



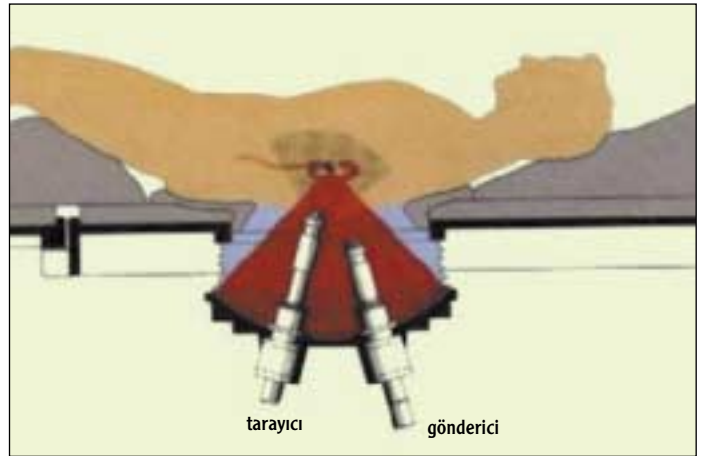
Günümüzde ultrason çeşitli hastalıkların teşhisinde kullanılıyor. İç organları görüntüleyen yöntemlerden biri olan ultrason, röntgen ışınlarından farklı olarak, vücuda zarar vermiyor. Bu nedenle hamile kadınlarda, özellikle anne karnındaki bebeğin izlenmesinde güvenle kullanılabilir. Renkli ultrason olarak bilinen “doppler ultrason” damarlardaki kan akımını gösteriyor. Böylece çeşitli organla-

rın kanlanması, kol ve bacadaki tıkalı damarları veya kalpteki kan akımını görmek mümkün. Yüksek frekanstaki "ultrasonik" ses dalgalarını kullanarak kanamalar durdurulabiliyor, tümörler yok edilebiliyor veya böbrek taşları parçalanabiliyor. Ultrasonun tıp alanındaki kullanımı bununla da bitmiyor. Yeni geliştirilen akustik mikroskopla, bir mikronluk detaya kadar görüntü elde edilebili-

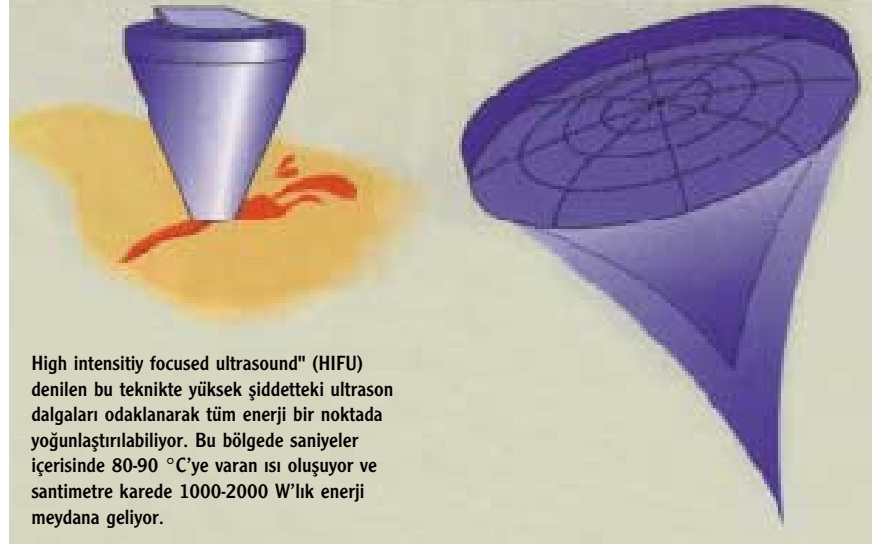
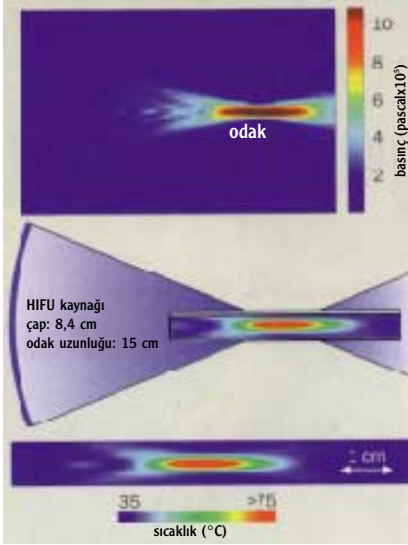
yor. Cerrahi aletlerin mikroplardan arındırılmasında da ultrason kullanılabilir.

## Ses Fiziği

Mekanik titreşimin meydana getirdiği ses dalgaları yol alabilmek için elastik bir ortama gereksinim duyuyorlar. Havanın bulunmadığı uzay boşluğu gibi ortamlarda ses dalgala-



Bu cihaz çok yüksek frekanstaki (1-10 MHz) ses dalgalarını vücudun dışarısından içerideki belli bir noktaya odaklayabiliyor.



High intensity focused ultrasound" (HIFU) denilen bu teknikte yüksek şiddetdeki ultrason dalgaları odaklanarak tüm enerji bir noktada yoğunlaştırılabilir. Bu bölgede saniyeler içerisinde 80-90 °C'ye varan ısı oluşuyor ve santimetre karede 1000-2000 W'lık enerji meydana geliyor.

rı hareket edemiyor. Ses dalgasının hızı da içerisinde geçtiği ortama göre değişiyor. Sesin havadaki hızı 330 m/sn, sudaki hızı 1480 m/sn ve insan dokularındaki hızıysa 1540 m/sn. Ultrasonik ses dalgaları kuartz, potasyum-sodyum tartarat gibi çeşitli kristallerden elektrik akımı geçtiğinde oluşan mekanik titreşimlerden elde ediliyor. Saniyede 20.000 veya daha fazla sayıda titreşen ses dalgalarına "ultrason", yani "ses ötesi" dalga deniliyor. İnsanlar 20 Hz ile 18 kHz'lik ses aralığını duyabiliyor. Ultrasonik dalgalar, yani saniyede 18.000'in üzerinde titreşen ses dalgaları ise insan kulağı tarafından algılanamıyor. Ancak yarasa ve balina gibi bazı memeliler 100 kHz'e kadar olan sesleri duyabiliyorlar. Bu hayvanlar aynı zamanda kendi ürettikleri ultrasonik dalgaları kullanıyor; çevreye yaydıkları ses dalgalarının yansımalarını algılayarak yollarını bulabiliyorlar. Bu prensip ilk olarak II. Dünya savaşında Amerikan savaş gemileri tarafından düşman denizaltılarını tespit etmek için kullanıldı.

Ses dalgaları odaklandığı noktada yüksek ısıya veya mekanik enerjiye dönüşüyor. Elektrik enerjisinden farklı olarak ses dalgalarının etki gösterebilmesi için dokuya doğrudan temas etmesine gerek yok. Elektrik veya lazer enerjisi sadece temas ettiği dokuda veya 3-4 mm derinliğe kadar ısı etkisi gösteriyor. Ancak ultrasonik dalgalar sadece odaklandıkları bölgede etki gösteriyorlar. Diğer dokulardan geçerken bunlara zarar vermiyor. Bu özelliği böbrek taşıları-

nı kırmada kullanılıyor. Odaklanmış olan ses dalgalarının yarattığı mekanik enerji taşın parçalanmasına yol açıyor.

## Kanamaların Durdurulması

Ultrasonun yeni kullanım alanlarından biri de vücuttaki kanamaların durdurulması. Çeşitli yaralanmalarda ve ameliyatlarda meydana gelen kanamalar durdurulamadığı takdirde ölüme sonuçlanabiliyor. Eski zamanlarda savaş alanlarında meydana gelen yaraların kanamasını durdurmak için yaranın üzerine kızgın demir bastırılıyordu. Günümüzde cerrahlar zedelenmiş damarlardaki kanamayı durdurmak için elektrik enerjisini kullanıyorlar. Bu amaçla kullanılan cihaza "elektrokoter" adı veriliyor. Bu teknikte dokuya verilen elektrik enerjisi yüksek ısıya çevrilerken damarların büzülmesine ve içeri-



Odaklanmış olan ses dalgalarının yarattığı mekanik enerji, böbrek ve idrar yollarındaki taşların parçalanmasında kullanılıyor.

sinde pıhtı oluşmasına yol açıyor. Böylece damarlardan kan dışarıya çıkmıyor ve kanama duruyor. Cerrahlar şu sıralarda ameliyatlarda kanamayı durdurmak için "harmonik bıçak" denilen bir cihaz kullanıyorlar (Ethicon Endo-Surgery Inc.). Saniyede 55.000 kez (55kHz) titreşen ses dalgalarının bıçağın ucunda meydana getirdiği mekanik titreşim, dokulardaki proteine geçiyor. Proteinlerdeki hidrojen bağlarının kopmasıyla da proteinler parçalanıyor. Damarlarda meydana gelen bu hasar sonucunda pıhtılaşma mekanizmaları etkinleşiyor. Bunun sonucunda trombosit denilen küçük yuvarlak oluşumlar bölgeye gelerek damarlardaki delikleri kapatıyorlar. Bunlara ek olarak titreşim sonucu meydana gelen enerji damarlarda büzülmesine neden oluyor. Sonuçta çok kısa bir süre içerisinde kanama duruyor. Harmonik bıçak cihazının güç seviyesi ayarlanarak doku kesme ve damarda pıhtılaşma işlemleri kontrol edilebiliyor. Elektrik enerjisini kullanarak kanamayı durduran ve dokuları kesen elektrokoter'den farklı olarak, harmonik bıçak kontrollü bir kesme işlemi yapıyor ve dokularda çok az hasara yol açıyor. Ayrıca harmonik bıçak kullanımında hastaya veya cerraha herhangi bir elektrik akımı geçmiyor. Elektrokoter kullanımı sırasında cerrahın eldiveninde gözle görülmecek kadar küçük bir delik olsa bile cerrahi elektrik çarpması riski vardır.

Gerek elektrokoterin gerekse harmonik bıçağın dokuda etki gösterebilmesi için dokuyla doğrudan doğru-



Ultrasonik ses dalgalarının dokuda oluşturduğu baloncukların ani büyümesi ve ani çökmesiyle dokuda çok büyük titreşimler ve buna bağlı yüksek enerji meydana geliyor.



Ultrason enerjisini kullanan harmonik bıçak dokularda çok az hasara yol açarak kontrollü bir kesme işlemi yapıyor.

ya temas içinde olması gerekiyor. Bu nedenle bu cihazlarla sadece gözle görülebilen bölgelerdeki kanamalar durdurulabiliyor. Çeşitli kazalarda veya savaşlardaki insan kaybı genellikle iç kanamaya bağlı. Yani kanayan yeri dışarıdan gözle görmek mümkün olmuyor. Dalak, karaciğer ve böbrekte meydana gelen kanamalar hayati açıdan son derece önemli ve eğer kanamanın yeri en kısa zamanda tespit edilip durdurulmazsa ölümle sonuçlanabiliyor. Bu tür yaralanmalar sonucunda önemli bir iç kanamadan şüphe edildiğinde ameliyatla karın açılıyor ve kanayan organ ve damarlar görülerek kanama durduruluyor. Elektrokoter veya harmonik bıçağı kullanabilmek için kanayan yerin net olarak gözle görülebilmesi gerekiyor. Ancak yoğun bir kanama olduğu zaman karın içi tamamen kanla doluğu için kanayan yeri görmek oldukça güç hale gelebiliyor. Bu nedenle son yıllarda vücut dışından uygulanan

ultrasonik dalgalarla iç kanamaları durdurmak için bir cihaz geliştirildi. Bu cihaz çok yüksek frekansda (1-10 MHz) ses dalgalarını vücudun dışından içerideki belli bir noktada odaklayarak iç kanamaları durdurabiliyor. Cihaz (sesüretici=transducer) elektrik enerjisini mekanik titreşime çeviren konkav piezoelektrik kristallerinden oluşuyor. "High intensity focused ultrasound" (HIFU) denilen bu teknikte yüksek şiddetteki ultrason dalgaları odaklanarak tüm enerji bir noktada yoğunlaştırılabilir. Kanamanın yeri yine ultrason kullanılarak tespit ediliyor. Kanayan bölge belirlendikten sonra yüksek frekanstaki ultrasonik dalgalar kanayan bölgeye odaklanıyor. Bu bölgede saniyeler içerisinde 80-90 °C'ye varan ısı oluşuyor ve santimetre karede 1000-2000 W'lık enerji meydana geliyor. Meydana gelen termal ve mekanik enerji sayesinde damarlar büzülüyor ve kanama 30-90 saniye içerisinde durduruluyor.

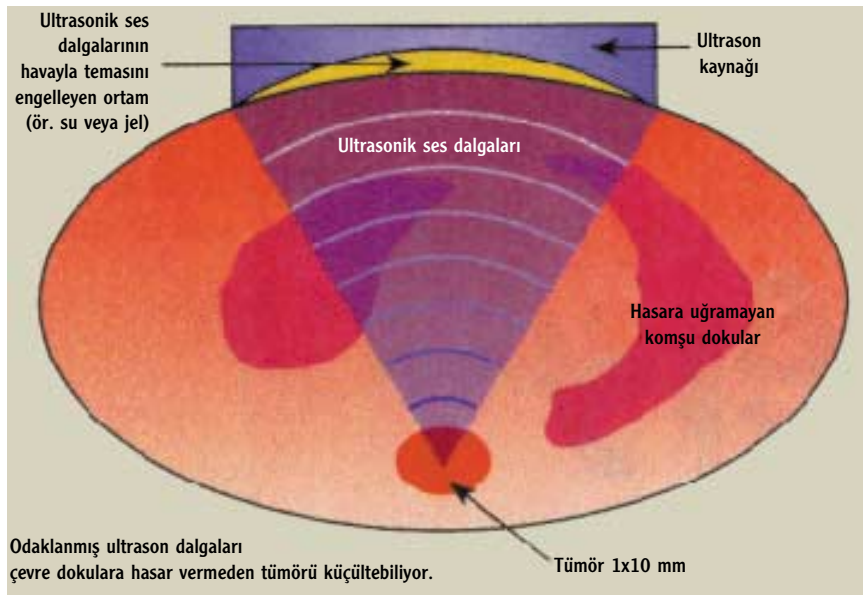
luyor. Yüksek şiddetteki ultrason, sıvı yüzeylerinde itici bir etki oluşturuyor. Bu da kanayan damar civarında biriken kanı iterek daha net bir görüntü sağlanmasına ve ısı enerjisinin damara daha çok etki etmesini sağlıyor. Ultrasonun dokudaki diğer bir etkisiyse oluşturduğu baloncuklar. Meydana gelen bu baloncukların ani büyümesi ve ani çökmesiyle dokuda çok büyük titreşimler ve buna bağlı basınçlar oluşuyor. Bu da damarların büzülüp kanamanın durmasına yardımcı oluyor.

## Kanser Tedavisi

Ultrason enerjisi sadece kanamaları durdurmak için değil, çeşitli kanser türlerinde de tedavi amaçlı kullanılabilir. Özellikle ameliyatla ulaşılması zor olan bölgelerdeki tümörler veya diğer hedefler odaklanarak buradaki istenmeyen hücreler vücut dışarısından verilen yüksek şiddetteki ses dalgalarıyla yok edilebilir. Bu özelliği nedeniyle ultrason beyin tümörlerinin veya sara hastalığının tedavisinde kullanılabilir. Amerikalı ve Çinli bilim adamlarının 1997 yılında kanserli hastalarda başlattıkları denemeler başarılı sonuçlar verdi. Ultrason üroloji alanında da kullanılmaya başlandı. Büyümüş veya kanserleşmiş prostat bezine odaklanan ultrason dalgaları tümörü küçültebilir. Karaciğer kanserinde de açık ameliyata gerek kalmadan ultrasonla tümör kontrol altına alınabilir. Belki de önümüzdeki yıllarda ultrason kullanılarak yapılan akustik cerrahi, kanser tedavisinde kemoterapi veya ameliyatın yerini alabilecek.

Dr. Ferda Şenel

İzzet Baysal Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Üroloji Anabilim Dalı



### Kaynaklar

- Kiaii B, Boyd WD, Rayman R, Dobkowski WB, Ganapathy S, Jablonsky G, Novick RJ: Robot-Assisted Computer Enhanced Closed-Chest Coronary Surgery: Preliminary Experience Using a Harmonic Scalpel(R) and ZEUS trade mark. Heart Surg Forum. 2000;3(3):194-197.
- Talwar S, Bhan A, Sharma R, Venugopal P: Harmonic scalpel: a word of caution. Ann Thorac Surg. 2000;69(5):1643-4.
- Vaezy S, Andrew M, Kaczowski P, Crum L: Image-guided acoustic therapy. Annu Rev Biomed Eng. 2001;3:375-390.
- Brentnall MD, Martin RW, Vaezy S, Kaczowski P, Forster F, Crum L: A new high intensity focused ultrasound applicator for surgical applications. IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control. 2001 Jan;48(1):53-63
- Vaezy S, Martin R, Crum L, "Acoustic Surgery", Physics World, Ağustos 2001
- Vaezy S, Martin R, Crum L: High intensity focused ultrasound: a method of hemostasis. Echocardiography. 2001;18(4):309-15.
- Vaezy S, Marti R, Mourad P, Crum L: Hemostasis using high intensity focused ultrasound. Eur J Ultrasound. 1999 Mar;9(1):79-87.