

İNCELEME YAZILARI

RENKLİ DOPLER GÖRÜNTÜLEME

COLOR DOPPLER IMAGING

Erkan SEVİNÇ

SUMMARY

This review article is about some of the important physical principles involved in Doppler ultrasound in the context of modern diagnostic ultrasound technology. Definitions and measurement techniques are presented for determining from Doppler signals such indicators of arterial disease as velocity, volume flow rate, flow impedance and pulsatility. Spectral analysis and its utility in Doppler signal analysis are described. Color Doppler flow imaging may expedite and clarify the duplex Doppler examinations. In addition, Color Doppler Imaging can demonstrate flow orientation and improve the identification of turbulence. Finally, in this article, the clinical applications of color Doppler imaging is discussed.

(Key Words: Diagnosis, Sonography, Ultrasound)

ÖZET

Modern diagnostik ultrasonun son aşaması olan Doppler ultrason ile ilgili fizik prensiplerden söz eden bu yazıda pulsatilite, akım impedansı, velosite gibi arteryel hastalık göstergesi Doppler bulguları tarif edilmiş ve ölçümlerden söz edilmiştir. Spektral analiz ve Doppler sinyallerini analizindeki etkisi tanımlanmıştır. Renkli Doppler tetkikler, Dupleks Doppler tetkiklere göre daha açıklayıcı ve daha geniş kapsamlı bilgiler içermektedir. İlave olarak, renkli Doppler görüntüleme akımın yönü ve girdaplı akımın değerlendirilmesinde çok yarar sağlamaktadır. Sonuçla, bu makede Renkli Doppler görüntülemenin özellikleri ve klinik uygulamalarından söz edilmektedir.

(Anahtar Sözcükler: Doppler Ultrason, Tanı, Ultrasonografi)

GENEL BİLGİ

Renkli akım görüntülemenin esasını "Dopler shift – Dopler kayması" sistemine dayanmaktadır. Sabit frekansla ses veren hareketli bir kaynak yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans), uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) işitilir. Buna Dopler kayması denir. Bu etki damarda akan kanın şekilli elemanlarından yansıyan ultrasondaki frekans değişikliklerinde gözlenerek kan akımının şiddeti ve yönü gibi özellikler incelenebilir. Renkli akım görüntüleme alıcısına (transdüser) doğru veya karşı akım olarak kırmızı /mavi renkleri kullanılmaktadır. Dopler ultrasonografisinde, kan velosite ölçümleri çok sağlıklı yapılabilmektedir. Bilinen frekanstaki ses dalgaları damara yönlendirilir. Eğer hareketli hücreler mevcut ise geri saçılmış enerji frekansta kaymaya neden olur. Burada dönen sinyal karmaşık bir yapıdadır. Damar duvarından ve kırmızı hücre hareketinden yansıyan bu karmaşık yapıda, duvardan yansıyan düşük düzeyli frekans kaymaları elimine olarak, alınan frekans değerlendirilir. Örneğin normal arteriyel bir akımı korumak için daralmış bir damarda kan akım velositesi artmak zorunda kalacaktır. Artmış akım velositesi ve artmış frekans arasındaki ilişki Dopler eşitliği ile çözümlenir. Dopler sinyali çok sayıda kan hücresinin hareketiyle oluşur. Bu hücreler değişik hızlarda seyrederek, Arterin merkezindekiler yüksek velositelere, periferindekiler düşük velositelere sahiptirler. Böylece yansıyan sinyal birden fazla frekanslı olmaktadır. Normal damarlarda velosite profili uniform karakter gösterir. Yüksek frekanslı kaymalar stenozda gözlenmektedir. Hareket eden kırmızı hücreler dar bölgede yavaşlar ve akım girdaplı hale gelir. Kardiyak sahada uzun süre kullanımdan sonra renkli akım görüntüleme son birkaç yıldır karın, pelvis, periferik damar ve yüzeysel organlarda uygulanmaktadır. Yüzeysel yapılarda 7.5 MHz phased array, derin abdominal ve pelvik görüntüleme için 3.5 MHz phased array real time transdüseler tercih edilmektedir. Klinik uygulamalar kabaca üç grupta

toplanabilir:

1. Primer vasküler tanı,
2. Organ perfüzyonu,
3. Tümör neovaskülaritesi (25, 26)

FİZİK PRENSİPLERİ

Dopler eşitliğinin matematiksel formülü şu şekilde özetlenebilir:

$$F_D = \frac{2F_0 \times V \times \cos \theta}{C}$$

Gördüğümüz bu eşitlikteki F_D Dopler frekans kaymasını, F_0 kullanılan transdüsere frekansını, V akım hızını, C sonik dalganın dokudaki hızını, θ ise sonik dalga ile akım yönü arasındaki oluşan açıyı göstermektedir. Bu eşitlikte Dopler kayma frekansı ile kullanılan ultrason kaynağının frekansı birbirlerinden farklı antitelerdir. Dopler kayma frekansı yansıtıcı yapının hızına ve yönüne bağlı olarak değişmektedir. Açı genelde 60 derece olmaktadır.

Kan akım hızının ölçümünde ve Dopler ultrason lokalizasyonunda sınırlamalara yol açan faktörler ise şunlardır: Ultrason dalgalarının doku ve kan ile etkileşimi, transdüser performansları, transmisyona uğrayan sinyal karakteristikleri ve alınan sinyalleri işleme metodları.

Kanda sonografik saçılma: Kanda ortaya çıkan sonografik saçılmadan büyük ölçüde alyuvarlar sorumlu tutulmaktadır. Alyuvarların ortalama çapı 7 mikrometre, Dopler ultrason incelemelerinde kullanılan sonografik dalgaların 300 mikron ve 5 MHz olan dalga uzunluğundan çok küçüktür. Bunun sonucunda tek bir sonografik dalga yaklaşık 10^5 alyuvarı bir anda saymaktadır. Alyuvarların gelişigüzel dağıldığı ve bu nedenle nonhomojen bir yapıya sahip olan kanda düzensiz fazlı ve zayıf amplitüdü pek çok saçılmış yankı ortaya çıkmakta ve transdüser geri dönen sinyaller üzerine bu saçılmış istenmeyen ekstra sinyaller ilave olmaktadır. Bu tür saçılmaya "Rayleigh saçıl-

ması" denmektedir. Kanda ortaya çıkan frekans bağımlı saçılma ve dokuda oluşan atenuasyon (yankı zayıflaması) gibi faktörler, Dopler incelemesinin yapılacağı damarın ciltten uzaklığına büyük oranda bağımlıdır ve transdüserin frekans seçimi burada önem kazanmaktadır. Sürekli akım Dopler aletleri iki transdüser kapsamakta, biri sürekli ultrason demeti göndermekte, diğeri alıcı transdüser olarak çalışmaktadır. Bir de pulse Dopler aletler vardır. Bunlarda bulunan tek transdüser gönderici ve alıcı olarak görev yapar.

Sample volüm (Örnek volüm): Sample volüm akım açısından kontrol edilecek doku volümünü teşkil etmektedir. Pek çok sistemde örnek volüm ayar edilebilmektedir ve kullanılan transdüserin odak özelliklerine ve de bir sonografik atım içindeki siklusların sayısına göre değişiklikler göstermektedir. Dopler akım ölçülerinde kullanılan sonografik pulsların her biri 5-20 arasında siklus içermektedir. 3.5 Mhz'lik ve pulsu içinde 5 siklus bulunan bir sonografik dalga örnek volümün aksiyel dimensiyonunu 1 mm'ye kadar indirebilmektedir. Sample volümün diğer dimensiyonları transdüserlerin ışın patternlerine bağımlıdır. Şayet transdüserin ışın genişliği foküs noktasında 2 mm genişlikte ve sample volüm bu odak noktasında yerleşmiş ise, sample volüm elipsoid bir şekilde 1 mm uzunlukta ve 2 mm çapta ortaya çıkacaktır. Renkli Dopler görüntüleme multipl sayıda sample volümler kullanılmakta ve bu volümler ilgili alanın tümüne yayılmaktadır.

Pulse repetition frequency (PRF) ve Aliasing: Transdüserde yer alan kristalin arka arkaya uyarılması sonucunda ortaya çıkan pulslar devamlı olarak doku içerisine doğru gönderilirler. Dopler incelemelerinde bu pulsların tekrarlanma frekansına kısaca PRF adı verilmektedir. Puls Dopler incelemelerinde bir ultrason pulsu doku içine gönderildiği anda bir önceki periyotta gönderilen pulsun geri alınmış olması gerekmektedir. Daha önce gönderilen puls geri alınmadan yeni bir puls gönderilememektedir. Bazı

Dopler cihazlarında PRF kontrolü elle yapılmakta, bazı cihazlarda ise bu kontrol sample volüm bulunduğu doku derinliğine göre otomatik olarak cihaz tarafından ayarlanmaktadır.

Günümüzde Dopler incelemelerinde, Dopler kayması birbirine komşu tekrarlayan puls periyodlarındaki frekans farklılıklarının birbirinden çıkarılması ile ölçülmektedir. Shannon'un Sampling teorisine göre, saptanabilen en yüksek frekanslı sinyal ancak PRF'nin yarısı kadar olabilmektedir. Dopler eşitliğinden de en yüksek akım hızı ölçülebilmektedir. Dopler kaymalarında örneklenen frekanslar PRF değerine göre hesaplanan limiti (Nyquist limiti) aştığı zaman Aliasing artefaktı ortaya çıkmaktadır. Aliasing olayı bazı filmlerde görülen bir fenomen ile açıklanabilir. Western türü bu filmlerde atlı arabaların tekerlekleri hızla ileriye doğru dönerken, yavaşça geriye döner şekilde izlenir. Bu geriye dönüyor gibi bir izlenimdir. Aliasing'e uğramış bir Dopler sinyali ortaya çıktığı zaman bu sinyal spektrum analizlerinde sıfır hattı altında izlenecek, geriye dönen ters akım gibi özellikler taşıyacaktır. Aliasing'e yol açan problemler anlaşıldıktan sonra bunların çözüm yolları kolayca bulunur. İlk iş örnekleme hızını artırmak olabilir. Dopler frekansını kaymayı düşürmek veya CW Dopler (sürekli akım Dopleri) incelemesine geçmek diğer yollar arasındadır. Ya da ultrason uygulayan şahıs aliasing'i farkedip sıfır hattının altındaki değerleri yukarıya taşıyarak 'baseline'ı tekrar arayabilir.

İnsonasyon açısı: Dopler eşitliğine göre insonasyon açısı Dopler kaymasını önemli derecede etkilemektedir. Ultrasonik dalga damarsal yapıya dik açıda geliyorsa teorik olarak "Dopler shift frekansı" sıfır olacaktır, zira kosinüs 90, sıfırdır. Transdüser damar ile aynı hat üzerinde yer alıyorsa en büyük Dopler kayması elde edilir. Bu nedenlerden dolayı Dopler incelemelerinde kullanılacak en uygun insonasyon açısı 30-60 derece arasında değişmektedir.

Spektrum: Dopler eşitliği göz önüne alındığında Dopler sinyallerinin frekans spektrumlarının kan akımı hızına eşit olduğu görülmektedir. Başka bir deyimle Dopler frekansı spektrumundaki tüm bilgiler, mevcut kan akımındaki akım hızına ait verileri göstermektedir. Bu nedenle en yüksek sistolik ve diastolik hızlar, ortalama hız ve kan akımına ait diğer parametreler Dopler frekans spektrumundan elde edilebilmektedir. Kan akımına ait bazı parametreler de Dopler spektrum bant genişliğinden anlaşılmaktadır. Bu bant genişliğinden yararlanmak suretiyle laminer, girdaplı ve jet akımlar rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Zaman-hız dalgasındaki momentlerden özellikle en yüksek sistolik hız, diastol sonu hız ve zamana bağımlı ortalama hız ölçülebilmektedir.

İmpedans ölçümü: İmpedans akıma karşı gelen direnci ifade eder. Elde olunan sirkulasyonun impedansı bu sirkulasyonu besleyen kan damarının dalga formu olarak ifade edilebilir. Periferik direncin önemli bir bölümü arteriollerde oluşmaktadır. Bu nedenle örneğin popliteal arterde dinlenme sırasında diastolik geri akımları olan yüksek dirençli bir akım izlenirken, egzersiz sırasında düşük dirençli bir akım formu dikkati çeker. İmpedans değerlendirilmesinde değişik indeksler kullanılmaktadır. Pourcelot İndeksi $R_I = A-B/A$ şeklinde ifade edilmektedir. (A: en yüksek sistolik frekans, B: diastol sonu frekans) (11, 12 27).

CİHAZLAR

Klinik kullanıma uygun üç tip Doppler cihazı bulunmaktadır. CW (Sürekli akım), Dupleks ve Color Flow (Renkli akım). Renkli Dopler görüntüleme cihazlarında renklendirme iki aşama sonucu oluşturulmaktadır. Sinyal iki kanala ayrılmakta, biri gri skala görüntüleme amplitüdlerinin belirlenmesinde kullanılmakta, diğer kanal Dopler akımının hızı ve doğrultusu yönünde faz ve frekans analizlerini yapmaktadır. Gri skala ve akım görüntüleri daha sonraki aşamada

bilgisayarlı işlemlerle renkli ekranda birleştirilebilmektedir. Kaliteli gri skala görüntüler için kısa pulslar, bu kısa pulsların arasına uzun pulslar ilave edilmek suretiyle renkli imajlar elde olunur. (13)

KLİNİK UYGULAMALAR

Renkli Dopler görüntüleme karın, pelvis, periferik damar yapıları yanısıra yeni doğan kafatası, tiroid, testis gibi çok değişik organlara yönelik uygulama sahaları bulmuştur.

Yenidoğan kafatası: Transkranyal Dopler'in belli başlı endikasyonları şu şekilde özetlenebilir:

1. Subaraknoid hemoraji sonrası vazospazm,
2. İntrakranial arterioskleroz,
3. Vasküler anomaliler (Anevrizma, Arteriovenöz malformasyon gibi),
4. Beyin ölümünün tayini,
5. Travmalar, vaskülit gibi arteriooklüziv hastalıklar.

Dopler, ağır solunum hastalığı olan yeni doğan bebeklerde uygulanan ekstrakorporal membran oksijenasyonu takibinde de çok yararlı olmaktadır. (18, 19, 28, 29)

Karotis Arter Hastalığı: Beyine giden kan akımının azalması, İnternal Karotis Arter (ICA)'de % 60 daralma sonucu oluşmaktadır. % 80 daralma felç tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Dupleks karotis ultrasonografisi darlığın derecesini ve endatektomi gereksinimini belirleme önemli bir noninvaziv yöntem olmaktadır. % 95'e varan oranda duyarlı ve spesifik olan yöntemde 7.5 MHz'lik transdüserler tercih edilir. Damardaki plaklar, plağın kalsifiye veya yumuşak olup olmadığı, plak içi hemorajiler, ülserasyonlar da ultrason ile belirlenir. Renkli Dopler görüntüleme ile velosite, poststenotik girdaplı akım ve diğer parametreler kolayca gösterilir. Normal karotis arterde en yüksek velosite sayısı kriter alındığında ICA ve CCA (Ana karotis arteri) 'da

oran 1'den azdır. Bu oran 2 ise % 50 stenozdur. ICA'da en yüksek velosite = 110-175 cm/sn. ise orta derecede bir darlık (% 50-75) var demektir, en yüksek sistolik velosite 250 cm/sn üstünde ise ileri bir darlık (% 75-90) söz konusudur. Ayrıca Dopler verilerine göre darlık evrelendirilmiştir. % 15 - Grade 1, % 16-49 - Grade 2, % 50-75 - Grade 3, % 76-99 - Grade 4, Tam tıkanma/akım yokluğu - Grade 5 olarak evrelendirilmektedir. ICA/CCA oranına göre ise, 0-40 darlık = 1'den küçük, 60-99 = 1.8'den büyük, 40-60 = 1-1.8 arası, 100 = akım yok olarak değerlendirilir. Yüksek derecede bir darlık ana arterde yüksek impedanslı sinyallere neden olur ve diastolik akım yokluğu ve/veya tersine dönüşüyle beraberdir. Aort disseksiyonu komplikasyonu olarak oluşan karotis disseksiyonları % 15 oranındadır ve renkli Dopler görüntüleme gerçek/yalancı renkleriyle ayırtılır ve akım yönü belirlenir. (3, 4, 8, 20)

Derin ven trombozu: Bacağın real time sonografisi derin ven trombozunda özellikle nonkompresibilite ile tanıda çok yararlı olmaktadır. Dopler ultrason, buna ilave olarak distal venlerde de sonuç alabilen bir metod olmaktadır. Dopler bulguları arasında yüzeysel venlerde artmış akım, tromboze vende akım yokluğu, baskı yapıldığında derin ven proksimalinde akımın artmaması vardır. Tam tıkanmayan bir trombusun çevresinde periferik akım izlenir. Renkli Dopler Görüntüleme burada çok duyarlıdır ve venöz kollateralleri daha iyi göstermektedir.

Periferik damar patolojileri: Dupleks ve Renkli Dopler tetkikleri psödoanevrizmaları göstermede ve onları hematomlardan ayırtmada çok yararlı olmaktadır. Psödoanevrizmalarda sistol ve diastolde iki yönlü akım görülmesi tipiktir. Yine renkli akım görüntüleme ile arterovenöz fistüller ve benzer damar malformasyonları kolayca belirlenir. Bu durumda akım arterden vene doğru şekillenir ve besleyen arterde impedans düşük izlenir. Arteriel ve venöz anastomozların tanısında da renkli Dopler görüntüleme tercih edilen yöntem olmaktadır. (6, 14, 15)

Üst karın: Hepatobilier hastalıklarda Dupleks Dopler sonografiyle kan akımı karakteristikleri gösterilir. Bu bölgede Dopler, damarları belirleme, vasküler darlık ve tıkanmayı, akım yönünü gösterme, organ ve tümörlerde vaskülariteyi değerlendirmede kullanılır. Vasküler oklüzyonlar Dopler sinyallerinin yokluğuyla, darlıklar en yüksek sistolik velositeyle tanınır. İleri darlıklarda poststenotik türbülans, spektral genişleme, spektral yapıda düzensizlik ve akımın tersine döndüğü izlenir. Portal ven patolojilerinde, Budd-Chiari'de, karaciğer nakillerinde bu kriterler geçerlidir. Dopler tetkikte üst karın damarlarında da karakteristik akım eğrileri vardır. Örneğin hepatik arter düşük impedans ve yüksek diastolik akım göstermektedir. Portal ve splenik venlerde düşük velositeler saptanır. Yine Dopler, porta hepatis oluşumlarını birbirinden kolayca ayırır. (Dilate safra yolunu ektopik dilate bir hepatik arterden ayırım gibi)

Portal ven trombozunda çok yararlı olan Dopler'le klasik ultrason bulguları yanısıra (ana portal vende genişleme, ekojenik intraluminal materyel, duvar keskinliğinin kaybı, kavernöz transformasyonlar vb) akımın olmadığı ve kollateraller kolayca belirlenir. Periportal kollateraller tipik devamlı düşük frekanslı akım gösterirler. Dopler analizi portal hipertansiyonda şu yararları sağlamaktadır:

1. Portal ve splenik venlerde akım yönünü gösterir,
2. Portal hipertansiyonlu hastalarda splenik ve superior mezenterik vendeki akımın solunumla değişmediğinin gösterilmesi saptanır,
3. Portosistemik şantlar ve varisler gösterilir.

Kan akımının gösterilmesi operasyon prosedüründe önem kazanmaktadır. Eğer kan akımı karaciğere doğru yönelmişse (hepatofugal) hastaya selektif splenorenal şant değil, portokaval veya mezokaval şant uygulanır. Postoperatif olarak da şantın açıklığı renkli Dopler görüntüleme ile takip edilir.

Mezenterik iskemi tanısında da Dopler

yararlı bir yöntemdir. Tok durumda, normalde superior mezenterik arterde erken diastolde ters akım izlenir. Patolojik durumda, çöliak veya mezenterik arter stenozlarında, diastoldeki ters akımın olmadığı ve diastol sonu velositenin arttığı belirlenmiştir. Dupleks Dopler Ultrason, mezenterik iskemi yanısıra Dumping sendromunda, vazokonstriktif veya vazodilatatör ilaçların etkilerini belirlemede tercih edilir.

Üst abdominal kitlelerden hemanjiomlar, hepatomlar, karaciğer yağlanması Dopler sinyalleriyle ayırdılmaktadır. Örneğin hepatomlar yüksek Dopler sinyalleri gösterirler. Bunun nedeni olarak tümör etrafındaki arterioportal şantlar sorumlu tutulmuştur. Yine Dopler analizi üst karında kitlelerin anevrizmadan ayrımını, anevrizma ise türünü (gerçek, yalancı) kolayca belirler. (7, 22)

Böbrekler: Dupleks Dopler Ultrason renal arterde stenozu ve böbrek veninde tıkanmayı belirlemede öncelikle kullanılmaktadır. Böbrek naklinde de çok önemli bir yeri vardır. Normal renal arter, böbrek içinde düşük vasküler impedansla diastolde yüksek velosite, aortadan çıktığında ise geri akım gösterir. Dupleks Dopler ultrasonda böbrek arteri daralmış olan olgularda en yüksek sistolik frekans artar. Bu yüksek velositeli jet akımı girdaplı bir akım takip eder, spektral genişleme de mevcuttur. % 50 'nin üzerinde böbrek arteri daralmasında şu hemodinamik kriterler bulunur:

1. En yüksek velosite = 100 cm/sn'nin üzerinde,
2. Diastolde kan akımı yokluğu,
3. Spektral genişleme,
4. En yüksek renal arter velositesinin aortdakinin 3.5 misli olması,
5. Hızlanma indeksinin renal arter stenozunun distalinde belirgin azalması.

Tam tıkanma varsa akım izlenemez. Renal arter ve venler renkli akım görüntülemesinde dekubitus pozisyonunda ve 3.5 MHz'lik transdüserlerle incelenir.

Böbrek naklinde renkli Dopler görüntüleme tüm tanı seçeneklerinin önüne geçmiş-

tir. İlk saatler içinde yapılacak bir tetkik ile kortikal ekojenite değişiklikleri, renal sinüs ve peritransplant kolleksiyonlar, intrarenal damarsal dağılım, parankimdeki perfüzyon defektleri, renal arter tıkanması ve/veya renal ven trombozu değerlendirilir. Rejeksiyon tanısında da renkli akım görüntüleme tercih edilen metoddur. Rejeksiyonun iki formu vardır: Vasküler ve intertisyel. Vasküler formda (% 60) vasküler lümen inflamasyon depozisyonuna bağlı artmış vasküler rezistans izlenir. İntertisyel rejeksiyonda ise damar lümeni korunduğundan Dopler dalga formları anormal izlenmez. Akut vasküler rejeksiyonda diastolik akım azalması ve tersine dönüş izlenerek akut tübüler nekrozdan ayırım yapılabilir. (2, 9)

Pelvis: Özellikle intrauterin gelişme geriliği ve Ektopik Gebelik Dopler ultrason ile tanınmaktadır. Diğer pelvik endikasyonları da şunlardır:

1. Over torsiyonu tanısı,
2. Gonadal veya parauterin venlerde tromboz ve pelvik arteriovenöz malformasyonlar,
3. Uterus tümörleri damarlanması,
4. Plasental akımının değerlendirilmesi,
5. Göbek kordonu değerlendirilmesi,
6. Fetal kardiak malformasyonlar,
7. Galen veni anevrizmaları,
8. Diafragmatik herni,
8. Ventral duvar defektlerinin saptanması,
9. Orta serebral arterde intrauterin gelişme geriliği tanısı için diastolik akım artımının izlenmesi,
10. Hemolitik hastalıklarda ve transfüzyon gereksiniminde aneminin derecesini tayin,
11. In utero ölüm.

Umbilikal arterde tersine diastolik akım ve/veya yokluğu inutero ölüm göstergesidir ve bebeğin kısa zamanda doğurtulması gerekir. Çünkü bu bulgular 12-24 saat içinde öleceğini göstermektedir. Çünkü Dopler değişiklikleri kalp değişikliklerinden çok önce

gelişmektedir. Fetal kalp ve solunum değişiklikleri de hemen akım velositelere etki etmektedir. (1, 5, 23)

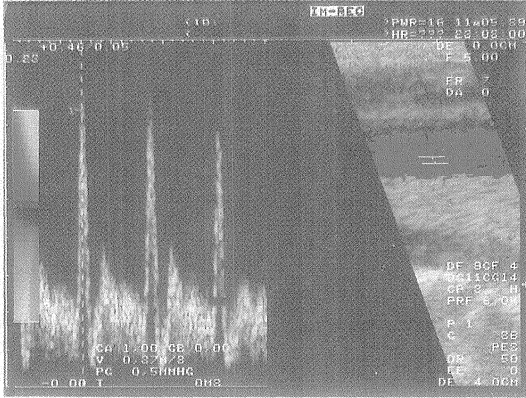
Transvajinal ultrason ile ektopik gebelik tanısı yadsınamaz; ancak renkli Dopler görüntüleme daha da büyük katkılar getirmiştir. Dopler tetkikte her iki over corpus luteal akım yönünden incelenmektedir. Bu akım düşük velosite ve impedans gösterir. Luteal akım yokluğunda gebelik ektoptiktir.

Ovarian torsiyon, aşırı foliküler genişleme veya intraovarian bir kitle nedeniyle oluşmaktadır. Testiküler veya ovarian torsiyonda etkilenen bezde akım yokluğu izlenir. Yine belirginleşmiş parauterin venler, hidrosalpinkssten renkli akım görüntüleme ile kolayca ayırtd edilir. Genelde tümörün periferinde sistolik velosite en yüksek değerlerin de üzerindedir.

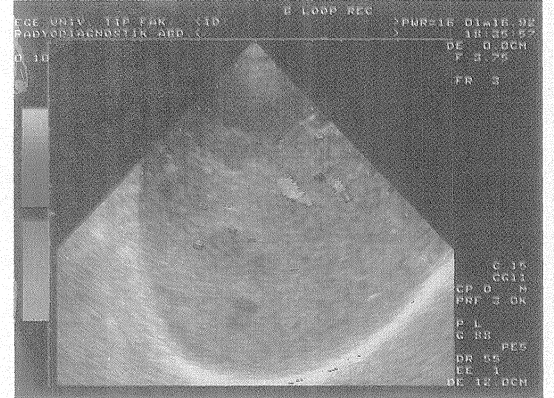
Diğer alanlar: Testiste özellikle varikösel, torsiyon ve tümöral lezyonlarda rutin olarak kullanılan renkli Dopler görüntüleme, tiroide artmış vaskülariteyi belirlemede yararlı olmaktadır. Empotans tanısında da renkli akım görüntülemeyden yararlanılmaktadır. Ereksiyon nörovasküler bir fenomen olup arteryel dilatasyon, venöz konstüksiyon ve sinuzoidal relaksasyonla sonuçlanmaktadır. Vaskülojenik empotans tanısında papaverin enjeksiyonu sonrası penisin derin arterlerinin genişlememesi, velositenin artmaması tanı koydurucudur. (16,17,21,24)

Renkli akım görüntüleme biopsi rehberliğinde de çok yararlı olmaktadır. Biopsilerin hipovasküler sahadan alımı sağlanarak biopsi sonrası kanama riski azaltılmaktadır. Yine tümörlerde nekroz sahaları dışına iğnenin yöneltilebilmesi mümkün olmakta, ayrıca iğne veya kateterin hareketi de gözlenebilmektedir. (10)

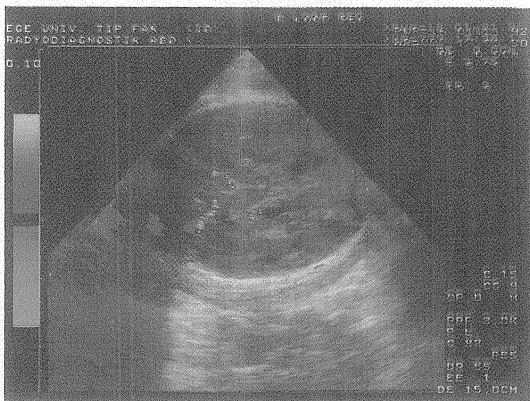
Resim: Renkli Akım Görüntülemede çeşitli uygulama alanları:



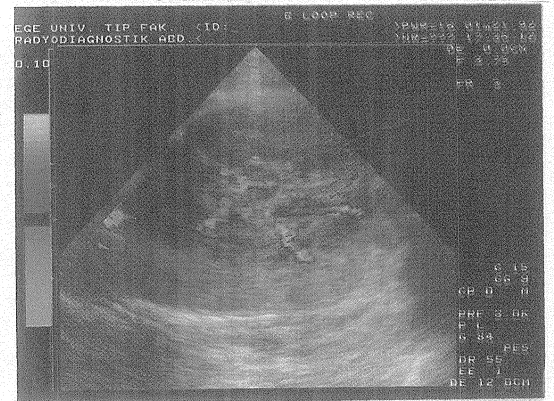
a) Normal karotis



b) Multipl hepatom saptanan karaciğer



c) Fetal baş



d) Fetal gövde.

KAYNAKLAR

1. Agincourt L. Doppler opens new paths into fetal evaluation. *Diagnostic Imaging*. 1988; 111 – 9.
2. Berland R, Koslin B, Routh W, Keller F. Renal artery stenosis / Prospective evaluation of diagnosis with color duplex Us compared with angiography. *Radiology* 1990; 174: 421 – 3.
3. Bluth E, Shun P, Sullivan M, Merritt C. Doppler color flow imaging of carotid artery dissection. *JUM* 1989; 8: 149 – 54.
4. Ericksson S, Melvissen M, Foley D, et al. Stenosis of the internal carotid artery: Assessment using Color Doppler Imaging compared with angiography. *AJR* 1989; 152: 1299 – 305.
5. Fleischer A, Zaleski W, Keeple D. Abdominal and pelvic applications of Color Doppler Sonography. *Medical Review* 1989; 30: 37 – 41.
6. Foley D, Middleton W, Lawson T, Ericksson S, Quiroz F, McRander S. Color Doppler Ultrasound Imaging of lower extremity venous disease. *AJR* 1989; 152: 371 – 6.
7. Grant EG, Perrella R, Tessler F, Lois J, Busutti R. Budd–Chiari Syndrom: The results of Duplex and Color Doppler Imaging. *AJR* 1989; 152: 371 – 81.
8. Hallam M, Reid J, Cooperberg GB. Color Flow Doppler and conventional duplex scanning of the carotid bifurcation. *AJR* 1989; 152: 1101 – 5.
9. Hubsch H, Mostbeck G, Barton P, et al. Evaluation of arteriovenous fistulas and pseudoaneurysms in renal allografts following percutaneous needle biopsy: Color Coded Sonography versus Duplex Doppler Sonography. *JUM* 1990; 9: 95–100.
10. Kurohiji T, Sigel B, Justin J, Machi J. Motion marking in Color Doppler Ultrasound needle and catheter visualization. *JUM* 1990; 243–4.
11. Madrazo B. Expanded diagnostic capabilities with Color Flow Doppler. *Ultrasound Quarterly* 1988; 6: 331–50.
12. Merritt C. *Conventional and Color Flow Duplex Ultrasound*. 1989 Spring Educational Meeting Syllabus, Bethesda 1989.
13. Merritt C. Doppler Color Flow Imaging. *JCU* 1987; 15 : 591–8.
14. Middleton W, Erickson S, Melson L. Perivascular color artifact: Pathologic significance and appearance on Color Doppler Us images. *Radiology* 1989; 171: 647–52.
15. Middleton W, Picus D, Marx HU, Melson G. Color Doppler Sonography of hemodialysis vascular access. *AJR* 1989; 152: 633–9.
16. Middleton W, Thorne D, Melson L. Color Doppler Ultrasound of the normal testes. *AJR* 1989; 152: 293–7.
17. Middleton W, Melson L. Testicular ischemia: Color Doppler sonographic findings. *AJR* 1989; 152: 1237–9.
18. Mitchell D. Neonatal brain: Color Doppler Imaging. *Radiology* 1988; 167: 303–10.
19. Mitchell D, Merton D, Mirsky P, Needlewuan L. Circle of Willis in newborns: Color Doppler Imaging of 53 healthyfull term infants. *Radiology* 1989; 172: 201–5.
20. Polak J, Dobkin G, O’Leary D, Wang A, Witley S. Internal carotid artery stenosis. *Radiology* 1989; 173: 793–8.
21. Quam J, King B, James M, et al. Duplex and Color Doppler sonographic evaluation of vasculogenic impotence. *AJR* 1989; 1141–7.
22. Ralls P, Meyakawa D, Lee K, Johnson MB, Halls J. The use of Color Doppler Sonography to distinguish dilated intrahepatic ducts from vascular structures. *AJR* 1989; 152: 291–2.
23. Salmasi AM, Nicolaidis AN. *Cardiovascular applications of Doppler Ultrasound*. New York: Churchill Livingstone: 1989.
24. Schwartz A, Wang K, Hack L, Berger R, Feldman M. Evaluation of normal erectile function with Color Flow Doppler Sonography. *AJR* 1989; 153: 1155–60.
25. Scoutt L, Zawin M, Taylor K. Doppler US: Clinical applications. *Radiology* 1990; 174: 309–19.
26. Souquett R. *Color Doppler Us*. Echorevue 8.Paris, 1989.
27. Taylor K, Holland S. Doppler Us: Basic principles. *Radiology* 1990; 174: 297–307.
28. Tessler F, Dion J, Vinuela F, et al. Cranial arteriovenous malformations in neonates: Color Doppler Imaging with angiographic correlation. *AJR* 1989; 153: 1027–30.
29. Wong W, Tsurada J, Liberman R, Chirino A, Vogt J, Gangitano E. Color Doppler Imaging of intracranial vessels in the neonate. *AJR* 1989; 152:1065–70.