde en etkili yöntemin YBY olduğunu ve yıkama süresini artırmanın ek yarar sağlamadığını; ancak, YBY yönteminin 3 dakikalık yıkamada kemik dokusuna en fazla zarar veren yöntem olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Debridman; kırık iyileşmesi; irigasyon/yöntem; basınç; yara enfeksiyonu/önleme ve kontrol.

Objectives: Irrigation and debridement constitute an important part of treatment of open fractures. We investigated the efficiency of different irrigation methods and durations in cleansing contaminated bovine femur cancellous bone samples and the extent of tissue damage associated with irrigation.

Methods: A total of 72 samples of 4x4x1 cm size were obtained from fresh frozen bovine distal femoral cancellous bone. The top surface of the samples were sawed to a 2-mm depth to create four squares equal in size. All the samples were contaminated with construction sand using the same method and were then randomized to three irrigation groups (bulb syringe irrigation, high-pressure pulsatile lavage, and low-pressure pulsatile lavage), each consisting of 24 samples. The duration of irrigation was set as 3, 6, or 9 minutes for every eight samples of each group. After the irrigation procedure, the images were transferred to a computer screen with a video-microscope camera and the number of sand particles on the samples were counted and irrigation-related macroscopic bone damage was assessed.

Results: The lowest number of sand particles was found on the samples irrigated by high-pressure pulsatile lavage ($p<0.001$). The duration of irrigation did not affect the efficiency of cleansing in all the groups ($p>0.05$). The least irrigation-related bone damage was observed in samples irrigated by low-pressure pulsatile lavage for 3 minutes ($p<0.01$). The amount of bone damage was similar in all groups after irrigations beyond 3 minutes ($p>0.05$).

Conclusion: Our findings showed that the most efficient method of cleansing contaminated bone samples was high-pressure pulsatile lavage and that prolonged irrigations did not enhance the efficiency of the irrigation method; however, high-pressure irrigation of 3 minute duration resulted in the greatest bone damage.

Key words: Debridement; fracture healing; irrigation/methods; pressure; wound infection/prevention & control.

10. EFORT Kongresi'nde poster olarak sunulmuştur (3-6 Haziran 2009, Viyana, Avusturya).

Yazışma adresi / Correspondence: Dr. Cemal Kural, Ataköy 9. Kısım, A2 Blok B Giriş, D: 92, 34156 Bakırköy, İstanbul.
Tel: 0212 - 589 62 29 e-posta: cemalkural@hotmail.com

Başvuru tarihi / Submitted: 20.01.2009 **Kabul tarihi / Accepted:** 03.06.2009

© 2009 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği / © 2009 Turkish Association of Orthopaedics and Traumatology

Açık ekstremite travmalarında yaranın yıkanması ve ölü dokuların debridmanı tedavinin en önemli basamağıdır. Debridman yapılırken canlı dokularda da en az hasar oluşturacak yöntemin kullanılması gerekir.^[1-3] Yıllar içinde puvar ve şırıngalar ile yapılan bu yıkama işlemi, son yıllarda total eklem artroplastisinde yüksek basınçlı yıkama sistemlerinin kemik medulla içinde yer alan debris ve serbest kemik parçacıklarını etkili bir şekilde çıkarmasından hareketle, açık ekstremite travmalarında da bu yöntem artan sıklıkta kullanılmaya başlanmıştır. Değişik çalışmalar yüksek basınçlı bu yıkama sistemlerinin, kirlenmiş kemik ve yumuşak dokulardan yabancı parçacıkları temizlemede oldukça etkili olduğunu ve yumuşak doku enfeksiyon oranlarını düşürdüğünü ortaya koymuştur.^[4-8] Bununla birlikte, bu sistemlerin görüldüğü kadar masum olmadığını, yıkanan yarıdaki yumuşak dokular ve kemikte de hasara neden olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır.^[9-13] Bunun yanında, farklı yıkama yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda yıkama süresi genellikle aynı tutulmuştur.^[11,13]

Bu çalışmada, kirletilmiş sığır spongiöz kemiğinin debridmanında yıkama süresine bağlı olarak kemikte en az hasar oluşturan, en etkili yıkama yönteminin ortaya konması amaçlandı.

Gereç ve yöntem

Test grupları

Çalışmada kullanılan sığır distal femurları bir kasaptan satın alındı ve -4 °C'de buzdolabında saklandı. Çalışma günü sığır distal femurları 4x4x1 cm boyutlarında olacak şekilde elektrikli kemik testereyle kesilerek 72 adet test örneği oluşturuldu. Daha sonra bu örneklerin üst yüzü yine elektrikli testere ile 2 mm derinliğinde kesilerek 2x2 cm'lik dört kareye bölündü (Şekil 1).

Test örneklerini kirletme işlemi

Test örneği olan kemik 20 cm boy, 13 cm en ve 10 cm derinliği olan bir plastik kutuya yerleştirildi. Daha sonra bu kutuya 20 ml inşaat kumu konularak kutunun ağzı kapandı ve kutu 3 dakika ritmik bir şekilde çalkalandı. Aynı standart işlemle kirletilmiş test örneklerinden rastgele seçimle 24 adetlik üç ayrı grup oluşturuldu. Bir gruba 20 ml'lik plastik şırınga ile yıkama uygulanırken, bir gruba düşük basınçlı (DBY) bir gruba yüksek basınçlı (YBY) yıkama uygulandı.

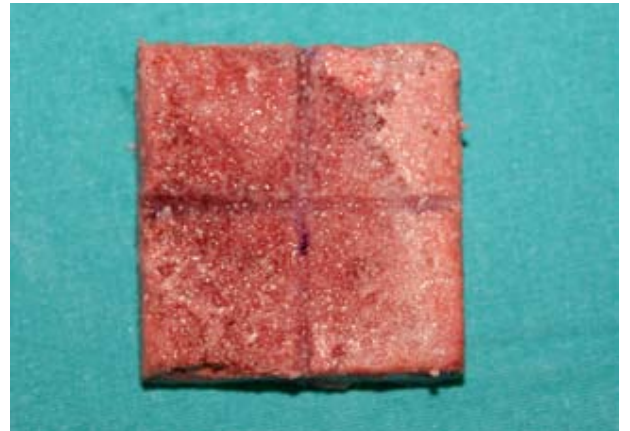
Yıkama işlemi

Kemikler kirletildikten sonra her gruptaki örnekler üç altgruba ayrılarak 3 dk, 6 dk ve 9 dk süreyle serum fizyolojik ile yıkandı. Yıkama, kemiğe dik olacak şekilde 10 cm'lik mesafeden, (i) plastik şırınga (20 ml Hayat, Çorum, Türkiye; şırınga basıncı Rodeheaver ve ark.^[7] tarafından yaklaşık 1-2 psi olarak bildirilmiştir.), (ii) kalem pille çalışan çift su girişli DBY (<15 psi) (Simpulse VariCare System, Davol Inc, ABD) veya (iii) şarjlı batarya sistemine adapte edilen YBY (19 psi) (InterPulse Irrigation System; Stryker Instruments, ABD) sistemleriyle yapıldı.

Yıkama işlemi sonrası test örneklerinin değerlendirilmesi

Debridmanın etkinliği nicelik yönünden değerlendirildi. Nicel değerlendirme, debridman sonrası test örneği kemik yüzey üzerinde kalan inşaat kumu taneciklerinin sayılmasıyla yapıldı. Bu sayma işlemi USB dijital mikroskop (Digimicro 1.3 megapiksel dijital kamera, büyütme 10x - 200x, PRC) yardımıyla yapıldı (Şekil 2). Bu kamera ile görüntülenen kemik yüzeyleri büyütülerek (10x büyütme) USB kablosu yardımıyla bilgisayar ekranına aktarıldı ve her bir kemik yüzey üzerindeki inşaat kumu tanecikleri sayıldı (Şekil 3).

Yıkama işleminin kemik yüzey üzerinde oluşturduğu hasarın tayininde ise Draeger ve ark.^[11] tarafından kullanılan "Nitel makroskobik doku hasarı derecelendirme ölçeği" kullanıldı (Tablo 1). Bunun için, aynı dijital mikroskop ile bir uzman hekim tarafından debridmanı yapılmış test örneği kemikler değerlendirildi.



Şekil 1. Dana femur spongiöz kemiğinden 4x4x1 cm boyutlarında hazırlanan yıkama deneyi kemik örneğinin görünümü.

Tablo 1. Makroskobik kansellöz kemik hasarının nitel değerlendirme ölçeği

Derece	Özellik
1	Kemik dokuda hasar yok. <ul style="list-style-type: none"> Kansellöz kemik trabekülleri arasındaki organik materyalde bozulma yok. Kansellöz kemik trabekülleri arasındaki boşluk organik materyal ile dolu.
2	Kemik yapıda hafif hasar (1 ile 3. grup arası).
3	Kemik yüzeyde orta derece hasar. <ul style="list-style-type: none"> Trabeküller arasındaki organik materyal orta derecede bozulmuş, fakat kemik yüzeyindeki hasar sınırlı. Kesici ile yapılan kemik odacık sınırları hala temiz görünüyor.
4	Kemikte orta derece hasar (3 ile 5. grup arası).
5	Kemikte ciddi hasar. <ul style="list-style-type: none"> Trabeküller arasındaki organik materyal odacık sınırlarında bile bozulmuş. Odacığın gerçek sınırını ayırt etmek zor olmakta.

Veri analizi

Elde edilen sayısal veriler tanımlayıcı istatistikler (medyan, ortalama, standart sapma) kullanılarak ifade edildi. Doku hasarı derecelendirme skorlarının ve kemiklerde kalan inşaat kumu tanecik sayılarının gruplararası ve grup içi karşılaştırmalarında Kruskal-Wallis varyans analizi (takiben post-hoc Mann-Whitney U-testi) ve Friedman testleri kullanıldı. Tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS 16.0 bilgisayar programı yardımıyla yapıldı.

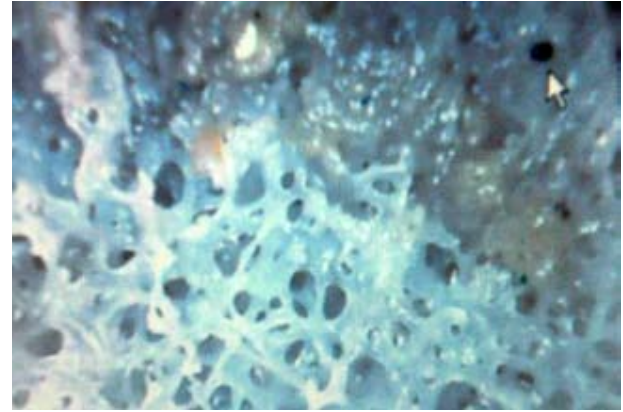
Sonuçlar

Yüksek basınçlı yıkama ile 3, 6 ve 9 dk süreyle yıkanan test örneklerinde, DBY ve şırınga ile yıkanan test örneklerine göre anlamlı derecede düşük sayıda inşaat kumu tanecikleri bulundu ($p < 0.001$; (Şekil 4). Bu grup kendi içinde Friedman testi ile değerlendirildiğinde, 3, 6 ve 9 dk süreyle yıkamanın birbirine üstünlüğünün olmadığı saptandı ($p > 0.05$).

Yıkama sonucu kemikte oluşan doku hasarının değerlendirilmesinde ise, 3 dk'lık yıkamada en az kemik hasarının DBY yöntemiyle meydana geldiği ($p < 0.01$); diğer yıkama yöntemlerinde ise bu hasarın birbirine benzer olduğu, 6 ve 9 dk'lık yıkamalarda ise kemik hasarının her üç yöntemde de birbirine benzer olduğu ($p > 0.05$) gözlemlendi (Tablo 2).



Şekil 2. Yıkama deneyinde spongiöz kemik yüzeyinde kalan kum taneciklerinin sayımında kullanılan video-mikroskopun bilgisayar bağlantılı görünümü.



Şekil 3. Yıkama sonrasında video-mikroskopta 10x büyütme altında kemik yüzeyinde kalan kum taneciğinin (okla işaretlenmiş) görünümü.

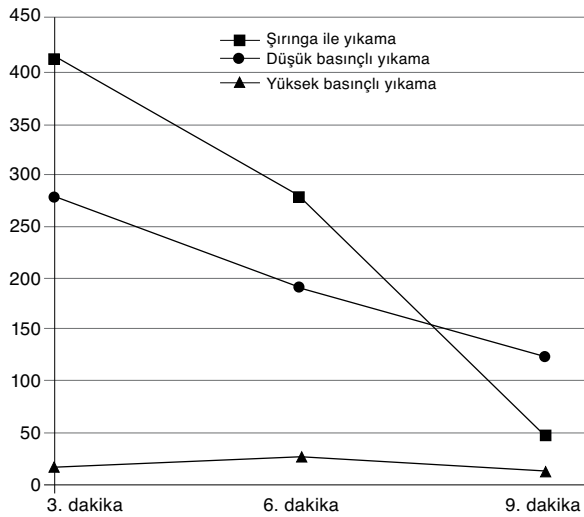
Tartışma

Açık kırıklarda amaç, hastada enfeksiyonun önlenmesi, kırık kaynamasının sağlanması ve hastaya eski fonksiyonlarının yeniden kazandırılması olmalıdır. Travma sonucu ortaya çıkan kirli yumuşak doku yaralanmalarının ve açık kırıkların başlangıç tedavisi, yaranın ve kirli kemiklerin yıkılarak debridmanıdır.^[9,14-17] Yıkamada antiseptik yıkama solüsyonlarının ve lokal antibiyotiklerin değeri gösterilmişse de^[6,18,19] mekanik yıkamanın enfeksiyonlara karşı etkinlikte antimikrobiyal solüsyonlardan daha önemli olduğu vurgulanmıştır.^[20] Bu amaçla, günümüzde değişik yıkama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu *in vitro* çalışmada, kirletilmiş dana kemikleri farklı yıkama yöntemleriyle ve farklı sürelerde yıkandı. Yıkama yöntemleri ve sürelerinin etkinliği, yıkama yöntemine bağlı olarak kemik dokuda gelişen hasarın derecesi araştırıldı.

Tablo 2. Yıkama örneklerinin nitel makroskobik doku hasar değerlendirmesine göre dereceleri

	1. örnek	2. örnek	3. örnek	4. örnek	5. örnek	6. örnek	7. örnek	8. örnek
3. dakika								
Şırıngayla yıkama	2	2	2	3	1	2	1	2
Düşük basınçlı yıkama	2	1	2	1	2	2	2	2
Yüksek basınçlı yıkama	3	4	3	3	2	3	2	3
6. dakika								
Şırıngayla yıkama	3	3	2	2	2	3	2	3
Düşük basınçlı yıkama	1	3	2	3	2	2	1	3
Yüksek basınçlı yıkama	4	3	3	4	3	3	3	4
9. dakika								
Şırıngayla yıkama	2	3	3	1	2	3	2	3
Düşük basınçlı yıkama	4	4	3	3	2	2	3	4
Yüksek basınçlı yıkama	4	3	4	3	3	4	3	4

Günümüzde, tam bir fikir birliği olmasa da, 35-70 psi arası basınçlı yıkamaları YBY, 1-15 psi arası yıkamaları DBY olarak kabul edenler bulunmakla birlikte,^[21] 8.8 psi basınçlı yıkamayı YBY olarak kabul eden yayınlar da vardır.^[22] Çok sayıda çalışmada yüksek basınçlı yıkama sistemlerinin kirletmiş yumuşak dokuların debridmanındaki etkisi araştırılmıştır.^[6,9,23-26] Bu YBY sistemlerinin kemik dokunun debridmanında yararlı etkileri olduğu bildirilmiştir.^[12,27,28] Saptanan bu yararlı etkilerin ışığında, bu sistemler açık kırıklar ve kirli yumuşak doku yaralanmalarının debridmanında standart yöntem olarak kabul görmüş ve klinik pratikte sıkça kullanılır olmuştur.



Şekil 4. Kirletilmiş spongiöz kemik örneklerinin farklı zaman dilimlerinde ve farklı yöntemlerle yıkama sonrası video-mikroskop ile sayılan partikül sayılarının grafiksel dağılımı.

Bu çalışmada yıkama yöntemlerinin kirletilmiş kemiğin debridmanındaki etkisi, yıkama sonrası kemik üzerinde kalan inşaat kumu taneciklerinin video-mikroskop yardımıyla sayılması ile değerlendirildi. Buna göre, YBY'nin kirletilmiş kemik örneklerinin debridmanında en etkili yöntem olduğu, yıkamada sürenin uzatılmasının gereksiz olduğu, 3 dk yıkamanın yeterli debridman sağlayabileceği sonucuna varıldı.

Kirletilmiş dokuların debridmanında YBY sistemiyle DBY ve şırınga ile elde edilen sonuçlar arasında fark olmadığını bildiren yayınların^[11-13] yanında, YBY sisteminin DBY ve geleneksel yıkama sistemlerinden yabancı taneciklerin çıkarılmasında daha etkili olduğunu bildiren yayınlar da vardır.^[5,24,29,30] Hamer ve ark.^[24] sıçanlarda kirletilmiş yaradan bakterilerin çıkartılmasında YBY'nin (50 psi) şırınga ile yıkama yöntemine göre daha etkili olduğunu göstermişlerdir. Benzer bir çalışmada Brown ve ark.^[5] yaraların yıkanmasında YBY'nin (50 psi) diğer yıkama yöntemlerine göre daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Svoboda ve ark.^[26] keçilerde oluşturdukları kompleks kas iskelet yaralanma modelinde, YBY'yi (19 psi) bakterilerin yaradan çıkartılmasında şırınga yönteminden daha etkili bulmuşlardır.

Yumuşak doku yaralanmalarında YBY'nin etkili olduğunun gösterilmesi, bu yıkama yöntemlerinin kemikler üzerindeki etkilerinin de araştırılmasını gündeme getirmiştir. Draeger ve ark.^[11] YBY (19 psi) sisteminin kemikten organik maddelerin çıkarılmasında şırınga (1-2 psi) ve fırça ile yıkama sistemlerinden daha etkili olduğunu; fakat, inorganik taneciklerin çıkarılması açısından, fırça ile yıkama sisteminin

şırınga ile yıkama sisteminden anlamlı derecede daha fazla etkili olduğunu, fırça ile yıkama ile YBY sistemi arasında ise inorganik tanecik çıkarma açısından anlamlı fark bulunmadığını bildirmişler; YBY sistemi ile ortaya çıkan kemik hasarının daha fazla olmasından dolayı, fırça ile yıkamanın travmatik açık kırıkların yıkanmasında YBY'ye alternatif bir yöntem olabileceğini önermişlerdir. Lee ve ark.^[12] hem YBY (70 psi) hem de şırınga ile yıkamanın tavşanlarda distal femur kırık modelinde metafizyel spongiöz kemikten grafit taneciklerini benzer oranlarda temizlediğini; fakat, YBY yönteminde kemik hasarının daha fazla görüldüğünü bildirmişlerdir. Hirn ve ark.^[27] allogreftlerin bakteriyel temizlenmesinde YBY (6 psi) sisteminin, allogreftin serum fizyolojik içinde 30 dk ve antibiyotik eklenmiş serum fizyolojik içinde bekletilmesi yöntemlerine göre daha etkili olduğunu göstermişlerdir.

Yıkama sistemlerinin kirli yumuşak doku yaralanmalarındaki taneciklerin sayısının azaltılmasında ve enfeksiyon oranlarının düşürülmesinde etkili olmasına karşın,^[5,6,8] yapılan deneysel çalışmalarda, debridman sırasında yumuşak doku ve kemikte hasar oluştuğu da ortaya konmuştur.^[6,8,31,32] Wheeler ve ark.^[8] pulsatil yıkama sistemlerinin yarada enfeksiyona karşı direnci azalttığını bildirmişler; bunun olası nedeninin, verilen sıvının yumuşak dokunun 14 mm içine yayılması olduğunu ileri sürmüşlerdir. Boyd ve Wongworawat^[33] YBY (35-70 psi) sisteminin, DBY (3 psi) sistemine göre yumuşak dokuda daha derin seviyelere penetre olduğunu ve yumuşak dokuda belirgin derecede hasar oluşturduğunu bildirmişlerdir. Hasinger ve ark.^[21] ise YBY sisteminin DBY sistemiyle karşılaştırıldığında, bakterilerin yumuşak doku içinde daha derine penetre olmasına ve yumuşak doku içinde daha fazla bakteri retansiyonuna neden olduğunu göstermişlerdir. Yıkama sistemlerinin yumuşak dokularda oluşturduğu istenmeyen yan etkilerden sonra kemik üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Bhandari ve ark.^[10] YBY sistemi ile, yıkanan kırık hattında daha fazla olan ve kırıktan uzaklaştıkça giderek azalan kemik yapı hasarı gördüklerini, ayrıca bu yıkama sisteminin, bakterilerin yıkanan bölgenin 4 cm derinine kadar yayılmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Aynı yazarlar^[31] *Staphylococcus aureus* ile kirletilmiş tibia kırıklarının debridmanı sırasında, bakterilerin çıkartılmasında DBY sisteminin YBY sistemi kadar etkili olduğunu; fakat, doku hasarı açısından incelendiğinde, YBY sisteminin kemikte daha

fazla yapısal hasar oluşturduğunu bildirmişlerdir. Dirschl ve ark.^[32] tavşan femur kırıklarında YBY sistemi ile kontrol grubuna göre yeni kemik oluşumunun azaldığını ve kırık hattında belirgin derecede daha az canlı kemiğin bulunduğunu göstermişler ve YBY'nin erken kemik iyileşmesine zarar verdiği sonucuna varmışlardır. Draeger ve ark.^[11] yıkanan kemik örneklerinden elde edilen organik materyalin miktarını ölçerek, YBY sisteminin (19 psi) DBY sistemine göre kemik iliğinde daha fazla hasar oluşturduğunu göstermişlerdir. Polzin ve ark.^[34] da YBY sisteminin (50 psi ve üzeri) yıkama bölgesinden hücresel materyallerin çıkmasına neden olduğunu, böylece kırık bölgesinde yeni kemik oluşumunun inhibe edildiğini bildirmişler; 50 psi ve üzeri basınçlı yıkama sistemi kullanıldığında kırık bölgesinde hasar oluşturma potansiyelinin akılda bulundurulması gerektiğini vurgulamışlardır.

Çalışmamızda ise debridman sırasında kemik dokusunda oluşan hasar gerek makroskobik olarak gerekse video-mikroskop yardımıyla ortaya kondu. Buna göre, 3 dk'lık yıkamada en az kemik hasarının DBY ile olduğu ($p < 0.01$), en fazla hasar YBY grubunda görülmekle birlikte, bunun şırınga ile yapılan yıkama ile anlamlı fark oluşturmadığı gözlemlendi. Çalışmamızda kemiğin debridmanı sırasında YBY sisteminin en fazla kemik hasarına neden olduğunun görülmesi literatürle paralellik göstermektedir. Daha uzun süreli (6 ve 9 dk) yıkamalarda ise, kemik hasarının her üç yöntemde de birbirine benzer olduğu gözlemlendi ($p > 0.05$). Buradan hareketle, hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, uzun süre yıkama ile kemik hasarının kaçınılmaz olduğu sonucuna varıldı.

Bu *in vitro* çalışmamızın bazı eksik yönleri olduğunu düşünüyoruz. Çalışmada kullanılan doku örneği canlı olmayan sığır distal femurundan elde edilmiş olduğundan, ölü ve canlı dokuların özellikleri arasında farklılıkların olması nitel doku hasarının değerlendirilmesini etkileyebilir. Bir diğer eksik yanı ise, nitel doku hasarının tayininde kullanılan değerlendirme ölçeği olabilir. Draeger ve ark.^[11] tarafından belirtilen ölçeğe göre değerlendirmede kişilerarası ve kişinin kendi içinde farklılıklar ortaya çıkabilir. Yine bir diğer eksik yön ise kemiklerin kirletilmesi modeli ile ilgili olabilir. Çalışmamızda kemikler sadece inşaat kumu ile kirletilmiştir, bunun dışında kirletme materyali kullanılmamıştır. Fakat, açık kırıklarda organik ve inorganik farklı maddelerle kemik kirle-

nebilmektedir. Bunların debridmanı da bizim çalışmamızdaki gibi kolay olmayabilir.

Sonuç olarak, yumuşak dokuların debridmanında yaygın olarak kullanılan YBY'nin şırınga yöntemine göre daha üstün olduğu gösterilmiştir. Fakat bu üstünlük, YBY'de dokularda oluşan hasarın daha fazla görülmesinin gölgesinde kalmıştır. Kemik dokuda YBY sonucu ortaya çıkan istenmeyen yan etkilerin birçok çalışmada gösterilmesi, YBY ile kemik dokunun yıkanmasında çekincelerin gelişmesine neden olmuştur. Yüksek basınçlı yıkama ile taneciklerin en fazla debride edildiği gözlenirken, kemik dokuda en fazla hasarın yine bu yöntem ile ortaya çıktığı görüldü. Bu bağlamda, dokunun debridmanı sırasında, dokuda ortaya çıkabilecek yapısal hasarı da azaltacak şekilde yıkama yapabilecek yıkama yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Basınçlı yıkama sistemleri ile yıkama yapılırken, yapısal doku hasarını en aza indirecek basınç değerlerinin ortaya konmasına yönelik çalışmalar, kompleks kas-iskelet sistemi yaralanmalarının debridmanında büyük gelişme sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Behrens FF, Liporace F, Sirkin M. Fractures with soft tissue injuries. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG, Krettek C, editors. Skeletal trauma: basic science, management, and reconstruction. 4th ed. Philadelphia: Saunders Elsevier; 2009. p. 367-82.
- Gustillo RB. Management of open fractures and their complications. Philadelphia: W. B. Saunders, 1982.
- Sanders R, Swiontkowski M, Nunley J, Spiegel P. The management of fractures with soft-tissue disruptions. *J Bone Joint Surg [Am]* 1993;75:778-89.
- Bhaskar SN, Cutright DE, Gross A. Effect of water lavage on infected wounds in the rat. *J Periodontol* 1969;40:671-2.
- Brown LL, Shelton HT, Bornside GH, Cohn I Jr. Evaluation of wound irrigation by pulsatile jet and conventional methods. *Ann Surg* 1978;187:170-3.
- Gross A, Bhaskar SN, Cutright DE, Beasley JD 3rd, Perez B. The effect of pulsating water jet lavage on experimental contaminated wounds. *J Oral Surg* 1971;29:187-90.
- Rodeheaver GT, Pettry D, Thacker JG, Edgerton MT, Edlich RF. Wound cleansing by high pressure irrigation. *Surg Gynecol Obstet* 1975;141:357-62.
- Wheeler CB, Rodeheaver GT, Thacker JG, Edgerton MT, Edlich RF. Side-effects of high pressure irrigation. *Surg Gynecol Obstet* 1976;143:775-8.
- Sobel JW, Goldberg VM. Pulsatile irrigation in orthopedics. *Orthopedics* 1985;8:1019-22.
- Bhandari M, Adili A, Lachowski RJ. High pressure pulsatile lavage of contaminated human tibiae: an in vitro study. *J Orthop Trauma* 1998;12:479-84.
- Draeger RW, Dirschl DR, Dahners LE. Debridement of cancellous bone: a comparison of irrigation methods. *J Orthop Trauma* 2006;20:692-8.
- Lee EW, Dirschl DR, Duff G, Dahners LE, Miclau T. High-pressure pulsatile lavage irrigation of fresh intra-articular fractures: effectiveness at removing particulate matter from bone. *J Orthop Trauma* 2002;16:162-5.
- Draeger RW, Dahners LE. Traumatic wound debridement: a comparison of irrigation methods. *J Orthop Trauma* 2006; 20:83-8.
- Esterhai JL Jr, Queenan J. Management of soft tissue wounds associated with type III open fractures. *Orthop Clin North Am* 1991;22:427-32.
- Ger R. The management of open fracture of the tibia with skin loss. *J Trauma* 1970;10:112-21.
- Gustilo RB, Merkow RL, Templeman D. The management of open fractures. *J Bone Joint Surg [Am]* 1990;72:299-304.
- O'Meara PM. Management of open fractures. *Orthop Rev* 1992;21:1177-85.
- Dirschl DR, Wilson FC. Topical antibiotic irrigation in the prophylaxis of operative wound infections in orthopedic surgery. *Orthop Clin North Am* 1991;22:419-26.
- Edlich RF, Custer J, Madden J, Dajani AS, Rogers W, Wangenstein OH. Studies in management of the contaminated wound. 3. Assessment of the effectiveness of irrigation with antiseptic agents. *Am J Surg* 1969;118:21-30.
- Wood GW. General principles of fracture treatment. In: Canale ST, Beaty JH, editors. Campbell's operative orthopaedics. 11th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2007. p. 3035-9.
- Hassinger SM, Harding G, Wongworawat MD. High-pressure pulsatile lavage propagates bacteria into soft tissue. *Clin Orthop Relat Res* 2005;(439):27-31.
- Pronchik D, Barber C, Rittenhouse S. Low- versus high-pressure irrigation techniques in Staphylococcus aureus-inoculated wounds. *Am J Emerg Med* 1999;17:121-4.
- Bhaskar SN, Cutright DE, Runsuck EE, Gross A. Pulsating water jet devices in debridement of combat wounds. *Mil Med* 1971;136:264-6.
- Hamer ML, Robson MC, Krizek TJ, Southwick WO. Quantitative bacterial analysis of comparative wound irrigations. *Ann Surg* 1975;181:819-22.
- McDonald WS, Nichter LS. Debridement of bacterial and particulate-contaminated wounds. *Ann Plast Surg* 1994; 33:142-7.
- Svoboda SJ, Bice TG, Gooden HA, Brooks DE, Thomas DB, Wenke JC. Comparison of bulb syringe and pulsed lavage irrigation with use of a bioluminescent musculoskeletal wound model. *J Bone Joint Surg [Am]* 2006; 88:2167-74.
- Hirn MY, Salmela PM, Vuento RE. High-pressure saline washing of allografts reduces bacterial contamination. *Acta Orthop Scand* 2001;72:83-5.

28. Majkowski RS, Miles AW, Bannister GC, Perkins J, Taylor GJ. Bone surface preparation in cemented joint replacement. *J Bone Joint Surg [Br]* 1993;75:459-63.
29. Luedtke-Hoffmann KA, Schafer DS. Pulsed lavage in wound cleansing. *Phys Ther* 2000;80:292-300.
30. Saxe A, Goldstein E, Dixon S, Ostrup R. Pulsatile lavage in the management of postoperative wound infections. *Am Surg* 1980;46:391-7.
31. Bhandari M, Schemitsch EH, Adili A, Lachowski RJ, Shaughnessy SG. High and low pressure pulsatile lavage of contaminated tibial fractures: an in vitro study of bacterial adherence and bone damage. *J Orthop Trauma* 1999; 13:526-33.
32. Dirschl DR, Duff GP, Dahners LE, Edin M, Rahn BA, Miclau T. High pressure pulsatile lavage irrigation of intraarticular fractures: effects on fracture healing. *J Orthop Trauma* 1998;12:460-3.
33. Boyd JI 3rd, Wongworawat MD. High-pressure pulsatile lavage causes soft tissue damage. *Clin Orthop Relat Res* 2004;(427):13-7.
34. Polzin B, Ellis T, Dirschl DR. Effects of varying pulsatile lavage pressure on cancellous bone structure and fracture healing. *J Orthop Trauma* 2006;20:261-6.