

RADYONÜKLİDİK TEDAVİ

Uzm.Ecz.Neslihan NAKİ SİVRİ



1978 Kars doğumlu. İlk ve orta eğitimini Ankara'da tamamladı. 1996 yılında Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nde eczacılık eğitimine başladı. 2000 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Radyofarmasi A.B.D'da araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 30 Nisan 2003 tarihinde bilim uzmanı derecesi aldı. Aynı yıl başladığı radyofarmasi doktora programına devam etmektedir.

A. Yekta Özer: Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Radyofarmasi Anabilim Dalı

Radyofarmasötikler, insanlarda teşhis ve tedavi amacıyla kullanılmak üzere hazırlanan ve bileşiminde radyoaktif çekirdek içeren organik veya anorganik maddelerdir. Radyofarmasötikler, radyoaktif atomların molekül yapısı içine girmeleri veya yer değiştirmeleri ile hazırlanırlar. Bu işleme işaretleme denir. Nükleer Tıpta radyofarmasötiklerin hemen hemen % 95 i teşhis, geri kalanı ise tedavi amacıyla kullanılır. İnsanlara verildikleri için steril, pirojeniz olmalıdırlar ve konvansiyonel ilaç için gerekli kalite kontrollerinin tümünü yerine getirmek zorundadırlar (1).

Nükleer Tıp güvenilir, ağrısız ve pek çok yöneme göre bazı hastalıkları önceden gösterebilen görüntülemenin kullanıldığı bir alandır. Nükleer Tıp'ta bununla hazırlanan bazı özel kimyasal bileşikler vücuda verilerek ilgili organ ve sisteme ait fizyolojik görüntüler elde edilmekte ve bu yolla birçok organ ve sistemin fonksiyonları değerlendirilmekte, başta tiroid hastalıkları olmak üzere bazı tümörler ve enflamatuarlı hastalıklarda ve kemikleri tutan kanserlerde tedavi amaçlı radyoaktif madde uygulamaları yapılmaktadır (2).

Nükleer Tıpta radyoaktif elementlerin tedavide kullanılmasında temel prensip, bir organ veya doku içerisine lokal olarak verilen veya me-

tabolik taşıyıcılar aracılığı ile hedef dokuya yönlendirilen radyoaktif maddelerin, çevresine yaydığı ışınlar yoluyla hedef hücrelerde oluşturduğu yıkıcı etkiden faydalanmaktır. Bu amaçla gerek onkolojik amaçlı gerekse onkoloji uygulamaları dışında, etkinliği ve güvenilirliği kanıtlanmış birçok radyonüklidin tedavi amaçlı uygulaması bulunmaktadır. Genel olarak kanser tedavisinde kullanılan lokal (cerrahi, radyoterapi ve lokal kemoterapi) veya sistemik (kemoterapi) tedavi yaklaşımlarından farklı olarak Nükleer Tıp, kanser tedavisinde hedefe yönlendirilmiş sistemik tedavi yaklaşımını kullanmaktadır. Bu tedavilerde amaç, hedef hücrelerde radyasyon etkisine bağlı sitotoksik etki (hücre ölümü) oluşturulurken, hedef hücreleri çevreleyen dokularda hücre hasarını mümkün olan en az seviyede tutmak ve vücudun geri kalan kısımlarını radyasyonun zararlı etkilerinden korumaktır (3).

Radyoaktif maddeler ışına yaparak belli bir yarı ömür kuralı uyarınca sürekli azalma gösterirler. Ayrıca vücuttan idrarla ve barsaklar yoluyla da atılmaktadırlar. Her maddenin farklı bir yarı ömrü olduğundan bunların vücuttan kaybedilmeleri de farklı farklıdır. Hastaya, verilen radyoaktif maddeye göre ne kadar süreyle ve nelere dikkat edilmesi gerektiği hakkında bilgi veril-

mektedir. Nükleer Tıpta en sık kullanılan radyoaktif madde Teknesyum olup fiziksel yarı ömrü 6 saattir. Genellikle i.v. enjeksiyonla verilen Teknesyum'un tamamı pratik olarak 24 saatte vücuttan atılır. Eğer İyot-131 kullanılıyorsa vücuttan tamamen temizlenmesi için pratik olarak 1 ay geçmelidir. Galyum-67, Talyum-201 gibi radyoaktif maddeler de pratik olarak 12-13 günde vücuttan atılırlar (2).

Hem gereksiz yere radyoaktiviteye maruz kalınmaması hem de hamile veya çocuk gibi, dokuları gelişme gösteren ve radyasyondan etkilenme olasılığı daha yüksek olan gruptaki insanları koruma prensipleri gereğince kullanılan radyoaktif maddenin cinsine göre değişen sürelerde radyoaktivite verilen kişi çevresindeki bireylerden uzak durmalıdır. Bu süreler ve korunması gereken mesafeler tetkik yapılan kişilere ilgili merkezlerde anlatılmaktadır. Radyoaktif maddelerin çoğu idrarla atıldığından idrar yolu ile bulaşma olmasına dikkat edilmelidir (2).

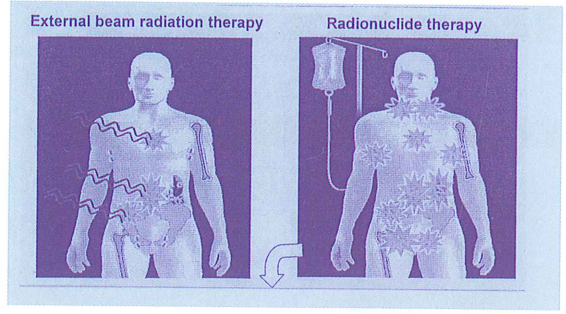
Nükleer Tıpta, aşağıda belirtilen teşhis ve tedavilerde hastalara belirli aktivitelere radyoizotop (Radyofarmasötik) uygulanır (4).

Radyofarmasötikler;

1. İlgili organın yeri ve morfolojik yapısını saptamak,
2. Organa ait hücrelerin ömürlerini belirlemek,
3. Organın veya kanın hacmini belirlemek,
4. Organda bir tümör veya kist bulunup bulunmadığını araştırmak,
5. Organa ait faaliyetlerin kontrolünü yapmak,

6. Organın ameliyattan önceki ve sonraki durumunu incelemek,

7. Organdaki doku kayıpları, infarktlar, nekrozlar ve abseleri anlamak,



8. Organda bulunması muhtemel olan yer değiştirme, eksiklik, durum değiştirme, ters dönme gibi durumları tesbit etmek,

9. Herhangi bir tümöral dokuyu tedavi etmek,

10. Herhangi bir metastatik oluşumun önlenmesi konularında yararlanılmaktadır (4).

Radyofarmasötiklerin %95'i teşhis amacı ile %5'i tedavi amacı ile kullanılmaktadır. % 5 oranında tedavide kullanılan radyonüklidlerin tedavi çeşitleri aşağıda sıralanmıştır(5):

Radyonüklidik Tedavide Kullanılan Ajanlar:

- * Elementel (I-131, P-32, Sr-89)
- * Metabolik Ajanlar(I-131 MIBG)
- * Antikorlar
- * Kemik görüntüleme şelatları
- * Biyo-indirgeyici ajanlar
- * İşaretli hücreler
- * Lipozomlar, niozomlar, mikroküreler, nanopartiküller

Uygulama Alanları:

- * Vasküler blokaj
- * Vücut kavitelerine direkt uygulama

Radyonüklidik Tedavinin Önemli Avantajları vardır (5);

- Sistemik olarak uygulandığı için hastalık tutulumu olan tüm alanlara etkilidir.
- Selektif absorpsiyon nedeniyle normal doku dozu düşüktür.
- Non-invazifdir.
- Orta ve uzun vadeli yan etkileri minimal düzeydedir.
- Tümördeki uptake tedavi öncesi belirlenebilir. Böylece toksisite azalır ve terapötik oran artar.

Radyonüklidik Tedavinin uygulandığı alanların sınıflandırılması (5):

1. Tiroid Hastalıklarında Radyoaktif İyot Tedavisi
2. Metastatik Kemik Ağrılarında Radyonüklidik Tedavi
3. Noro-endokrin Tümörlerin Radyonüklidik Tedavi
4. İşaretli Antikorla Tedavi
5. İntra-Kaviter Radyokolloid Tedavi
6. Radyasyon Sinovektomi
7. İntra-Arteriyel Radyoaktif Partiküllerle Tedavi
8. Myeloproliferatif Hastalıklarda Radyonüklidik Tedavi

1) Tiroid Hastalıklarında Radyoaktif İyot Tedavisi

Radyonüklidik tedavi uygulamaları: Tiroidin benign ve malin hastalıklarının tedavisi, I-131 (Radyoiyot) kullanılarak yapılır. Eksternal radyoterapiye göre farkı radyasyonun tümör spesifik radyofarmasötikler aracılığıyla selektif olarak tümör dokusuna verilmesi ve normal organların korunmasıdır (6). Radyoiyot tedavisi tiroid bezi

(guatr) hastalıklarının tedavisinde 50 yıldan beri başarıyla uygulanmaktadır. Tedavi sırasında önemli yan etkiler görülmez. İçerisinde iyot olan tüm yiyecek, içecek ve ilaçlar Radyoiyot tedaviden önce kesilmelidir (7).

Tedaviden önce kullanılması yasak olan ilaçlar ve tedaviden önce kesilmesi gereken süreleri:

İyod içeren öksürük şurupları 2 hafta

İyot içeren vitamin hapları 2 hafta

Tentürdiyot, lugol solusyonu, saç boyaları 2 hafta

Röntgen filmi çekiminde kullanılan maddeler 2-3 hafta

Tiroid hormon ilaçları (Levotiron, Tefor 4-6 hafta, Tiromel 2 hafta)

Guatr tedavisinde kullanılan ilaçlar (Propycil, Tiramozol 1 hafta)

Tedaviden önce yenmesi sakıncalı yiyecekler:

İyodlu tuz, kaya tuzu

Deniz ürünleri

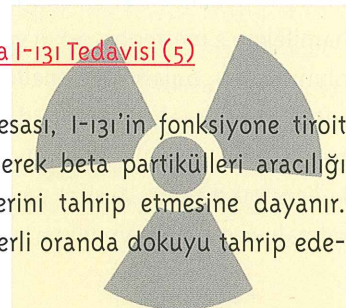
İçinde iyot olan, veya iyotlu tuz kullanılarak hazırlanmış konserve, hazır yiyecekler.

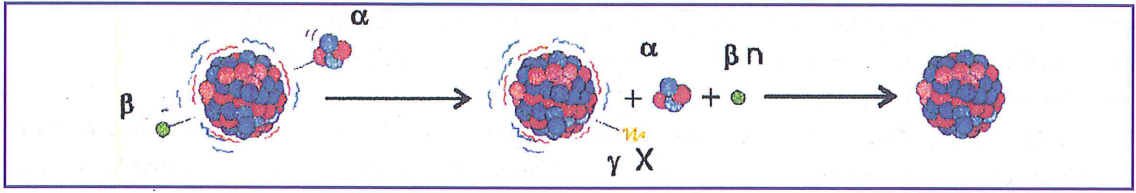
Çay, hazır kahve

Süt, yoğurt, peynir ve dondurma (7).

Tirotoksikoz'da I-131 Tedavisi (5)

Bu tedavinin esası, I-131'in fonksiyone tiroit dokusunda yerleşerek beta partikülleri aracılığı ile folikül hücrelerini tahrip etmesine dayanır. Tedavi amaçlı yeterli oranda dokuyu tahrip ede-





rek hastayı ötiroid duruma getirmektir. I-131'in yarı ömrü 8 gün, maksimum beta enerjisi 0.61 MeV'dir. Kapsül şeklinde veya suya eklenerek oral yolla verilir (5). İçerken, bir damla sıvının bile yere dökülmemesi için özen gösterilmelidir. Hasta tedavi öncesi 4-6 saat hiçbirşey yememeli ve içmemelidir. Hasta, I-131 çözeltisini içtikten sonra 2 saat hiçbirşey yememeli ve içmemelidir (7).

Normal biyodağılımı tükrük bezlerine, mideye ve üriner sisteme de olduğundan tedavi sırasında bu organlar da radyasyon dozu alır. Tedavi sırasında tükrük ve idrar akımı stimüle edilerek bu dozu azaltmak mümkündür (5). Bu nedenle bol miktarda su veya meyva suyu içilmelidir, sulu yiyecekler tercih edilmelidir. Tükrük bezinde I-131 birikmemesi için iki gün sakız veya limon dillimleri çiğnenmelidir.

Sık sık tuvalete giderek idrarda biriken radyoaktif iyot atılmalıdır. Tuvalet sonrası eller bol su ve sabunla yıkanmalıdır. Tuvaleti kullandıktan sonra en az 3 kez sifon çekilmeli ve tuvalet bol su ile yıkanmalıdır. Her gün, duş şeklinde yıkanılmalı, yıkandıktan sonra banyo temizlenmeli, çamaşır değiştirilmeli, çamaşır lar ayrı yıkanmalıdır. Tedaviden sonra bir hafta süreyle yatak odasında yalnız uyunmalıdır. Bir hafta süre ile diğer insanlarla iş arkadaşlarıyla uzun süreli ve yakın temas içinde bulunmamalıdır ancak aşırıya kaçılmamalıdır. Özellikle bebeklere, küçük çocuklara ve hamilelere 2 metreden yakın ve uzun süre birlikte olunmamalı, onları öpmemelidir. Birkaç gün ayrı çatal, kaşık, tabak ve bardak kullanılmalı ve bunlar bol su ile yıkanmalı, bulaşık makinesi kullanılmamalıdır. Ayrı el ve yüz havlusu kullanılmalı ve giysiler ayrı yıkanmalıdır (7).

Birçok ülkede radyoaktif iyot tedavisi yatmayan hastalara uygulanır ve 1 hafta raporla işe gitmemeleri, hamilelere ve küçük çocuklara yaklaşmamaları önerilir. Yatmayan hastaya uygulanan maksimum doz ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir ve en düşük doz bazılarında 5 mCi olarak uygulanmaktadır. Özellikle kalp yetmezliği olan yaşlı hastaların tedavi sonrası yakınmalarında artış olabileceğinden tedaviden sonraki 7-10 gün içinde kontrolleri gereklidir, çünkü tiroksinin pik salınması 7-10 gün içinde gerçekleşmektedir (5).

I-131 ile Tiroid Kanseri Tedavisi

Tüm vücut iyot taramada artmış tutulum gösteren iyi differansiye tiroid tümörleri yüksek doz (50-200) mCi I-131 ile tedavi edilirler (6).

2) Metastatik Kemik Ağrılarında Radyonüklidik Tedavi (5)

İlerlemiş kanserli hastaların yaklaşık %75'inde ağrı en önemli semptomdur ve bunların %50-80'inde ağrı tedavisi için yapılan girişimlere yeterli yanıt alınmamaktadır. Kemikte en sık görülen metastaz alanları aksiyel iskelettedir ve genellikle de multipl'dir. Otopsi raporları bu hastaların %85'inde kemik metastazı olduğunu gösterir. Bu büyük hasta grubunda semptomları kontrol altına almak zordur ve mevcut palyasyon metodları da pahalıdır. İlerlemiş metastatik kanserde palyatif tedavinin amacı kalan sürede hastanın yaşam kalitesini yükseltmek ve hastalığın terminal dönemi boyunca hasta ve yakınlarına yardım etmektir. Radyasyon tedavisi, metastatik kanserin neden olduğu kemik ağrısının non-in-

vaziv kontrolünü sağlamanın yanında fonksiyonel durumu da düzeltir ve hatta yeni ağrılı metastazların ortaya çıkmasını da önler veya geciktirir. Ancak, palyasyon tedavileriyle sağ kalım süresinde anlamlı artış görülmemiştir.

Radyoterapötik yaklaşımda "beta partikülleri" yayan kemik radyofarmasötikleri i.v. yoldan verilir. Radyofarmasötikler bizzat tümörün kendisinde değil komşu reaktif kemikte toplanarak tümör ve çevresindeki kemiği ışınlarlar. P-32, Sr-89 Stronsiyum Klorür, Re-186 Renyum Difosfonat, HEDP (Hidroksietilidin-1, 1-difosfonik asit), Sa-153, Sn-117m Kalay DTPA ağrı palyasyonu amacıyla kullanılan radyofarmasötiklerdir.

Ağrı palyasyonunda kullanılacak ideal radyofarmasötiğin taşıyacağı özellikler:

- Kemikte seçici olarak tutulmalı
- Yumuşak dokudan hızla temizlenmeli
- Normal kemiğe göre metastatik alanlarda seçici olarak tutulmalı
- Ucuz, stabil, üretimi ve transportu kolay olmalı
- Fizik yarı ömrü biyolojik yarı ömründen uzun olmalı
- Biyolojik yarı ömrü önemli bir ekskresyon oluşmadan önce tutulmuş kemik ile reaksiyona girerek çevredeki tümörü ışınlayacak kadar uzun olmalıdır
- Maksimum beta partikül enerjisi "0.8 MeV ve "2.0 MeV olmalı
- Dağılımı kemik görüntülerinden tahmin edilebilmeli
- Yapılan tedavi tercihen hastanın hastanede yatmasını gerektirmemelidir.

3) Nöro-Endokrin Tümörlerin Radyonüklidik Tedavisi (5)

1981 yılında I-131-metaiodobenzilguanidin (MIBG) tanı ve tedavi amacıyla klinik kullanıma girmiştir. Başarılı bir MIBG tedavisi için tümörde yüksek oranda selektif uptake göstermelidir. 4-6 gün izolasyon gereklidir.

Eksternal radyoterapi

Malign feokromasitoma, eksternal radyoterapiye oldukça rezistandır ve daha çok kemik ağrısının palyasyonu için kullanılır.

4) İşaretli Antikorlarla Tedavi (5)

Cerrahi, radyoterapi, kemoterapi ve biyoterapinin kombine etkisiyle çeşitli kanserlerin tedavisinde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak, sonuçlar tatminkar değildir ve özellikle de rezidüel mikroskopik hastalığın kökünü kazımak için alternatif tedavi metotları gereklidir. Amaç, tüm vücuda yayılmış olan küçük tümör odaklarını hedefleyen uygun bir terapötik ajan kullanmaktır.

Böyle bir hedefleme, bu tümör hücrelerini selektif olarak tanıma ve etkili olarak tahrip etme kapasitesini gerektirir. Monoklonal antikorlar veya bunların fragmanları tümöral antijenik hedefleri seçme kapasitesine sahiptir. Uygun radyonüklidlerle işaretli bu antikorlar tümör hücrelerini ışınlayabilir.

5) Intra-Kaviter Radyokolloid Tedavi (5)

Peritoneal metastazda, Radyonüklidik Tedavi kullanılır. Over ve diğer jinekolojik malignansilerin intraperitoneal proflaksisi ve malign asitlerin palyasyonu için tercih edilen radyokolloid P-32'dir. Intraperitoneal radyokolloid uygulaması, ya cerrahi esnasında ya da postoperatif olarak karına yerleştirilen peritoneal kateter vasıtasıyla yapılır.

6) Radyasyon Sinovektomi (5)

1950'de Au-198 kolloid ile radyasyon sinovektomi (sinoviortezis, sinoviolizis) tedavisi romatoid artritte destek tedavi olarak geliştirilmiştir. En uygun hasta grubu, sistemik veya intra-artiküler kortikosteroid uygulaması da dahil olmak üzere lokalize anti-enflamatuar tedaviye yetersiz cevap veren şiş ve ağrılı eklemi olanlardır. Eklem hasarı ne kadar azsa sonuçlar o kadar iyidir. Internal radyasyon tekniği ile direkt ve oldukça selektif ışınlama ile hastalıklı pannus ve inflame sinovium tahrip edilir ve rejenerasyonla yeni ve hastaliksiz bir sinovium ortaya çıkar. Sinoviumun radyasyon yayması patolojik dokuyu tahrip eder, fakat eklem yüzeyini etkilemez. Au-198 kolloidine ek olarak Y-90, P-32, Dy-165, Ho-166 ve Re-186 ile işaretli diğer kolloidler de kullanılmıştır.

Radyofarmasötiklerde; ideal ajanın eklem sızıntısı gözardı edilebilir olmalı, pür beta emisyonla bozunmalı ve yarı-ömrü yaklaşık 12 saat olmalıdır. Eklem boyutu ve sinovial kalınlığa bağlı olarak değişik enerjili beta partikül yayan radyonüklidler kullanılır. Örneğin, Y-90 diz eklemi için ve derin doku penetrasyonu nedeniyle büyük ölçüde kalınlaşmış sinoviumu olan eklemler için uygundur. Radyasyon sinovektomide kullanılan radyofarmasötikler eklem kapsülünü döşeyen ince tabaka halindeki sinovial hücrelere yüksek oranda radyasyon dozu verirler.

Y-90 Kolloid

En sık kullanılan şekli Y-90 silikat'tır ve partikül boyutu 10-100 nm arasında değişir. Bu küçük partikül boyutu sinovium üzerinde üniform intra-artiküler dağılım sağlarken, önemli oranda sızıntıya neden olacak kadar da küçük boyuta sahiptir. 24 saatte %5-10 oranında sızıntı olur. Y-90'ın beta enerjisi kullanılan diğer radyonüklidlerden yüksektir ve diz, kalça, ayak bileği, omuz ve dirsek eklemi gibi büyük ve orta boyutta-ki eklemler için uygundur.

Sonuçlar

- Radyasyon sinovektomi yapılan hastaların %70-80'inde, enjeksiyonu takiben 6-12 ayda sinovitin komple iyileşmesinden ağrıda subjektif değişikliklere kadar değişen oranlarda bir düzelme gözlenir,

- Vakaların çoğunda, enjeksiyondan hemen sonra ağrıda düzelme ve şişlikte azalma görülür ve bu durum immobilizasyona ve kolloidle beraber kullanılan kortikosteroide bağlanır,

- Bu rahatlama ışınlanmış sinovium resorbe oluncaya kadar sürebilir,

- Vakaların önemli bir kısmında effüzyonlar tekrarlar ve 1-2 ay içinde tekrar aspirasyon gerekir,

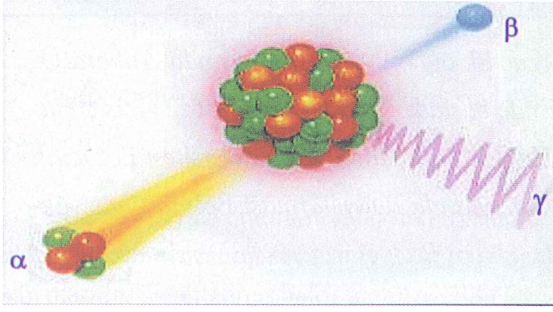
Sinovektominin ışınlanması, anti-enflamatuar ilaçlara rezistan olan veya bunlarla tedavinin uygun olmadığı patolojik sinoviumu tahrip etmek için kullanıldığında, genellikle etkilidir ve önemli komplikasyonlar da görülmez.

7) Intra-Arteriyel Radyoaktif Partiküllerle Tedavi (5)

Bu methodla, selektif end-arteriyel dağılım nedeniyle, eksternal tedaviyle başarılıdan 20-30 kat daha fazla radyasyon dozu sağlanır. Fakat, bu teknik nadiren kullanılır ve daha çok deneysel çalışmalarda faydalanılır. Bu tekniklerle tedavi edilen organlar; karaciğer, akciğer, böbrekler, dil, dalak ve ekstremitelerdeki yumuşak doku tümörleridir.

8) Myeloproliferatif Hastalıklarda P-32 Tedavisi (5)

Tedavi edilmemiş Polisitemia Vera'lı hastaların ortalama sağ kalma süresi yaklaşık 1.5 yıldır. Mevcut tedavi stratejileri ile sağ kalma süresi 10 yılı aşmıştır. Radyonüklidler, hiperproliferatif hücre dizisini kökünü kazımdan ziyade bunları baskılamak için kullanılırlar. Genellikle i.v. olarak kullanılırlar fakat oral olarak ta kullanımları mümkündür.



Pedriatrik Nükleer Tıpta Tedavi Uygulamaları

Birçok klinisyen için çocukluk çağındaki radyonüklid tedavi uygulamalarının güvenliği, tedavi amaçlı da olsa çocukların maruz kalacakları radyasyon dozunun uzun dönem etkileri ve riskleri açısından sık sık sorgulanmaktadır. Bu nedenle pedriatrik alanlardaki radyonüklid tedavi uygulamaları genelde onkolojik amaçlı uygulamalarla sınırlı kalmaktadır. Ancak radyasyon güvenliği açısından yarar-zarar hesabı yapıldığında ve alternatif uygulamalar göz önüne alındığında son yıllarda pedriatrik vakalarda I-131 ile hipertiroidi tedavisi ve hemofilik artropatide uygulanan radyoaktif sinovektomi gibi onkoloji dışı radyonüklidik tedavi uygulamalarının da giderek yaygınlaştığı gözlenmektedir. Bu alanlarda yapılan çalışmalar kısıtlı sayıda olmakla birlikte bu uygulamaların radyasyon güvenliği açısından ilave riskler taşımadığını ve yetişkinlerdeki uygulamalar gibi güvenle uygulanabileceğini ortaya koymaktadır (8).

Kanser, çocuklarda yetişkinlere göre daha az sıklıkla görülmektedir. Başlangıç tarihi onbeş yaş altı olan kanserler pedriatrik kanserler olarak tanımlanırlar ve tüm kanserlerin %2'sini oluştururlar. Kanser, Amerika Birleşik Devletlerinde travma sonrası ikinci ölüm nedeni olurken (1) Türkiye'de, enfeksiyon, diğer nedenler, kalp hastalıkları, kazalar, serebrovasküler hastalıklardan sonra beşinci sıradadır (2).

Nükleer Tıp Metotları çocukluk çağı tümörlerinin başlangıç tanısında, evrelendirmesinde, tümörün tedaviye olan cevabının belirlenmesinde, nüks hastalığın saptanmasında ve komplikasyonların tanısında kullanılır. Sintigrafi, BT (Bilgisayarlı Tomografi), MRI (Magnetik Rezonans İmajlama) ve US (Ultra Sonografi) gibi anatomik bilgi veren radyolojik metotları tamamlayıcıdır ve anatomik metodların veremediği fonksiyonel bilgiyi verir. Radyonüklidler bazı seçilmiş tümörlerde tedavi amaçlı da kullanılırlar (9).

Sonuç olarak, gerek onkolojik amaçlı gerekse onkoloji uygulamaları dışında, etkinliği ve güvenilirliği kanıtlanmış radyonüklidik tedavi uygulamaları, hedef hücrelerde radyasyon etkisine bağlı sitotoksik etki (hücre ölümü) oluşturulurken, hedef hücreleri çevreleyen dokularda hücre hasarını mümkün olan en az seviyede tutmak ve vücudun geri kalan kısımlarını radyasyonun zararlı etkilerinden korumak amacındadırlar. Radyonüklidik tedavi çeşitleri hem erişkin hastalarda hem pedriatrik hastalar için uygulanmakta ve çeşitli hastalıkların tedavisini mümkün kılmaktadırlar.

Kaynaklar

- 1- www.mtip.selcuk.edu.tr/akademik/farmakoloji/rad.html
- 2- <http://www.tsnm.org/Trk/AimedAtPublic/Questions-Answers.asp>
- 3- www.turkiye-klinikleri.com/Periyodik_Dergiler.asp?islem=Makale&Makale_id=5442&Dil=Ing&Kelime=
- 4- Nükleer Tıpta kullanılan görüntüleme sistemleri, Ali Bülent Uşaklı, <http://www.kho.edu.tr/yayinlar/bilimdergisi/bilimder/doc/2000-1/bilder-8.doc>
- 5- Radyonüklid Tedavi, Doç.Dr.Mustafa Kibar, Yrd.Doç.Dr.Zeynep Yapar, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, ADANA
- 6- www.medinfo.hacettepe.edu.tr/ders/TR/D3/5/3575.doc
- 7- <http://www.tsnm.org/Trk/AimedAtPublic/Radyolyod.asp>
- 8- www.turkiye-klinikleri.com/Periyodik_Dergiler.asp?islem=Makale&Makale_id=5442&Dil=Ing&Kelime=
- 9- www.turkiye-klinikleri.com/Periyodik_Dergiler.asp?islem=Makale&Makale_id=5451&Dil=Ing&Kelime=