

YENİ GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİNE (YGY) KARŞILAŞTIRMALI BİR BAKIŞ

Soniz EVREN (1)

Son onbeş yılda, görüntüleme yöntemleri hızlı teknik gelişimler göstermiş ve ülkemiz tıbbına yeni tanı boyutları kazandırmıştır. Ancak bu gelişmeler beraberinde kavram, terminoloji, teknoloji ve uygulama-sonuç karmaşası da getirmiştir. Ardarda rutine giren Ultrasonografi (USG) ve "Bilgisayarlı Tomografi" (BT) yöntemlerinin uygulama alanları ve sonuçları, kimlerce, ne tür bir eğitim sonrası, kimlere uygulanabileceği tartışmaları hâlâ sürerken Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) gündeme ve pratiğe girmiştir.

Ben, bu yöntemlerin görüntü ve teknikteki önemli farklılıklarına rağmen, özünde aynı temel bilgilere dayalı olduğuna inanıyorum. Radyologların görüntü bilimci olarak, gerekli eğitim sonrası bu alanların gerçek sorumlusu ve yetkili uzmanları olduğu görüşündeyim. Ne var ki ilgili diğer uzmanlık dalları, gerek uygun indikasyon saptaması, gerekse doğru-yanlış sonuç ayırımı açısından bu alanlarda bilgilerini geliştirme durumundadırlar. Yine ülkemiz insanları da artık sağlık sorunlarına çok duyarlı yaklaşmakta, kendi bedenleri ve gelecekları ile ilgili kararlarda biraz olsun söz sahibi olmak istemektedirler.

Bu gerçeklerden hareketle, her üç yöntemi teknik, görüntü, tanı ve ekonomik boyutları ile karşılaştırarak ulaşılan faydalı sonuçları sunmak istiyorum. Bu yazının radyolog, uzman hekim ve hasta arasında basit temel bilgilere dayalı köprü oluşturmasını diliyorum.

TEKNİK

Tablo I'de YGY'nin temel teknik farklılıkları gösterilmektedir. USG; piezoelektrik kristallerin elektrik sinyalleriyle titreşimleri sonucu üretilen, frekansları 20.000 Hz üzerinde olan ultrases dalgalarının, doku sınır yüzeylerinde farklı yankılanma prensibine dayalı olarak görüntü sağlamaktadır (4). Statik veya "Real Time" fonksiyonel çalışma yapılabilen, A-B veya M mode kullanılmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojisi ve gri skalaya ilave renkli görüntülerle yöntem geliştirilmiştir. Tanı aleti; TV monitörü, alfabetik ve işlem tablosu, bilgisayar, kayıt ünite ve "transduser" çıkışı olan hareketli konsol; ve kristalleri içeren, ultrases verici ve yankıları algılayıcı olarak işlev gören "probe" gibi parçalar içermekte ve oldukça küçük alan kapsamaktadır. Ultrasonun zararlı etkisi olmadığından hiçbir koruyucu önlem gerekmez.

Günümüzde geçerli BT teknolojisinde, 360 derece dönen röntgen tübünden elde edilen yelpaze ışın demeti; hastayı geçip, tüple senkron hareketli detektörlere ulaşmakta, farklı dokuların, farklı atenuasyon özellikleri olması nedeniyle alınan farklı değerler bilgisayarlar yardımıyla önce digitalize edilmekte, daha sonra görüntüye dönüştürülmektedir (1,4). Elde edilen axial koronal kesitler üzerinde çok sayıda bilgisayar işlemi ve yeni görüntüler sağlamak olasıdır. Sistem başlıca, konsol, gantry, sentral prosesing ünite, X ışını tübü ve mekanik kontrol üniteleri, trafo ve yüksek voltaj jeneratörü multiformat kamera gibi aletleri içermektedir. Sistem için geniş alan gerekmektedir. Yanı sıra X ışını zararlı etkilerinden çevreyi korumak için kurşun pencere, kapı vb. önlemler alınmalıdır.

MRG görüntülemesinde çekirdekteki magnetik vektörler öncelikle kuvvetli (0,2 - 1,5-2 Tesla) magnetik alan içinde dizilmekte daha sonra Radiofrekans dalgaları ile eksite edilip alınan sinyaller bilgisayarlarda görüntüye dönüştürülmektedir. Sistem, yüksek magnetik alanı sağlayan magnet, eksitasyon için Radiofrekans bobinleri, gradient bobinler, yüzeyel bobinler, konsol, bilgisayar ünitesi gibi bölümleri içermektedir. Günümüzde parmanent, resistiv ve süper iletken magnet tipleri kullanılmaktadır. Yüksek magnetik alanın çevreye kararlı etkileri olmaması ve alanın çevre şartlarından etkilenip verimliliğinin azalması için kuruluşunda kısmen geniş alanlar ve özel önlemler gerektirmektedir.

GÖRÜNTÜLEME

Ultrasonografi ve MRG'de axial, koronal, sagita ve oblik, BT'de beyin axial ve koronal, beden axial kesit görüntüleri elde edilmektedir. BT ve MRG'de çekim yapıldıktan sonra hafızadaki bilgilerle çeşitli şekilde görüntü rekonstruksiyonu ve bilgisayar işlemi yapılabilmektedir. Ultrasonografide realtime teknikle, kalp atışı ve peristaltizm benzeri hareketleri ve fonksiyonları gözleyebilmek olasıdır. BT ve MRG'de ise doku ve kontrast rezolüsyon çok yüksektir. Her üç muayene yöntemiyle bazı doku ve yapıların incelenebilirliği Tablo II'de karşılaştırılmaktadır. Tabloda görüldüğü gibi, ultrasonografide incelenen yapıların kistik-solid farklılaşması, kalsifikasyon; BT'de kemik, kalsifikasyon metal yapılar yanı sıra akut kanama, yağ ve gaz; MRG'de ise özellikle yumuşak dokular subakut kronik hematoma çok iyi gösterilmektedir. Şüphesiz bu üç yöntemin kendine özgü terminolojisi gelişmiştir. (Tablo III), ultrasonografide ekojenite, BT'de dansite, MRG'de intensite temel alınmakta, hiper-izo-hipo derecelendirmesiyle birlikte kullanılmaktadır. USG ve BT ke-

mik, yumuşak doku, sıvı, yağ ve gazların oldukça sabit görüntü modelleri tanımlaması olduğu halde, MRG'da kullanılan tekniğe göre aynı yapının farklı görüntülenmesi yapılabilmektedir. MRG'de subakut ve kronik hematoma ve yağ tüm tekniklerde hiperintens görülmekte, diğer yapılar T1 ve T2 ağırlıklı çalışmalarda farklı şekilde gösterilmektedir. Örneğin, SSS, T1 ağırlık tekniğinde hipointens iken T2 ağırlıklı tekniğe, hiperintens görülmektedir. Yine damar içindeki kan, akış hızına ve tekniğe bağlı olarak hipointens veya hiperintens görülebilmektedir (2,3,4). Sonuç olarak değerlendirmede başarı sağlayabilmek için bu üç yöntemin de kendine özgü niteliklerini iyi bilmek; anatomik-patolojik kesit bilgi kadar görüntü tekniği ve detayları ile ilgili bilgi ve deneyim sahibi olmak gerekmektedir.

İNDİKASYON

YGY hekime tanı kolaylığı yanısıra bir dizi soruyu da birlikte sunmaktadır. Klinisyen hastasına bir tetkik isterken, tercihini türlü süzgeçlerden geçirme durumundadır. Sorun, doğru tanıya ulaşabilmek için en kısa, en emin ve en ucuz yolu bulmaktır. Ne yazık ki bu yolun basit bir reçetesi olmadığı gibi hastaya ait, çevreye ait, uygulayan hekim ve ekiplere ait değişkenler sorunu daha da içinden çıkılmaz hale getirebilmektedir. Ultrasonografi belki en kolay ucuz ve zararsız yöntem olarak hemen öncelik alabilmekte, ne var ki beyin, medulla, akciğer, kemik, vertebra ve disklerde yetersizliği de bilinmektedir. BT, vakaların büyük çoğunluğunda mükemmel rezolüsyonla kesin tanı olanağı sunmakta, ancak X ışını zararlı etkileri nedeniyle obstetrikte ve sık kontrol gerektiren vakalarda uygulanamamakta, posterior fossa ve medullada yetersiz kalmaktadır. MRG yumuşak doku, posterior fossa, spinal kord ve beyaz cevher lezyonlarında çok yüksek tanı olanakları sunmakta, ancak metal, kalsifikasyon ve hareketli, gazlı yapılarda başarılı olamamaktadır. Bunları dikkate alarak Tablo 4'de belli başlı organların hangi sırada YGY ile incelenebileceği gösterilmektedir. Şüphesiz bu tablodaki sıralamalar ancak basit temel genelleme olup hastaya ve aranılan hastalığa, incelenen anatomik bölgeye göre değişebilmektedir. Aynı kaba genelleme içinde, normal kiloda ve zayıf hastalarda batin-pelvis incelemeleri ve özellikle obstetrik incelemelerde ultrasonografi; Beyin, toraks, iskelet sistemi taramalarında, acil vakalarda, travmatolojide, şişman hastalarda batin-pelvis incelemelerinde BT; Posterior fossa, spinal kord beyaz cevher lezyon araştırmasında, kalp duvarı lezyonlarında, kongenital kalp hastalıklarında, kontrol vakalarda NMR öncelikle önerilebilir.

DOĞRU TANI

YGY'de ulaşılan doğru tanı oranları, uygulayan ekiplere, teknik sistem ve alete, hasta gruplarına göre değişmektedir. Tablo 5'de genel klinik uygulamada 5000 va-

kada ulaşılan sensitivite ve spesifite oranları YGY'de karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir (2); Tablo 6'da maling tm'de BT ve MRG sensitivite karşılaştırılmaktadır (2). Tablo 7'de bazı hastalarda MRG ve BT sensitivite oranları gösterilmektedir (2).

BİYOLOJİK ETKİLER

USG: Diagnostik ultrasonografide 10 dakika ile sınırlı muayene süresi içinde hiçbir zararlı biyolojik etki bilinmemektedir (3). Ancak yöntemin biyolojik etkileri halen araştırılmaktadır.

BT: X ışını özellikle fetus, lens, kan, deri hücreleri üzerinde zararlı olup sterilite mutasyon ve kanserojen etkileri bilinmektedir. Ne var ki BT hastaya verilen radyasyon konvansiyonel radyoloji ile karşılaştırılabilecek degerdedir (1,4). Örneğin, BBT'de alınan hasta dozu, direkt kraniografilerden daha fazla, ancak kontrastlı gastro-intestinal tetkiklere veya anjiyografiye oranla çok daha azdır.

MRG: Hasta üzerinde direkt zararlı etkisi bilinmemektedir. Ancak metalik klipsler, pace-maker ve metalik cerrahi parçalar üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir (1,2,3,4). Magnet'in güçlü magnetik alan homojenitesi çevresindeki metalik, özellikle hareketli metalik nesnelere (asansör, araba vb.) etkilenebilmekte, aynı şekilde çevredeki metaller ve elektronik gereçler üzerinde de zararlı etkisi olabilmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi biyolojik etkileri olmaması nedeniyle; USG ve MRG çocuklarda, hamilelerde, sık kontrol hastalarında rahatlıkla uygulanabilmekte; BT indikasyonu ise X ışını zararlı etkileri dikkate alınarak konulmaktadır.

EKONOMİK KARŞILAŞTIRMA

Yeni görüntüleme yöntemlerinden maliyeti ve bakımı en kolay ve en ucuz olan ultrasonografidir. Günümüzde çeşitli firmaların piyasaya sunduğu çeşitli tipteki USG aletlerinin fiyatları 50-400 milyon TL arasında değişmektedir. Aletin kurulması özel çalışma gerektirmemekte ve zaman almamaktadır. Bakımı diğerlerine oranla daha kolay ve az masraflıdır. Halen BT pahalı, MRG ise çok pahalı teknoloji olarak bilinmektedir. Her iki sistemin de kurulması ve bakımı özel eğitimli teknik ekipler gerektirmekte, operasyon giderleri yüksek bulunmaktadır. Steinberg ve arkadaşlarının, karşılaştırmalı BT ve MRG ekonomik değerlendirmelerinden bazıları Tablo 8 ve 9'da gösterilmektedir (2). Tablolarda görüldüğü gibi, iki sisteminde skan başına maliyeti oldukça yüksek olup bu yöntemlerin uygulanması hastaya ve ekonomiye belirli oranda yük getirmektedir. Bunun için tetkik uygun indikasyonlarla uzman ekiplerce yapılmalı ve yanlış tanıların ve tekrarların getireceği ilave ekonomik yük azaltılmalıdır.

SONUÇ

YGY bazı temel özellikleri en basit şekilde derlenmiştir. Şüphesiz her üç yöntemin de kendine özgü üstünlükleri vardır. Her biri uygun uygulama alanı bulduğundan

diğerine üstünlük sağlayabilmektedir. USG, BT ve MRG karşılaştırmalı olarak bakıldığında hiçbirinin diğerine tümüyle üstün olmadığı ancak uygun zamanlama, sıralama ile yapıldığında hepsinin de hasta ve hekime çok gerekli olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo I. Y.G.Y. Temel Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması

TANI ARACI	USG ULTRASES	BT X	İŞİNİ	MRG NÜKLEAR REZONANS
TANIMLAMA	Frekansları 20.000 HZ üzerinde ses dalgaları	Maddeleri farklı penetre eden, görünmeyen elektromagnetik dalgalar		Çekirdekdeki devinimin güçlü magnetik alan içinde eksitasyonla signal oluşturması
ÜRETİLME	Piezoelektrik kristallerinin elektrik sinyallerle değişik frekanslarda titreşimleri sonucu	R ngen vakum tüpü içinde filamandan üretilen elektronların hızla targete çarptırılması sonucu		H Protonlarının çok güçlü magnetik alan içinde, RF dalgaları ile eksite edilip signal oluşturması
GÖRÜNTÜLEME PRENSİBİ	Dokuların farklı iletim karakteristikleri nedeniyle doku sınır yüzeyleri arasında farklı yankılanma	X ışınının farklı dokularda farklı geçirgenlik ve atenuasyon özellikleri oluşu		Dokuların su içeriklerinin farklılığına bağlı olarak farklı sinyal oluşturması
İMAJ	A-B- M Mode, statik "Real-Time" sagittal transvers koronal oblik kesitler	Aksial-koronal kesitler		Aksial koronal sagittal, oblik kesitler

Tablo II. Madde ve Dokulardaki Yapısal Farklılaşmanın Y.G.Y. ile Gösterilebilirliği

	USG	BT	MRG
Metal	++	++++	—
Kemik	+	++++	++
Kalsifikasyon	+++	+++++	+
Y.Doku	++	+++	++++
Kistik-solidfar	++++	++++	+++
Kan-hematom	++	++++	+++
Oxy ve Dezoxy hemoglobin (Akut)		++++	++ (Yüksek alan)
Methemoglobin (Subakut-kronik)		++	++++
Yağ	++	++++	+++
Gaz	+	++++	++
Açıklama	—	Negativ	
	+	Bazen ayırddilebilir- şüpheli	
	+	Az oranda ayırddilebilir	
	++	Ayırddilebilir	
	+++	İyi ayırddilebilir	
	++++	Çok iyi ayırddilebilir	

Tablo III. Y.G.Y.'nin Gri Skala Özellikleri ve Terminoloji

USG	: Anekoik	: Sıvılar ve homojen yapılar	
	Hipoekoik	: Lenf dokusu vb kısmen homojen dokular	
	Ekojenik	: Solid yapılar	
	Hiperekoik	: Yağ dokusu - hemoraji	
BT	: + 1000 HU	: Kemik	
		Kalsifikasyon	Hiperdens
	+ 100	: Karaciğer	
		Kas	
	+ 40	: Böbrekler	
	0	: Su-SSS	
	- 100	: Yağ	
			Hipodens
	- 1000	: Hava	
MRG	: Hiperintens	: Fazla signal	
	Hipointens	: Az signal	
	Sabit gri skela yok Tekniğe göre çeşitlemeler		
	Kemik	: Hipointens SSS	T1 ağırlıklı hipointens
	Yağ	: Hiperintens	T2 ağırlıklı hiperintens

Tablo IV. Organ ve Sistemlerin Y.G.Y. ile İncelenebilirliği

	USG	BT	MRG	TETKİK SIRALAMA
BEYİN	1 yaş öncesi ve kr.def.	+++	++++	BT-MRG
MEDULLA	+ (cerrahi kemik def. olduğunda)	++	++++	MRG
AKCİĞER	Lezyon göğüs duvarına dayalı olduğunda	++++	++	BT
MEDIASTİNUM	+	++++	+++	BT, MRG
KALP	Ekokardiografi + B Mode	+++	++++	USG, BT, MRG
	++++			
KARACİĞER	++++	++++	+++	USG, BT-MRG
DALAK	+++	++++	++	USG, BT
PANKREAS	+++	++++	++	USG, BT
S.SİSTEMİ	+++	++++	++	USG, BT
BÖBREKLER	+++	++++	+++	USG, BT, MRG
MESANE	+++	++++	++++	USG, BT, MRG
OBSTETRİK	++++	—	++	USG, MRG
JİNEKOLOJİK	+++	+++	+++	USG, RT, MRG
İSKELET SİS	—	++++	+++	BT, MRG
Y.DOKULAR	++	+++	++++	USG, BT, MRG
MENİSKÜS	++	+++	++++	BT, MRG
MEME	+++	+—	++	USG
ENDOKRİN				
SİSTEMİ	+++	++++	++++	USG, BT, MRG
GI YOLLAR	++	+++	+	USG, BT
DİSK	+	++++	++++	BT, MRG

Tablo V. Genel Klinik Uygulamada (Toplam 500 Vaka) MRG'nin BT ve UGS ile Sensitivite ve Spesifite Karşılaştırması

	Sensitivite	Spesifite
MRG	0.87	0.95
BT	0.72	0.90
MRG	0.83	0.79
USG	0.82	0.68

X MERK A. LUTHE, HARVEY V.FİNEBERG

Tablo VI. Bazı Hastalıklarda MRG ve BT Sensitivite Karşılaştırması

Hastalık İsmi	BT	NMR
Menenjit	0.67	0.72
MSS Jenerasyonu	0.51	0.88
MS	0.28	0.92
Akut Serebrovaskular Hast.	0.70	0.91
Disk	0.88	0.92
Disk Jenerasyonu	0.96	0.75
Chiari Malformasyonu	0.63	1.00
Konj. Kalp Hast.	0.87	0.87
Böbrek Kisti	0.97	0.90
Traum ve İntrakranial Kanama	0.77	0.98

Tablo IX. MRG Görüntüleme Maliyet Değerleri

Kapital	Resisitiv (0.15 T)	Parmanent (0.3 T)	Süper İletken (0.5 T)	Süper İletken (1.5 T)
Ana Alet	800.000	1.5 m	1.5 m	2 m
İlaveler	150-510.000	75-250.000	350.000-1.3 m	600.000-1.3 m.
Yıllık İşletme Giderleri				
Cryogens/Elektrik	20.000	8200	20-40.000	30-50.000
Bakım	40-60.000	40-75.000	119.000	140.000
Her Kesit Maliyeti				
1 Şift (1500 Kesit/Yıl) Çalışma	327	439	555	677
1 Şift (3000 Kesit/Yıl) Çalışma	197	253	311	372

+ Tablodaki değerler dolar üzerinden verilmiştir. m (milyon)

Tablo VII. Malign Tümörlerde MRG ve BT Sensitivite Karşılaştırması

Malign Tümör Yerleşimi	BT	NMR
Orofarinks	0.97	1.00
Over Uterus	0.82	0.85
Mesane	0.68	0.71
Böbrek	1.00	0.98
Beyin	0.88	0.97
Serebellum	0.79	0.94
Böbreküstü Bezi	0.98	0.96
Hipofiz	0.88	0.92
Lenf Bezi	0.90	0.90
Karaciğer	0.89	0.85

Tablo VIII. Yüksek Kaliteli BT Sistemi Maliyet Değerleri

KAPİTAL	DOLAR
ANA SİSTEM	900.000
İlaveler	100.000-200.000
İŞLETME GİDERLERİ	
Elektrik	20.000
Balun Kontratı	80.000-94.000
HER SKAN MALİYETİ	
4000 sken/yıl	177.5 - 192,25
5000 sken/yıl	158.6 - 170

KAYNAKLAR

- 1- Lee, SH, Rao, K. *Cranial Computed Tomography and MRI* 2 ed. Newyork: Mc Graw - Hill Book Co., 1987
- 2- Partain, CL, Price RR, Patton, JA, Kulkami, MV, James, AE *Magnetic Resonance Imaging* 2 ed Vol I Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1988
- 3- Pomeranz, SJ. *Craniospinal Magnetic Resonance Imaging* Philadelphia: WB Saunders Co., 1989
- 4- Sandler, MP, Patton, JA, Shaff, MI, Powers, TA, Partain, CL. *Correlative Imaging Nuclear Medicine, Magnetic Resonance, Computed Tomography, Ultrasound*. Baltimore: Williams Wilkings, 1989.
- 5- Stewart HD, Stewart RM, Garry J: Complication of reported biological effects data and ultrasound exposure levels. *Clin Ultrasound* 13:167, 1985.