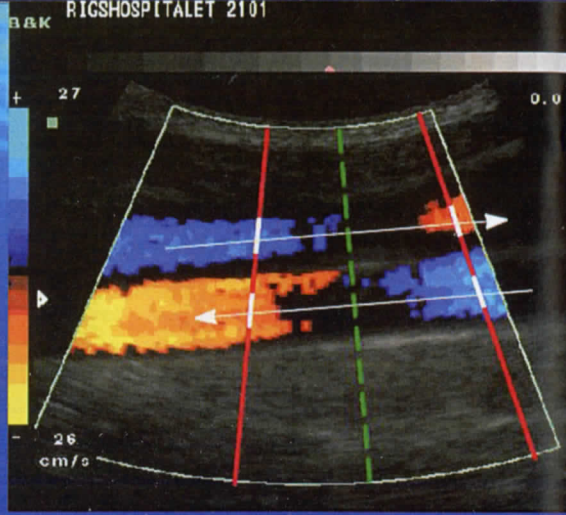


SESİN GÜCÜ: TIPTA AKUSTİK TEKNOLOJİ



Prof.Dr. Adil Denizli & Araş.Gör. Lokman Uzun
Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Biyokimya A.B.D.

Sesteki Sağlık

Askeri bilimadamlarının okyanusun derinliklerindeki düşman denizaltılarını bulmak için SONAR'ı geliştirmeleriyle birlikte akustik teknoloji uzun bir yol katetti. Bir çoğumuz için, ultrason olmadan modern hamilelikle uğraşan tıp dalını tasarlamak zordur. Fakat orta büyüklükteki ses dalgalarının daha bir çok uygulama alanları vardır.

Ses dalgaları araştırmacılarına yunuslar yol gösterdi. Işığın giremediği sualtı bölgelerindeki nesnelerin yerlerini, şekillerini ve uzaklıklarını anlamak için ses dalgalarını ilk kullananlar yunuslardır. Yunuslar, çeşitli dalga boylarında ses dalgaları oluşturabilirler ve canlıların yiyecek ya da düşman olduğunu anlarlar. Ses dalgalarını nesneye doğru gönderirler ve sonra bu dalgaları geri tarayarak ayrıntılı bir resim elde edebilirler. Bir yunus sinir sisteminin duymaya olan bağlılığı, insan sinir sisteminin görmeye olan bağlılığı gibidir. 1960'larda, beyin araştırmacıları, bu memeli hayvanların birbirleriyle haberleşmede nasıl düşük frekanstan (50 Hz) çok yüksek frekanslara kadar (150 kHz) değişen ses dalgalarını kullandıkları üzerinde çalıştılar. Ultrason, 20 kHz'den daha yüksek frekanslardaki seslerdir ki insanlar bu sesleri duyamazlar.

Yüksek frekanslı ses, okyanus yüzeyinin altında, derinlerde neyin saklandığını bilme ihtiyacına neden

olan denizaltı mücadelerinin gerçekleştiği İkinci Dünya Savaşı ile birlikte insan uygarlığına girdi. Bilimadamları, bu ihtiyacı karşılamak için SONAR'ı (Sound Navigation and Ranging) geliştirdiler. Bunu ses dalgalarının tıbbi kullanımları izledi. İlk ultrason cihazının üretimi için, savaş artığı donanımlar kullanıldı. Bu ilk örnekler yarım-yamalak ama bilimadamlarını "ultrasonun vücudun gizli bölgelerini açığa çıkarabileceğini" konusunda ikna etmeyi başardılar.

Ultrason görüntülerinin kalitesi, 1970'lerde Birleşik Devletler Uzay Programıyla birlikte gelişti. Uzay gemisi mühendisleri, ultrason bilgileri işleyen ve gösteren karmaşık bilgisayar programları geliştirdiler. Geliştirilen özellikler, saniyede 20-30 ultrason görüntüsünün oluşturulabilmesini sağladı. Bu gelişme ultrasonla bir ceninin ya da atan bir kalbin görüntülenmesine olanak sağladı. Bu dönem, görüntülemenin "gerçek zamanı" olarak adlandırılır.

Çok Yönlü Kullanım Olanakları

Günümüzde ultrason, standard tıbbi bir teşhis cihazıdır. Ceninin görüntülenmesinde, tümörlerin belirlenmesinde ve damarlardaki tıkanıklıkların teşhisinde kullanılmaktadır. Ultrason, vücudun her bölgesinde kullanılabileceği bir noktaya ulaştı ve görüntüleme dünyasında eş-benzeri olmayan bir öneme sahip oldu. Ultrason, sadece

aşırı miktarda gaz bulunan (göğüs ve akciğer) ve çok fazla kemik olan (kafatası) yerlerde kullanılamamaktadır.

Ultrasonun yeni teşhis rolleri araştırılmaktadır. Bu araştırmalar, ceninin, iç organların ve gözün incelenmesi, kalp hastalıklarında ve prostat kanserlerindeki ameliyatların kesinlik ve etkinliğinin geliştirilmesini içermektedir.

Bu gelişmeler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle de yakından ilintilidir. Bilimadamları, ultrason verilerinin görüntülenmesindeki gelişmelerin, hastaların tedavi sürelerini kısaltmak, teşhis kabiliyetini artırmak ve cerrahi tahribatı düşürmek için devam edeceğine inanmaktadır.

Ultrason, tıp dünyasına X-ışınlarından 50 yıl sonra geldi. Fakat radyolojide hayati önemi olan bir yer edinerek bu gecikmeyi telafi etti. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve Bilgisayar Tomografi (CT) çok daha yaygın görüntüleme yöntemleri olmalarına rağmen ultrason yeni uygulama alanları bulmaya devam etmektedir. Ultrason cihazları, yeni diğer görüntüleme yöntemlerinden daha ucuz ve taşınabilir. Ağır CT ve MRI cihazlarından farklı olarak, ultrason bir hastanede rahatlıkla hareket ettirilebilir.

Ultrason teknolojisinin gelişmeye devam etmesindeki en önemli sebep, güvenli olmasıdır. Onlarca yıllık klinik kullanımdan sonra bile, ultrasondan dolayı hastalık rapor edilmemiştir. Bilimadamları ultrasonun tüm görüntüleme yöntemleri arasında en yüksek güvenliğe sahip olduğu konusunda birleşmektedirler.

Cenin Görüntülenmesi

Ultrasonun ilk yaygın kullanımının, X-ışınlarına karşı duyarlı olan ceninin radyasyona uğraması riskine bağlı olarak doğum uzmanları tarafından gerçekleştirilmesi sürpriz değildir. Bir doktorun ultrason ile cenini incelemesi, bir yunusun çevresini

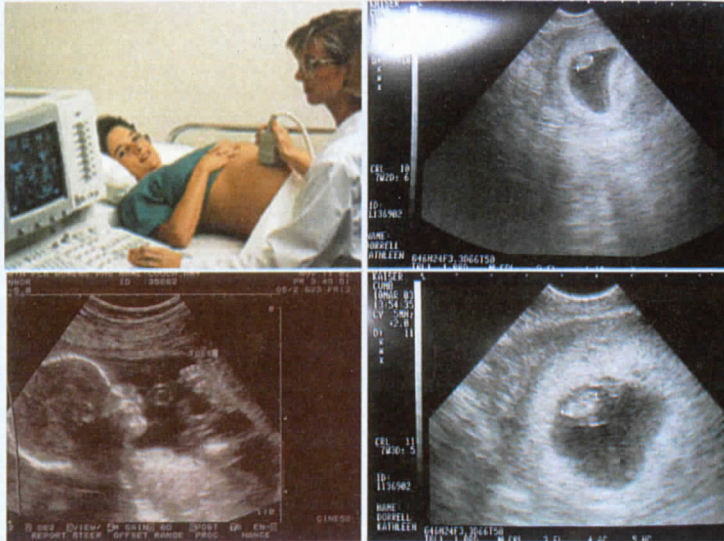


Yunuslar ultrasonun geliştirilmesinde bilimadamlarına yol göstermişlerdir.

araştırmasına benzer. Ceninin rahimde yüzmesi, bir balığın okyanusta yüzmesine benzer. Ses dalgaları suda hızlı hareket eder (havadaki hızından 6 kat daha hızlı) ve çok fazla yansıma ve emilime uğramadan yapıya girebilirler. Sonuç olarak; ceninde oluşan yansımalar, hava içeren boşluklardan, kemiklerden ve çok az miktarda kas ve yağ gibi malzemelerden kaynaklanmaktadır. Ultrason kafatasındaki kemiklerin

doğumdan sonra bir kaç ay sertleşmemesinden yararlanılarak, erken doğan çocukların beyinlerinin incelenmesinde kullanılabilir. Erken doğan çocuklar kanamaya meyillidirler. Ultrason, herhangi bir kanamanın teşhis edilmesine ve hemen müdahaleye olanak sağlamıştır.

Ultrasonun diğer bir önemli hamilelik uygulaması, döllenmiş bir yumurtanın tutunduğu ve geliştiği yerin teşhisidir. Ultrason kaynağından vajinaya gönderilen



Ultrasonun ilk tıbbi kullanımı doğum uzmanları tarafından gerçekleştirilmiştir. Ultrason kaynağından vajinaya gönderilen ses dalgalarıyla cenin kalp atışları, ilk kaybedilen menstrüasyon döngüsünden 10 gün sonra gibi çok erken bir zamanda teşhis edilebilmektedir.



ses dalgalarıyla cenin kalp atışları, ilk kaybedilen menstrüasyon döngüsünden 10 gün sonra gibi çok erken bir zamanda teşhis edilebilmektedir.

Hamilelik uygulamaları, yeni ultrason teknikleri için en etkileyici alanlardan biridir. Bilimadamları, ceninin üç boyutlu görüntülenmesi için iki prototip ultrason cihazı üzerinde çalışmaktadırlar. Üç boyutlu görüntüleme, özellikle ceninin kalp ve yüzünün görüntülenmesinde önemlidir. Çünkü çatlak damak gibi genetiksel anormalliklerin iki boyutlu ultrason kullanılarak görüntülenmesi zordur. Bu durum genellikle daha önemli anormalliklerle birlikte ortaya çıkar. Sonuç olarak, araştırmacılara göre cenindeki herhangi bir anormalliğin tayini doğum uzmanının izlediği tedavinin değiştirilmesine öncülük edilecektir.

Organ Sesleri

Ultrason, bir çok yetişkin organın görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Mamogramlarda görünen göğüs dokusundaki anormallikler, ultrason uygulanarak kist ya da katı bir tümör olup olmadığı tayin edilebilir. Vajinaya uygulanan ultrasonla rahim kanseri teşhis edilebilir. Erkeklerde, rektuma (kalın bağırsağın son kısmı) uygulanan ultrasonla prostatın açık bir görüntüsü elde edilebilmektedir. Son çalışmaların birinde, prostat tümörlerinin tayininde yüzde 93

güvenirliliğe sahip olduğu bulunmuştur. Üç boyutlu ultrason, gözdeki anormalliklerin teşhisinde büyük bir aşama kaydetmiştir. Standard ultrasonda, ışın demeti göze gönderildikten sonra tarama yapılmaktadır. Bu işlem 5-15 dakika sürmektedir. Bu zahmetli işlem, karanlık bir odanın el feneriyle incelenmesi gibidir. Fakat üç boyutlu ultrason ile gözün tam bir resmi 22 saniyede elde edilebilmektedir. Üç boyutlu ultrason kullanımı, retinal yarıklar gibi gözde oluşabilecek lezyonların yerlerinin teşhisinde daha duyarlıdır. Buna ek olarak, "melanoma" gibi gözün arka kısımlarında oluşan lezyonların görüntülenmesinde de paha biçilemez bir duyarlılığa sahiptir.



Ultrasonun bir diğer uygulaması göz hastalıklarının teşhis ve tedavi sonuçlarının incelenmesidir. Üç boyutlu ultrason kullanımı, retinal yarıklar gibi gözde oluşabilecek lezyonların yerlerinin teşhisinde oldukça duyarlıdır. "Melanoma" gibi gözün arka kısımlarında oluşan lezyonların görüntülenmesinde de paha biçilemez bir duyarlılığa sahiptir. Öyle ki; bu lezyonlar üç boyutlu ultrasonla teşhisinden aylarca sonra doktorlar tarafından tespit edilebilmektedir.

Öyle ki; bu lezyonlar üç boyutlu ultrasonla teşhisinden aylarca sonra doktorlar tarafından tespit edilebilmektedir.

Hareketin Sesi

Ultrason, hamilelikte ve iç organların görüntülenmesinde inkar edilemez bir öneme sahip olmasına rağmen, en büyük klinik uygulaması kan damarları ve kalpteki anormalliklerin teşhisinde kullanılmasıdır. Kanın damarlardaki hareketinin incelenmesinde ultrason kullanımı, cenin ve prostat görüntülenmesinde kullanılan tamamen farklı bir teknoloji gerektirmektedir. Bütün tıbbi ultrason görüntülemeleri, ekoların tayini temeline dayanır. Ses dalgası nesneye çarpar ve geri döner. Uygun ultrasonla (gri ölçek olarak adlandırılmaktadır), bu ekolar bir şeklin oluşturulmasında kullanılırlar.

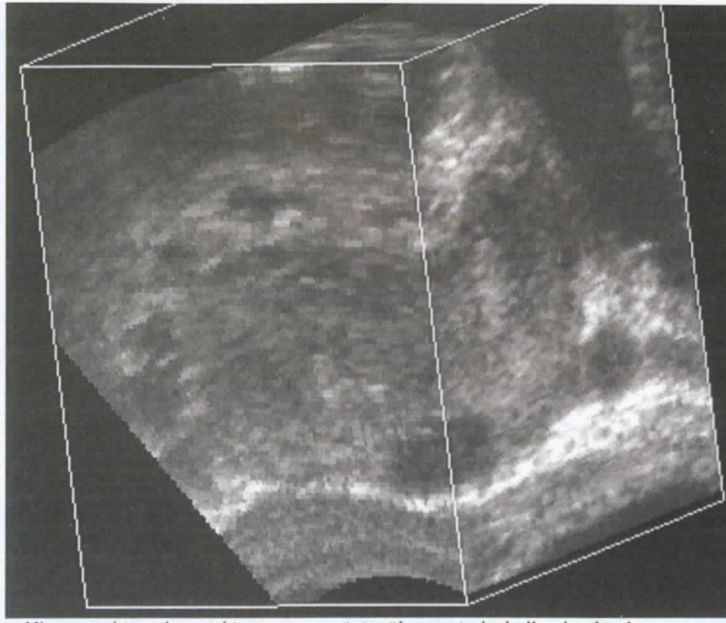
Fakat kan akışının görüntülenmesi Doppler Etkisi temeline dayanır (hareketli bir nesneden yansıyan bir dalga'nın frekansındaki değişim). Doppler kayması, tren yaklaşırken neden düdük sesinin birden yükseldiği ve bizden uzağa doğru gidildikçe yıldızların ışınlarının neden spektrumun kırmızı ucuna kaydığını açıklamaktadır. Hareketli bir kırmızı kan hücresinden bir ultrason dalgası yansıdığı zaman,

frekansı kayar. Bu kaymanın değeri, damarın vücut içerisindeki derinliği ile birlikte kanın akış hızıyla orantılıdır. Bilgisayar grafik programları, frekans kaymasını renklere dönüştürürler. Hızlı akış kırmızı; yavaş akış ise mavi ile gösterilir. Düşürülmüş kan hızı, arter içerisindeki bloklara ve plaklara bağlıdır. Bundan dolayı, Renkli Doppler Ultrason (CDU) ile vücudun bir bölgesindeki potansiyel kan sağlama eksiklikleri incelenebilmektedir. CDU'nun en yaygın uygulaması, boyundan geçen ve beyni besleyen şah damarın incelenmesidir. Bu arterlerde oluşan plaklar, felçlerin temel sebepleridir. CDU, şah damar plaklarının incelenmesinde yaygın olarak kullanılan Şah Damar Anjiyografisinin yerini alarak, ön gözlem aracı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca CDU, bacaklardaki derin damar travmalarının teşhis ve görüntülenmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Geleceğin Frekansları
Henüz araştırma aşamasında olan ultrason yöntemleri:

Power Doppler, Harmonik Görüntüleme ve Yüksek Frekanslı Ultrason'dur. Power Doppler, yansıtılan ses dalgasındaki enerjinin miktarını ölçmektedir. Bir arterde akan daha fazla kırmızı kan hücresi, yansıyan daha fazla enerji anlamına gelmektedir. Bu yöntemle kan akışının ölçülmesinde, CDU'ya göre 4-6 kat daha duyarlı sonuçlar elde edilmektedir.

Harmonik Görüntüleme'de, ses dalgalarının kana enjekte edilen mikro kabarcıklarla etkileştiği zaman oluşan ses demetinin rezonans frekansı ölçülmektedir. Kabarcıklar sadece kanın aktığı yere gittiği için; Harmonik Görüntüleme, sadece kan damarlarının içini (dış dokudan kaynaklanan çok az bir girişimle) göstermektedir. Sonuç olarak; ayıncılık artmaktadır. Yakın geçmişte bu yöntem kullanılarak, kalp damarları ilk kez görüntülenebilmiştir. Ayrıca bu



Ultrason, bir çok yetişkin organın görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Mamogramlarda görünen göğüs dokusundaki anormallikler, ultrason uygulanarak kist ya da katı bir tümör olup olmadığı tayin edilebilir. Vajinaya uygulanan ultrasonla rahim kanseri teşhis edilebilir. Erkeklerde, rektuma uygulanan ultrasonla prostatın açık bir görüntüsü elde edilebilmektedir. Son çalışmaların birinde, prostat tümörlerinin tayininde yüzde 93 güvenilirliğe sahip olduğu bulunmuştur (Şekil: Prostat görüntüsü).

yöntem, kalp karıncıklarının sınırlarının tanımlanmasında kullanılmıştır.

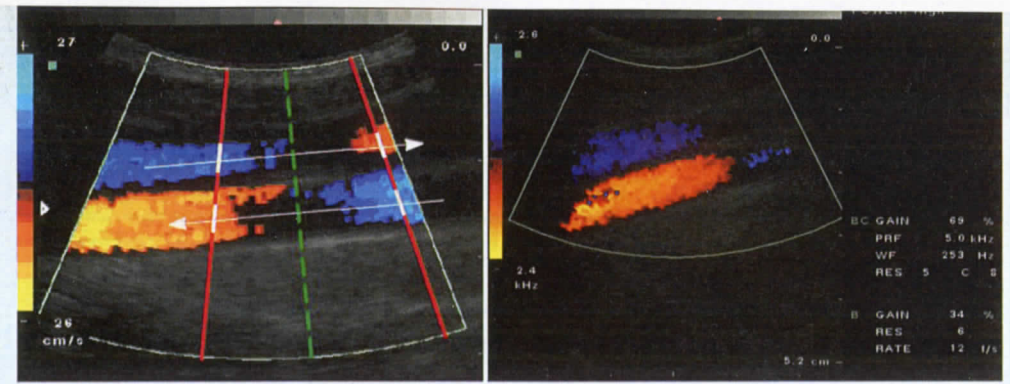
40-50 MHz yüksek frekanslı ses dalgaları (standard frekansın 4-5 katı), glokom (karasu hastalığı) hastalarının araştırılmasında kullanılmaktadır. İrisin çok küçük yer değiştirmesi gibi değişimlerin tayini standard ultrasonla elde edildenden daha hassas ayırtıcılık gerektirir.

Ayrıca bu teknikte doktorlar, uzun dönemde gözlenebilen değişimleri beklemeden, glokom tedavisinde kullanılan ilaçların etkinliği hakkında hemen sonuçlar elde etmektedirler. Örneğin, lensler üzerindeki gerilimi kontrol eden kirpik kasları, anti-glokom ilaçlardan etkilenir. Kasılmadaki değişimler, kirpik kaslarının çeşitli ultrason frekanslarının yansıtılması ile gözlenir. Kirpik kaslarının yansıttığı yüksek frekanslı ultrason frekanslarının analizi, kirpik kaslarının kasılma teşhisinde kullanılır. Bilimadamları, bu ölçümlerin hem gözün nasıl

odaklama yaptığı konusundaki temel bilgilerimizi geliştireceğine hem de glokom tedavisinde en uygun dozdan şaplanmasında yardımcı olacağını düşünüyorlar.

Henüz gelişme aşamasında olan bir diğer etkileyici teknikte ise; küçültülmüş bir ultrason kaynağı bir damarın içine (IVUS) ya da kalbin içine yerleştirilir. IVUS ile damardaki plaklar doğrudan tespit edilebilmektedir. Bu yöntem kullanılarak; cerrahlar, hastanın cerrahi müdahale ihtiyacını anjiyografiye göre daha kesin bir şekilde karar verebilecekler. Ayrıca IVUS, damar plak durumunun gözlenmesinde de (hem anjiyo öncesi hem de sonrası) kullanılabilecek ve anjiyo işlemine yardımcı olacaktır.

Kalp içi ultrason ("damarlarda bir gezinti" olarak ta adlandırılabilir), kalp duvarlarının hareketlerini büyük bir doğrulukla gösterebilmektedir. Kalp içi ultrason, çeşitli ilaçlara karşı kalbin tepkisinin gözlenmesinde kullanılabilmekte,



Ultrason, hamilelikte ve iç organların görüntülenmesinde inkar edilemez bir öneme sahip olmasına rağmen, en büyük klinik uygulaması kan damarları ve kalpteki anormalliklerin teşhisinde kullanılmasıdır. Hareketli bir kırmızı kan hücresinden bir ultrason dalgası yansıdığı zaman, frekansı kayar. Bu kaymanın değeri, damarın vücut içerisindeki derinliği ile birlikte kanın akış hızıyla orantılıdır. Bilgisayar grafik programları, frekans kaymasını renklere dönüştürürler. Hızlı akış kırmızı; yavaş akış ise mavi ile gösterilir. Düşürülmüş kan hızı, arter içerisindeki bloklara ve plaklara bağlıdır. Bundan dolayı, Renkli Doppler Ultrason (CDU) ile vücudun bir bölgesindeki potansiyel kan sağlama eksiklikleri incelenebilmektedir.

bu da doktorlara en etkili tedaviyi seçmede yardımcı olmaktadır.

İyileştirici Ses

"Müzik ruhu dinlendirir" denilir. Ses (en azından ses dalgalarının bir kısmı), vücudu iyileştirebilir. Zaten ses, bir çok tedavi amaçlı uygulamada kullanılmaktadır.

Böbrek taşlarının idrarla birlikte geçmesi, oldukça acı verici bir süreçtir. Fakat böbrek taşlarının yaklaşık yüzde 10'u, boşaltım sisteminden geçemeyecek kadar büyüktür. Son döneme kadar bunlar ameliyatla çıkarılıyordu. Bu hastaların yüzde 80'i hastanın karın

bölgesine ultrason uygulanmasıyla tedavi edilebilmektedir. Taşa 15-60 dakika şok dalga uygulanır ve taş böbrekten atılabilecek kadar küçük parçalara bölünür. Safra kesindeki taşlarında ses dalgalarıyla tedavi edildiği raporlarda geçmektedir.

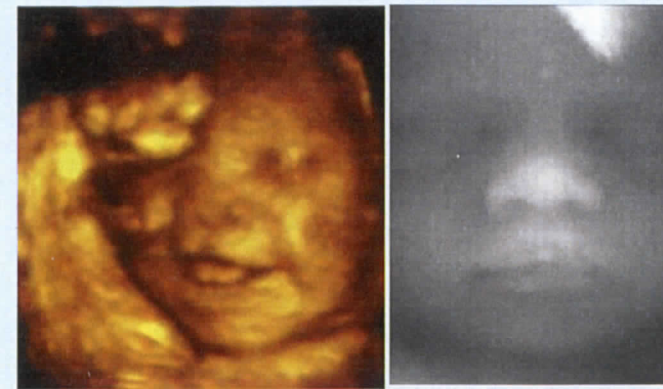
İlaç taşıyıcıları üzerine çalışan bilimadamları, düşük frekanslı ultrasonun insan derisinin ilaç geçirgenliğini artırdığını gösterdiler. Bu ilaçlar arasında insülin gibi yüksek molekül ağırlıklı proteinler de bulunmaktadır. Gelecekte deri üstü ilaç taşıyıcı sistemler, enjeksiyon

gibi daha fazla acı veren yöntemlerin yerini alabilirler.

Kanser tedavisinde, diğer tedavilerle birlikte sesin de kullanıldığı umut verici uygulamalar vardır. Bunlardan biri, -20°C' a soğutulmuş bir iğneyle kanserli organın dondurulması ilkesine dayanan prostat kanserinin bir tedavi yöntemidir. Bu yöntem ameliyata göre daha az tahrip edicidir. Fakat sondanın uygulanacağı yeri görmek zor olabilir. 1 cm'lik bir hata, hastanın boşaltım fonksiyonlarında soruna yol açabilir. Fakat rektuma yerleştirilen bir ultrason sondası, prostat bölgesinin üç boyutlu haritasını bilgisayar ekranına gönderecek ve iğnenin büyük bir kesinlikle yerleştirilmesine olanak sağlayacaktır. Bu yeni kullanılmaya başlayan tekniğin rahim kanserinde de kullanılması planlanmaktadır.

Tümörlere soğuk uygulandığı gibi sıcaklık uygulanabilir. Radyasyon tedavisinin etkisini artırmak için kanserli organı ısıtan ultrason yüksek sıcaklık sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemin derinin 8 cm kadar altındaki tümörlerin tedavisinde klinik denemeleri yapılmaktadır.

Ultrason teknolojisi gelişmeye açıktır. ●



3B ultrason ile alınan bebek resimleri. (sol gülümseyen çocuk, sağda çatlak dudak görüntüsü)

Hamilelik uygulamaları, yeni ultrason teknikleri için en etkileyici alanlardan biridir. Üç boyutlu görüntüleme, özellikle ceninin kalp ve yüzünün görüntülenmesinde önemlidir. Çünkü çatlak damak gibi genetik anormalliklerin iki boyutlu ultrason kullanılarak görüntülenmesi zordur. Sonuç olarak, araştırmacılara göre cenindeki herhangi bir anormallığın tayini doğum uzmanının izlediği tedavinin değiştirilmesine öncülük edebilecektir.