

ULTRASOUND

Int. Dr. Volkan YUMUK

Int. Dr. Görgün AKPEK

GİRİŞ:

Ultrasound (US). insan kulağının işitme sınırı üstündeki frekanstaki ses dalgalarından oluşur (16 KHz in üstünde). İletimi için katı, sıvı ve gaz gibi ortamların gerekli olmasıyla elektromagnetik radyasyondan ayrılır.

Hava iletimli ultrasound endüstride temizleme, emulsifikasyon, perçinleme ve defo belirlemede; köpek düdüğü, kuş ve kemirici kontrolörü, kamera menzil belirleyici ve hırsız alarmlarında kullanılmaktadır. Tanı, tedavi ve cerrahi nedenlerle insanları ilgilendiren, sıvı iletimli olanıdır.

Bugün insanoğlu, en sık tanı amacıyla ultrasounda (US) maruz kalmaktadır. Gelişmiş ülkelerde gebelerin büyük bölümü her doğumdan önce en az bir kez US incelemesinden geçmektedir. Tanısal US'un insanlar üzerindeki yan etkisini gösterecek somut bir bulgu olmamakla birlikte, gebelikteki kullanımın bu denli artması ve fetusun diğer fiziksel ve kimyasal ajanlara karşı var olan duyarlılığını bilmemiz bizleri US üzerine dikkatle eğilmeye yöneltmiştir.

FİZİKSEL ÖZELLİKLER:

US, piezoelektrik bir materyal taşıyan transdüserler tarafından oluşturulur. Elektrik akımı verildiğinde piezoelektrik materyalde mekanik bir deformasyon gelişir ya da bunun tam tersi, materyaldeki mekanik deformasyon elektrik akımı oluşturabilir. Bu nedenle herhangi bir frekanstaki elektrik enerjisi aynı frekansta bir mekanik vibrasyon elde etmemizi sağlayabilir. US pulsatil yada sürekli dalgalar biçiminde olur. Biyolojik doku gibi heterojen ortamlarda yayılırken farklı dansitelerdeki dokular arasındaki geçiş yüzlerinden kısmen yansır. Yansıyan dalga piezoelektrik materyalde mekanik deformasyona neden olarak elektrik akımı oluşturur ve aynı transdüser aracılığıyla kaydedilir.

Sıvı iletimi US un Watt cinsinden total gücü ve W/m^2 cinsinden şiddeti zaman ve yer içinde belirtilmelidir. Sıvı içindeki US şiddeti su altı mikrofonlarınca ölçülür. Hava iletimli US ise desibel olarak ses basınç düzeyi ile belirtilir ve ses düzeyi ölçerleriyle (metre) ölçülür.

US, enerjinin iletim yönünden titreşen ortam partiküllerinin ortaya çıkardığı longitudinal ya da kompresyonel dalgalar biçiminde yayılır. Ardarda gelen maksimum kompresyonun olduğu iki nokta arasındaki uzaklık bir dalga boyu olarak tanımlanır. Transvers dalgalar yalnızca solid ortamda gelişir ve partiküllerin enerji iletim yönüne 90° lik bir açıyla yer değiştirmesiyle karakterizedir. Kemik ve yumuşak doku geçiş yüzeyinde bir tip dalga bir diğer tipin oluşmasına neden olabilir (Modkonversiyonu). Eğer yumuşak dokuda yayılan longitudinal dalga belirli bir açıyla kemik dokusuna çarparsa, solid kemik ortamda longitudinal ve transvers dalgalar oluşur. Bu olay da kemik yüzeyinde ısınmaya neden olur.

İonize edici radyasyon ile US arasında önemli bir fark vardır. X — ışımındaki foton sayısı arttırıldığında, ışının enerjisi artar, ancak herbir fotonun enerjisi sabit kalır. Böylelikle her foton için maddeyle etkileşim mekanizması aynı kalmıştır. Yalnızca foton sayısı artışına bağlı birim zamandaki etkileşim sayısı artmıştır. Belirli bir frekanstaki US dalgasındaki partiküllerin titreşimlerinin amplitüdü arttırıldığında birim alana daha yüksek bir enerji düşer ve böylece yüksek şiddette bir dalga elde edilir. Bu şiddet artışı frekansın sabit kalmasına karşın dalganın maddeyle olan etkileşimini değiştirir.

UYGULAMALAR:

Başlangıçta US denizaltıların yerini belirlemek için kullanıldı. 1917 de Paul Langevin tarafından yapılan bu aygıt 50 KHz lik bir frekansta titreşen kuartz kristali taşıyor, US'u su içine gönderiyor ve yansıyan dalgaları algılıyordu. US, tedavi amacıyla ilk kez 1930 ların ortasında ve defo belirlemek için de 1939 dan sonra kullanıldı.

II. Dünya savaşından bu yana yeni piezoelektrik kristallerin, ferroelektrik seramiklerin ve magnetostriktif materyallerin gelişmesinde büyük ilerlemeler kaydedilmesiyle US kullanımı yaygınlaştı.

Ultrason (US), insan kulağının işitme sınırı üstündeki kanstaki ses dalgalarından oluşur.

Şekil I. frekanslarıyla birlikte uygulama alanlarını göstermektedir. Tıbbi kullanımlar, insanların ultrasona en fazla maruz kaldıkları kaynaklardır.

ETKİLEŞİM MEKANİZMALARI.

US, termal, kavitasyon ve stress mekanizmalarıyla bir çok enerji formuna dönüşebilir. US madde tarafından emildiğinde ısıya dönüşmekte ve bu maruz kalan cisimde derince yükselmesine neden olmaktadır. US dalgası dönüşümlü kompresyon alanları yaratarak, yayıldığı ortamda basınç farklarına neden olarak kavitasyonlara sebep olur. Bu fenomen, gaz kabarcıklarının (Suda ve dokuda) ekspansiyon ve kontraksiyonunun basit osilasyonlara ya da pulsasyonlara (stabilkavitasyon) neden olduğunda ve bu kabarcıkların sönmesinin çok yüksek, ani sıcaklık ve basınçların ortaya çıkmasını sağladığında gelişir.

Birkaç mW/cm² şiddetinde US yayan diagnostik cihazlar yıkıma yol açacak doku ısınmasına neden olmazlar. Pulseecho US cihazları aynı şiddette invivo kavitasyona neden olabilirler. 0.1 – 3 W/cm² gibi yüksek şiddette ortaya çıkan ısı artışı US'un terapötik etkisini oluşturmaktadır. Terapötik uygulamada, bizlere kavitasyon olduğunu gösteren, in vivo gaz kabarcıkları gözlenmiştir.

SIVI İLETİMLİ US'un BİOLOJİK ETKİLERİ:

Yapılan araştırmalar US'un hücrede makromoleküler sentez hızını değiştirdiğini ve birtakım ultrastrüktürel değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Bugüne kadar ticari tanınan araçlarla yayılan pulsatil ve sürekli dalgaların hücre membranı yapısında ve fonksiyonlarında değişikliğe neden olduğu rapor edilmiştir.

US'un DNA üzerindeki etkisiyle ilgili çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Pulsatil tanınan ve sürekli dalga terapötik US'un zamansız DNA sentezine (ki bu DNA'nın yıkıldığını gösterir, neden olduğu bulunmuştur. Hücre yüzey aktivitelerindeki değişikliğin birçok jenerasyon boyunca devam ettiği gösterilmiştir.

Yüksek terapötik dozlarda tedavi sırasında transduser hareket halinde olsa bile kemik büyümesini geriletmektedir. Eğer transduser hareket ettirilmezse durduğu bölgedeki kemik ve diğer dokuları daha düşük dozlarda tahrip edebilir. US kas dokusunda kontraksiyonların ortaya çıkmasına neden olabilir. Terapötik dozlarda insanda troid bezi fonksiyonunu bozduğu da rapor edilmiştir.

Kemirici fetuslarının intrauterin US'a maruz kalması sonucu ağırlıklarında bir düşme gözlenmiştir. Farelerde fetal ağırlığın düşmesine neden olan en düşük sürekli dalga

ortalama şiddeti, insan için düşük terapötik doz sınırları içinde kalmaktadır. Bazı çalışmalar da deney hayvanlarında fetal anomalilerin ve maternal ağırlık kaybının geliştiğini göstermiştir.

HAVA İLETİMLİ US'UN BİOLOJİK ETKİLERİ:

Hayvanların işitme keskinliğinin yüksek, işitme alanının geniş vücut yüzey alanının kitlelerine oranı insandaki fazla ve çoğunun kürklü olması hava iletimli US etkisinin araştırılmasında deney hayvanlarından yararlanmada güçlük oluşturmaktadır. Kemiricilerin 40 dk. süreyle 150 desibellik hava iletimli US'a maruz kalması aşırı vücut ısısı artışı nedeniyle hayvanların ölümüne neden olmaktadır. 155 -- 158 dB ise hayvanları 10 dk içinde öldürmektedir. Bu hayvan türlerinde 'vücut ısısı artışının 28 - 20 KHz te 144 dB aşıncaya ortaya çıktığı gözlenmiştir. Kılız fare türünde aynı derecede vücut ısısını arttırmak için 155 dB'in yeterli olduğu görülmüş. Bu olay bizi kürkün deriden daha yüksek bir akustik absorpsiyon kat sayısına sahip olduğu gerçeğine götürmektedir.

7. US'UN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ:

Diagnostik amaçla kullanılan sıvı iletimli US'un insanlar üzerindeki yan etkisi henüz gözlenmemiştir. Yalnız bilmeliyiz ki bu alanda henüz yeterli bir epidemiolojik çalışma yapılmamıştır. Gelişmiş ülkelerde her fetusun en az bir kere US incelenmesinden geçmiş olması böyle bir epidemiolojik çalışmaya girişildiğinde US'a maruz kalmış fetuslarla karşılaştırabilecek kontrol gruplarının bulunamayacağını bize göstermekte ve bir an önce böyle bir çalışmaya başlanmanın gerektiğini hatırlatmaktadır.

İnsanlar üzerinde yapılan araştırmaların çoğunda kontrol grupları yetersiz kalmıştır. Bu nedenle bu çalışmalarda herhangi bir yan etkinin gözlenmemesi kesin bir sonuç olamaz. Yapılan hayvan deneyleri sonucu US'un kemirici fetus ağırlığında azalmaya neden olduğunu bilsek bile aynı durumun intrauterin US'a maruz kalmış insan fetusu içinde geçerli olduğunu söyleyen raporları daha detaylı bir biçimde incelemeli bu konuda daha ileri araştırmalar yapmalıyız.

120 dB'e kadar olan hava iletimi US'un fizyolojik ya da işitsel herhangi bir yan etkisi yoktur. 140 dB deride hafif ısınmaya neden olur. Yükselen şiddetle, insan hipertermiden ölene kadar vücut ısısı yükselir. Bu durumun 180 dB'in üstünde gözlenebileceği tahmin edilmektedir.

Endüstride çalışanlarda bulantı, kusma, halsizlik, baş ağrısı, kulaklarda basınç gibi subjektif ve semptomatik yakınmalar rapor edilmiştir. US üreten araçların aynı za-

Tanı, tedavi ve cerrahi nedenlerle insanları ilgilendiren, sıvı iletimli olanıdır.

manda duyulabilir sesleri de çıkartması bu yakınmaların hava iletimli US'a mı, yoksa gürlütüsüne mi bağlı olduğuna karar vermede bizlere güçlük çekmektedir.

Yüksek frekanslı işitilebilir sesin ve ultrasonik frekansların alt düzeyindeki seslerin işitme kaybına neden olabileceğini gösterir bulgular vardır. 150 dB gücündeki sese kısa bir süre maruz kalmakla işitme eşiğinde kısıyasürelî değişmeler olabileceği rapor edilmiştir.

STANDARTLAR

Bugünün yetersiz kalan biyolojik ve biyofiziksel verilerine dayanarak diagnostik US cihazlarının gücüne sınır koymak güç bir iştir. Bununla birlikte gerekli bilgiyi elde etmek için yeterli olan dozu ve uygulama süresini aşmamak temel ilke olmuştur.

Terapötik US cihazlarının maksimum gücünü belirleyen yasaların bulunduğu ülkeler vardır (Örneğin Kanada). Bu yasaların konması gerektiği Uluslararası Elektroteknik Komisyonunun bir alt komitesi tarafından tüm dünya ülkelerine önerilmiştir. A.B.D. ve diğer bazı ülkeler ise bu alanda araç gücüne sınır koyan herhangi bir standart belirleme yoluna gitmemişlerdir.

İş alanında hava iletimli US uygulamalarında doz ve süre sınırlamasına Kanada, Japonya, İsveç, İngiltere, A.B.D. ve Sovyetler Birliğinde idilmiştir. Bütün standartlar aynıdır ve 20 KHz üstünde 110 - 115 dB düzeylerine kadar izin vermişlerdir.

KORUNMA ÖLÇÜTLERİ

Bugüne kadar canlılar üzerindeki yan etkileriyle ilgili birçok raporun varlığı yararınının varsayılan zararından kat kat fazla olmasına karşın US'un insan sağlığı için tıbbi alanda kullanımında bizleri daha dikkatli olmaya yöneltiyor. Temel ilke "Tanı ve Tedavi için gerekli minimum doz" dur.

Tanı Araçlarında:

a. Hangi durumlarda tanıda US'un etkin olabileceğini belirleyen kriterler bulunması, böylece bu kriterlere dayanarak yarar/zarar oranını düşünerek tanısall bilgi için gerekli minimum gücü kullanmalıyız.

b. Tedavi durumun alt sınırına yakın güçler (örneğin 100 mW/Cm²) ancak başka bir teknikle tanıya varılmadığında tanı için kullanılabilir.

c. Araçlarda, istenilen minimum doz, istenilen sürede, istenilen organı görüntüleyebilmek için verebilecek kumanda kontrol mekanizması bulunmalıdır.

d. İnsanlara ve özellikle gebelere geçerli bir tıbbi neden olmaksızın US uygulanmamalıdır.

Terapötik Araçlarda:

a. Güç ayarlayıcı ve süre belirleyici kontrol mekanizmaları bulunmalıdır. Çünkü her ikisi de doğrudan hastaya uygulanan doz miktarını etkilemektedir

b. Hiç bir gebe kadına fetüsü doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyecek biçimde US tedavi verilmemelidir. Gebelerde bel ağrısını gidermek için başvurulmuş US tedavisinden kaçınılmalıdır.

c. Özellikle laminectomy sonrası kolumna vertebralize US uygulanmamalıdır.

d. Özellikle büyüme çağıdaki çocuklarda epifizel hatların üzerine US uygularken dikkatli olmalıyız.

e. Periferik vasküler hastalık tedavisinde US kullanılırken, var olan dolaşım bozukluğuna bağlı duyu kaybının hastanın aşırı dozu algılayamamasına neden olacağını göz önünde bulundurmalıyız.

f. Duran dalgaları ortaya çıkartıp o bölgede dolaşım bozukluğuna neden olacağından kemik gibi kuvvetli yansıtıcı yüzeye sahip dokulara yakın bölgelere US verilirken özen göstermeliyiz.

g. Hastaların minimal US alması şöyle sağlanabilir:

(I) Aşırı doz durumunda hastanın sıcak ve soğuşu ayırt edebildiğini anlamak için duyu testi yapılmalı.

(II) Minimum etkin dozu ve süreyi kullanmalı

(III) Lokal ısı artışı riskini en aza indirmek amacıyla transdüseri yalnızca hasta bölge üstünde yavaşça hareket ettirmeli.

(IV) Hasta rahatsızlık hissettiğinde operatörün aracı anında durdurulabileceğinden emin olmalı.

(V) Aracı belirli aralıklarla kalibre etmeli, gözden geçirmeli.

h. Aracı kullanan kimsenin minimal US alması şöyle sağlanabilir:

(I) Transduserin US yayarı yüzüne dokunmamalı

(II) US içinde yayılırken su banyosunun içine elini sokmamalı.

Endüstride US:

a. Kulaklık ya da cihazlarda akustik bariyerler kullanarak insan kulağını etkileyen gürlütüyü azaltmak.

b. Sıvı iletimli US ile doğrudan temas önlenmelidir. Örneğin: Operatörler ultrasonik yıkama tankları içine ellerini sokmamalıdır, gerekli yerlere uyarı levhaları asılmalıdır.

c. Hırsız alarmlarındaki sistem kullanılmadığı zaman, US yayarı araç kapatılmalıdır.