

Nükleer Tıp

Enes Başak

Bu kitabı tıp eğitimine katkıda bulunmak amacıyla bütün meslektaşlarıma armağan ediyorum.

Dualarınızda bulunmak dileğiyle...

Ceren'ime sevgilerimle...

Dr. Enes Başak

Hakkımda:

Adım Enes Başak. Konya Meram tıp fakültesi son sınıfta okuyorum. Tıp fakültesinde altı yıl boyunca aldığımız dersleri bir web sitesinde toplamak gibi bir düşüncem vardı her zaman. Tıpçı arkadaşlarıma, kardeşlerime bir nebze faydam olsun niyetiyle bu web sitesi fikrimi tamamlamak için çalışmaya başladım. Şuan için dönem 5'deki stajların notlarını yüklemek ile meşgulüm. Son güncellemelerle bu tıp sitemizde; dönem 4 notları, dönem 5'ten bazı notlar, muayene videoları, TUS soruları ve bazı tıp programları bulunmakta. İnşallah zamanla tüm notları yükleyeceğiz ve hemen her branşta arkadaşlarımıza faydalı olacak bu siteyi tamamlayabileceğiz. Facebook'ta bu sitemizin tanıtımını yapmak amacıyla açtığımız sayfaya; <http://facebook.com/tipnotlari> adlı link ile ulaşabilirsiniz. Sayfamızın tanıtımını yaparak, arkadaşlarınıza tavsiye ederek, öneri ve eleştiriler ileterek katkıda bulunmanız sizlerden almak istediğim en büyük yardım olur.

Yaklaşık 5 yıldır şiir ve öykü yazıyorum, "Sızıntı" ve "Lokman Hekim" gibi dergilerde yazılarımı yayınlamaktayım. Yayınlanmış "Hasretin Kadar" isimli bir şiir kitabım var olup, bu kitabıma idefix.com, kitapdunyasi.com gibi sitelerden bakabilirsiniz. Şahsi web sitem ise; www.enesbasak.wordpress.com olup bana buradan ulaşabilirsiniz.

Aynı zamanda, uluslararası literatür dergisi olan "Journal of Pediatric Neurology" adlı dergide editörlük yapmaktayım; <http://childscience.org/html/jpn/editor.html> adlı link ile bu dergiye ulaşabilirsiniz. Bunların dışında; "Medikal Akademi" isimli bir tıp şirketinde köşe yazarlığı yapmaktayım; <http://www.medikalakademi.com.tr/uyeler/drenes>. Köşe yazarlığı yapmakta olduğum bir diğer yer ise "Haberci Medya" isimli bir haber sitesi olup; <http://habercimedya.com> adlı link ile bu siteye ulaşabilirsiniz.

Teşekkürlerimle,

Enes Başak, MD

Assistant Editor
Journal of Pediatric Neurology

Necmettin Erbakan University,

Meram Medical Faculty

Departments of Pediatrics

4208 Konya, Türkiye

E-mail: enesbasak42@hotmail.com

<http://www.childscience.org>

<http://www.iospress.nl>

1 - Nükleer Tıp Giriş Dersi	6
2 - Radyofarmasi	8
3 - Endokrin Sistem	11
4 - İskelet Sistemi	13
5 - Nükleer Tıpta Enfeksiyon Görüntüleme	17
6 - Radyasyonun Biyolojik Etkileri	19
7 - Radyasyondan Korunma	21
8 - Kemik Sintigrafisi	22
9 - Nükleer Kardiyoloji	27
10 - Santral Sinir Sistemi Görüntülemesi	28
11 - Üriner Sistem	30
12 - GİS Nükleer Tıp Uygulamaları	33
- Linkler	36
- Enes Başak'tan bir şiir...	37

Önsöz:

Değerli arkadaşlar;

Tıp eğitimi gerçekten uzun ve zorlu bir süreç. Bu süreci en iyi şekilde tamamlayarak mesleğimizi icra etmek hepimizin tek temennisi ve gayesi olmakla birlikte, iyi çalışma ortamlarına sahip olmak bunları gerçekleştirmek adına en önemli faktörlerden biridir. Birçoğumuz not yükünün fazlalığından ve pratik eğitimin yeterli olmadığından şikâyetçi oluruz. Belki de bunlar halledilebilirse bizler eğitimlerimizi daha rahat tamamlayabilecek ve daha iyi hekimler olarak yetişebileceğiz. Önemli olan ise bu amaçlarımıza cevap veren, en yüksek faydaları sunan bir ortama sahip olmaktır.

Bu gaye ile 8-9 ay kadar önce çalışmalarına başladım. Sahip olduğum notları web ortamına koyarak insanların ulaşmasını sağlamaya çalıştım. Ancak notları slayt halinde koymaktan öte bütün notları tek tek word formatına çevirerek yükledim. Bazen 1 not için 3-4 saatimi verdiğim de oldu ancak her zaman amacım notları word halinde sunarak daha rahat okunabilmesini ve faydalanılabilmesini sağlamak oldu. Bu şekilde bir çalışmayla bütün ders notlarını yüklemek için uğraşlar verdim.

Pratik eğitimini desteklemek amacıyla da sistemik muayene videolarını youtube kanalıyla herkese sundum. Ayrıca önümüzdeki yıl okul hocalarımızla birlikte EKG, MR, BT, USG ve bazı sistemlere yaklaşımlarla ilgili eğitim videoları da hazırlayacağız. Şuan için ders notlarını yüklemeye devam ederek ve tabi yeni yeni projeler de hazırlayarak tıp eğitimine desteğimi sürdüreceğim. Bu projelerden bahsedecek olursak; internet imkânı her zaman bulunmayan kişiler için ders notlarımızın pdf kitaplarını hazırladım. Ayrıca e-book ve cep telefonları için program (jar, sis, android gibi) olarak da sunmak gibi bir gayem var.

Amacım; zamanla yeni faaliyetlerde de bulunarak bu sistemi devam ettirmek ve tıp eğitimine kendi şahsımca yapabileceğim en iyi katkıyı yapmak. Şuan tıp notları olarak google aramalarında 1. sırada olmak ve birçok meslektaşımın teşekkür mesajları almak beni fazlasıyla mutlu eden ve bu çalışmalarına devam etmeme elbette ki yeterli olan şeylerdir. İnşallah bu devam edecek ve koca tıp deryasına bir damla da ben sunabileceğim.

Teşekkürlerimle,

Enes Başak

1 - Nükleer Tıp Giriş Dersi

Nükleer Tıp, hastalıkları teşhis etmeye ve bazı hastalıkları tedavi etmeye yarayan bir uzmanlık dalıdır. Nükleer tıp, cerrahi ile ya da daha pahalı ve girişimsel tanısal testlerle yapılabilecek işlemlerin daha kolay yapılmasına imkân sağlar. Bazı hastalık süreçlerinin erken safhada tanınmasını sağlar. Tanısal nükleer tıp işlemleri, hastalığın nedenini, yapısını ve seyrini gösterir. Hastalığın progresyon ya da regresyonunu monitörize etmeye ya da tedaviye cevabını izlemeye yarar. Tanısal nükleer tıp çalışmaları anatomi ve/veya fonksiyon ya da fizyoloji ve metabolizmayı gösterir. Nükleer tıp çalışmalarının en önemli özelliği fonksiyon, fizyoloji ve metabolizmayı göstermesidir.

Neden nükleer tıp: Düşük düzeydeki bir radyoaktif maddeye (radyoizotop) bir kimyasal (farmasötik) bağlanır. Bu kombinasyona radyofarmasötik denir. Farklı organları görüntülemek için çok çeşitli radyofarmasötikler vardır.

Görüntüleme: İn vivo işlemlerin çoğunda hastaya kısa yarı ömürlü radyonüklid verilir. Gama kamera ya da diğer cihazlarda görüntüleme işlemi yapılır. Radyoaktif maddenin hasta vücuduna verilmesi. Nükleer tıp görüntüleri planar ya da tomografik görüntülerdir. Planar görüntüler gerçek zamanlı (statik ya da dinamik) görüntülerdir ve radyofarmasötik dağılımını tek düzlemde gösterir. Görüntüleme cihazları (ör; gama kamera), görüntüyü işlemeye yarayan bilgisayarlara bağlıdır. Radyofarmasötik, hedeflenen organ ya da dokuda tutulduktan sonra alınan görüntülere statik görüntüler denir. Çoğu işlemde bu sürece birkaç saat içerisinde ulaşılır. Bazı işlemlerde ise statik görüntü almak için bir gün ya da hafta geçmesi gerekir. Radyofarmasötiğin belli bir zaman dilimi içerisinde dağılımını gözlemek için alınan seri görüntülere dinamik görüntü denir. Radyofarmasötiğin tutulum hızının ölçülmesi, organ fonksiyonunu yansıtır. Ör; kalbin atımı, mide içeriğinin boşalması, akciğerlerin ventilasyonu. Objeden farklı düzlemlerden alınan görüntülerin bilgisayarda rekonstrükte edilmesiyle tomografik görüntüler elde edilir. Radyasyon detektörünün hastanın çevresinde 360 derece dönmesiyle veri elde edilir. Rekonstrükte görüntüler, vücudun ya da organın dilimlenmiş görüntüleridir.

Nükleer tıpta iki tomografik işlem vardır: 1-Single photon emission computed tomography (SPECT). SPECT’de kamera (radyasyon dedektörü), hastanın çevresinde 360° döner ve veri toplar. 2-Pozitron emission tomography (PET). Hastaya pozitron yayan radyonüklidler verilir. Radyasyon dedektörleri hastanın etrafında bulunan bir halkada yerleşmiştir ve 511 keV yayan anihilasyon fotonlarını dedekte eder. Bunlara örnek tiroid uptake çalışmasıdır. Bir zaman dilimi sonrasında tiroiddeki aktivitenin, aynı miktardaki standart ile karşılaştırılmasıdır. Aktivite, basit bir tiroid uptake probu ile karşılaştırılabilir. Tiroidden gelen sayımlar, standarttan gelenler ile mukayese edilir. Buna dayanarak yüzde olarak tiroid uptake’i hesap edilir. Bu cihaz ile diğer radyoaktif maddelerin de vücutta tutulum oranları hesaplanabilir.

Nükleer tıp ölçüm cihazları:

Doz kalibratörü: Radyoaktif maddeden yayılan gama ışınını ölçmeye yarayan kuyu tipi iyonizasyon odacıdır. Hastaya verilecek olan doz, doz kalibratöründe ölçülür.

Gama kamera: Radyofarmasötik hastaya verildikten sonra yayılan gama ışınlarının bir cihaz tarafından ölçülmesi gerekir. Gama ışınlarını tespit etmeye yarayan cihazlara “gama kamera” denir. Gama kameralar kolimatör, dedektör kristali, fotoçoğaltıcı tüpler, pozisyon ayarlayan elektronik mekanizma ve veri analiz bilgisayarından oluşur.

Alan ölçer: Geiger Müller (GM) dedektörü, nükleer tıp bölümlerinde en sık kullanılan kontaminasyon ölçen cihazlardır. Çok düşük düzeydeki radyoaktiviteyi ölçen gaz dolu dedektörlerdir. GM dedektörleri farklı radyasyon tiplerini ayırt edemez. Ancak radyasyon varlığını mutlaka gösterir.

Personel monitöriizasyonu: Radyasyon ile çalışan personelin aldığı dozun ölçülmesi işlemdir. Şu amaçla da kullanılır; bireyin ya da bölümün çalışma aktivitesindeki değişiklikler, radyasyon güvenlik programının ALARA (as low as reasonably achievable) prensiplerine göre etkinliğinin değerlendirilmesi, genellikle termoluminesan dozimetre (TLD) ya da yüzük dozimetre kullanılır.

Nükleer tıp işlemleri:

Radyoaktif maddenin alınması: Radyoaktif maddeler günlük, haftalık ya da farklı periyotlarla nükleer tıp bölümüne gelir. Nükleer tıp teknisyeni ya da kimyacı günlük olarak radyofarmasötiği hazırlar ve kalite kontrolünü yapar.

Doz ölçümü: Hastaya verilmeden önce doz kalibratöründe ölçüm yapılır.

Dozun uygulanması: Radyofarmasötik enjeksiyon, inhalasyon ya da oral yolla verilir. Radyofarmasötiğin farmasötik kısmı görüntülenmek istenen organ ya da dokuya tutunmayı sağlar. Radyoaktif kısım ise gama kamera tarafından dedekte edilmeyi sağlar.

Hastanın görüntülenmesi: Gama kamera, vücut içerisinde ne olduğunu hekimin tespit etmesini sağlar. Hasta sırt üstü yatar ya da oturur. Hastadan yayılan radyasyon dedekte edilir. Yapısal bozukluklardan ziyade metabolik bozukluklar tespit edilir.

Görüntünün değerlendirilmesi: Nükleer tıp uzmanı görüntüyü değerlendirir. Nükleer tıp teknisyenleri görüntü oluşması için çalışır.

2 - Radyofarmasi

Tanım: Hastalıkların teşhis ve tedavisinde kullanılan radyonüklid ve bileşiklerine radyofarmasötik denir. Radyofarmasötiklerin yapımı, kontrolü ve uygulanması ile uğraşan bilim dalına da radyofarmasi adı verilir. Nükleer tıp uygulamalarında kullanılan radyofarmasötiklerin %95'i tanı amacına yöneliktir. Radyofarmasötikler, genellikle radyoaktif ve farmasötik olmak üzere iki komponentten oluşan tıbbi ürünlerdir. Tanı amacıyla kullanılan miktarlar eser düzeydedir. Bu nedenle herhangi bir farmakolojik etki oluşturmaları beklenmez.

İdeal radyofarmasötik özellikleri: **1.Kolay elde edilebilirlik.** **2.Uygun fiziksel ve efektif yarı ömür:** Herhangi bir radyonüklidin başlangıçtaki aktivitesinin yarıya inmesi için geçen süre fiziksel yarı ömür olarak tanımlanır ve TP veya T1/2 şeklinde sembolize edilir. Radyofarmasötik uygulandıktan sonra biyolojik sistemden fekal, üriner, respirasyon veya diğer mekanizmalar yoluyla temizlenir. Buna biyolojik bozunma denir. Sembölü ise TB şeklindedir. Fiziksel bozunma ile ve biyolojik eliminasyon ile kaybedilen aktivitenin net efektif oranı, $TE = TP - TB / TP - TB$. **3.Radyasyon tipi ve enerjisi:** Tanı için kullanılan radyonüklidlerde tek bir gama ışını ve 100-300 keV arasında enerji istenir. **4.Yüksek "hedef/hedef dışı" aktivite oranı:** Hedef organdaki yapısal değişiklikleri detaylı olarak belirleyebilmek için, radyofarmasötik istenilen organda istenilen süre lokalize olabilmelidir. **5.Metabolik uygunluk:** Radyofarmasötik, araştırılması istenilen organ veya sistemin incelenmesini engelleyecek nitelikte in vivo metabolizasyona uğramamalıdır. Bunun yanı sıra bazı testlerde radyofarmasötüğün, araştırılacak organ ya da sistemin metabolizmasına girmesi istenir. **6.Stabilite:** Radyofarmasötik, amaçlanan çalışma için gerek in vitro ve gerekse in vivo kararlılığını korumalıdır. **7.Farmasötik özellikler:** Farmasötik özellikler başlığı altında özetlenebilecek olan sterilite, apirojenite ve toksik olmama, yan etkisi bulunmama gibi özellikler de radyofarmasötik seçiminde vazgeçilemeyecek niteliklerdir.

Radyofarmasötiklerin hazırlanması: İstenilen nitelikte radyofarmasötüğün hazırlanabilmesi için ilk etap radyonüklidin üretilmesidir. Radyonüklid üretim yöntemleri daha önce jeneratörler kullanılır. Jeneratör sistemlerinde temel prensip, fiziksel veya kimyasal bir yöntemle, daha uzun yarıömürlü ana radyonüklidden (Mother veya Parent) daha kısa yarıömürlü ürün (Kız veya daughter) radyonüklid elde etmektir. Mo-99/Tc-99m jeneratörü, bugün bütün nükleer tıp merkezlerinde en çok kullanılan jeneratördür. Radyofarmasötiklerin hazırlanmasındaki ikinci etap ise hazır haldeki kimyasal substansı veya çeşitli yöntemler ile hazırlanan bileşiği veya biyolojik bir materyali radyonüklid ile işaretlemektir. İşaretleme yöntemleri, radyonüklidin kimyasal özelliklerine ve işaretlenecek maddenin yapısına bağlıdır.

İşaretleme yöntemleri: **Exchange reaksiyonları (radyonüklidin yer değiştirmesi):** halojen ihtiva eden bileşiklerde kararlı izotop, radyoaktif olan ile yer değiştirir. Bu işlemi hızlandırmak için uygun bir katalizör kullanılır. **Moleküle yabancı bir radyonüklid kullanarak işaretleme:** bu yöntemde radyonüklid moleküle kimyasal yol ile bağlanır. radyonüklid, moleküle kovalent veya koordine kovalent bağ yaparak birleşir. **Bifonksiyonel ajanlarla işaretleme:** EDTA, DTPA gibi bifonksiyonel şelatla birleştirildikten sonra uygun bir radyonüklid ile işaretlenir. **Biyosentez ve kimyasal sentez:** biyosentez yönteminde, mikroorganizma içeren kültür ortamına radyonüklid konularak ürün içerisinde metabolize olması sağlanır.

Kalite kontrolü: **Doz kontrolü:** herbir hasta için hazırlanan doz öncelikle kontrol edilmelidir. Doz miktarı, doz kalibratörü adı verilen aygıtta ölçülür. **Radyonüklid saflık:** radyofarmasötikte bulunması istenen radyonüklid aktivitesinin, radyofarmasötikteki bütün radyoaktiviteye oranıdır. **Kimyasal saflık:** bu tür saflık radyofarmasötüğün içerisinde bulunması istenen kimyasal formların dışındaki kimyasalların bulunması veya oluşması ile ilişkilidir. **Radyokimyasal saflık:** kimyasal komponent ile işaretli radyoaktivitenin, radyofarmasötik içindeki total radyoaktiviteye oranıdır. Yani kimyasal komponent ile radyoaktif komponentin bağlanma yüzdesidir. Bu kriter, günlük uygulamada en çok dikkat edilmesi gereken ve kontrol edilen kriterdir. Radyokimyasal saflık, kromatografi yöntemi ile kontrol edilir. Kromatografik materyal olarak ince tabaka kromatografisi (TLC) veya kağıt kromatografisi (PC) kullanılır. Genel olarak radyofarmasötiklerin bağlanma verimi % 95'in altına düşmemelidir. **Stabilite (kararlılık). Sterilite. Pirojenite.**

Radyofarmasötiklerin lokalizasyon mekanizmaları:

1.Dilüsyon: Tek bir kompartman içerisinde radyofarmasötiğin dilüe olarak dağılımı esasına dayanır. Örnek: Tc-99m RBC ile yapılan karaciğer kan havuzu çalışmaları.

2.Difüzyon (Pasif transport): Bazı radyofarmasötikler pasif taşınım, yani basit difüzyon ile birkaç kompartmana geçebilirler. Örnek: Tc-99m perteknetat veya Tc-99m DTPA ile yapılan beyin sintigrafileri.

3.Aktif transport: Bir maddenin konsantrasyon gradiyentine karşı enerji harcanarak herhangi bir vücut kompartmanında lokalize olması mekanizmasına aktif transport denir. Örnek: Tl-201 'in kalp ve vücut kaslarında birikmesi, Tc-99m DMSA'nın böbrek tübüllerinde akümüle olması, Tc-99m perteknetatin tiroid ve gastrik mukozada tutulması.

4.Metabolik yola giriş: Bazı radyofarmasötikler aktif transport mekanizması ile dokularda akümüle olduktan sonra, o doku veya organın metabolizmasına girerler. Örnek: I-131, I-123 gibi iyotun radyoaktif izotopları aktif transport ile tiroid dokusu tarafından tutulduktan sonra bu organın metabolizmasına girerek hormon sentezine katılması.

5.Fagositoz: Retiküloendotelyal sistem hücreleri fagositoz yeteneğine sahiptir. Örnek: Tc-99m colloid partikülleri RES hücreleri tarafından fagosite edilmeleri.

6.Sekestrasyon: Dalak, anormal eritrositleri tanıyarak yok etme özelliğine sahip bir organdır. Örnek: Isı ile harabedilmiş ve Tc-99m ile işaretlenmiş eritrositlerin dalakta tutulmaları.

7.Kapiller blokaj: Çapları 10-50 mikron gibi büyük olan radyoaktif partiküller İ.V. olarak uygulandığı zaman geçemedikleri kapillerlerde tutunurlar. Örnek: Tc-99m MAA ile yapılan akciğer perfüzyon sintigrafisi.

Radyofarmasötiklerin in vitro davranış mekanizmaları genel ve klasik olarak yukarıda sıralanan başlıklar altında incelenmekte ise de bugün bu tanımlar yetersiz kalmaktadır. Çünkü her yeni gün yeni radyofarmasötikler geliştirilerek kullanım alanına girmektedir. Dolayısıyla yeni lokalizasyon mekanizmaları açıklamak gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Özellikle pozitron görüntüleme yöntemindeki gelişmeler ve monoklonal antikorların hem görüntüleme ve hem de tedavi amaçları için kullanımı böyle bir gereksinimi daha da kuvvetlendirmektedir.

Nükleer tıp'ta çok kullanılan bazı önemli radyofarmasötikler:

Nükleer tıpta en çok kullanılan radyonüklidler I-131 ve Tc-99m'dir. İşaretli bileşiklerin % 80'ini Tc-99m işaretli olanlar, % 15'ini ise I-131 ve diğer radyonüklidlerle işaretli olan bileşikler oluşturur. Bugün için Tc-99m ile işaretlenebilecek bileşikler steril, apirojen ve kullanıma hazır halde kit şekline getirilmişlerdir. Bu kitleri kullanarak Tc-99m işaretli bileşikler oluşturmak son derece kolay ve emniyetlidir

Teknesyum-99m-Perteknetat: Yarıömrü 6 saat, enerjisi 140 keV olan tek bir gama ışınına sahip, steril-apirojen-carrier free olarak Mo-99/Tc-99m jeneratöründen elde edilebilen, ucuz, birçok farmasötik ile kararlı bileşik oluşturabilen, görüntüleme için ideal bir radyonükliddir. Teknesyum-99m perteknetat insana oral veya İ.V. yolla verilebilir. Enjeksiyondan hemen sonra % 70-80 oranında proteine bağlanır. Mide, Tc-99m perteknetat'ı klor anyonu gibi algılar. Asit üreten parietal hücreler tarafından perteknetat asit şeklinde mide içeriğine sekrete edilir. Tükürük bezleri Tc-99m perteknetat'ı akümüle eden bir diğer sistemdir. Tiroid ise Tc-99mO₄'ü, iyotta olduğu gibi kandan hızla alır. Bu işlem, tiroidin asinar hücrelerinin yüzeyinde gerçekleşir ve bir konsantrasyon gradiyentine karşı, yani aktif transport şeklindedir. 20'inci dakikadan sonra yüksek bir tiroid/kan oranı oluşur. Ancak perteknetat anyonu tiroidde daha fazla bir işleme uğramaz ve tekrar kana döner. Beyinde ventriküllerin iç yüzeyinde bulunan ve serebrospinal sıvıyı salgılayan Choroid Plexus da perteknetatı akümüle eder, fakat serebrospinal sıvıya salgılamaz. Böbrekler, perteknetat iyonunu

glomerular filtrasyon yoluyla ekskrete ederler. Bu ekskresyon böbreğe gelen miktar ile orantılıdır ve bir kısmı da tübüler reabsorbsiyona uğrar.

İyot: I-123: yarı ömrü 13 saat, tek gama enerjisi ise 159 keV'dir. Görüntüleme için ideal özelliklere sahiptir. Fakat siklotrondan elde edildiği için çok pahalı ve yarı ömrü kısa olduğu için taşınma zorluğu vardır. **I-125:** 60 gün yarı ömrü ve 27-35 keV'lik gama enerjisi vardır. İn vivo değil in vitro olarak kullanılır. **I-131:** yarı ömrü 8 gündür. Gama enerjisi 364 keV'tir. Ancak bu radyonüklidin beta (-) ışını vardır ve bu nedenle in vivo görüntüleme için kötü bir radyofarmasötiktir. Bununla birlikte kolay temini ve ucuzluğu yanısıra yarıömrünün 8 gün olması nedeniyle tiroid uptake çalışmaları, uzun süre gerektiren metabolik ve immünolojik (I-131 MIBG, I-131-AntiCEA antikor vs) görüntüleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Beta radyasyonu, yarıömrü ve biyolojik özellikleri nedeniyle hipertiroidi ve tiroid kanseri olgularında sodyum tuzu şeklinde, nöroblastoma ve malign feokromastoma olgularında I-131 MIBG şeklinde, radyoimmünoterapi gereksinimlerinde ise ilgili monoklonal antikor ile bağlı şekilde uygulanmaktadır.

Galyum: Nükleer tıp uygulamalarında Ga-67 sitrat ve Ga-68 EDTA formları kullanılır. **Ga-68:** çok kısa yarıömürlü ve pozitron yayan bir radyonükliddir. PET kameraları için uygundur. **Ga-67:** ise yarıömrü 3.24 gün olan ve gama ışını enerjileri 184, 93, 296 keV olarak bilinen bir radyofarmasötiktir. Tümör-apse belirleyici bir ajan olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ga-67 sitrat, İ.V. olarak enjeksiyonundan sonra %30'u plazmada, öncelikle transferrin olmak üzere proteinlere bağlanır. Geri kalan kısım hemen hücre dışı kompartmana diffüze olur ve böbrekler tarafından yavaş bir hızla atılır. 24.'üncü saatte dozun % 15'i böbreklerden atılmış, %10'u ise kanda dolaşır haldedir.

Talyum-201: 73 saat yarıömrü ve 69-83 keV enerjileri arasında gama ışını olan orta derecede pahalı bir radyonükliddir. Clorür bileşiği şeklinde kullanılır. Talyum iyonu potasyum analogu olan bir maddedir ve vücut içerisinde potasyum gibi davranarak hücre içerisinde lokalize olur. İ.V. enjeksiyonundan sonra kısa bir süre içerisinde (T1/2 = 4 dakika) vasküler kompartmanı terkeder. Organlardaki akümüasyonu kan akımı ve bu organlardaki Na-K pompası kullanan doku kütlesi ile orantılıdır. Enjeksiyon sonrası 15-20 dakika içerisinde, enjekte edilen dozun % 4'ü myokard'da, % 12 'si karaciğerde, % 4' ü böbreklerde akümüle olur. Beyinde ise tutulmaz. Geri kalan kısım vücut kaslarında dağılır.

İndium: Nükleer tıpta kullanılan radyoaktif formları In-113m ve In-111'dir. **In-113:** elde edilmesi çok kolaydır. Çünkü, ana radyonüklidi Sn-113 olan jeneratör şekline getirilmiştir. Ancak In-113m'in 99.4 dakikalık çok kısa yarıömrü ve 392 keV enerjideki gama ışını nedeniyle görüntüleme açısından ideal bir radyonüklid değildir. **In-111:** ise siklotronda, zenginleştirilmiş gümüş ve kadmium'un bombardımanı ile üretilir. Yarıömrü 2.81 gündür. 173 ve 247 keV'lik iki gama ışını vardır. In-111 Clorür formu şeklinde İ.V. olarak enjekte edilirse eritropoetik kemik iliğinde yerleşir. In-111 DTPA ise BOS dolaşımı çalışmalarında kullanılmaktadır. In-111'in çok kullanıldığı diğer uygulamalar ise radyoimmünosintigrafi çalışmalarıdır.

Radyofarmasötiklerde yeni yönelimler: Nükleer tıp'ta bugün kullanılan bileşiklerden daha duyarlı ve spesifik bir yaklaşım getiren yeni radyofarmasötiklerin geliştirilmesine çalışılmaktadır. Radyoaktif biyolojik ürünler ve sentetik ajanlarla deneyler devam etmektedir. Ancak hormon, enzim ve ilaçların direkt olarak nitelikleri görüntüleme için iyi olan radyonüklidlerle bağlanmalarında problemler bulunmaktadır. **İyot radyoizotopları** ile işaretli amfetamin türevleri kullanarak beyin perfüzyon ve fonksiyonunun incelenmesi; **In-111, I-123 ve Tc-99m** ile monoklonal antikorların işaretlenmesi yoluyla kanser ve bazı organların spesifik hastalıklarının görüntülenmesi; **In-111 ve Tc-99m** işaretli porfirin türevlerinden yararlanarak kanser lokalizasyonu; **F-18** işaretli glukoz türevleri yardımı ile beyin ve kalbin bölgesel metabolizmasının incelenmesi gibi çalışmalar halen uygulanmaktadır. Öte yandan organik maddelerdeki kararlı izotoplarla yer değiştirmek suretiyle stable bir işaretleme olanağı veren bir çok pozitron yayıcı radyonüklid (C-11, N-13, O-15 gibi) in vivo biyokimyayı görüntüleme olanağı sağlamaktadır. Özetlemek gerekirse, radyofarmasötik araştırmaları fonksiyon, metabolizma, biyokimyasal düzeyde görüntü elde etmek ve spesifik olayları spesifik olarak görüntülemeyi hedeflemektedir. Ayrıca daha etkin tedavi olanağı sağlayacak, istediğimiz hedefe selektif olarak gidebilen ve sadece alfa radyasyonu yayabilen, uygun yarıömürlü radyonüklidlerin oluşturulmasına çalışılmaktadır.

3 - Endokrin Sistem

Tiroid:

Tiroid hastalıklarının sınıflandırılması: 1. Guatr: diffüz, nodüler, multinodüler, ektopik tiroid dokusu (intratorasik, dil tabanında). 2. Tiroid fonksiyonu: ötiroid, hipotiroid, hipertiroid. Grade 0: palpe edilemiyor. Grade I: palpe ediliyor, ancak görülmüyor. Grade II: palpabl ve baş normal pozisyonda iken görülüyor. Grade III: uzaktan görülüyor.

Tiroid hastalıklarında in vivo tanı yöntemleri: Ultrason: nodül (soliter, kistik). İnce iğne aspirasyon biyopsisi (İİAB). Tiroid sintigrafisi: ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ perteknetat. ^{131}I : nodül (hipoaktif, hiperaktif, normoaktif).

Tiroid hastalıklarında in vitro tanı yöntemleri: Total ve serbest tiroksin (TT_4 , fT_4) total ve serbest triiyodotironin (TT_3 , fT_3). Anti-mikrozomal antikor (AMA): hashimoto ve graves'de artar. Anti-tiroglobulin antikor (ATA): otoimmün tiroiditte artar. TSH, tiroglobulin (Tg).

Endikasyonlar: Tiroid bezinin fonksiyonunu değerlendirmek, ektopik tiroid dokusunun araştırmak, yenidoğandaki TSH yüksekliklerini araştırmak (atireotik, ektopik tiroid, enzim defektleri), retrosternal kitleleri incelemek (% 10'u substernal tiroid), anterior boyun kitlelerini incelemek (ektopik tiroid ya da tiroid dışı kitle).

Radyofarmasötik: En sık kullanılan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetat. 10 mCi i.v. enjekte edilir, 20 dk sonra görüntü alınır. I-131, I-123 de kullanılabilir.

Endemik nontoksik guatr: İyot yetmezliğine bağlı hormon üretim bozukluğundan dolayı tiroidin büyümesi. Genellikle < 20 yaş. US: bez büyümüş, nodül olabilir. fT_4 , fT_4 , TSH normal. > 1 cm soliter, soğuk nodül. İİAB yapılıdır. Tedavi: L-tiroksin (+iyot).

Graves hastalığı: Graves hastalığı = diffüz toksik guatr. TSH benzeri fonksiyon gösteren otoantikorlar vardır. Fazla miktarda tiroid hormonu üretimi vardır. Diffüz büyüme ve artmış uptake vardır. Spontan remisyon olabilir.

Graves Hastalığında Tutulum:

Nodül: Tiroid nodüllerinde K/E oranı 2/1. Palpasyonda % 5-7 saptanır. US, tiroidektomi örneklerinin histolojik incelemesi ve dikkatli otopsi incelemelerinde % 50 saptanır. Sıcak nodülde malignite sifıra yakın, soğuk nodülde % 15'dir.

Toksik MNG / Soliter toksik nodül: Toksik MNG spontan olarak düzelmez. Sintigrafide hiperaktif nodüller ve azalmış tutulum gösteren alanlar izlenir. Soliter toksik nodül'de (Plummer hastalığı), hiperaktif tek nodül izlenir.

Hashimoto tiroiditi: Serum antimikrozomal antikorlarda artış vardır. Erken dönemde hipertiroidi, sintigrafide artmış tutulum, daha sonra ise hipotiroidi görülür.

Subakut tiroidit: Viral enfeksiyonlara bağlıdır, ağrılıdır (kulaklara yayılan). Dolaşıma yüksek miktarda tiroid hormonu geçer. Klinik ve TFT Graves hastalığını andırır. ESR genellikle yüksektir. Birkaç hafta sonra ötiroid durum, % 10 hastada kalıcı hipotiroidi gelişir. Sintigrafide aktivite tutulumu izlenmez.

Paratiroid sintigrafisi:

Hiperfonksiyone paratiroid dokusunu lokalizasyon çalışmalarının nedeni: hiperparatiroidinin kesin tedavisi cerrahidir. Paratiroid bezinin çok değişik anatomik varyantları vardır. Paratiroid cerrahisi zaman alıcıdır ve cerrahın tecrübesi çok önemlidir. En iyi cerrahide bile % 5 başarısızlık ve rekürrens vardır.

Hiperparatiroidi: Primer HPT, sekonder HPT, tersiyer HPT.

Sintigrafi: ^{201}Tl - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ çıkarma sintigrafisi. ^{201}Tl tiroid ve paratiroidde tutulur. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ yalnızca tiroidde tutulur. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI sintigrafisi.

Preoperatif lokalizasyon çalışması yapılmadığında, tecrübeli bir endokrin cerrahının yaptığı operasyonda, primer paratiroidinin kür oranı % 90-96. Başarısızlık sebepleri; 1/3 multiglandüler hastalık, 1/3 ektopik yerleşim, 1/3 cerrahın tecrübesizliği. **Preoperatif lokalizasyonun dezavantajları:** maliyet artışı, cerrahi yanılta hatalı pozitif sonuçlar, hiperplazik bezleri göstermedeki başarısızlık, preoperatif lokalizasyon olmadan yüksek cerrahi başarı oranı. **Preoperatif lokalizasyonun avantajları:** operasyon süresi ve morbiditede azalma. Cerrahi planına katkı; ektopik bezlerde torakotomi veya median sternotomi gerekebilir. Cerrahi başarısında artış ve tekrarlayıcı cerrahi gereksiniminde azalma.

Adrenal korteks:

^{131}I -norkolesterol (NP-59). **Cushing sendromu:** primer ya da ektopik ACTH yapımı sonucu bilateral hiperplazi. **Cushing adenomu:** tümör fazla miktarda kortizol üretir, ACTH baskılanır, normal adrenalde radyoaktivite baskılanır. **Adrenogenital sendrom:** bilateral adrenal hiperplazi. **Adrenal kortikal karsinom:** uptake yok.

Adrenal medulla:

^{131}I -MIBG: I-131 MIBG tutulumu gösteren tümörler; feokromasitoma, nöroblastom, paragangliom, karsinoid, tiroid medüller karsinomu, pankreatik islet hücre tümörleri.

Somatostatin reseptör görüntüleme - In-111 oktreotid: feokromasitoma, karsinoid, pitüiter tümörler, pankreas tümörleri, akciğer küçük hücreli karsinom, iskelet hücre tümörleri, tiroid medüller karsinomu.

4 - İskelet Sistemi

Kemik sintigrafisi, kemik metabolizma anomalilerini gösteren fizyolojik markerdir. Metabolik aktiviteyi belirlemede oldukça duyarlı ve etkili metoddur. Sintigrafi genellikle radyolojik çalışmalarla birlikte yapılır. Enfeksiyon, travma, konjenital, metabolik ve malign hadiseleri içeren iskelet anomalilerini saptamada radyolojik çalışmalara göre daha yüksek sensitiviteye fakat daha düşük rezolüsyona sahiptir. Sintigrafi enfeksiyon ve metabolik hastalığın erken döneminde veya kortikal bütünlüğü bozmayan travma durumlarında radyografilerden daha önce göstererek, klinik değerlendirmelere zaman kazandırır. Ayrıca tüm iskeleti tarayarak hastalığın yaygınlığının değerlendirilmesine izin verir.

Sintigrafide kullanılan ajanlar ve uptake mekanizması: 1950'li yıllarda ilk defa Strontium (89Str) daha sonra Flour-18, 1970'li yılların başından itibaren 99mTc işaretli polifosfatlar kullanılmaya başlandı. Günümüzde rutin olarak MDP (metilendifosfanat) ve HMDP (hidroksi metilendifosfanat) kullanılmaktadır. Kemik yapısı kollajen fibrin ağları arasında ve içinde mikroskobik kalsiyum-fosfat kristallerinden oluşmuştur. Kollajen fibrin ağları içerisindeki hidroksiapatit kristali (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂) elektrostatik olarak kalsiyum ve fosfat iyonlarını akümüle eder. 99mTc-MDP işaretli kemik ajanları aktif hidroksiapatit kompleksindeki bu iyonlarla yer değiştirir. İmmatür kemikler her gram hidroksiapatit başına daha geniş kristal yüzeyine sahip olduğundan, matür kemiğe oranla sintigrafide daha intense radyoaktivite tutulumu gösterir.

Kemik görüntülemesinde uptake: Kemik kan akımına (minör faktör). Osteoblastik aktiviteye (dominant faktör) bağlıdır. Radyoaktif madde enjeksiyonunu takiben 60. dakikada maksimal kemik uptake'ı oluşur. Bu zamanda önemli miktarda yumuşak doku uptake'ı mevcuttur kemik/yumuşak doku tutulum oranı maksimuma 6-12 saatlerde ulaşır. Bu saatler görüntülemeye en iyi zaman olmakla beraber, RA madde de kay olduğundan sayım hızı yavaşlar. Bu yüzden normal hastalarda optimal görüntüleme zamanı 2.-3. saatlerdir.

Görüntüleme metodu: Kemik sintigrafisinde yaklaşık 20 mCi 99mTc-MDP IV olarak verilir (yetişkin dozu) en azından 2 bardak su içirilir, mümkünse 1.5- 2 litreye kadar içebilir. Görüntüleme öncesi mesane aktivitesini azaltmak için idrar boşaltılır ve tüm metal objeler çıkartılır.

Dinamik ve kan havuzu ile geç statik görüntüleme: Enfeksiyon şüphesi, kemik ağrısı, travma. Bu durumlarda enjeksiyon esnasında 1sn/frame/1 dak dinamik takiben 500.000 sayımlık kan havuzu (blood pool) ekstremler sıvı görüntülemesi yapılır. Enjeksiyonu takiben 2.-3. saatlerde geç statik /delay) görüntüleri alınır. Üç görüntüleme birden yapılırsa 2 fazlı kinetik ve statik, sadece 3. saat geç görüntüleme yapılırsa statik, ayrıca 24. saat ilave görüntü alınır 3 fazlı kemik sintigrafisi adı verilir. Diyaliz uygulanan hastalarda, enjeksiyon diyaliz öncesi, görüntüleme diyaliz sonrası yapılır. Geç statik görüntüleme anterior ve posterior tüm vücut veya baş, göğüs kafesi, diz bölgesi anteriordan, torakal, lumbal ile pelvis bölgesi posteriordan spot görüntü alınır. Ayrıca temporamandibular eklem, kalça eklemi ve vertebraların SPECT görüntüleri alınabilir. Kemik sintigrafisi direkt olarak patolojik procesi göstermez. Fakat patolojik procesin kemik metabolizması üzerindeki etkilerini gösterir.

Normal tüm vücut kemik sintigrafisi: Normal kemik sintigrafisi simetriktir. Çocuklarda kostakondral eklem bölgelerinde, büyüme plaklarında özellikle femur ve humerus başlarında simetrik olarak artmış RA tutulumları izlenir.

Spesifik hastalıklarda kemik sintigrafisi:

Tümörler: Çoğu benign ve malign tümörler artmış 99mTc-MDP tutulumu gösterir. Çok seyrek olarak, yavaş veya hızlı büyüyen tümörler (tümöre osteoblastik cevabın azalması) normal veya azalmış aktivite tutulumu gösterebilir. Genellikle tüm tümörler artmış RA (hot) tutulumu gösterir. Kemik sintigrafisi ile benign-malign tümör, primer-sekonder tümör ayrımı kesin olarak yapılamaz. **Benign tümörler:** benign tümörlere en iyi örnek osteoid osteomadır. Genç yetişkinlerde sıklıkla proksimal tibia ve femur boynunda lokalize olan ağrılı soliter bir lezyondur. Radyolojide görülmeyebilir. Sintigrafide karakteristik olarak intense RA tutulumu izlenir. Nonossifiye fibroma, osteokondroma, enkondroma ve hemanjioma gibi diğer benign lezyonlarda

hafif artmış RA tutulumu izlenir. **Malign tümörler:** osteosarkomlar: intense artmış RA tutulumu (artmış yeni kemik yapımı). Nöroblastoma: artmış veya azalmış (hot veya cold) tutulum. Ewing tümörü: genellikle artmış RA tutulumu. Metastatik kemik tümörleri, primer kemik tümörlerine oranla oldukça sık görülürler. Metastatik tümörlerin % 80'den fazlası sırasıyla meme, prostat, AC, tiroid ve böbrek tümörlerinden orijin alırlar. Metastazlar sıklıkla kırmızı ilikte lokalize olur. En sık vertebra, kostalar, pelvis, uzun kemiklerin proksimali, sternum ve kalvaryumda (azalan sırayla) oluşur. Çoğu kemik metastazı artmış immatür kemik yapımına bağlı olarak sintigrafide artmış tutulum gösterir. Seyrek olarak osteoblastik cevabın azaldığı, osteoklast-aktive edici faktör salgılayan lösemi, lenfoma ve myeloma gibi tümörler sintigrafide izlenmeyebilir veya azalmış RA tutulumu şeklinde görülebilirler. İleri derecede vasküler veya bazı böbrek, AC ve tiroid orijinli anaplastik tümörler hafif reaktif kemik yapımına sahip olduklarından sintigrafide görülmeyebilirler. Multiple odak, travma veya artiküler pattern'den ziyade metastatik hadiseyi düşündürür. Tek lezyon etiyojisi her zaman soru işaretidir? Genellikle primer tümörü bilinen hastalarda bir veya iki lezyon mevcutsa radyolojik korelasyon yapılmalıdır. Radyolojide lezyon benign (kırık ve osteoartrit v.b) ise değerlendirme durdurulur. Benign lezyonlar genellikle 12-24 ay içinde sintigrafik olarak resolve olur (aktivitesi azalır). Kostalar ve servikal vertebra gibi travmaya açık bölgelerdeki yeni lezyonların malignensi şansı düşüktür (%10'dan düşük). Primer ve sekonder malign kemik tümörleri tümörün cinsine, tedavi öncesi ve sonrası cevabın takibine göre 6 ay veya 2 yıl aralıklarla kemik sintigrafisi ile izlenirler. Ayrıca malign mezenkimal tümörler. Yumuşak doku ve lenf nodu metastazlarının saptanması amacıyla kemik sintigrafisi yanında ⁶⁷Ga, ²⁰¹Tl, ^{99m}Tc-MIBI ve ¹³¹I ile tüm vücut tümör tarama sintigrafileri de yapılmaktadır

Travma: Kırıklarda ilk tercih radyolojidir. Radyolojik anatominin kompleks olduğu bölgelerde ve osteopöretik hastalardaki ayrılmamış kırıklarda x-ray veya CT ile teşhis güç olabilir. Yaralanmayı takiben 24. saatte sintigrafi pozitif hale gelir. Yaşlı hastalardaki kalça kırıklarında 72 saate kadar uzayabilir. Radyolojide anatominin kompleks olduğu bölgeler, patella (normal varyasyon mu?), tarsal sesamoid, pars interartikularis, karpal navikular bone, hamatum, sakrum, sakroiliak eklemler ve tarsal kemikler. Spor yaralanmaları özellikle stres veya fatigue kırıklarında. Pars fraktürleri (dans, jimnastik, bale) L5 seviyesinde bunlarda SPECT, planar imajlara göre daha üstündür. Delayed union veya nonunion fraktürlerin değerlendirilmesi. Osteonekroz; kemik dokusunun iskemik ölümüdür. İdiopatik veya sekonder (travma, infiltratif durumlar, steroid tedavisi, alkolizm, hemoglobinopati ve lupus) olabilir. En sık femur başında, distal femoral kondillerde ve humerus başında görülür. Pinhole kolimatör veya SPECT kemik sintigrafisinde. Erken dönemde femur başında azalmış RA tutulumu (osteosit viabilite kaybı). Reparative fazda artmış RA tutulumu (kapiller proliferasyon, osteoblastik differensiyasyon, sentez ve yeni kemiğin düzenlenmesi). Osteokondritis dissekans; genellikle femoral kondil. Periostal yaralanma (çocuk dövülmesi). Myositis ossifikans; posttravmatik anmoli intense RAT'u. Mezenkimal proliferasyon (kas dokusu); metaplazi, ossifikasyon ve hematoma formasyonu. Osteoartrit; hafif artmış RA tutulumu izlenir.

Enfeksiyon: Kemik ve yumuşak doku enfeksiyonunu ayırmak için 3 fazlı kemik sintigrafisi yapılmalıdır. Artmış kan akımı ve kan havuzu çalışmaları hiperemiyi, hiperemi de inflamatuvar hadiseyi işaret eder.

Kan Akımı Kan Havuzu Geç Statik (3. ve 24. saat)

	Kan Akımı	Kan Havuzu	Geç Statik (3. ve 24. saat)
Sellülit	Artmış	Artmış	Normal
Osteomyelit	Artmış	Artmış	Artmış
Sellülit ve osteomyelit	Artmış	Artmış	Artmış
Noninflamatuvar lezyon	Normal	Normal	Artmış

Enfeksiyon (devamı): Kemik sintigrafisi akut osteomyeliti, kronik aktif osteomyelitden, travmadan cerrahi sonrası değişikliklerden ayırma da başarısız kalabilir. Çünkü inflamasyon varlığı enfeksiyon için spesifik değildir. Ayırıcı tanı için ^{99m}Tc-MDP/⁶⁷Ga kombine, ¹¹¹In işaretli lökosit, ^{99m}Tc-IgG sintigrafileri yapılmaktadır.

Postoperatif değerlendirmeler: Protetik eklemler, total kalça protezinin uzun dönem en sık komplikasyonu aseptik gevşemedir. Gevşemede genellikle fokal ve diffüz olarak acetabular veya femoral komponentde artmış RA tutulumu izlenmektedir. Sintigrafi protez takılmasını takiben en az 1 yıl sonra çekilmelidir. Protez gevşemesi enfeksiyona, enfeksiyonda gevşemeye yol açar. Kemik sintigrafisi ile enfeksiyon/protez gevşemesini ayırmak oldukça güçtür. Ayırıcı tanı için ^{99m}Tc -MDP, ^{99m}Tc -nanokolloid kombine sintigrafileri ve ^{111}In -WBC, ^{99m}Tc -IgG ve ^{67}Ga gibi enfeksiyon ajanları yapılabilir. Kemik greftleri, 3 fazlı kemik sintigrafisi ile kemik greftinin perfüzyonu ve viabilitesi takip edilir. SPECT ile osseoz aktivite ile yumuşak doku aktivitesi ayrılabilir.

Metabolik kemik hastalıkları: primer hiperparatiroidizm, renal osteodistrofi, osteomalazi. Bunlar benzer sintigrafik görünüm veririler. Kostakondral eklem bölgelerinde (rosary lekeleri) mandibula, kalvaryum, sternum, kostalarda ve uzun kemiklerin eklem aralıklarında artmış RAT'ları izlenir. Refleks sempatik distrofi; lokal ağrı, yumuşak doku şişliği, azalmış motor fonksiyon, osteoporoz görülür. Geç statik görüntüde etkilenmiş ekstremitelerde artmış periartiküler uptake. Kan akımı ve kan havuzu. İlk birkaç ayda artmış RAT'u Fibröz displazi: fokal olarak artmış RAT'u, maksilla, mandibula, zigamötik, kalvaryumda, kostalarda ve uzun kemiklerde olabilir. Hipertofik osteodistrofi; genellikle AC hastalıklarından köken alır. Uzun kemiklerin korteksinde lineer tarzda artmış RAT'u izlenir. Çift yol izlenimi veya tren yolu görünümündedir.

Paget hastalığı: Kemik sintigrafisi aktif osteoblastik aktiviteyi gösterir. Hastalığın aktivitesiyle paralel olarak sintigrafik bulguları değişiklik gösterir. Sintigrafide paget's hastalığı yaygın olarak artmış RA fokusu şeklinde izlenir. Osteolitik ve osteoblastik fazın beraber olduğu dönemde artmış RAT'u görülür. Erken osteolitik fazda ise kemik lizisinin ilerlediği kenarda çok yoğun olarak artmış uptake mevcuttur. Bu dönemde paget's hastalığını osteoblastik metastazdan ayırmak hem sintigrafide hem X-Ray grafilerde oldukça güçtür. Pelvisi tümüyle diffüz olarak kaplayabilir veya femur, tibia veya humerusun uzun bir segmentini tutabilir. Vakaların % 10-35'i monostatik (tek odaklı), sıklıkla çok odaklıdır. Vakaların %1'inde sarkomatik dejenerasyon gelişebilir. Disodium etidronat tedavisinde kullanılır. Etidronat muhtemelen hidroksiapatit kristaline bağlanarak onların büyümesini ve çözülmesini inhibe edici rol oynar. Tedaviye cevap seri kemik sintigrafileri ile takip edilebilir.

Kemik sintigrafilerinde izlenen yumuşak doku anomalileri: Kemik sintigrafilerinde böbrekler ve mesane normal olarak izlenen organlardır. Yumuşak dokuya ait background (zemin) aktivite tutulumu, tracerin renal klirensi ve kemik metabolizması tarafından belirlenir. Fırsat düştükçe yumuşak doku yapılarında anormal aktivite tutulumları görülür.. bu tutulumlar genellikle anormal perfüzyon, aktif kalsifikasyon veya nekroz sonucu gelişir. Anormal yumuşak doku tutulumları sıklıkla faydalı klinik bilgi sağlayabilir.

Böbrekler: Kemik sintigrafisinde tracerin renal ekskresyonu renal parankimin kabaca değerlendirilmesine imkân sağlar. Bilateral azalmış renal tutulum; renal yetmezlik (artmış yumuşak doku uptake'i) veya süperscan metastazı (düşük yumuşak doku uptake eşlik eder). Pelvikaliksiyel sistemde veya üreterde intense olarak artmış RAT'u; hidronefroz veya toplayıcı sistemdeki dilatasyonu veya obstrüksiyonu gösterebilir. Artmış parankimal uptake sıklıkla dehidratasyona bağlı gelişir. Dehidratasyon, hiperkalsemi, kemoterapiye sekonder tübüler yaralanma, benzer şekilde renal parankimde simetrik diffüz olarak artmış RAT'u gösterir. Renal parankimde azalmış fokal RAT'ları kistik veya solid kitleleri işaret eder.

Meme: Bilateral Olarak Simetrik Partiküler Akümülyasyon; hamilelik ve laktasyon döneminde izlenir. Asimetrik artmış uptake; meme tümörü ve inflamatuvar lezyonu düşündürmelidir.

Mide: Gastrik uptake sıklıkla serbest $^{99m}\text{TcO}_4$ (perteknetat) bağlıdır. Tiroid ve tükürük bezlerinde de serbest $^{99m}\text{TcO}_4$ tutulumu izlenir. Hipertiroidizm, GİS tümörlerinde kalsifikasyona bağlı olarak GİS'de anormal RAT'u izlenir.

Karaciğer ve dalak: Heterojen KC uptake; hepatik metastazı (kolon, nöroblastom, meme veya AC tümör metastazları olabilir). Diffüz hepatik uptake; başarısız tracer preparatı hazırlanması sonucu kolloid formasyonu oluşabilir. Dalak uptake'ı sıklıkla sickle cell anemili hastalardaki enfarkta bağlı gelişir. Diğer hemolitik anemilerde de benzer bulgular izlenir.

Akciğer: AC akciğer uptake; renal yetmezlik, hiperparatiroidizm,plevral efüzyonda izlenir.Arasıra bronkojenik karsinomalarda, osteosarkomun AC metastazlarında fokal olarak artmış RAT'u izlenir.

Enfarktılar: Miyokardiyal enfarktüs sonrası; kardiyak uptake. Musküler akümülayon; miyosit enfarktüsü. Ayrıca ağır eksersiz sonrası, myopatilerde ve tekrarlanan intramusküler enjeksiyon sonrasında, myositis ve bazı musküler distrofilerde fokal veya diffüz olarak musküler uptake izlenir. Yeni oluşmuş serebral enfarktüslerde; artmış beyin uptake'i görülebilir.

5 - Nükleer Tıpta Enfeksiyon Görüntüleme

Enfeksiyon görüntülemeye nükleer tıp yöntemleri: kemik sintigrafisi, Ga-67 sintigrafisi, nonspesifik immunoglobulinler, işaretli lökosit sintigrafisi, yeni yöntemler (işaretli antikolar, sitokinler, işaretli antibiyotikler, PET).

Hangi tür enfeksiyonların görüntülenmesi yapılır: osteomyelit, akut kolesistit, fırsatçı enfeksiyonlar, abse deteksiyonu, diğer (greft ve protez enfeksiyonları vs), nedeni bilinmeyen ateş.

Kemik sintigrafisi: Enfeksiyona spesifik değildir. Ancak enfeksiyon ayırıcı tanısında yararlıdır. Özellikle diyabetik ayaklarda osteomyelit aramasında kullanılır. Ucuz ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle tercih edilir. **3 fazlı kemik sintigrafisi:** 1.kanlanma; ilk 1 dakikalık görüntüler. 2.Kan havuzu; 1 dakikalık dinamik görüntüleme sonrasında ilk 5 dakikalık statik görüntü. 3.Geç statik; 2-4 saat sonraki statik görüntüleme. 4.faz; 24. saatte alınan görüntü.

Galyum-67: Dolaşımda transferrine bağlanır, enfeksiyon bölgesine artmış permeabiliteye bağlı olarak extravaze olur, burada laktoferrine veya sideroforlara bağlanır. Akut ve kronik enfeksiyonların tanısında faydalıdır. Yarı ömrü uzun, gama enerjisi yüksektir. Tümör görüntülemeye de kullanılır (geçmişte). Kronik nonpiyojen enfeksiyonlarda, granümatöz enfeksiyonlarda (tbc, sarkoidoz vs), immün süpresif hasta enfeksiyonlarında (AİDS vs) tercih edilir. Vertebral osteomyelit tanısında lökosit sintigrafisine göre daha başarılıdır. Nedeni bilinmeyen ateşte hem akut hem kronik enfeksiyonların gösterilmesine yardımcı < (PET).

Nonspesifik immunoglobulinler: Lokal permeabilite artışına bağlı olarak enfeksiyon ve inflamasyon bölgesinde birikir. Indium 111 veya Tc-99m ile işaretlenirler. Kronik enfeksiyonların tanısında Indium ile işaretli (HIG) sintigrafisinin sensitivitesi daha iyidir. Akciğer enfeksiyonlarında Indium-111 tercih edilir. Ekstremitelerde yerleşimli kas iskelet enfeksiyonlarının tanısı ve romatoid artrit aktivasyonunun gösterilmesinde Tc-99 m HIG tercih edilir. İşaretli lökosit sintigrafisinin yapılamadığı durumlarda alternatif bir yöntemdir.

İşaretli lökosit sintigrafisi: Hastanın lökositleri vücut dışında Tc99m veya Indium 111 ile işaretlenerek tekrar hastaya enjekte edilir. Fiziksel özellikleri nedeni ile Tc99m tercih edilir. Böbrek mesane ve safra kesesi incelemelerinde Indium-111 tercih edilir. Kronik enfeksiyonların tanısında Indium-111 tercih edilir. Akut pyojen enfeksiyonlarda, osteomyelit tanısında, abse deteksiyonunda, post operatif enfeksiyonlarda, protez ve greft enfeksiyonlarında, inflamatuvar barsak hastalıklarının tanısında, kronik enfeksiyonların tanısında akut enfeksiyonlar kadar başarılı olmayabilir.

İşaretli antikolar: Granülosit yüzey antijenine karşı Mab kullanılır. IgG veya IgM antikoları işaretlenir. Tc-99m ile işaretlenir. Antikor fragmanları Fab' veya F(ab')₂. İşaretli antigranülosit antikoları ve antikor fragmanlarının granülosit antijenlerine bağlandığı kabul edilir. İnfektif endokardit, eklem protez enfeksiyonları, diyabetik ayak enfeksiyonlarında başarılı. Vertebral enfeksiyonlarda sensitivite daha düşük. Nedeni bilinmeyen ateşte kullanılabilir. İnflamatuvar barsak hastalıklarında lökositlere göre kullanımı sınırlı. Osteomyelit ve cerrahi sonrası enfeksiyonlarda başarılı. Kemik eklem inflamasyonlarında ve inflamatuvar barsak hastalıklarında Fab fragmanları sensitivite ve spesifitesi düşük. Anti-E-selektin antikoları ve fragmanları, endotelial adezyon molekülü, aktive endotel hücrelerinde bulunur ve lökositlere bağlanır. Indium-111 veya Tc-99m ile bağlanabilir, inflamatuvar barsak hastalıkları ve eklem inflamasyonlarında (RA) tercih edilir.

Sitokinler: Lökositlerde bulunan spesifik hücre yüzey reseptörleri ile etkileşime giren glikoproteinler. İnterlökin-8 (I-123-IL-8 / Tc-99m-IL-8). Granülosit işaretleme, akut enfeksiyon. İnterlökin-2 (I-123-IL-2/ Tc-99m-IL-2). T-lenfositleri işaretleme; kronik enfeksiyon.

İşaretli antibiyotikler: *Tc-99m-Ciprofloxacın:* bakterilere (DNA girase) bağlanma, inflamasyon ve enfeksiyonun ayırır, kemik eklem enfeksiyonları, postoperatif vertebra enfeksiyonları, eklem protezlerinde gelişen enfeksiyonlar durumunda kullanılır.

PET: *F-18-FDG:* FDG, aktive lökositlerde (granüosit, monosit, lenfosit) tutulur. Akut ve kronik enfeksiyonu gösterir. Tutulumu artmış glukoz kullanımı ile ilişkilidir. Nedeni bilinmeyen ateşte enfeksiyon odağının gösterilmesinde kullanılır. Osteomyelit, protez enfeksiyonları, vasküler greft enfeksiyonları, postoperatif enfeksiyonlar, inflamatuvar barsak hastalıkları ve vaskülitler de kullanılır.

6 - Radyasyonun Biyolojik Etkileri

Soğurulmuş doz: Birim kütle başına depolanan enerjinin ölçüsüdür. Her tür radyasyona uygulanabilir. Birimi; gray (Gy) = 1 Joule/kg. Eski birimi; rad = 0.01 Gy. 1 Gy yüksek bir doz değeridir. Radyoterapide tedavi dozları 50-60 Gy civarındadır. Klasik radyolojik tetkiklerde alınan doz 0.001Gy'den küçüktür. Yıllık doğal radyasyondan kaynaklanan doz düzeyi (toprak, kozmik, gıdalar, radon) yaklaşık 0.0024 Gy'dir.

Eşdeğer doz: Vücutta toplanan enerjinin ifadesidir. Düşük doz düzeylerinde radyasyonun tipine ve enerjisine göre biyolojik hasarlarını da içeren bir kavramdır. Birimi; Sievert (Sv) = 1 Joule/kg. Radyasyon korunmasında kullanılan bir birimdir. Eski birimi rem = 0.01 Sv. 1 Sv yüksek bir doz değeridir.

Etkin doz: Doku veya organların aldığı dozun tüm vücut için yüklediği riski ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. Birimi Sievert'tir. Dünya Geneline Doğal Radyasyon Kaynakları nedeniyle alınan yıllık etkin doz 2.4 mSv'dir. Bir akciğer filminden alınan doz 0.02 mSv. Bilgisayarlı tomografi ile akciğer tetkikinden alınan doz 8 mSv. Tıp alanında çalışan radyasyon görevlilerinin aldıkları dozun yıllık ortalaması 1 - 5 mSv civarındadır. Çernobil nedeniyle Türk Halkının aldığı kişisel doz ortalaması 0.5 mSv'dir.

Canlı organizmada radyasyonun etkileri: Hücresel düzeyde, dokuda, organizmada, tüm popülasyonda. **Hücresel etkiler:** kromozomlar mitoz esnasında radyasyona duyarlıdır. İyonizan radyasyon delesyona ya da bazlarda yer değiştirmeye, DNA zincirinde kırılmaya neden olur. DNA zinciri kırılır ve onarılmazsa kromozom anomalileri olur > hücre ölümü. Düşük dozdaki düşük LET'in neden olduğu tek kırıklar kolaylıkla tamir edilir. Yüksek LET ya da yüksek dozdaki düşük LET multipl kırıklara neden olur, tamir edilmesi zordur.

Radyasyonun direkt-indirekt etkisi: Düşük LET radyasyon: uzun bir periyotta düşük doz verilirse, çoğunlukla DNA'da tek kırıklar olur, onarıma zaman vardır. Yüksek dozda verilirse çoklu kırıklar olur, her zaman onarım olmayabilir. Yüksek LET radyasyonu: multiple kırıklar olur. **Radyoduyarlaştırıcılar:** radyasyon tedavisinde kullanılır; oksijen, halojenli pirimidinler, nitroimidazoller. **Radyokoruyucular:** sistein, amifostin. **Stokastik etkiler:** herhangi bir eşik dozuna bağlı olmadan ortaya çıkabilen radyasyon etkisidir. Ör; kanser. **Deterministik (non-stokastik) etkiler:** meydana geliş olasılığı, belirli bir radyasyon dozunun aşılmasını gerektiren etkilerdir.

Radyasyonun doza bağlı biyolojik etkileri:

Akut etkiler: akut radyasyon dozu, tüm vücudun 10 rad veya daha yüksek dozlarda radyasyona maruz kalması olarak tanımlanır. Eğer alınan radyasyon dozu yeterince büyükse, doza bağlı olarak biyolojik etki, saatler veya haftalar içinde ortaya çıkar. Ani olarak yüksek dozlarda radyasyona maruz kalma sonucu ortaya çıkan sendromlar, Akut Radyasyon Sendromu olarak adlandırılır. Radyasyon hastalığına ilişkin belirtiler, ≥ 100 rad düzeyinde ani olarak radyasyona maruz kalma sonucu ortaya çıkar. Tüm vücudu, ≥ 450 rad düzeyindeki bir radyasyona maruz kalan kişilerin % 50'sinin, 60 gün içinde öldüğü gösterilmiştir (tıbbi yardım almamışsa). Tıbbi yardım alan kişilerde iyileşme, kişinin yaşına ve genel sağlık durumuna bağlı olarak değişim gösterir. **Kan yapıcı organ (kemik iliği sendromu):** >100 rad düzeyindeki radyasyon, kemik iliği, dalak ve lenfatik dokular gibi en hızlı bölünen hücrelerde hasara neden olur. Belirtileri; kanama, yorgunluk, bakteriyel enfeksiyonlar ve ateş.——Diğer akut etkiler ise, 200-300 rad düzeyinde radyasyona maruz kalan kişilerde, deride kızarıklık (eritem), saç foliküllerinin zarar görmesine bağlı saç dökülmesi olur. 125-200 rad düzeyinde radyasyona maruz kalan bayanların overleri etkilendiğinden ötürü, bu bayanların % 50'sinde kalıcı adet düzensizliği görülmektedir. 600 rad düzeyinde radyasyona maruz kalanların infertilite görülmektedir. 50 rad düzeyinde radyasyona maruz kalanların tiroid bezlerinde iyi huylu tümör gelişiminin olduğu ortaya konmuştur. **Gastrointestinal sistem sendromu:** >1000 rad düzeyinde radyasyon, mide ve bağırsak gibi daha yavaş bölünen hücrelerde hasara neden olur. Belirtileri; mide bulantısı, kusma, ishal, su kaybı, elektrolit denge bozukluğu, sindirim yeteneği kaybı, ülser kanaması ve kan yapan organ sendromu. **>5000 rad düzeyindeki radyasyon:** sinir hücresi gibi yenilenmeyen hücrelerde hasara neden olur. Belirtileri; koordinasyon kaybı, konfüzyon, koma, kasılma, şok, gastrointestinal sistem ve kan yapıcı organ semptomları.——Ani olarak alınan radyasyon dozuna bağlı olarak gelişen etkiler,

deterministik etkiler olarak da adlandırılmaktadır. Bu da oluşan etkinin, maruz kalınan doza bağlı olarak değişim göstereceği anlamına gelir. Bir başka deyişle, alınan radyasyon dozu belirli bir eşik değeri aşarsa, zararlı etkiler ortaya çıkar.

Kronik etkiler: Kronik doz, uzun zaman diliminde düşük düzeylerde radyasyona maruz kalma sonucu ortaya çıkan etkilerdir. Vücut kronik olarak alınan radyasyon dozunu, akut olarak alınan radyasyona göre daha iyi tolere edebilir. Böylesi durumlarda, hücrelerde oluşan hasar düşük olduğundan, vücudun oluşan zararları onarmak için gerekli zamanı vardır. Vücudun ayrıca ölü veya işlevini yitirmiş hücreleri sağlıklı yeni hücreler ile değiştirmek için yeterli zamanı vardır. Vücudun ayrıca ölü veya işlevini yitirmiş hücreleri sağlıklı yeni hücreler ile değiştirmek için yeterli zamanı vardır. Yüksek dozlardaki radyasyonun biyolojik etkileri bilinmesine rağmen, düşük dozlardaki radyasyonun, özellikle eşik değer altındaki radyasyonun etkileri net olarak bilinmemektedir.

Somatik etkiler: radyasyona maruz kalan kişide gözlenen etkiler olarak tanımlanır. Somatik etkiler, alınan radyasyon dozuna bağlı olarak erken ortaya çıkan somatik etkiler, geç ortaya çıkan somatik etkiler olarak ikiye ayrılır. **Erken ortaya çıkan somatik etkiler:** verilebilecek en iyi örnek, 400 rad'lık bir radyasyona maruz kalan kişinin saçlarındaki geçici dökülmedir. Renk ve yapısal değişim olasılığı ile birlikte, radyasyona maruz kaldıktan iki ay sonra yeni saçlar çıkar. **Geç ortaya çıkan somatik etkiler:** radyasyona maruz kaldıktan yıllar sonra ortaya çıkan etkilerdir. Bu etkilere verilebilecek en iyi örnek, kanser oluşumundaki artış ve katarakttır. Genetik veya kalıtsal yolla ortaya çıkan radyasyon etkileri, radyasyona maruz kalan kişinin kendinde değil de, daha sonraki nesillerinde ortaya çıkan etkilerdir.

Yarı ömür: $1/T_e = 1/T_b + 1/T_p$ veya $T_e = (T_b \times T_p) / (T_b + T_p)$.

7 - Radyasyondan Korunma

ALARA; as low as reasonably achievable. Mesleki maruziyet vardır. Hastane çalışanları toplumla aynı: 1 mSv/yıl (0.1 rem/yıl). Radyasyonla çalışan ya da çalışmalarında radyasyon kullanan sağlık personelinin korunma prensiplerine uyması şarttır.

Radyasyondan korunmada 3 ana ilke: Zaman, mesafe, zırhlama. **Zaman:** tıbbi işlemlerin radyasyon üretilen bir cihaz ya da radyoaktif bir kaynak kullanılarak yapıldığı ortamlarda ne kadar az zaman geçirilirse o kadar az doza maruz kalınır. **Mesafe:** tıbbi işlem sırasında kullanılan radyoaktif kaynakla veya radyasyon cihazı ile ışınlanmanın yapıldığı sırada aradaki mesafe ne kadar fazla ise o kadar az doza maruz kalınır. **Zırhlama:** radyasyon kaynağı ile kişi arasında uygun bir engel olması durumunda en az doza maruz kalınır.

Uygun zırhlama: kurşun paravan, kurşun önlük, tiroid kalkanı, gözlük, toprak, beton.

Radyasyonun ölçümü: kişisel dozimetreler, alan monitörleri, diğer ölçüm cihazları.

Günlük pratikte zaman ve mesafe faktörlerini tam anlamıyla uygulamak zor olabilir. Ancak zırhlamadan taviz verilmesi doğru değildir.

8 - Kemik Sintigrafisi

Anatomi ve fizyoloji: Kemiğin temel yapısında kalsiyum, fosfat, hidroksil iyonları, kollajenler ve diğer mineraller vardır. Asıl yapı inorganik mineral, hidroksiapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) şeklinde biçimlenmiş kalsiyum, fosfat ve hidroksil iyonlarının oluşturduğu bir kristal kafes halindedir. Kemikte hidroksiapatiti oluşturan iyonlar haricinde Na, Mg, K, Cl ve F iyonları bulunur. Kristal kafes ve onu çevreleyen sıvı arasında sürekli bir iyon alışverişi vardır. Böylece kemik, sabit akış bulunan dinamik bir sisteme benzer. Anatomik olarak iskelet iki büyük gruba ayrılır: aksiyel ve appendiküler iskelet. Aksiyel iskelette kafatası, omurga ve toraks appendiküler iskelette ise üst ekstremité, pelvis ve alt ekstremité yer alır. Bu ayırımın bazı hastalıkların yerleşim durumu nedeniyle önemi vardır.

Radyofarmasötikler: Kemik sintigrafisinde kullanılan ajanlar genellikle kalsiyum, hidroksil grupları veya fosfat analoglarıdır. Tc-99m ile işaretlenebilen radyofarmasötikler bulunana kadar stronsiyum-85 ve stronsiyum-87m gibi kalsiyum analogları Flor-18 gibi hidroksil analogları kullanılmıştır. Pirofosfat ve difosfanat deriveleri bugün çok geniş oranda ve başarı ile kullanılmaktadır. Pirofosfatlar (PYP), inorganik P-O-P bağı içerir. Difosfanatlar ise P-C-P bağı içerirler ve etilen hidroksi difosfanat (EHDP), metilen hidroksi difosfanat (MHDP), metilen difosfanat (MDP) gibi türevleri vardır. Difosfanatların pirofosfatlara göre in vivo olarak daha kararlı olmaları, renal klirenslerinin daha yüksek olması, kemik/çevre doku oranlarının daha yüksek olması gibi üstünlükleri vardır. Radyofarmasötiklerin kemikte tutulumu; kan akımı, osteoblastik aktivite, radyofarmasötüğün ekstraksiyonu ilişkilidir. Difosfanatlar kemik yüzeyindeki hidroksiapatit kristalinin üzerine otururlar. Bu mekanizmaya kemisorbsiyon adı verilir. Pirofosfat ise daha ziyade hidroksiapatitin kalsiyumu ile yer değiştirmek sureti ile kemikte akümüle olur. Kemik sintigrafisinde artmış aktivite görülmesinin nedenleri şöyle sıralanabilir; osteoid oluşumunda (osteoblastik aktivitede) artış, kan akımı artışı, osteoid mineralizasyonunda artış, sempatik sinir denervasyonu. Günümüzde en çok kullanılan radyofarmasötik Tc-99m MDP (metilendifosfonattır). Kemik sintigrafisi için hastaya 20 mCi Tc-99m MDP intravenöz olarak uygulanır.

Hasta hazırlığı: İşlemin yapılış amacı ve uygulama biçimi hastaya önceden ayrıntılı olarak açıklanmalıdır. Herhangi bir kontrendikasyon bulunmadıkça hastaların iyi hidrate edilmelerine dikkat edilmelidir. Enjeksiyon zamanı ile geç dönem çekim zamanı arasında 2 ya da daha fazla bardak su içmeleri söylenmelidir. Geç görüntüleme fazından hemen önce hastanın mesanesini boşaltması sağlanmalı ve tetkik sonrasındaki ilk 24 saatte bol sıvı alınması teşvik edilmelidir. Dikkat; hamile kadınlarda kemik sintigrafisi çok gerekli değilse ertelenmelidir, emzirmeye, radyofarmasötik enjeksiyonundan sonra 24 saat ara verilmelidir.

Görüntüleme: Eğer kan akımı görüntüleri alınacak ise, kamera pozisyonu, radyoaktif madde (tracer) enjeksiyonundan önce incelenecek bölge üzerine ayarlanmalıdır. Çekim bilgisayarı, frame başına 1-2 saniye olarak yaklaşık 30 frame alacak şekilde programlanmalıdır. Görüntüleme işlemine tracer enjeksiyonu yapıldıktan hemen sonra başlanmalıdır. Enjeksiyondan sonra 10 dakika içinde kan gölü (havuzu) görüntüleri alınmalıdır. Her görüntü için 3-5 dakika sayım yeterlidir 10 dakika sonra iskelette aktivite izlenmeye başlar. Rutin geç dönem görüntüleri tracer enjeksiyonundan 2 ile 5 saat sonra alınmaktadır. 6-24 saat sonra alınan ek görüntülerde kemik dokusu/geri-plan oranı daha yükselir ve mesanenin boşaltılamaması nedeni ile değerlendirilemeyen pelvis kemikleri daha iyi yorumlanabilir. Özellikle üriner retansiyonu olan ya da böbrek yetmezliği olan olgularda 6-24 saat geç görüntü almak faydalı olabilir. Tüm vücut kemik görüntüleri, anterior ve posteriordan çok sayıda spot görüntüler şeklinde alınabileceği gibi kesintisiz tüm vücut görüntüleme şeklinde de alınabilir. Bazı hastalarda, hastalığın varlığı, yerleşimi ve yaygınlığının daha iyi değerlendirilebilmesi için SPECT görüntüleme gerekli olabilir. Gerekli olduğunda, lateral, oblik, tanjansiyel ya da kalça eklemlerinin kurbağa bacağı konumu veya pelvisin detektör üzerine oturmalı (kaudal) konumu gibi özel konumlar uygulanabilir. Gerekli olduğunda, spesifik bir bölgenin yüksek çözünürlüklü görüntüleri için pinhole kolimatör tercih edilebilir.

Endikasyonlar: Malign hastalıkların tanı, evrelendirme ve izlenmesinde, sellülit/osteomyelit ayırıcı tanısı için, kemik dokusu canlılığının araştırılmasında (enfarkt, aseptik nekroz), radyolojik olarak saptanamayan kırıkların araştırılmasında (stres fraktürü), eklem protezlerinin gevşeme, enfeksiyon gibi

komplikasyonlarının belirlenmesinde, kemik biyopsisi yerinin belirlenmesinde, normal radyolojik testlerle aydınlatılmayan kemik ağrılarının araştırılmasında, yumuşak dokuya ilişkin kalsifikasyonların araştırılmasında, kemik greftlerinde viabilite değerlendirilmesi, metabolik kemik hastalıkları, refleks sempatik distrofi, palyatif ağrı tedavisi öncesinde osteoplastik aktivite dağılımının değerlendirilmesi, kanser hastalarında kemoterapi, radyoterapi ve cerrahi tedaviye yanıtın değerlendirilmesi.

Normal sintigrafik görünüm: Normal kemik sintigrafisinin görünümü çocukta ve yetişkinlerde birbirinden farklıdır. Çocuklarda epifiz bölgelerindeki büyüme alanları yoğun radyonüklid akümüasyonu gösterir. Yetişkinde ise kemik sitigrafisinin kalitesi yaşla ilgilidir. Genellikle daha yaşlı insanlarda kalitesi daha kötü sintigrafik görüntü elde edilir. Normal bir erşkinin kemik sintigrafisinde doğal olarak izlenen artmış aktivite bölgeleri vardır. Bu bölgeler arasında kafatası, nasofarenks (lokal olarak artmış kan akımı nedeni ile) başta gelir. Vertebral kanalın servikal bölgesinde, tiroid kartilajı veya tiroid aktivitesi ile ilişkili olmayan bir şekilde ve genellikle dejeneratif değişikliklere bağlı olarak aktivite artışı görülebilir. Tendon bağlanma bölgeleri, stres olan alanlar ve kemikleşmenin olduğu alanlarda da aktivite artmış olarak gözlenebilir. **Anterior pozisyonda:** sternum, sternoklavikular eklemler, omuzlar, iliak çıkıntılar ve kalça eklemleri belirgindir. Yaşlı hastalarda dejeneratif hastalıklar için uygun zemin ve daha fazla kemik kütlesi nedeni ile dizler daha aktif şekilde gözlenebilir. **Posterior pozisyonda:** skapula ve torakal vertebralar çok iyi görülür. Vertebral kolonda hipertrofik dejeneratif değişiklikler olan bölgelerde aktivite artışı ve sakroiliak eklemlerin belirgin olarak izlenmesi olağandır.—İnsan iskeleti simetrik olduğu için asimetrik olarak gözlenen herhangi bir aktivite artışına şüphe ile bakılmalıdır. Posterior pozda böbreklerin durumu, anterior pozda ise mesanenin durumunu gözlemek önemlidir. Bölgesel vasküler değişiklikler; kan akımının azalmasıyla aktivitenin azalması, hiperemi ile aktivitenin artması şeklinde değerlendirilebilir. Kullanılmayan ağırlı ekstremitelerde artmış aktivite izlenebilir. En sık görülen artefaktların kaynağı hastanın kötü pozisyonda ya da bir tarafı dönük yatmasıdır. Bu durumda asimetrik görüntü alınır. Vücuttaki anatomik duruş bozuklukları da yanıltıcı görüntülere neden olur. Kemik sintigrafisinde görüntüleme hastaların giysileri üzerinde iken yapıldığından dolayı madeni para, yüzük, kolye, kemer tokası ve çakmak gibi objelere dikkat etmek gerekir. Görüntü detayında aşırı artış genel metabolik bir hastalık ile ilişkili olabilir.

Varyasyonlar: Metastazların çoğu aksiyel iskelette ve kostalarda yerleşir. Az bir kısmı ekstremitelerde yerleşir. Yaygın kemik metastazları bazen tüm kemikleri tutar ve sintigrafide tüm kemiklerde artmış aktivite görülür, fokal artmış aktiviteler seçilemez. Bu durumda yumuşak doku aktivitesi, böbrek ve mesane aktiviteleri görülmez. Bu duruma 'superscan' adı verilir. Metabolik kemik hastalıklarında da bu görünüm oluşabilir. Normalde sternumda ve manubriosternal eklemden tutulum fazladır. Bu genellikle normal bir bulgu olduğu halde, meme kanserli hastalarda erken dönemde gelişebilecek sternum metastazlarının saptanabilmesi için bu bölgeye dikkat edilmelidir. Kostalarda görülen tek lezyon fokale travma, lineer ise metastaz olabilir. Omurgadaki tek lezyon dejeneratif patolojiye işaret edebilir. Vertebral kırıklar, lineer artmış aktivite şeklinde görülür. Malign veya osteoporotik kırıkların sintigrafik ayırımı yapılamaz.

Sintigrafik değerlendirme: Kemikte normale oranla artmış ya da azalmış aktivite tutulumu (artmış / azalmış osteoplastik aktiviteyi gösterir). Fokal, diffüz olur. Komşu kemik yapılarında artmış aktivite olmaksızın fokal azalmış tutulum (soliter tutulum). Patolojik fokal tutulum yoğunluğunda önceki çalışmaya göre değişiklik olması. Yumuşak dokuda tutulum: Böbrekler, mesane. Zemin aktivite tutulum değişiklikleri: artma; böbrek yetmezliği, dehidratasyon. Azalma; superscan. Kemik sintigrafisinin duyarlılığı çok yüksek bir inceleme olmasına karşın spesifitesi düşüktür. Bu nedenle doğru yorumlanması için anamnez ve fizik muayene bulgularının bilinmesi önemlidir. Ayrıca, hastanın maruz kaldığı tıbbi uygulamaların özetinin alınması ve gerektiğinde hastayı gönderen hekim ile görüşmek uygun olabilir. Kemik sintigrafisinde saptanan patolojilerin diğer görüntüleme yöntemleri ile korele edilmesi en ideal koşuldur.

Hata nedenleri: İdrar bulaşı, enjeksiyona bağlı artefaktlar. Protezler, radyografik kontrast maddeler ve diğer atenüasyon kaynağı objeler normal yapıları örtebilir. Aktivitenin tüm vücutta homojen olarak artış göstermesi (superscan). Hastanın çekim sırasında hareket etmesi, kolimatör ile hasta arasındaki mesafenin gerektiğinden uzak olması, enjeksiyondan sonra kısa sürede görüntü alınması. Radyofarmasötik yumuşak dokulardan yeterli düzeyde temizlenmeden görüntü alınmamalıdır, yumuşak doku basısına bağlı gelişen artefaktlar. Kemik sintigrafisinden önce I-131, Ga-67 ya da In-111 gibi yüksek enerjili radyonüklidlerle

inceleme yapılması ya da iskeletteki aktiviteyi kapatacak şekilde bir organda akümüle olan Tc-99m ile işaretli bir radyofarmasötik verilmesi. Eğer bölgesel bir çalışma yapılırsa, ilgilenilen alan dışındaki patolojik bulgular gözden kaçabilir, radyofarmasötiğin parçalanması, pelvik spect çalışmasında mesane aktivitesinin sabit kalmaması, tamamen litik lezyonlar, mesane aktivitesi nedeni ile gözden kaçan pubis lezyonları.

Primer kemik maliniteleri: Primer kemik maligniteleri bütün malignitelerin % 1.5'ini oluşturur. Bunların % 35'i de osteosarkomadır. Diğer en çok görülen ise Ewing sarkomudur. Primer kemik malignitelerinde kemik sintigrafisinin değeri sınırlıdır. Osteosarkomda reaktif hiperemi oluşması lezyonun boyutunu maskeleyebilir. Ewing sarkomunda ise reaktif hiperemi pek görülmez. Bu olgularda genellikle 2 yıl içerisinde kemik metastazı görülmesi hastaların izlenmesini gerektirebilir.

Kemik metastazları:

Kemiğe ilişkin metastatik hastalığın boyut ve varlığını saptama konusundaki duyarlılığı kemik sintigrafisini metastatik hastalık karar vermek için önemli bir kriter haline getirmiştir. Radyografik olarak litik bir lezyon saptanması için kemikte % 30-50 arasında demineralizasyon oluşmalıdır. Hâlbuki kemik sintigrafisi demineralizasyonun çok erken döneminde pozitif bulgu vermektedir. Radyografik iskelet taramasını % 50 oranındaki yanlış negatiflik oranına karşın kemik sintigrafisinde bu oran % 2'ye inmektedir. Yanlış negativiteye en çok neden olan kanser tipleri yüksek derecede anaplastik tümörler, retikulum hücreli sarkoma, renal hücreli karsinoma, tiroid kanseri, histiyositozis, nöroblastoma ve multipl myelomadır. Kemiğe en çok metastaz yapan tümörler sırası ile meme, akciğer, prostat, mesane, böbrek kanserleri ile malign melanoma ve multipl myelomadır.

Bilinen bir kanseri ve bununla birlikte kemik ağrıları olan hastaların % 80'inde sintigrafik olarak kemik metastazı bulunur. Kemik metastazı bulunan hastaların % 30-50'sinde ise kemik ağrısı bulunmaz. Kemik metastazı olasılığı yüksek olan hastalarda asemptomatik dönemde de periyodik olarak kemik sintigrafisi uygulamak yararlıdır. Kemik metastazı olasılığı çok az olan serviks, baş ve boyun tümörlerinde bu yöntem seçilmeyebilir. Tek kemik lezyonu ile metastaz tanısı konması yanlış pozitiflik oranını artırmaktadır. Aktivite artışı bulunan tek bir fokus genellikle benign bir bozukluktan kaynaklanır. Multifokal metastatik hastalıklarda ise bölgesel dağılım aşağıdaki şekildedir: toraks ve kostalar % 37, vertebralar % 26, pelvis % 16, ekstremiteler % 15, kranyum % 6. Aksiyel iskelette diffüz aktivite artışı ile karakterize metastaz "superscan" şeklinde isimlendirilen görünümünden ayırt edilmelidir. Periferik iskelette aktivite artışı ise daha çok hematolojik bozukluklarda görülür.

Meme kanseri: Meme kanserinin metastazları litik veya mikst paterndedir. Çok az bir kısmı sklerotik olabilir. Metastazların gösterilmesinde kemik sintigrafisi yüksek sensitiviteye sahiptir.

Prostat kanseri: Prostat kanserlerinde metastazlar osteoplastiktir, radyografide sklerotik olarak görünür. Osteoplastik olduklarından dolayı kemik sintigrafisi sensitiftir. Prostat kanseri aksiyel iskelet, pelvis ve kranyum ve uzun kemikleri tutar. Prostat kanseri metastatik superscan'ın en sık nedenidir. Prostat kanserli hastalarda 10/20 ng/ml üzerinde PSA düzeyi ölçülen hastalarda kemik sintigrafisi yapılır.

Böbrek kanseri: Renal cell kanserde kemik metastazları genellikle litiktir ve osteoplastik cevabı uyarma potansiyeli düşüktür. Bu nedenle metastatik lezyonlar belirgin olmayabilir.

Akciğer kanseri: Küçük hücreli akciğer kanseri kemiğe sıklıkla metastaz yapar ve ilk başvuruda hastaların %50'sinde kemik metastazı vardır. Kemik metastazı olan hastalarda prognoz kötüdür.

Nöroblastom: Kemik metastazlarının gösterilmesinde kemik sintigrafisi duyarlı. Fotopenik lezyonlara dikkat edilmeli. Primer tümörde MDP aktivitesi görülebilir. Eklemle yakın lezyonlar, fizyolojik epifiz aktiviteleri nedeni ile zor değerlendirilir. Kemik sintigrafisi I-123 MIBG sintigrafisi bulguları ile beraber değerlendirilmeli.

Diğer kanserler: Kolon kanseri, tiroid kanseri, melanom, baş boyun tümörleri gibi kanserlerde kemik tutulumu şüphesi varsa kemik sintigrafisi yapılabilir.

Benign kemik tümörleri: Üç fazlı kemik sintigrafisinin uygulanması, birçok hastalıkta ayırıcı tanıya yardımcı olmaktadır. Benign kemik neoplazmlarında, malign olanların tersine aktivitenin olmaması veya çok az olması dikkati çekebilir. Sadece en önemli ayrıcalık osteoid osteoma'da görülür. Osteoid osteoma'da yoğun bir aktivite akümüasyonu izlenebilir. Benign kemik kistlerinde göreceli artmış MDP tutulumu izlenebilir. Radyografik korelasyon gereklidir.

Enfeksiyonlar: Üç fazlı kemik sintigrafisi kullanılarak osteomyelit ile sellülitte birbirinden ayırmaktır. Sellülitte erken dönemde artmış, daha sonra azalan tipte bir aktivite akümüasyonu izlenirken osteomyelitte gittikçe artan oranda aktivite biriktiği gözlenir. Her ikisinde de ilk fazda fokal kan akımı artışı vardır. Eğer radyonüklid anjiyogramda fokal aktivite artışı yoksa bu osteomyelit açısından şüpheli olarak değerlendirilmelidir. Diyabetik hastalarda osteomyelitin gösterilmesinde kullanılır. 3 fazlı kemi sintigrafisinde hiperperfüzyon, hiperemi ve fokal artmış MDP tutulumu vardır. Kırık, tümör, eklem nöropatisi de aynı bulguları verebilir. Kemik sintigrafisi işaretli lökosit sintigrafisi ile kombine edilir. Akut / kronik: Tc-99m / In-111. Çocuk hastalarda kemik sintigrafisinin spesifitesi düşük. Kemik sintigrafisi eklem protezlerinde enfeksiyon ve gevşeme ayırımında kullanılır. Protez çevresindeki fokal artmış aktivite gevşemeyi işaret eder. Perfüzyonda artış ile beraber protez etrafında yaygın artmış aktivite enfeksiyonu gösterir. Enfeksiyon yoğun fokal aktivite şeklinde de olabilir. Operasyon sonrası 12 ay içinde yapılan sintigrafi inflamasyondan etkilenir. İşaretli lökositler ve kolloid normalde kemik iliğinde tutulur. Enfeksiyon varsa işaretli lökositler tutulur, kolloid tutulmaz.

Benign kemik hastalıkları: **Aseptik nekrozlar:** genellikle travma sonucu oluşabilirler. Önceleri etkilenen alanda azalmış aktivite akümüasyonu izlenirken, daha sonra onarımın başlaması ile görünüm hiperaktif nitelik kazanmaya başlar. **Paget hastalığı:** tutulan kemiklerden artmış aktivite akümüasyonları izlenir. Fibroz displazi'de ise tek ya da multiple artmış aktivite akümüasyon alanları izlenir. Bu iki hastalık da multiple metastatik hastalıkla karışabilir. **Kalça protezi:** uygulananlarda cerrahi nedeni ile artan aktivite birikimi 6 ayda normale döner. Daha sonra yapılan kontrollerde trokanter ve eklem uc kısmında izlenecek kalıcı nitelikteki bir aktivite birikimi gevşemeyi, yaygın aktivite tutulumu ise osteomyeliti gösterir. **Artritler:** kemik sintigrafisinin spesifitesi düşüktür. Radyolojik olarak korelasyon gereklidir. Eklem yüzlerinde artmış aktivite akümüasyonu izlenebilir.

Metabolik kemik hastalıkları:

Osteoporoz, hiperparatiroidizm, osteomalazi, hipertrofik osteoartropati.

Osteoporoz: Kemik sintigrafisi osteoporoz tanısında kullanılmaz. Osteoporozla ilgili vertebral kompresyon fraktürlerini gösterir. Kompresyon kırığında vertebrada yoğun aktivite görülür. Kırığı izleyen 2 hafta içinde sintigrafik bulgu görülür. Sintigrafik iyileşme 6 aydan başlayıp 18 ayı bulan bir zamanda olabilir. Radyolojik olarak izlenen fraktür, sintigrafik bulgu vermiyorsa, eskidir.

Hiperparatiroidizm: Hiperparatiroidide kemik turnoveri artmıştır. Bunun sonucu olarak tüm iskelette MDP tutulumu artar. Zemin aktivite azalmıştır. Kalvaryum, mandibula, kostakondral eklemler ve sternumdaki artmış tutulum belirgindir.

Renal osteodistrofi: Böbrek yetersizliğine bağlı gelişen kemik hastalığıdır. Osteoporoz, osteomalazi ve sekonder hiperparatiroidizme bağlı bulgular ortaya çıkar. Hiperparatiroidizme benzer kemik sintigrafisi bulguları görülür. Yumuşak doku kalsifikasyonları olabilir.

Osteomalazi: Hiperparatiroidizme bağlı kemik sintigrafisi bulguları belirgindir. Kostalarda psödofraktürler izlenebilir. Psödofraktürler genellikle simetriktrir.

Paget hastalığı: Paget hastalığının tanısı ve yaygınlığının gösterilmesi için kemik sintigrafisi yararlıdır. Hastalık genellikle birden çok kemiği tutar. Hastalığın bulunduğu kemik bölgesinde yoğun MDP tutulumu görülür. Çoğunlukla pelvis, skapula ve vertebralar tutulumu görülür. Kemik sintigrafisi hastalığın yayılımının ve tedaviye cevabın belirlenmesinde kullanılır.

Travmalar: Yaşla ters orantılı olmak üzere travma bölgesinde aktivite birikiminde artış izlenir. Bu aktivasyon iki yılda normale döner. Açık redüksiyon veya fiksasyon yapılan kırıklar daha uzun sürede normale dönerler. Travmada kemik sintigrafisi görünümü üç fazda izlenebilir: Akut faz (3-4 hafta); aktivite akümülayonu diffüz olarak artar. Subakut faz (2-3 ay); aktivite lokalize ve artmış şekilde izlenir. Düzelmeye fazı (3 ay ve sonrası); aktivite birikimi azalmaya başlar. Stress kırıklarında 3 fazlı kemik sintigrafisi patolojiyi radyografiden daha erken gösterir. Erken dönemde kanlanma artmış, geç dönemde MDP tutulumu artmıştır (tibia orta-alt kesimde medial yerleşimli). Shin-splint tibiaya yapışan kaslardaki gerilmenin neden olduğu periost reaksiyonudur. Erken fazda perfüzyon artışı görülmez. Geç fazda tibia posteriorunda longitudinal, lineer aktivite artışı görülür. Plantar fasciitis de tendon yapışma yerinde fokal artmış aktivite dikkat çeker. Reflex sempatik distrofi de etkilenen extremitede yaygın aktivite artışı vardır.

Kemik displazileri: paget hastalığı, fibröz displazi, enkondromatosis, herediter eksostozis, meloosteosis.

Kemik SPECT: Kronik bel ağrısında kemik spect etyolojinin araştırılmasında yararlı. Özellikle vertebraların posterior kesiminden kaynaklanan patolojiler SPECT ile ayırt edilebilir. Kronik bel ağrısı nedeni olan faset eklemi patolojisi SPECT ile gösterilebilir. Spinal cerrahi sonrası ağrılı hastaların değerlendirilmesinde SPECT yararlı. Sakroiliak eklem patolojiler SPECT ile değerlendirilebilir. Vertebral kolon metastazlarının gösterilmesinde kemik SPECT planar sintigrafiye göre daha sensitif. Femur başı avasküler nekrozu SPECT ile incelenebilir. Menisküs yırtıklarında kemik SPECT kondiler aktiviteyi, erken dönem görüntüleri ise artmış kanlanmayı gösterir. Temporomandibuler eklem patolojileri SPECT ile görüntülenir. Malign otitis media SPECT ile görüntülenir.

Kemik PET: F-18 FDG PET yaygın olarak kullanılır. Meme kanserinde kemik metastazlarının gösterilmesinde kemik sintigrafisinden daha duyarlıdır. Osteolitik ve mixt tip metastazların gösterilmesinde PET daha sensitif olmasına karşın, sklerotik metastazların gösterilmesi daha zordur. Prostat kanseri metastazlarında FDG PET'in başarısı düşüktür. Osteoblastik prostat kanseri metastazlarının gösterilmesinde PET, MDP kemik sintigrafisine göre daha az sensitif. Akciğer kanserlerinin metastazları için kemik sintigrafisi ve PETin sensitivitesi aynı, PETin spesifitesi daha yüksek. Lenfoma ve myeloma vakalarında PET kemik tutulumunu daha iyi gösterir. F-18 NaF kemik PET konvansiyonel kemik sintigrafisine göre daha sensitif. Benin malin ayırımında yeterince güvenilir değil. F-18 kemik PET litik lezyonların gösterilmesinde kemik sintigrafisinden daha başarılı.

Metastatik kemik ağrısı palyasyonu: samaryum 153, strontium 89, fosfor 32. Rhenium 186; beta ışınımı ile tümör metastazlarındaki ağrının azaltılması amacı ile kullanılır.

9 - Nükleer Kardiyoloji

Myokard görüntüleme teknikleri:

1-Myokard perfüzyon sintigrafisi. 2-Radyonüklid ventrikülografi (MUGA). 3-Diğer nükleer kardiyoloji incelemeleri (first pass çalışması).

Myokard perfüzyon sintigrafisi:

Radyofarmasötikler; Tl-201, Tc-99m MIBI.

Endikasyonlar: 1.Myokardiyal iskemi veya infarktın varlığı, lokalizasyonu, yaygınlığı ve şiddetinin değerlendirilmesi. 2.Myokard canlılığının değerlendirilmesi ve revaskülarizasyon sonrası fonksiyonel düzelmenin ön görülmesi.

MPS'nin tekniği: Stres ve istirahat (rest) görüntülemesi yapılır. Tl-201'de stres daima istirahattan önce yapılırken Tc-99m MIBI'de farklı protokoller ile bazen stres, bazen de rest görüntüleri önce yapılır. Stres genellikle hastanın treadmill'de koşturulması ile sağlanır.

Treadmill egzersiz stres testi: treadmill (yürüme bandı) egzersiz testinde genellikle Bruce protokolü uygulanır. Egzersiz testinde amaç, hastanın yaşına göre saptanan maksimum kalp hızının %85 ve fazlasına ulaşılmaktır. Radyofarmasötik enjeksiyonu maksimum egzersiz anında İ.V. olarak yapılır.

Farmakolojik stres testi: çeşitli nedenlerle egzersiz yapamayan hastalara (ör. ciddi pulmoner hastalık, artrit, amputasyon, nörolojik hastalık vb.) koroner hiperemi oluşturan veya kardiyak iş yükünü arttıran ilaçlar ile farmakolojik stres uygulanabilir. Genellikle dipridamol, dobutamine veya adenosine bu amaçla kullanılır.

Görüntüleme: genellikle SPECT görüntüleme yapılır. SPECT teknik özelliğine sahip gama kameralarda 180 veya 360 derecelik yörünge kullanılarak görüntüler elde edilebilir. Elde edilen ham görüntüler bilgisayar programları desteği ile tomografik kesitlere ayrılır. Bu kesitler coronal, sagittal ve transaxial kesitlerin karşılığı olarak short axis (SA), vertical long axis (VLA) ve horizontal long axis (HLA) olarak adlandırılır.

Görüntülerin değerlendirilmesi: tomografik kesitler stres ve istirahat görüntüleri bire bir karşılaştırılmaya izin verecek şekilde dizilerek görsel (kalitatif) olarak değerlendirilir. Değerlendirme sırasında kontrast ve parlaklık ayarları yönünden ve renkli veya gri skalada ayarlamalar yapılır. Görsel değerlendirmelerdeki hataları azaltmak için Bull's eye (Kantitatif) teknik analiz yöntemi ile kontrolü yapılır.

Kantitatif değerlendirme: short axis görüntüleri, her bir myokard bölgesindeki rölatif aktiviteler için çeşitli software desteği (CEQUAL, vs) ile analiz edilebilir ve sonuçlar normal veri tabanları ile karşılaştırılabilir. Myokard perfüzyon sintigrafisi kantitatif olarak değerlendirildikten sonra koroner arter haritası ile aktivitenin rölatif dağılımı gösterilebilir.

Yorumlama: iskemi veya infarkt varlığı aranır. İskemi; stres görüntülerinde perfüzyon defekti, istirahat görüntülerinde ise normal perfüzyon şeklindedir. Reversible defekt. İnfarkt; hem stres hem de istirahat görüntülerinde sabit perfüzyon defekti izlenir. İrreversible defekt.

Myokard canlılık araştırmaları: Koroner arterler daraldığı zaman myokard infarktüsünden (MI) önce myokard hibernating (kış uykusu) veya stunned (tıkalı) şeklinde korunmaya geçer. Bunların tespiti hastanın revaskülarizasyondan (BY-pass) iyi yararlanacağını gösterir. İstirahat görüntüleri yanında daha geç görüntüler alınarak tespit edilebilirler. Bunun gösterilmesine canlılık (viabilite) araştırması denir.

10 - Santral Sinir Sistemi Görüntülemesi

Konvansiyonel beyin sintigrafisi, beyin perfüzyon SPECT, beyin PET.

Beyin perfüzyon SPECT: 1970'li yıllarda araştırma çalışmaları başlanmıştır. 1990'lı yılların başlarında klinik kullanımı yaygınlaşmıştır. **Prensip:** lipofilik ve nötr yüklü radyofarmasötüğün KBB ini değişmeden geçerek kortikal va subkortikal beyin dokularına ulaşması. Hücre içinde hidrofilik hale geçerek hücre dışına çıkışını kaybetmesi.

Konvansiyonel beyin sintigrafisi:

Tc-99m işaretli DTPA kullanılır. Kan beyin bariyerini geçemez. Kan beyin bariyerinin bozulduğu iskemi, enfarkt, abse, enfeksiyon, tümör, travma vb. durumlarda RA geçişi izlenir. Günümüzde kullanılmamaktadır.

Endikasyonlar: İskemik ataklarda yer, büyüklük, şiddet ve prognoz tayini, temporal epilepside preoperatif dönemde odak belirlenmesi, demans ile seyreden hastalıkların ayırıcı tanısı, yaşlılıkta izlenen depresyon ile demans başlangıcının ayırıcı tanısı, beyin ölümünün saptanması, toksik maddelerin ve ilaçların CBF üzerine etkisinin saptanması.

Radyofarmasötiklerin genel özellikleri: Lipofilik ve nötr yüklü olmalı, KBB'ini değişmeden geçmeli, ilk geçişte yüksek tutulum oranı olmalı, tetkik boyunca sabit kalmalı ve tekrar dağılım göstermemeli, serebral tutulumu serebral perfüzyonla orantılı olmalı.

Radyofarmasötikler: I-123 IMP, Tc-99m HMPAO, Tc-99m ECD.

Hasta hazırlığı: Damar yolu enjeksiyon öncesi açık olmalı, enjeksiyon yapılacak oda loş ve sessiz olmalı, hastanın gözleri bir bantla kapatılmalı.

Enjeksiyon: Beyin perfüzyon ajanları bolus tarzında olmalı.

Görüntüleme: İV enksiyon sonrası RF ajanının özelliğine göre değişen süre 15 dakika-1 saat bekleme, sırtüstü pozisyonda iken baş hafif fleksiyonda sabitlenir, Fan-Beam veya paralel delikli kollimatör. Tercihen 128×128 matrikste, 360° boyunca, 6°lik açılarla herbiri 20-30 saniyelik 60 görüntü alınır.

Proses ve rekonstrüksiyon: Transaksiyel görüntüler üzerinden; orbitomeatal, frontooccipital olur. Çizgiye getirilerek axial, saggital ve coronal kesitler oluşturulur.

Sonuçlar: Normal tetkik, beyinde tüm kortikal ve subkortikal alanlar homojen tutulum gösterirler. **Patolojik bulgular:** serebrovasküler ataklar (SVA), SVA'da tutulan arterin beslediği bölgede hipoperfüzyon izlenir. **Orta serebral arter:** temporal lob ile değişen ölçülerde frontal, parietal ve occipital loblar ile bazal ganglionlarda hipoperfüzyon. **Anterior serebral arter:** üst frontal kortekste interhemisferik fissur boyunca uzanan medial yüzünde bir şerit şeklinde perfüzyon defekti. **Posterior serebral arter:** occipital lob. Görsel asosiyatif alanları ilgilendiren perfüzyon kaybı, tek taraflı serebellar hemisferde belirgin hipoperfüzyon. **Geçici iskemik atak:** lezyon bölgesinde diğer SVHlara oranla daha hafif hipoperfüzyon. **Demanslar:** alzheimer demans; geri parieto-occipital hipoperfüzyon, çoğunlukla bilateral. **Multienfarkt demans:** küçük çok sayıda asimetrik kortikal defektler. **Pick hastalığı:** frontal lob perfüzyonunun azalması, frontal korteksin üst bölümünde daha belirgin. **Epilepsi:** iktal fazda epileptik odakta hiperperfüzyon, interiktal fazda hipoperfüzyon. **Beyin ölümü:** beyin perfüzyon yokluğu, tipik olarak boş kafatası görünümü, hot nose belirtisi.

PET görüntüleme: Pozitron, unihilyon reaksiyonu, coinsidans (uyumlu) kolimasyon, kısa yarı ömür, metabolik ve moleküler görüntüleme, yüksek rezolüsyon, kantitatif analiz. Şunlar kullanılır; F 18 FDG, C 11 metionin, C 11 palmitat, O 15, C0, Co2. Şunlar değerlendirilir; karbonhidrat metabolizması, yağ metabolizması, protein metabolizması, beyin kan akımı (cBF), beyin oksijen tüketimi. Hücrel biyokimyasal proseslerin görüntülenmesi, moleküler görüntüleme, kantitatif analiz yapılabilir. Beyin PET görüntüleme, onkoloji tüm vücut PET görüntüleme, koroner arter hastalığı PET görüntüleme vardır.

Beyin PET görünümü: serebrovasküler hastalıklar, beyin tümörleri, enfeksiyonlar ve beyin absesi, demansların ayırıcı tanısı, epilepsi, koma ve travmada prognoz tayini, hareket bozuklukları, toksik ajanların beyin üzerine etkileri, serebral aktivasyon çalışmaları, adrenerjik ve dopamin reseptör çalışmaları yapılabilir.

11 - Üriner Sistem

Dinamik böbrek sintigrafisi:

Prensip: İdeal olarak sadece böbrekler yolu ile atılan radyofarmasötiklerin kinetiğinin takip edilerek böbreğin perfüzyon ve fonksiyonlarının değerlendirilmesidir.

Radyofarmasötikler: **Tc-99m DTPA (dietilentriaminopentaasetik asit):** direkt olarak glomerüllerden süzülür ve hiçbir geri emilime uğramaz. Renal klirensi ise 120-130 ml/dakikadır. Plazma proteinlerine bağlanma oranı %5-10 arasında değişmektedir. GFR ölçümlerinde plazma proteinlerine bağlanma oranı dikkate alınarak gerekli düzeltme yapılmalıdır. Renal klirensi böbrek akım hızından ve robenezid gibi ilaçlardan etkilenmez. **I-123 OİH, I-131 OİH (ortoiodohippurik asit):** I-123 veya I-131 ile işaretli OİH böbrek tarafından en hızlı atılan radyofarmasötiktir. İlk geçişte plazmada bulunan OİH'nın hemen hepsi plazmadan temizlendiğinden klirensi renal plazma akım değerini yansıtır. Ortoiodohippurik asidin plazma proteinlerine bağlanma yüzdesi paraaminohippurik aside(PAH) göre yüksek olduğundan ölçülen efektif renal plazma akım değeri PAH ile elde edilen değerden daha düşük bulunur. Enjekte edilen değer % 70'i 30 dakika içinde böbrekler tarafından atılır. Bu dozun %2'si karaciğer tarafından atılmaktadır. **Tc-99m MAG3 (merkaptosetiltrigilisin):** ekstraksiyon fraksiyonu %40-50'dir. Renal klirens ise 300-400 ml/dakikadır. Plazma proteinlerine bağlanma oranı %66-90 arasında değişmektedir. Plazma proteinlerine yüksek oranda bağlandığından sadece %2'si glomerüler filtrasyona uğrar. %98'i tübüler sekresyonla idrara geçer. Renal klirensin yüksek olması nedeni ile görüntü kalitesi Tc-99m DTPA'ya göre daha iyidir.

Teknik: Hastanın hazırlığı: Hastalar çekimden yarım saat önce başlanarak 400-1000 ml (1 yaş altı 10 ml/kg) oral yoldan hidrate edilmelidir. **Enjeksiyon:** 370-444 MBq Tc-99m DTPA, 20-30MBq I-123 OİH, 7-15 MBq I-131 OİH, 185-370MBq Tc-99m MAG3 intravenöz olarak kamera altında enjekte edilir. **Gamma kameranın pozisyonu ve görüntüleme:** hasta oturur veya yatar pozisyonda çekim yapılır. Kamera, her iki durumda posterior pozisyonda ve görüş alanı içerisinde böbreklerle beraber mesanenin, mümkünse tümü alacak şekilde yerleştirilir. Çocuklarda zoom yapılmalıdır. İV yoldan radyofarmasötüğün enjeksiyonu ile eşzamanlı olarak 60×1 saniyelik ve takiben 120×20 veya 80×30 saniyelik iki fazlı dinamik kayıt gerçekleştirilir. Dinamik çekim sonunda mutlaka 1 dakikalık statik postmiksiyonel görüntü kaydı yapılmalıdır. Gerekirse 0.4mg/kg furasemid 20. dakikada yavaş olarak İV enjekte edilir ve görüntülemeye 2 dakika daha devam edilir. Diüretik cevabından emin olunamadığı durumlarda dinamik çekim sonrası 2 saate kadar statik takip yapılır. **Proces:** böbrekler, background ve abdominal aort üzerine ilgi alanları çizilerek kan akımı ve böbrek fonksiyon eğrileri (renogram) elde edilir. Dekonvolusyon ile ortalama transit zamanı hesaplanır.

Endikasyonlar: böbreklerin perfüzyon ve endikasyonlarının değerlendirilmesi, böbrek travmaları, renovasküler hipertansiyon tanısı, ana üriner sistem toplayıcı kanallarında basit dilatasyon ve obstrüksiyonun ayırıcı tanısı.

Renogram: 1.Faz: renal kan akımına tekabül eder. **2.Faz:** renal konsantrasyon (akümülyasyon) fazıdır, dik çıkış gösterir. Gittikçe artan tutulum ve tutulmuş aktivitenin kimsen atılmasının sonucudur. Maksimal aktiviteye uyan bir pikle sona erer. **3.Faz:** renal ekskresyon fazıdır. Bu fazda radyofarmasötüğün kan klirensinin azalması sonucunda tutulum atılan miktardan daha azdır. Renogramda iniş izlenir.

Patolojik tetkikler: A-Hafif derecede pelvik retansiyon: konsantrasyon fazı normaldir, ekskresyon biraz gecikmiştir. Pik yuvarlaklaşmış olarak izlenir. Obstrüksiyon ile uyumlu bulgu mevcut olmadığından diüretik uygulamasına gerek yoktur. Cerrahi müdahaleye gerek yoktur. **B-Orta derecede pelvik retansiyon:** konsantrasyon fazı yükselerek plato oluşturur. Diüretik uygulamasına cevap olarak ani düşüş izlendiğinden mekanik bir obstrüksiyon mevcut değildir. Obstrüksiyon fonksiyonel olarak kabul edilir (basit dilatasyon). Cerrahi müdahaleye gerek yoktur. **C-İleri derecede pelvik retansiyon:** konsantrasyon fazı yükselerek plato oluşturur. Pik mevcut değildir. Diüretik uygulamasına kısmi cevap izlenir. Mekanik bir obstrüksiyon mevcudiyeti konusunda karar verilemez. **D-Mekanik obstrüksiyon:** renogram yükselen eğri tarzındadır. Pik mevcut değildir. Diüretik uygulamasına cevap yoktur. **F-İleri derecede fonksiyon kaybı:** böbrekte zemin

aktivitesinden biraz fazla tutulum izlenir ve bu tutulumu diüretiğe cevap vermeyen bir plato takip eder. Cerrahi müdahaleden fayda sağlamaz. **E-Atrofik böbrek:** renogram eğrisi kan akımı eğrisi karakterindedir.

ACE inhibitörleri ile dinamik böbrek sintigrafisi: Antihipertansif olarak kullanılan anjiotensin konverting enzim (ACE) inhibitörlerinin tatbiki sonrasında arter stenozlu böbreğin fonksiyonunda meydana gelen değişikliklerin dinamik renal sintigrafi ile ortaya konulmasıdır. Renal arter stenozlu (RAS) böbrekte renin-anjiotensin sisteminin aktive olması ile efferent arteriyolde meydana gelen vazokonstriksiyon yardımıyla glomerüler filtrasyon miktarı sabit tutulmaya çalışılır. ACE inhibitörlerinin efferent arteriyoldaki vazokonstriksiyonu kaldırması ile glomerüler filtrasyonda oluşan azalma böbrek sintigrafisi ile gösterilir. Endikasyon; renal arter stenozu. Radyofarmasötikler; dinamik renal sintigrafi ajanları. Hasta hazırlığı; ACE inhibitörü kullanan hastalar en az iki gün önce ilaç kesmelidir, ciddi hipotansiyon riski nedeni ile diüretik kullanımına 3 gün önceden ara verilir, çekimden yarım saat önce başlanarak 10-15 ml/kg su ile hastanın hidrasyonu sağlanır. Tetkik bazal ve ACE inhibitörlü olmak üzere iki aşamalı yapılır.

Glomerüler radyofarmasötikler: ACE inhibitörlü çekimde 25-50 mg kaptoprilin hastaya oral olarak verilmesinden 1 saat sonra dinamik renal sintigrafi yapılır. Tübüler radyofarmasötikler kullanıldığında radyofarmasötik enjeksiyonundan hemen sonra 40 mg furasemid İV olarak enjekte edilir. Glomerüler radyofarmasötikler kullanıldığında temel tanı kriterleri konsantrasyon fazını baz aldığından diüretik enjeksiyonu gereksizdir. Bazı merkezlerde önce ACE inhibitörlü çekim yapılır. Anormal bulguya rastlanmaması halinde bazal çekim gerçekleştirilmez. Patolojik tetkikler glomerüler radyofarmasötikler Patolojik tetkikler glomerüler radyofarmasötikler; renal arter stenozunda, kaptopril uygulamasından sonra böbreklerin konsantrasyon fonksiyonunda bozulma izlenmesine rağmen ekskresyon fonksiyonlarında belirgin değişiklik görülmez. Ancak bazı vakalarda izlenen parankimal staz RAS olasılığında artışa işaretler. %95'in üzerindeki stenozlarda böbrek fonksiyonları azaldığından kaptopril etkisi izlenmez. Kaptopril etkisi ile renogramda düzleşme ve bazal ve kaptoprilli çalışmada pik aktiviteye ulaşma süresinin 11 dakikadan daha uzun olması RAS lehinedir. Kaptoprilli sonrası rölatif fonksiyonlarında %10'dan fazla azalma ve/veya böbreklerin GFR'leri arasındaki oranın 1.5'dan daha fazla artması hastayı RAS açısından yüksek ihtimalli gruba sokar.

Tübüler radyofarmasötikler: Kaptoprilin etkisi, özellikle ekskresyon fazında kortikal staz olarak izlenir. Kaptoprilli çekimde 20. dakikada izlenen renal kortikal aktivitenin maksimal aktiviteye oranının % 30'un altında kalması RAS ihtimalini ortadan kaldırır. Bu vakalarda bazal çekime ihtiyaç yoktur. % 95'den fazla stenozlarda bazal tetkikte "çıkan eğri" tarzında renogram izlenir. Kaptoprilli çekimde de bir değişiklik izlenmez. Kaptoprilli çekimde bazal çekime göre rölatif tutulumda %5'den fazla azalma ve/veya maksimal pik zamanında % 40'dan fazla uzama RAS lehinedir.

Tanı kriterleri: 1-Yüksek ihtimalli; renogramda kaptopril sonrası en az bir derece kötüleşme. 2-Belirsiz (tanı konulamaz); I-III dereceli renogramlarda kaptopril sonrası değişim saptanmaması. 3-Düşük ihtimalli; renogramda kaptopril sonrası düzelme.

Yalancı negatif sonuçlara yol açan durumlar: Hastanın fazla hidrate edilmesi, kronik ACE inhibitörü kullanımı, ACE inhibitörü kullanan hastaların ilaçları tetkikten önce kesmemeleri.

Yalancı pozitif sonuçlara yol açan durumlar: hastanın az hidrate edilmesi, mesanenin aşırı doluluğu, tuz depleksiyonu, hipotansiyon, renal arteriol vaskülit, konjestif kalp yetmezliği, tam obstrüksiyon, nefropatiler.

Tc-99m DMSA böbrek sintigrafisi:

Prensip: Tübüler ekstraksiyona uğradıktan sonra hücre içi proteinlere bağlanan dimerkaptosüksinik asit (DMSA) vasıtasıyla renal fonksiyonel parankimin görüntülenmesine dayanır.

Endikasyonlar: Şekil ve pozisyon anomalilerinin değerlendirilmesi, akut pyelonefrit tanı ve tedavi takibi, kronik pyelonefritte takip, böbreklerin rölatif ve mutlak fonksiyonlarının ölçülmesi.

Tc-99m DMSA: Her sirkülasyonda kandaki %4'ü proksimal tüpler ve Henle kulpunun ilk kısmındaki hücrelerin sitoplazmik proteinleri tarafından tutulur. Böbreklerde tutulan toplam aktivite enjekte edilen aktivitenin %40-45'idir. İskemi ve tübüler hücre disfonksiyonunda Tc-99m DMSA tutulumunda azalma izlenir. Erişkin dozu 100 MBq. Doz: (yaş+1) X erişkin dozu/yaş + 7. Minimal doz 40MBq'dur.

Görüntüleme: Anterior, posterior ve posterior obliq pozisyonlarda statik görüntüler alınır. SPECT bazı vakalarda ek bilgi verebilir.

Sonuçlar - Normal tetkik: Her iki böbrek normal yerleşimli ve normal boyutlarda olup homojen Tc-99m DMSA tutulumu gösterir. Böbreklerin rölatif tutulumu %50±5'dir. Mutlak tutulum değerleri tetkikin yapıldığı merkeze bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte genellikle %2 0-25 arasındadır. Belirgin Bertin kolonları nedeni ile bazı vakalarda heterojen tutulum izlenebilir. Fötal lobülasyon kenar düzensizliğine sebep olabilir. Kalisiyel genişlemeler dairesel azalmış tutulum alanları olarak görüntülenir. Dalak basısı nedeni ile sol böbrek üst kutup lateral kenarında düzleşme izlenebilir.

Sonuçlar - Patolojik tetkikler: **Akut pyelonefrit:** çoğunlukla üst ve alt kutup olmak üzere enfeksiyon bölgesinde Tc-99m DMSA tutulumunda azalma izlenir. Belirgin parankim kaybı ve kenar düzensizliği mevcut değildir. Uygun bir tedavi sonrası 3-6. ayda tekrarlanan tetkikte Tc-99m DMSA tutulumunun normale döndüğü saptanır. **Kronik pyelonefrit:** Tc-99m DMSA tutulumu ileri derecede heterojendir. Parankim kaybı ve kenar düzensizliği izlenir. Renal yetmezliğe yol açan ileri derecedeki parankim kayıplarında zemin aktivite ve karaciğer tutulumu artmıştır.

12 - GİS Nükleer Tıp Uygulamaları

KC-dalاک çalışmaları; hepatobiliyer sistem, koloidal KC-dalاک sintigrafi çalışması. **GİS transit time çalışmaları;** ösefagial transit time, gastro-ösefagial reflü, mide boşalma zamanı ($t^{1/2}$), intestinal transit time. **GİS kanama yeri çalışmaları;** alt GİS kanama yeri, ektopik gastrik mukoza tespiti.

Hepatobiliyer sistem radyonüklid görüntülemesi:

Tc-99m işaretli iminodiasetik asit deriveleri (HİDA ajanları) karaciğerde hepatositler tarafından tutulduktan sonra safra kanallarına ekskrete edilir. Hepatobiliyer sintigrafileri; şüpheli kolesistitler, biliyer anomaliler, postoperatif komplikasyonlar, KC transplantlarının değerlendirilmesinde, biliyer atrezi / neonetal hepatit ayırıcı tanısında faydalıdır. Günümüzde genel olarak HİDA, lidofenin (dimetil-IDA), disofenin (DİSİDA) ve mebrotfenin (trimetil-bromo IDA) kullanılır. Yetişkin hastalara genellikle 5-8 mCi Tc99m- IDA derivesi İV olarak edilir. Ciddi hiperbilirubinemi varsa daha yüksek doz verilebilir. İV enjeksiyonu takiben paralele kolimatör ile KC ve üst abdomeni içine alan anterior projeksiyonda 1 sn'den x 60 frame: 1 dakika, 45 sn'den x 60 frame: 45 dakika olmak üzere seri görüntüler alınır. Artmış kan havuzu aktivitesi veya anlamlı renal ekskresyon hepatik uptake'in azalmış olduğunu yani hepatik parankim bozukluğunu gösterir. Karaciğerde hızlı uptake ve aktivitenin kleransi hepatik parankimin normal fonksiyona sahip olduğuna işaret eder.

Normal bulgular: Hepatik parankim 1. dakika da görülür (post İV) ve 5. dakikada peak aktivite oluşur. Safra kanalları 10. ile 30. dakikalarda, safra kesesi 15-30. dakika ile 1 saat içinde, duodenum ve jejunum aktivitesi 1 saat içinde izlenir. Akut kolesistit'de: ateş, lokösitoz, sağ üst kadranda ağrı ve kese duvarında akut inflamatuvar infiltrasyon bulunur. Kronik kolesistit'de: düşük inflamatuvar reaksiyon, taş ve ağrı gibi klinik semptomlar bulunur.

Patolojik bulgular: Safra kesesi normalde 1 saat içinde dolar. Eğer 1. saat'den daha geç izlenirse kronik kolesistit (muhtemelen). 4 saate rağmen safra kesesi görülmezse sistik kanal obstrüksiyonu veya akut kolesistit düşünülür. 2-3 mgr morfin enjeksiyonunu takiben safra kesesi izlenirse sistik kanal obstrüksiyonu düşünülür. Pankreatit, kaşeksi ve ciddi sistemik hastalıklar da sintigrafide safra kesesinin nonvizualizasyon sebebi olabilirler. Kese agenezisi oldukça seyrek görülür ve sintigrafik olarak akut kolesistitten ayrılamaz. Ana safra kanalı obstrüksiyonunda duodenuma aktivite geçişi olmaz ancak safra kanalı obstrüksiyon noktasına kadar izlenebilir. Oddi sfinkterinde fizyolojik veya fonksiyonel obstrüksiyonda da bağırsaklara radyoaktivite geçişi izlenmez. CCK (sinalde) enjeksiyonu ile fonksiyonel oddi sfinkter spazmı çözülür ve RA madde bağırsaklara geçer. Caroli's disease gibi safra yolu anomalileri ve koledok kistleri HİDA ajanları ile gösterilebilirler. Şüpheli safra sızıntısı olan postoperatif hastalarda da hepatobiliyer sintigrafi faydalı olabilir. Safra sızıntısının teşhisi sağ parakolik alan veya subhepatik gibi anormal lokalizasyonlarda RA akümüasyonu izlenmesiyle konur. KC transplantlarının değerlendirilmesinde rejeksiyon bulguları ile karaciğer peak aktivite arasında korelasyon görülmektedir.

Pediyatrik uygulamalar: Neonatal hepatit yeni doğanlarda genellikle uzun süre devam eden konjuge hiperbilirubinemi sebebidir. KC biopsi specimenlerinde inflamasyon yanında intrahepatik kolestazis mevcuttur. Biliyer atrezi de neonatal sarılık sebebidir. Biliyer atreziyi neonatal hepatit'den ayırmak önemlidir. Çünkü biliyer atrezili çocuklar erken cerrahi girişime ihtiyaç duyarlar. En az 1mCi Tc99m-HİDA İV yolla verilir. Sintigrafi öncesi 5-7 gün süreyle yükleme dozu olmaksızın 10 mg/kg/günlük dozda fenobarbital kullanılır. **Neonatal hepatit:** azalmış ve uzamış KC uptake, artmış blood pool aktivite, yaklaşık 6-8 saat sonra bağırsak aktivitesi görülür. GİS aktivitesi görüldüğünde 24 saat izlemeye gerek duyulmaz. **Biliyer atrezi:** Extrahepatik safra kanalında atrezi ile karakterize olup hayatın ilk birkaç ayında hepatik uptake ve ekskresyon normaldir. Enjeksiyonu takiben 24. saatte bile GİS'e radyoaktivite geçişi izlenmez.

Kolloidal KC-dalak sintigrafisi:

Kolloidal partiküller kullanılarak yapılan KC-dalak görüntülemesinin temel prensibi, küçük partiküllerin retikulo-endotelial sistem (RES) tarafından fagosite edilmesine dayanır. RES aktivitesinin % 90'nı KC-dalakta (çoğunluğu KC kupffer hücrelerinde), % 10'u kemik iliği ve AC makrofajlarında tutulur. Kolloidal partiküller 0.1-1 µm (bakteri büyüklüğünde) olup RES'de fagosite edildikten sonra günlerce kalır. KC-dalak anatomisini gösteren marker görevi görür. 5 mCi Tc99m- sülfür kollaid'in İV enjeksiyonundan 15 dakika sonra 500 kcount'luk anterior, posterior, sağ ve sol yan KC-dalak statik görüntüleri alınır. Normalde KC homojen görülür. Anterior imajda: porta hepatis, safra kesesi, superior sağ lob bölgesi normalden düşük RAT'u gösterir. Posterior imajda: sağ renal fossa ve kostaların atenüasyonları izlenir. Dalakta RA uptake'i homojen olup KC'e oranla düşüktür. KC / dalak uptake oranı yaklaşık 1.5 dir

Parankimal KC hastalıklarında (viral ve alkolik hepatitler, pasif konjesyon, infiltratif bozukluk): KC'de büyüme, diffüz azalmış uptake, dalak ve Kİ'inde artmış uptake izlenir. Eğer siroz gelişirse küçük KC ve KC parankiminde ileri derecede azalmış uptake izlenir. Fokal lezyonlar: primer ve sekonder KC tümörleri, abse, kist, hematoma, diğer yer işgal eden kitlelerde azalmış fokal uptake izlenir. Fokal nodüler hiperplaziler ve vasküler anomalilerde artmış fokal uptake izlenir. Superior Vena Kava Sendromunda anteriorda KC santralinde RA artışı Budd Chiari sendromu veya hepatik venoz tromboziste hipertrofik caudata lob (posteriorda KC santralinde intensite artışı) izlenir.

Dalak görüntülenmesinde: Hipersplenizm, splenektomi sonrası rezidüel doku, ektopik dalak dokusu değerlendirilir. Ayrıca Tc-99m işaretli eritrosit (RBC) ile vasküler KC lezyonları görüntülenebilir. Kavernöz hemangioma: geç hipervaskülerite. Hepatoma ve metastatik islet cell carcinoma: erken hipervaskülerite gösterir.

GİS fonksiyon değerlendirilmesi:

Ösefagial fonksiyon: Ösefagusun benign ve malign hadiselerinde, akalazyaya ve kontraksiyon bozukluklarında ösefagial transit time (ÖTT) hesaplanır. Üst, orta ve alt ösefagus kantifikasyonu da yapılabilir. 15 ml su içine 150-300 µCi Tc99m SC veya Tc99m-DTPA konulduktan sonra, bir yutma hareketi ile içirilir. 0.5-1 sn/frame'den 15 saniyelik görüntüler alınır. Normal kişilerde ÖTT: 3-6 saniyedir.

Gastro-ösefagial reflü çalışması: 200 ml süt içerisine 0.5 mCi Tc99m-SC veya Tc99m-DTPA karıştırılır. Karışım içirildikten sonra 5-30 sn'den 45 dakikalık görüntüler alınır. Süt birkaç imajdan sonra mideye iner. Değerlendirilmede ilk 1-2 dakikalık görüntüler dikkate alınmaz. Eğer 45 dakikalık görüntülerde reflü izlenmemişse hastaya intraabdominal basınç uygulanarak 2 dakikalık stimülsüzlü imajı alınır. 24. saatte AC'de aspirasyon olup olmadığının saptanması için statik thoraks görüntüsü alınır.

Mide boşalma çalışması: Sıvı gıdalar: 200 cc süt veya meyva suyuna 1mCi Tc99m-SC veya Tc99m-DTPA karıştırılır ve içirilir. Her biri 2 dakika x 30 frame: 60 dakikalık görüntüler alınır. Semi-solid gıdalar: 200 cc süt içine 1mCi Tc99m-SC veya Tc99m-DTPA konulur. Bir dilim ekmek, bir kibrit kutusu büyüklüğünde peynir ve ve bir adet yumurta yedirilmesini takiben her biri 2x 45 frame: 90 dakikalık dinamik görüntüler alınır. Normal mide boşalma zamanı sıvı gıdalar için t^{1/2}: 30±10 dakika. Semi-solid gıdalar için t^{1/2}: 55±15 dakikadır. Uzamış boşalma: gastro-ösefagial reflü, diyabetik gastroparöz, pylör stenozu. Hızlı boşalma: dumping sendromu ve hipertiroidi.

Peritonovenöz shunt değerlendirilmesi: PV shuntlar peritoneal kavitedeki asit'i santral drene ederek basıncı azaltır. Shunt kateteri abdomen ile boyundaki büyük bir vena konur (Göğüs duvarını sübkütan geçer) Drenajı sağlamak için tek yönlü kapak içerir. 1-5 mCi Tc99m SC veya Tc99m-MAA peritoneal kaviteye enjekte edilir. Shunt çalışıyor veya drenaj normal ise tracer'in gidişi izlenir. Fibrinöz depositlerde parsiyel obstrüksiyon olursa geç olarak SC karaciğerde, MAA akciğerde tutulur. Komplet obstrüksiyon olursa herhangi bir RA geçişi izlenmez.

Tükruk bezlerinin (parotis, submandibular ve sublingual) görüntülenmesi: Tc99m perteknetat İV enjeksiyonu sonrası dinamik ve statik görüntüler alınır. Tükruk bezlerin fonksiyonları, kanal obstrüksiyonu, enfeksiyonlar, Warthin tümörü, Sjögren sendromu, abse, kist, taş ve metastazları saptanabilir.

GİS kanamaları: Akut Gİ kanama tedavilerinin etkinliği kanama yeri lokalizasyonunun doğru tespitine bağlıdır. Anamnez ve klinik bulgular genellikle alt ve üst GİS kanama ayırımını sağlar. Üst Gİ kanamalar; gastrik entübasyon. Fleksible fiberoptik endoskopi ile sıklıkla konfirme edilirler. Alt Gİ kanamalarının tespiti daha problemlidir. Aktif kanama esnasında endoskopi ve baryum çalışmaları sınırlı değer taşırlar. Ancak kontrast madde enjeksiyonu, aktif kanama esnasına tesadüf ederse kanama yeri tespiti anjiyografi ile başarılı olabilir. Alt Gİ kanamalar tipik olarak intermitten karakter gösterirler.

Radyonüklid Gİ kanama çalışmaları: 1955 yılında Cr51 işeretli kırmızı kan hücreleri (RBC) ilk kullanılan radyofarmasötik Cr51-RBC görüntüleme metodu olmayıp, feçes örneklerinin sayımı ile kan kaybı kantifikasyonu GİS'in çeşitli bölgelerinden örnekler alınarak kanama lokalizasyonu yapılmaya çalışılmıştır. Klinik pratiği ve güvenilirliği olmadığından günümüzde geniş biçimde kullanılmazlar. 1977 yılında aktif Gİ kanamalı hastalarda Alavi ve ark. Tc99m-SC ile 1979 yılında Winzeberg ve ark. Tc99m-RBC kullanarak kanama lokalizasyonlarını göstermişlerdir. Günümüzde noninvazif aktif kanama yeri tespitinde Tc99m-RBC daha sık kullanılmaktadır. Tc99m-SC İV enjeksiyonu takiben hızla RES tarafından tutulur. Plazmadan yarılanma klerensi yaklaşık 2.5-3.5 dakikadır. Enjeksiyonu takiben 15 dakika içinde Tc99m-SC'in % 95'inden fazlası vasküler sistemden temizlenir. Aktif kanama esnasında ekstravaze olan radyoaktif madde intestinal lümende fokal artmış akümülyasyon olarak görülür.

Gİ kanamaya ait fokal RAT'ları zaman içerisinde hareket ederler: Tc99m-SC çalışmalarında fiks RA uptake izlenmesi; ektopik dalak, renal transplant, asimetrik kemik iliği aktivasyonu (tümör invazyonu, enfarkt ve fibrosis) tanınabilir. Tc99m-RBC çalışmasında değerlendirme zorlukları. ***Sık görülen:*** Gİ mukoza (serbest TcO4), genito-üriner sistem, ektopik böbrek, renal pelvik aktivite, üreter, mesane, uterine kanlanma (menstruasyon), erkek genital. ***Sık olmayan:*** aksesuar dalak, hepatik hemanjioma, ösefajial ve gastrik varisler. ***Nadir:*** vasküler anomaliler (anevrizma, abdominal varis, arteriyel greft, hemanjiom, anjiyodisplazi), tümörler.

Ektopik gastrik mukoza: Gastrointestinal kanal duplikasyonu, Meckel divertikülü, Barret ösefagus.

Meckel divertikülü: %1-3 arasında görülen konjenital anomali, embriyonik omfalo-mezenterik kanal kalıntısıdır. İleoçekal valvie yaklaşık 80 cm proksimalinde ve 2-3 cm büyüklüğündedir. %10-30 gastrik mukoza içerir. Yaklaşık % 60 semptomatik ve bunların % 98'i kanama komplikasyonu görülür. ***Meckel sintigrafi protokolü:*** 4-6 saat aç olmalı, teknesyum enjeksiyonundan 15 dakika önce İV yolla H2 reseptör blokörü (simetidine) verilmesi, 1-15 mCi Tc99m perteknetat İV enjeksiyonu. Dinamik görüntüler 1sn x 60 fr, statik her 5-10 dakikada 500.000-1.000.000 sayım, toplam 60-90 dakika takip. ***Değerlendirme:*** fokal intraperitoneal artmış aktivite, genellikle sağ alt kadranda, uptake kalıcıdır ve zamanla intensitesi artar, lateral veya oblik görüntüler ile renal-üreteral orijinli aktivite ayrılabilir. ***Yanlış negatif sonuçlara yol açan nedenler:*** gastrit mukozanın yeterli miktarda olmaması, lezyonun 2 cm'den küçük olması, sekrete Tc99m perteknetatın washout'u, tekniğin iyi uygulanmaması. ***Yanlış pozitif sonuçlara yol açan nedenler:*** inflamatuvar lezyon, obstrüktif lezyon, A-V malformasyon ve tümörler.

Bitti