

# İyot Eksikliği, Radyoaktif İyot ve Tiroid Kanseri İlişkisi ve Radyoaktif İyottan Korunma Yolları

## Relation Between Iodine Deficiency, Radioactive Iodine and Thyroid Cancer, and Methods to Protect from Radioactive Iodine: Review

Dr. Didem ÖZDEMİR,<sup>a</sup>  
Dr. Bekir ÇAKIR<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Endokrinoloji ve  
Metabolizma Hastalıkları Kliniği,  
Ankara Atatürk Eğitim ve  
Araştırma Hastanesi, Ankara

Geliş Tarihi/Received: 27.04.2011  
Kabul Tarihi/Accepted: 30.06.2011

Yazışma Adresi/Correspondence:  
Dr. Didem ÖZDEMİR  
Araştırma Hastanesi,  
Endokrinoloji ve  
Metabolizma Hastalıkları Kliniği, Ankara  
TÜRKİYE/TURKEY  
sendidem2002@yahoo.com

**ÖZET** İyot, beyin ve sinir sisteminin normal büyüme ve gelişmesi, vücut ısısı ve enerjisinin devamı için gerekli olan tiroid hormonlarının önemli bir bileşenidir. Besinlerle yetersiz iyot alınmasına bağlı olarak oluşan tüm hastalıklara "iyot yetmezliği hastalıkları" denir. İyot eksikliği halen tüm dünyada özellikle hamile ve çocuklar için önemli bir sağlık sorunudur. Ciddi-orta derecede iyot eksikliği bölgesi olan ülkemizde 1999'da tuzların iyotlanması zorunlu hale getirilmesi ile iyot eksikliği ve guatr prevalansı azalmıştır. İyodun radyoaktif olan veya olmayan toplam 37 izotopu vardır ve bunlardan <sup>129</sup>I ve <sup>131</sup>I çevredeki en önemli radyoaktif izotoplardır. Nükleer tıp bilimi tarafından tiroid hastalıklarının tanı ve tedavisinde sıklıkla kullanılan <sup>131</sup>I, nükleer santral kazaları veya nükleer silah kullanımı yoluyla çevreye yayıldığında toplum sağlığı açısından önemli riskler taşır. Özellikle çocuk yaşta maruziyet ile tiroid kanseri riskinin arttığı, 1986'da yaşanan Çernobil nükleer santral felaketinden sonra yapılan çalışmalarla net bir şekilde ortaya konmuştur. İyot eksikliği, tiroid bezinin <sup>131</sup>I'e daha hassas olmasına neden olmakta ve <sup>131</sup>I maruziyeti sonrası tiroid kanser gelişme riskini daha da arttırmaktadır. Bu derlemede iyot eksikliği, Türkiye ve dünyada iyot durumu ve iyot eksikliği giderilme yolları incelenmiştir. Ayrıca Çernobil kazasından sonra çevreye yayılan radyoaktif iyodun tiroid kanseri gelişimi üzerine etkisi araştırılmış ve yakın zamanda Japonya'da meydana gelen Fukushima Dai-ichi nükleer santrali sızıntısı dolayısı ile radyoaktif iyottan kısa ve uzun vadeli korunma yolları hatırlatılmıştır. İyot eksikliğini giderilmesi perinatal mortaliteden zeka geriliğine kadar birçok hastalığın azaltılması yanında olası nükleer felaketler karşısında tiroid bezinin hazırlıksız yakalanmaması için de önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** İyot; radyoaktif serpinti; çernobil nükleer kazası; potasyum iyodür

**ABSTRACT** Iodine is an important component of thyroid hormones which play role in physical and neurological development. Diseases related with insufficient dietary supply of iodine are called "iodine deficiency disorders". Iodine deficiency is still a major health problem throughout the world, particularly for pregnant women and children. After implementation of mandatory salt iodination programme in 1999, iodine deficiency and goiter prevalence have decreased partly in our country which was a severe-moderate iodine deficiency region. Among 37 isotopes of iodine, <sup>129</sup>I and <sup>131</sup>I are the most important radioactive ones in the environment. <sup>131</sup>I is widely used in the diagnosis and treatment of thyroid diseases in nuclear medicine, but it causes major health problems when it spreads into the environment by nuclear power plant accidents or nuclear weapons. Studies after Chernobyl power plant disaster in 1986 have clearly shown that thyroid cancer risk increased particularly in patients exposed during childhood. Iodine deficiency causes increased susceptibility of thyroid gland to <sup>131</sup>I, and thyroid cancer risk was reported to be higher in patients with iodine deficiency prior to exposure. In this review, we overviewed iodine deficiency, iodine status in Turkey and worldwide and methods to overcome iodine deficiency, and investigated relation between thyroid cancer and Chernobyl disaster. Inspired by the recent nuclear power plant accident in Fukushima Dai-ichi in Japan, we also tried to remind methods to protect from radioactive iodine in acute and chronic phase. Correction of iodine deficiency is important not only to decrease many health consequences ranging from perinatal mortality to mental retardation, but also to be prepared for possible future nuclear disasters.

**Key Words:** Iodine; radioactive fallout; chernobyl nuclear accident; potassium iodide

## İYOT

İyot, beyin gelişimi ve büyümenin düzenlenmesinde çok önemli olan tiroid hormonlarının yapımı için gerekli bir mineraldir. İyot eksikliği hastalıkları tüm dünyada önlenebilir zeka geriliği ve beyin hasarının en önemli nedenidir. İyot alımındaki yetersizlik en başta gelen guatr nedenlerindedir. İyot genel olarak yüksek miktarda deniz ürünlerinde daha az miktarda süt, yumurta ve ette, çok az miktarda sebzelerde ve meyvelerde bulunur. Toprak yüzeyindeki iyot bol yağış alan, ağaç bulunmayan yörelerde yağmur suları ve rüzgarlar ile erozyona uğrar. Daha sonra da derelere, oradan da denizlere taşınır. Bu bölgelerde toprakta iyot oranı az olduğu için bitkilerde, bunlarla beslenen hayvanlarda ve içme suyunda da iyot oranı az olur. Deniz suyu ve deniz ürünleri iyot bakımından zengindir. Besin kaynakları üretildiği ortamın iyot içeriğini yansıtmaktadır. Özellikle dağlık bölgelerdeki topraklarda yetişen bütün bitkiler yetersiz miktarda (oranda) iyot içermektedir. Bu nedenle besin tüketimleri tamamen bu topraklarda yetişen yiyeceklere bağlı olan insan ve hayvanlar da iyodu yetersiz almaktadırlar.<sup>1</sup> Besinlerle alınan iyodun %30'u tiroid bezinde kullanılırken %70'i böbrekler yoluyla atılır. Dünya sağlık örgütü (DSÖ)

tarafından tavsiye edilen günlük iyot alımları Tablo 1'de verilmiştir.<sup>2</sup> İyot eksikliğinin belirlenmesi için en iyi yöntem idrarda iyot miktarının tayinidir. İyot eksikliği olmadığını söylemek için idrarda iyot atılımı en az 100 mikrogram/gün olmalıdır. İyot durumunu gösteren idrarda iyot miktarları DSÖ tarafından belirlenmiştir (Tablo 2).

Bir toplumda iyot yetmezliğine bağlı olarak oluşan ve yeterli iyot alımıyla önlenebilen veya düzelen tüm hastalıklara "iyot yetmezliği hastalıkları" denir. İyot yetmezliği hayatın farklı dönemlerinde farklı sonuçlara yol açabilir (Tablo 3).<sup>3</sup>

## DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE İYOT EKSİKLİĞİ

İyot yetmezliği dünyada önemli sağlık problemlerinden biridir. Son tahminlere göre dünya nüfusu-

**TABLO 1:** Dünya Sağlık Örgütü tarafından tavsiye edilen günlük iyot alım miktarları.

Yaş	Miktar
1 yaşına kadar	50 mcg/gün
Okul öncesi çocuklarda (1-6 yaş)	90 mcg/gün
Okul çocuklarında (6-12 yaş)	120 mcg/gün
Erişkinlerde (12 yaş üzeri)	150 mcg/gün
Gebe ve emziren kadınlarda	200 mcg/gün

**TABLO 2:** Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen iyot durumunu gösteren idrarda iyot miktarları.

İdrarda iyot (mcg/l)	İyot alımı	İyot durumu
<20	Yetersiz	Ciddi iyot eksikliği
20-49	Yetersiz	Orta iyot eksikliği
50-99	Yetersiz	Hafif iyot eksikliği
100-199	Yeterli	Optimal iyot durumu
200-299	Gerekenden fazla	Hassas kişilerde iyotlu tuz alımından 5-10 yıl sonra iyoda bağlı hipertiroidi riski
≥300	Fazla	Sağlık açısından zararlı durumlar (iyoda bağlı hipertiroidi, otoimmün tiroid hastalıkları)

**TABLO 3:** İyot eksikliğinin hayatın farklı dönemlerindeki sonuçları.

Gebelerde ve fetusta	İnfertilite, postpartum kanama, anemi, erken ve geç abortus, ölü doğum, konjenital anomaliler, düşük doğum ağırlığı, perinatal mortalite sıklığında artış
Yeni doğan bebekte	Guatr, hipotiroidi ve beyin fonksiyonlarında gelişme bozukluğu ve buna bağlı olarak zeka geriliği, radyasyona duyarlılık
Çocukluk döneminde	Guatr, hipotiroidi, beyin faaliyetlerinde bozukluk ve zekâ geriliği, beden gelişim geriliği ve boy kısalığı, okul başarısızlığı, radyasyona duyarlılık
Erişkinlerde	Guatr, hipotiroidi, zeka geriliği, infertilite, fiziksel performansta yetersizlik, folliküler ve anaplastik tiroid kanserlerinde 10 kat artma, ileri yaşta hipertiroidi, radyasyona duyarlılık

nun yaklaşık %30'u iyot eksikliği bölgelerinde yaşamakta ve sonuçları ile karşı karşıya kalmaktadır. 2004 DSÖ raporuna göre iyot eksikliğinden en çok etkilenen bölge 96 milyon çocuğun iyot eksikliği ile karşı karşıya olduğu Güneybatı Asya'dır. Afrika ve Doğu Pasifik 50 milyon çocuk ile Güneybatı Asya'yı takip etmektedir. Dünyada 43 ülkede iyot alımı yeterli iken 56 ülkede hafif, orta veya ciddi iyot eksikliği olduğu bilinmektedir.<sup>3</sup>

DSÖ, bir yörede 6-12 yaş grubu çocukların %5'inden fazlasında guatr varsa, o yörede endemik guatr olduğunu kabul etmektedir. Türkiye'de bölgelere göre değişmek üzere %5-45 oranında guatr vardır. Guatr oluşmasında en büyük etken toprak ve suda yetersiz iyot olmasıdır. İyot eksikliği ve iyot eksikliği hastalıkları halen Türkiye için önemli halk sağlığı problemleridir.<sup>4</sup> 1995 yılında Sağlık Bakanlığı Ana Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü ile Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü ile beraber yürütülen projede 15 ilde 6-12 yaş grubu 400'er okul çağı çocuğu tiroid muayenesi ile taranmıştır.<sup>5</sup> Bu projede Türkiye geneli için guatr prevalansı %30.3 olarak hesaplanmış ve Trabzon (%68.5), Malatya (%46.5), Bayburt (%44.3) ve Kastamonu (%35.3) guatrın en sık rastlandığı 4 ilimiz olarak bildirilmiştir. Erdogan ve ark. tarafından 20 şehirde 1997-1999 yılları arasında okul çağı çocuklarında ultrason ile guatr taraması ve idrarda iyot ölçümleri yapılmıştır.<sup>6</sup> Bu araştırmanın sonucunda, bölgelere göre değişmek üzere, %5-56 oranında guatr (ortalama %31.8) olduğu; ayrıca orta ve şiddetli iyot yetmezliği bulunduğu saptanmıştır. Guatr sıklığı Kastamonu, Aydın, Edirne, Bayburt, Malatya ve Trabzon'da %40; Burdur, Isparta, Samsun, Kayseri ve Erzurum'da %30 civarında bulunmuştur. Bu oranlar oldukça yüksektir. Türkiye'de iyot yetmezliğine bağlı olarak gelişen guatr en fazla Karadeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinde saptanmıştır. İçme sularında şiddetli iyot eksikliği ise Burdur, Bayburt ve Erzurum illerinde saptanmıştır.

## İYOT EKSİKLİĞİNİN GİDERİLMESİNİN YOLLARI

İyot yetersizliğinin olduğu bölgelerde alınacak başlıca önlem, kişilerin günlük iyot alımlarını arttır-

maktır. Bunu sağlamak için farklı yöntemler kullanılmaktadır:

- 1) Tuzun iyotlanması.
- 2) Ekmeğe iyodür veya iyodat katılması.
- 3) İyot tabletleri kullanılması (Potasyum iyodür veya sodyum iyodür).
- 4) İyotlu yağ enjeksiyonu ya da iyotlu yağ kapsülleri kullanılması.
- 5) İçme suyunun iyotlanması.

En yaygın yöntem olan tuzun iyotlanması 1920'den beri kullanılmaktadır. DSÖ, günlük ihtiyaç olan 150 mikrogram iyodun elde edilmesi için bir kilo tuza 20-40 mg iyot ilave edilmesini önermektedir. Tuzun iyotlanmasının tercih edilmesinin başlıca nedenleri yaygın kullanımlı bir tüketim ürünü olması ve kişi başına yıllık tüketim miktarında fazla değişiklik olmaması, teknik olarak basit olması ve komplike araç gereç gerektirmemesidir. Ayrıca, tuzların iyotlanması konusunda ulusal strateji geliştirilmesi, uygulanması ve izlenimi kolaydır. İyotlama ile tuzda, renk, koku, tat değişikliği olmaz. Tuzların iyotlanması düşük maliyetli bir işlemdir ve yıllık olarak kişi başına tuz tüketim fiyatı ucuzdur. Sonuçta tuz iyotlanması ve iyotlu tuz kullanımı, insanları sağlıklı kılmak için gerekli iyodun alınmasını sağlayacak, uzun vadeli ve sürdürülebilir tek çözümdür. Bu nedenle, ülkemizde de iyot yetersizliğinin önlenmesi için tuzların iyotlanması yöntemi seçilmiştir.

İyot ortam sıcaklığından kolaylıkla etkilenir. Bu nedenle tuz iyotlama programlarının etkili olması, potasyum iyodun özelliğine bağlıdır. Tuzdaki iyodun etkinliği, tuzun nem içeriği ve ortamın rutubet derecesi, ışık, ısı, ortamın asidik veya bazik olması, iyodun formu gibi etkenlerle belirlenmektedir. Yüksek nem içeriğine sahip koşullarda saklandığında tuzda iyot kaybı meydana gelir. Yiyecekler pişirilmeden önce tuz atılırsa veya pişirme suyu dökülürse iyot içeriği azalır, bu nedenle yemekler piştikten sonra tuz ilave edilmelidir.

İyotlu yağ enjeksiyonu ise 1980'den beri kullanılmaktadır. Dört yılda bir (3-5 yıl) 2-4 mL tek doz kalçadan iğne ile yapılır. Özellikle dağlık ülkelerde yararlıdır. İyotlu yağ ağızdan tek doz alındı-

ğında 1-2 yıl koruyucu etkisi devam etmektedir. İyotlu yağ sadece ciddi endemik bölgelerde ve iyotlu tuza erişimi çok zor olan topluluklarda tercih edilmektedir.

Bir ülkede, iyotlama programının başarısından söz etmek için, iyotlu tuz kullanma oranının %90 üzerine çıkarılması ve halkın %50'sinden fazlasında idrarda iyot atılımının 100 mcg/l, %80'inden fazlasında 50 mcg/l üzerinde olması gerekmektedir.<sup>7</sup> Ülkemizde de bir halk sağlığı sorunu olan iyot yetmezliği hastalıklarının önlenmesi amacıyla yönelik olarak 1994 yılında tuzların iyotlanmasına başlanmış ve 1999 yılında sofraya tuzunun iyotlanması zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye'de 1995 yılında iyotlu tuz kullanım oranı %18 iken, 2003 yılında bu oran %70'e çıkmıştır.

2008 yılında Erdogan ve ark. tarafından yapılan çalışmada 24 ilde 900 okul çağı çocuğundan idrar örnekleri alınmıştır. Bu çalışmada ortalama idrar iyot konsantrasyonu 107 mcg/l, ciddi iyot eksikliği oranı %7,2, orta iyot eksikliği oranı %20,6 ve hafif iyot eksikliği oranı %19,3 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar daha önceki verilerle karşılaştırıldığında belirgin iyileşme olduğunu gösterse de, Türkiye'de halen %27,8 oranında orta-ciddi iyot eksikliğinin olduğu saptanmıştır.<sup>8</sup>

## RADYOAKTİVİTE

Radyasyon, enerjinin bir ortamda elektromanyetik dalga veya parçacık halinde ilerlemesidir. İnsan vücudu hergün 3 farklı kaynak dolayısı ile doğal radyasyon alır. Bunlar; kozmik ışınlarla yıldızlar ve güneşten gelen radyasyon, atmosferde kozmik ışınların çarpışması sonucu kozmojenik radyonüklidler yoluyla oluşan radyasyon ve solar sistemin oluşumundan itibaren var olan ve halen aktif olan doğadaki doğal radyonüklidler nedeniyle maruz kalınan radyasyondur.<sup>9</sup> Madde üzerinde meydana getirdiği etkilere göre radyasyon iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan olarak ikiye ayrılır. Atomun yapısının bozulmasına neden olabilecek seviyedeki radyasyona iyonlaştırıcı radyasyon denir. Bazı atomların çekirdekleri stabil olmadığı için fazla enerjilerini iyonlaştırıcı radyasyon şeklinde yayarak stabil hale gelmeye çalışırlar. Bu elementlere radyoaktif nüklidler denir.

Temel olarak 3 çeşit radyoaktivite vardır. Bunlardan en tehlikeli olan alfa radyasyon çok yüksek enerjiye sahiptir. Fakat, büyük kütleli olduklarından havada ancak birkaç santim ilerleyebilirler. İnsan derisi alfa radyasyona karşı koruyucudur. Beta ışınları çok küçük olup, doku ya da materyaller içine daha fazla girebilirler ve plastik, cam veya metal tabakalar tarafından tamamen soğurulabilirler. Beta radyasyon vücudun derisinin üst kısmından ileriye geçemez, fakat aşırı derecede maruz kalma durumunda deri yanıkları görülebilir. Beta veya alfa parçacığının yayınlanması esnasında kararsız atom çekirdeğinden çıkan, elektromanyetik dalga şeklinde yayılan çok yüksek enerjili fotonlar gama radyasyonları olarak adlandırılır. Çok girici olan gama radyasyonuna karşı, kurşun ya da çelik gibi yoğunluğu oldukça yüksek ve kalın materyaller koruma sağlayabilmektedir.

Radyasyon tipine ve diğer faktörlere göre aynı dozun neden olduğu biyolojik etki ve dokuların radyasyona hassasiyeti farklı olabilir. Doku veya organların aldığı dozun tüm vücut için yüklediği riski ifade etmek için kullanılan doza etkin doz denir ve birimi Sievert (Sv)'tir. 1 Sv'lik radyasyon alımı ile baş dönmesi, kusma görülürken 8 Sv ölüme neden olur. Radyasyonun biyolojik etkileri somatik ve genetik olarak ayrılabilir. Somatik etkiler, somatik seri hücreleri ilgilendirir ve bireyin ölümü ile bu hücre serileri kaybolur. Genetik etkiler ise mutasyonlar (dominant veya resesif) veya kromozomal bozukluklar şeklinde olabilir.

## RADYOAKTİF İYOT VE <sup>131</sup>I

İyodun farklı radyasyon özelliklerine ve yarı ömürlere sahip 30'dan fazla radyoaktif izotopu vardır. Bunlar içerisinde en çok bilinen ve tanısal veya tedavi amaçlı en sık kullanılan <sup>131</sup>I'dir. <sup>131</sup>I'in yarı ömrü 8 gündür ve oldukça yüksek enerjili beta parçacıkları ve gama ışını yayar. Yüksek enerjili beta yayılım ve uzun yarı ömür nedeniyle <sup>131</sup>I'in neden olduğu radyasyon fazladır. <sup>131</sup>I nükleer reaktörlerin çalışması sırasında uranyum atomlarının fisyonuyla ve nükleer silahların patlamasındaki plutonyumla üretilir. İki ay gibi bir sürede çevre radyoaktif iyottan temizlenir. İyodun tiroitten uzaklaştırılması biyolojik yarı ömür ve yaşa bağlı olarak 10 ile 80

gün arasında değişebilir. Nükleer bir kaza sonrası radyoaktif maddelere maruziyet iki şekilde olur. Birincisi gaz olarak solunması ya da besin ve su yoluyla doğrudan, ikincisi ise kontamine ot veya yem ile beslenen hayvanlardan elde edilen süt veya et kullanımını nedeniyle dolaylı olarak alınmasıdır. Radyoaktif madde yayılımının ilk gününde inhalasyon ve kontamine suyun ve besinlerin yenmesi asıl kaynaklardır. Birkaç gün sonra kontamine süt ve mandıra ürünlerinin alınması ön plana geçer. Aynı zamanda izotoplar deniz ve tatlı su balığında birikip insanlara bu yolla geçebilir. Hava ve ağız yoluyla alınan iyot kana geçtikten sonra hızlı bir şekilde tiroid tarafından tutulur ve ancak radyoaktif olarak yarılandıkça tiroidi terk eder. Tiroid bezi radyoaktif iyot ile stabil iyot arasındaki farkı ayırt edemez. <sup>131</sup>I ilk aşamada beta ışınması ile tiroid hücrelerinde ölüme yol açarak tiroid fonksiyonlarını bozar. Uzun dönemde ise tiroid kanseri riskini artırır.

## ÇERNOBİL NÜKLEER SANTRAL KAZASI İLE TİROİD KANSERİ İLİŞKİSİ

26 Nisan 1986 tarihinde Ukrayna'da bulunan Çernobil nükleer santralinde meydana gelen kaza 20. yüzyılın en büyük endüstriyel kazalarından biridir. Çernobil kazasından sonra ilk radyasyon yayılımı <sup>131</sup>I içerirken, daha sonra sesyum (Cs) 137, Cs134 ve stronsiyum 90 ile kontaminasyon olmuştur. On gün süren radyoaktif madde yayılımı sırasında daha birçok farklı radyoaktif element yayılmış olsa da sağlığa zararlı olan en önemli elementler <sup>131</sup>I ve <sup>137</sup>Cs'dur. Atmosfere salınan bu radyoaktif gaz ve maddeler yüksek sıcaklıkları nedeniyle hızla yükselerek 1000-1500 metre yüksekliğe ulaşmış ve radyoaktif bulutlar oluşturmuşlardır. Tahmin edildiği kadarı ile yayılan radyoaktif madde miktarı  $13 \times 10^{18}$  Bq olmuştur. <sup>131</sup>I özellikle lokal ve troposferik serpintilerde önem taşır. Stratosfer tabakasına kadar yükselen <sup>131</sup>I yeryüzüne dökülünceye kadar hemen tamamen bozularak aktifliğini kaybeder. Rüzgar, bulutlanma, sıcaklık, nem gibi farklı dinamik hava koşulları yayılımın heterojen olmasına yol açmıştır. <sup>131</sup>I yarı ömrü kısa olması nedeniyle daha sonraki kontaminasyon paterni yarı ömrü 30 yıl olan <sup>137</sup>Cs birikimi ile hesaplanmaya çalışılmış-

tır. Kazadan en fazla etkilenen bölgeler Belarus, Rusya ve Ukrayna olmuştur. Bununla birlikte Avusturya, Finlandiya, Almanya, Norveç, Romanya, İsveç, Bulgaristan, İtalya, Yunanistan'da da kontaminasyon saptanmıştır.

Çernobil kazasında yayılan radyoaktiviteye maruz kalan bölgelerde yaşayanlarda tiroid kanserinin arttığına dair veriler kazadan en erken 4 yıl sonra ortaya çıkmaya başlamıştır.<sup>7,10</sup> Birçok veri Ukrayna, Belarus ve Rusya Federasyonundan bildirilmiş olmakla birlikte Avrupa'da 750.000 km<sup>2</sup> alanda kontaminasyon olduğu bilinmektedir.<sup>11</sup> Komşu bölgelerde yaşayan çocuklarda artmış tiroid kanseri ilişkisi günümüzde kanıtlanmıştır. Buna karşın daha uzak bölgelerdeki sonuçları ile ilgili veriler net değildir. Belarus ve Ukrayna'da çocuklarda tiroid kanseri yılda milyonda 1 vakanın altında iken, 10 yıl geçmeden bu rakamın bölgelere göre yılda milyonda 3-100 arasında değiştiği görülmüştür.<sup>12</sup> Çernobil'in sağlık üzerine etkilerini inceleyen ilk geniş kapsamlı araştırma 1990-1991 arasında gerçekleştirilmiştir. Buna göre lösemi ve solid kanser insidansında artış saptanmamış fakat alınan tiroid dozunun tiroid kanser insidansında ileride artışa yol açacağı öngörülmüştür.<sup>13</sup> 1991-1996 arasında özellikle tiroid üzerine etkilerin incelendiği projede ise kaza sırasında 0-10 yaş arasında olan 120.605 kişiden %4.85'inde tiroid nodülü, %0.52'sinde tiroid kanseri saptanmıştır.<sup>14</sup> Kazadan 15 yıl sonra, kaza öncesi ve sonrası doğan çocukların karşılaştırıldığı bir çalışmada ise kazadan önce doğan 9720 kişiden 32'sinde tiroid kanseri saptanmışken, sonra doğan 9472 kişiden hiçbirinde tiroid kanseri saptanmamıştır.<sup>15</sup> Yakın zamandaki veriler 1986-2002 yılları arasında Çernobil kazası esnasında 15 yaşından küçük olup Belarus, Ukrayna ve Rusya'da bulunan yaklaşık 4000 kişide tiroid kanseri geliştiğini ortaya koymuştur.<sup>16</sup> Tronko ve ark. 1998-2000 yılları arasında Ukrayna'da Çernobil sırasında 18 yaşından küçük olan 13.127 kişiyi taramış ve radyoaktif iyot maruziyeti ile tiroid kanseri arasında kuvvetli bir ilişki saptamıştır.<sup>17</sup> Tiroid kanser riski, maruziyetten 15-25 yıl sonra en yüksek noktaya ulaşmakta, 10-20 yıl yüksek kalmakta ve daha sonra progresif olarak azalmaktadır.

Radyoiyot ve tiroid kanseri arasındaki ilişki çocuklarda ortaya konmuş olmasına karşın, anne karnında maruz kalanlarda ve yetişkinlerdeki etkileri konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ukrayna ve Rusya'da yapılan iki çalışmada erişkinlerde de artmış tiroid kanseri saptanmıştır.<sup>18,19</sup> Bununla birlikte günümüze kadar yapılan çalışmalarındaki sayı ve nitelik bakımından farklar ve kısıtlılıklar olması nedeniyle erişkin dönemde radyoyoda maruziyetin riski henüz net değildir.

Epidemiyolojik özelliklerin dışında Çernobil ile ilişkisi olduğu düşünülen tiroid kanserlerinin özel klinik ve patolojik özellikleri olduğu da düşünülmektedir. Bu kanserlerin hemen hemen hepsi papiller tiroid kanseridir. Çocuklarda papiller tiroid kanseri erişkinlere oranla daha agresif seyretme eğilimindedir. Mortalite benzer olsa da hızlı büyüme, kapsül invazyonu ve metastaz potansiyelleri yüksektir. Bunun radyasyon ilişkili kanserlerin bir özelliği mi yoksa tanı anında hastaların yaşlarının küçük olmasının bir etkisi mi olduğu net değildir. Çernobil sonrası papiller tiroid kanseri gelişen çocuklarda normalde sık karşılaşılmayan bir varyant olan solid/foliküler varyantın sık olduğu görülmüştür.<sup>20</sup>

Radyasyona maruziyet sonrası DNA çift sarmalda kırılmalar olabilir ve bu kırılmalar doğru bir şekilde tamir edilmezse kromozal yeniden düzenlemeler meydana gelir. Radyasyon ilişkili papiller tiroid kanserinde en sık rastlanan genetik değişiklik RET/PTK yeniden düzenlenmesidir. Çernobil sonrası çocuklarda görülen papiller tiroid kanserlerinde özellikle RET/PTK3 rearanjmanı yüksek bulunmuştur.<sup>21,22</sup> Bununla birlikte yine PTK3 rearanjmanın radyasyona mı bağlı olduğu, erken yaşta tiroid kanseri ile mi ilişkili olduğu net değildir. Nitekim Çernobile maruz kalan ve kalmayan genç tiroid kanserli hastalarda PTK rearanjman oranının benzer olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur.<sup>23</sup>

Düşük iyot alımı ile radyoaktif iyot tutulum arasındaki ilişki bilinmektedir. Radyoyoda maruziyetten önce varolan iyot eksikliğinin tiroid kanseri riskini arttırdığı düşünülmektedir.<sup>24,25</sup> 1996 yılında Rusya'nın Bryansk bölgesinde yapılan bir çalışmada ciddi iyot eksikliği olan alanlarda iyot ye-

terli alanlara oranla 2 kat fazla tiroid kanseri saptanmıştır. Buna göre yazarlar Çernobilden etkilenen bölgelerde iyot eksikliğinin düzeltilmesinin radyasyona maruziyeti azaltacağını öne sürmüşlerdir.<sup>26</sup>

## ■ FUKUSHİMA DAI-İCHI NÜKLEER SANTRALİ

Japonya'da 11 Mart 2011 tarihinde meydana gelen deprem ve tsunami felaketi ardından hasar gören Fukushima Dai-ichi nükleer santralinden yayılan radyoaktif maddelerin miktarı, 1986'da Çernobil kazasından sonra yayılan seviyelere neredeyse yaklaşmıştır. Bu radyoaktif maddelerin başında <sup>131</sup>I ve <sup>137</sup>Cs yer almaktadır. Bunların dışında <sup>132</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>136</sup>Cs, <sup>58</sup>Co gibi maddelerin de havaya karıştığı bilinmektedir. <sup>131</sup>I, tiroid tarafından tutulurken, <sup>137</sup>Cs kaslar tarafından tutulur ve yarı ömrü 30 yıldır. Çernobil kazası ile bu felaket arasındaki fark, Çernobilde meydana gelen büyük yangından dolayı çok miktarda radyoaktif maddenin duman ile dağılmasıdır. Fukushima'da ise sadece I ve Cs gibi uçucu elementler zarar gören yakıttan sızmıştır. Sızan bu maddeler de rüzgar yolu ile taşınmakta ve dağılmaktadır. Kaliforniyada ölçülen <sup>131</sup>I miktarına göre Fukushima'dan günde 1.2-1.3 x 10<sup>17</sup> Becquerel (Bq) iyot salınmaktadır. Onuncu günde salınan <sup>131</sup>I 1.76 x 10<sup>18</sup> Bq'i bulmuştur ve daha ne kadar devam edeceği de bilinmemektedir.

18 Mart 2011 itibari ile reaktöre yakın bölgede ölçülen en yüksek doz değeri saatte 100 mSv olarak bulunmuştur. Bölgeden uzaklaştıkça radyasyon miktarı düşmektedir ve rüzgar radyasyonu Pasifik Okyanusu'na yönlendirmiştir. Havadaki radyasyonun Japonya'ya uzak ülkelere ulaşması ve bir risk oluşturması mümkün görünmemektedir.

## ■ RADYOİYOTTAN KORUNMA VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Nükleer kazalar sonrası ilk anda yapılması gereken, travmatik yaralanması olan kişilerin bakımı ve sağlık merkezlerine ulaşımın sağlanmasıdır. Daha sonra alınması gereken genel önlemler kontaminasyondan uzak durma (kapalı alanlardan dışarı çıkmama, açık havada bulunmama, bina içinde duvarların arkasında durma), kontamine alanın bo-

şaltılması ve kontamine hava veya besinlerin alınmasının önlenmesidir. Ülkemizde 11 Mart 2011 tarihinden itibaren ithal edilen gıda ürünleri sağlığa zararları açısından ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından radyasyon güvenliği kontrollerinden geçirilmektedir.

Radyoyodun tiroid bezi tarafından alınmasını önlemek için bir takım metodlar bulunmaktadır. Bunlar arasında potasyum iyodür (KI) tabletler, kullanım kolaylığı, etkinliği ve güvenilirliği nedeniyle tercih edilmektedir. KI, kararlı iyodun bir tuzudur ve yaklaşık olarak %76.5 iyot içerir. KI tabletleri iyodun vücudumuza girmesini engellemez fakat tiroid bezinde birikmesini önleyebilir. KI ile tiroid bezi radyoaktif olmayan iyot ile satüre edildiğinden radyoaktif iyot tiroide yerleşemez.

Erişkinde tek doz 130 mg KI (100 mg iyot içerir) birkaç saat içinde radyoyot tutulumunu %80'den fazla bloke eder ve etkisi 24 saat sürer. Sıvı veya tablet olarak verilebilir ve ışık ve nemden korunduğu sürece raf ömrü oldukça uzundur. KI'nın etkisi kısadır, bu nedenle maruziyetten 3-4 saat önce başlanmalı ve radyoaktivite geçtikten hemen sonra kesilmelidir. Radyoyoda maruziyetten saatler sonra alındığında blokaj %50'ye düşeceğinden maruziyet beklendiğinde erken dönemde verilmelidir. Hergün aynı saatte ve 24 saatte bir alınması önerilir. Optimal profilaksi için radyoyodun soluma veya besinler yoluyla alım ihtimali ortadan kalktıktan sonra kesilebilir, fakat genel olarak 1-2 haftadan daha uzun süreli kullanılmaz. Gebelerde ve infantlarda da güvenle kullanılabilir, fakat hamilelerde aşırı kararlı iyot fetusun tiroid fonksiyonunu inhibe edebileceğinden tekrarlayan dozlardan kaçınılmalıdır. Radyasyona bağlı tiroid kanserine daha duyarlı olduklarından asıl hedef kitle çocuklar olmalıdır. Aynı nedenle yaş gruplarına göre blokaj yapılması gereken tiroid radyasyon dozu da değişmektedir. Yenidoğan, infant, çocuk, adolesan, hamile ve emziren kadınlarda 10 mGy, 40 yaş altında 100 mGy, 40 yaş üstünde 5 Gy radyasyon blokaj gerektirir. Yani çocuklarda tiroidin çevresel radyasyona maruziyeti 10 mGy'i geçtiğinde stabil iyot ile profilaksi gerekir. Çernobil kazasından sonra 18 yaş altındaki bireylere iyot

profilaksisi verilen Polonya'da tiroid kanserinde bir artış olmadığı bildirilmiştir.<sup>27</sup> DSÖ tarafından nükleer bir çevresel kirlenme sonrası farklı risk gruplarında önerilen KI dozları Tablo 4'te verilmiştir.<sup>28</sup>

KI preparatları tablet veya solüsyon şeklinde bulunabilir. Gıda İlaç Dairesi (FDA) tarafından 2005 itibariyle onaylanan KI preparatları: Iosat tb (130 mg), Thyrosafe tb (65 mg) ve ThyroShield solüsyondur (65 mg/mL).

KI profilaksisinin en ciddi yan etkisi bronkopazm olmuştur. Deri allerjisi, tükürük bezi inflamasyonu gibi hafif yan etkiler daha sık görülebilir. Bununla birlikte hipotiroidizm veya özellikle yaşlı kişilerde ve iyot eksikliği bölgelerinde hipertiroidizmi tetikleme ihtimali de vardır. Kararlı iyodun yüksek dozları hipertiroidinin tetiklenmesine ve altta yatan iyot hipersensitivitesi varlığında ciddi allerjik reaksiyonlara neden olabilir ve acil durum dışında alınmaması gerekir. Sadece radyoaktif iyoda maruz kaldığında, devlet ya da yerel sağlık yetkililerinin onayı ile alınmalıdır.

Sonuç olarak DSÖ, Amerikan Tiroid Birliği gibi birçok kuruluş bir nükleer kaza sonrası çocukların radyoyottan korunması için KI kullanılmasını tavsiye etmektedir. KI'nın etkin olabilmesi için radyoyoda maruziyetten hemen önce alınması gerektiğinden önlemler önceden alınmalı, KI tabletler stoklarda hazır bulundurulmalı ve gerekli kişilere hızlıca ulaştırabilmek için organizasyonun önceden yapılması gerekir.

Japonya ile aramızdaki mesafenin oldukça fazla olması, hava olayları ile ülkemize gelebilecek radyoaktif maddelerin iyice seyrelmesi ve zaman

**TABLO 4:** Dünya Sağlık Örgütü tarafından nükleer bir çevresel kirlenme sonrası farklı risk gruplarında önerilen potasyum iyodür dozları.

Yaş grupları	Günlük KI dozu
18 yaş üzeri yetişkin	130 mg
Hamile ve emzirenler	130 mg
12-18 yaş arası 68 kilodan fazla adölesanda	130 mg
12-18 yaş arası 68 kilodan az adölesanda	65 mg
3-12 yaş arası çocuk	65 mg
1 ay- 3 yaş arası	32 mg
Yenidoğan	16 mg

geçtiğçe yok olması dolayısı ile ülkemiz için şimdilik tehlike olmadığı düşünülebilir. Fakat, Japonya'dan ithal edilen besin veya diğer tüm ürünlerin radyoaktivite açısından kontrol edilmesi uygun olacaktır. İyot tabletleri sadece yüksek doz radyoaktiviteye maruz kalmış, reaktöre yakın bölgelerde faydalı olabilir. Japonya'ya bizden daha yakın birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de KI tablet kullanımının önerilmesi uygun değildir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, iyot, büyüme ve metabolizmanın düzenlenmesinde önemli rol oynayan tiroid hor-

monlarının yapımı için gerekli bir mineraldir. İyot eksikliği tüm dünyada önemli bir sağlık problemi- dir ve yaşamın her döneminde olumsuz etkileri vardır. Nükleer kazalar sonrası çevreye yayılan <sup>131</sup>I'in özellikle çocuk yaşta maruziyet durumunda tiroid kanserini arttırdığı bilinmektedir. <sup>131</sup>I'in bu etkisi iyot eksikliği varlığında daha belirgin hale gelmektedir. Dünyada ve ülkemizde iyot eksikli-ğinin tamamen ortadan kaldırılması, sadece guatr ve hipotiroidizmi önlemek için değil olası bir nük- leer kaza sonrası radyoaktif iyodun tiroid kanseri yapıcı etkilerine karşı hazırlıklı olunması açı- sından da önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Egemen A, Midyat L. [Iodine deficiency and iodine deficiency effects to health]. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Sci* 2006;2(11):79-90.
- World Health Organization. Assessment of the Iodine Deficiency Disorders and Monitoring their Elimination. (WHO/NHD/01.1). Geneva: World Health Organization; 2001. p.7.
- World Health Organization. Iodine deficiency disorders: a public health problem. Iodine Status Worldwide. WHO Global Database on Iodine Deficiency. Geneva: WHO; 2004. p.1-4.
- Erdogan MF, Erdogan G. [Endemic goiter and iodine deficiency disorders in the World and Turkey]. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 1999;19(2):106-13.
- Pekcan G, Kirkizoglu E, Akcil M. [Nutrition education and research projects in 15 cities]. Ankara: H.Ü. Sağlık Teknolojisi Yüksek Okulu Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bakanlığı, Ana ve Çocuk Sağlığı/Aile Planlaması Genel Müdürlüğü; 1996.
- Erdoğan G, Erdoğan MF, Emral R, Baştemir M, Sav H, Haznedaroğlu D, et al. Iodine status and goiter prevalence in Turkey before mandatory iodization. *J Endocrinol Invest* 2002;25(3):224-8.
- Kazakov VS, Demidchik EP, Astakhova LN. Thyroid cancer after Chernobyl. *Nature* 1992;359(6390):21.
- Erdoğan MF. [The iodine status of Turkey: where were we? Where are we now?]. *Türkiye Klinikleri J Endocrin-Special Topics* 2008;1(3):8-13.
- Giovannelli G. Radioiodine and thyroid carcinoma: KI prophylaxis in children. *Acta Biomed* 2004;75(2):I-XIII.
- Prisyazhiuk A, Pjatak OA, Buzanov VA, Reeves GK, Beral V. Cancer in the Ukraine, post-Chernobyl. *Lancet* 1991;338(8778):1334-5.
- Hindie E, Leenhardt L, Vitaux F, Colas-Linhart N, Grosclaude P, Galle P, et al. Non-medical exposure to radioiodines and thyroid cancer. *Eur J Nucl Med* 2002;29(Suppl2):S497-S512.
- Becker DV, Robbins J, Beebe GW, Bouville AC, Wachholz BW. Childhood thyroid cancer following the Chernobyl accident: a status report. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1996;25(1):197-211.
- International Advisory Committee. The International Chernobyl Project. Technical Report: Assessment of Radiological Consequences and Evaluation for Protective Measures. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1991. p.27-35.
- Panasyuk GD, Masyakin VB, Bereschenko AV, Cot VA. Findings of the Chernobyl Sasakawa Health and medical cooperation project: thyroid nodules and cancer. In: Yamashita S, Shibata Y, eds. Chernobyl: A decade. Proceedings of the 5<sup>th</sup> Chernobyl Sasakawa Medical Cooperation Symposium, Kiev, October 14-15, 1996. International Congress Series 1156. Amsterdam: Elsevier; 1997. p.59-65.
- Shibata S, Yamashita S, Masyakin VB, Panasyuk GD, Nagataki S. 15 years after Chernobyl: new evidence of thyroid cancer. *Lancet* 2001;358 (9297):1965-6.
- Bennett B, Repacholi M, Carr Z. Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" Geneva: World Health Organization; 2006. p.23-36.
- Tronko MD, Howe GR, Bogdanova TI, Bouville AC, Epstein OV, Brill AB, et al. A cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the Chernobyl accident: thyroid cancer in Ukraine detected during first screening. *J Natl Cancer Inst* 2006;98(13):897-903.
- Ivanov VK, Gorski AI, Maksioutov MA, Vlasov OK, Godko AM, Tsyb AF, et al. Thyroid cancer incidence among adolescents and adults in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident. *Health Phys* 2003;84(1):46-60.
- Prysyazhnyuk A, Gristchenko V, Fedorenko Z, Gulak L, Fuzik M, Slipenyuk K, et al. Twenty years after the Chernobyl accident: solid cancer incidence in various groups of the Ukrainian population. *Radiat Environ Biophys* 2007;46(1):43-51.
- Williams ED, Abrosimov A, Bogdanova T, Demidchik EP, Ito M, LiVolsi V, et al. Thyroid carcinoma after Chernobyl latent period, morphology and aggressiveness. *Br J Cancer* 2004;90(11):2219-24.
- Thomas GA, Bunnell H, Cook HA, Williams ED, Nerovnya A, Cherstvoy ED, et al. High prevalence of RET/PTC rearrangements in Ukrainian and Belarussian post-Chernobyl thyroid papillary carcinomas: a strong correlation between RET/PTC3 and the solid-follicular variant. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84(11):4232-8.
- Smida J, Salassidis K, Hieber L, Zitzelsberger H, Kellerer AM, Demidchik EP, et al. Distinct frequency of ret rearrangements in papillary thyroid carcinomas of children and adults from Belarus. *Int J Cancer* 1999;80(1):32-8.



23. Powell N, Jeremiah S, Morishita M, Dudley E, Bethel J, Bogdanova T, et al. Frequency of BRAF T1796A mutation in papillary thyroid carcinoma relates to age of patient at diagnosis and not to radiation exposure. *J Pathol* 2005;205(5):558-64.
24. Gembicki M, Stozharov AN, Arinchin AN, Moschik KV, Petrenko S, Khmara IM, et al. Iodine deficiency in Belarusian children as a possible factor stimulating the irradiation of the thyroid gland during the Chernobyl catastrophe. *Environ Health Perspect* 1997;105(Suppl 6):1487-90.
25. Cardis E, Kesminiene A, Ivanov V, Malakhova I, Shibata Y, Khrouch V, et al. Risk of thyroid cancer after exposure to <sup>131</sup>I in childhood. *J Natl Cancer Inst* 2005;97(10):724-32.
26. Shakhtarin VV, Tsyb AF, Stepanenko VF, Orlov MY, Kopecky KJ, Davis S. Iodine deficiency, radiation dose, and the risk of thyroid cancer among children and adolescents in the Bryansk region of Russia following the Chernobyl power station accident. In *J Epidemiol* 2003;32(4):584-91.
27. Nauman J, Wolff J. Iodide prophylaxis in Poland after the Chernobyl reactor accident: benefits and risks. *Am J Med* 1993;94(5):524-32.
28. Baverstock K. Guidelines for Iodine Prophylaxis Following Nuclear Accidents. Geneva: World Health Organization; 1999. p.8-12.