



Diferansiye Tiroit Kanserinde Lezyon Bazlı I-131 Dozimetrisi

Lesion-based I-131 Dosimetry in Differentiated Thyroid Cancer

Alptuğ Özer Yüksel¹, Mustafa Demir²

¹Ankara Şehir Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, Ankara, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Radyoyot tedavisinin en önemli potansiyel riski kemik iliği depresyonudur. Bu nedenle uzak metastaz tedavisinde lezyon bazlı dozimetri kemik iliği dozimetrisi ile birlikte değerlendirilmektedir. Metastazların etkili bir şekilde yok edilmesini sağlamak için soğurulan dozun en az 80 Gray (Gy) olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle lezyon bazlı dozimetride kişiye özel tümöre minimum 80 Gy doz verecek iyot-131 aktivitesi hesaplanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lezyon dozimetrisi, radyoyot tedavisi, I-131 tedavisinde tümör dozimetrisi

Abstract

The most significant potential risk of radioiodine therapy is bone marrow suppression. Therefore, in the treatment of distant metastases, lesion-based dosimetry is evaluated in conjunction with bone marrow dosimetry. It has been reported that an absorbed dose of at least 80 Gray (Gy) is required to effectively eradicate metastases. For this reason, in lesion-based dosimetry, the iodine-131 activity is calculated individually for each patient to deliver a minimum dose of 80 Gy to the tumor.

Keywords: Lesion dosimetry, radioiodine therapy, tumor dosimetry in I-131 treatment

Giriş

Diferansiye tiroit kanseri (DTK) tanı ve tedavisinde radyoyot (I-131), elli yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. DTK tedavisinde genellikle total tiroidektomi olan hastalarda I-131 uygulaması rutin olarak yapılmaktadır. Bakiye tiroit kanseri dokusu ve uzak metastazların tedavisi için postoperatif radyoyot tedavisinin yaşam kalitesi üzerindeki olumsuz etkileri ihmal edilebilecek kadar düşüktür (1). DTK tedavisinde I-131 uzun süredir yaygın olarak kullanılmasına rağmen, mükemmel radyoyot tedavi stratejisi hala oluşturulmamıştır. Bu nedenle optimum aktivite miktarları esnek bir aralık göstermekte olup hala tartışmaya açıktır (2). DTK'nde radyoyot tedavisi için en yaygın strateji, tiroidektomi operasyonundan sonra uygulanan geniş bir I-131 aktivite aralığında (normalde 1,1-3,7 GBq arasında) bulunan

sabit empirik dozdur. Uzak metastaz durumlarında; hematopoetik sistemde toksite olmamasını garanti ederek aktivite, 7,3 Gbq'e kadar artırılabilir (3,4). Empirik yöntem, tahmini doz uygulamasına dayanmasına rağmen, genellikle basit olması ve zaman kaybına neden olmadan uygulanması nedeniyle tercih edilmektedir. Bununla birlikte, empirik yöntem hastadan hastaya değişen radyoyot biyokinetiğini dikkate almamakta ve kemik iliği gibi doz toleransı olan kritik organlarda ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir (5).

Radyoyot tedavisinin en önemli potansiyel riski kemik iliği depresyonudur. Bu nedenle uzak metastaz tedavisinde lezyon bazlı dozimetri kemik iliği dozimetrisi ile birlikte değerlendirilmelidir. Kemik iliğinin doz toleransı ilk olarak 1962 yılında Benua ve ark. (6) ve Benua ve Leeper (7) tarafından maksimum 2 Gray (Gy) olarak bildirilmiştir.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author

Fiz. Uzm. Alptuğ Özer Yüksel, Ankara Şehir Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, Ankara, Türkiye

E-posta: alptug.ozeryuksel@gmail.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-9748-6208

Geliş Tarihi/Received: 15.01.2025 Kabul Tarihi/Accepted: 10.03.2025 Yayınlanma Tarihi/Publication Date: 18.03.2025

Cite this article as/Atıf: Yüksel AÖ, Demir M. Lesion-based I-131 dosimetry in differentiated thyroid cancer. Nucl Med Semin. 2025;11:11-14



Copyright© 2025 Yazar. Türkiye Nükleer Tıp Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makaledir.

Copyright© 2025 The Author. Published by Galenos Publishing House on behalf of Turkish Nuclear Medicine Society. This is an open access article under the Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

Araştırmacıların kan dozu ile temsil edilen kemik iliği dozunu değerlendirmelerine yardımcı olmak ve organları güvenli doz limiti dahilinde risk altında tutarak hedef lezyonda soğurulan dozu optimize eden daha yüksek aktiviteler uygulamak için birçok başka dozimetrik model geliştirilmiştir (8). Son çalışmalar, tedavi öncesi kan dozu hesaplaması ile kemik iliği için tedavi sonrası ölçülen dozlar arasında iyi bir uyum olduğunu göstermektedir (9). Diğer bir dozimetrik yaklaşım, Maxon ve ark. (10) tarafından tanımlanan lezyon bazlı dozimetridir. Bu yaklaşım, tiroit bakiye dokusunu ve metastatik odakları yok etmek için istenen dozu sağlayacak radyoyot aktivitesinin belirlenmesini gerektirir. Bakiye tiroit dokularını başarılı bir şekilde yok etmek için gereken dozun 300 Gy olduğu ve metastazların etkili bir şekilde yok edilmesini sağlamak için soğurulan dozun en az 80 Gy olduğu bildirilmiştir (10).

Kılavuzun bu bölümünde, radyoyot uygulamasını takiben hastalardan 5-7 gün boyunca alınan verileri toplayarak, metastatik DTK hastaları için terapötik aktivite miktarını hesaplamak üzere lezyon bazlı dozimetrik yaklaşımın önemi ve güncel uygulama yönteminin özetlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem

Doz kalibratörünün kalibrasyonları yapılır. Background (Bg) aktivitesi ölçülür. Ardından 37-74 MBq (1-2 mCi) I-131'in başlangıç aktivitesi (A_0) doz kalibratörü kullanılarak tam olarak ölçülür. Bg düzeltilmesi yapılır.

En az 6 saatlik açlık süresinden sonra, hastalara oral yoldan 1-2 mCi I-131 uygulanır ve ardından kurşun korumalı odada izole edilir.

İkinci saatteki ilk tüm vücut sintigrafisine kadar I-131 uygulamasından sonraki ilk iki saat içinde yeme, içme (oral, NPO) ve miksiyon yasaklanır.

İlk kan örneği ilk sintigrafi ile birlikte alınır ve heparinize tüplerde saklanır.

Anterior ve posterior tüm vücut sintigrafisi, yüksek enerjili paralel delikli kolimatör ile çift dedektörlü bir gama kamera kullanılarak 10 cm/dk'lık bir tarama hızında çekilir.

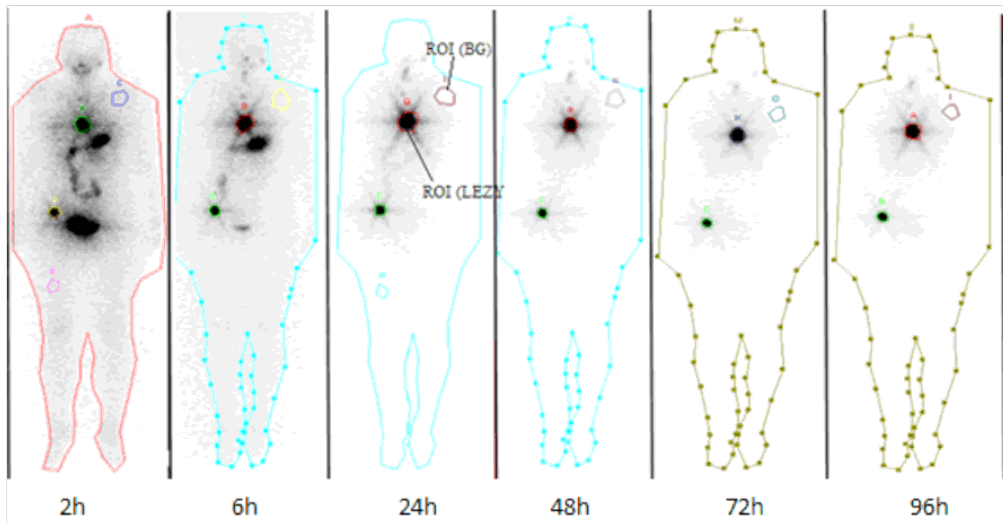
Görüntüleme için %15 pencere genişliğine ve 256×1024 matris boyutuna sahip 364 keV'lik tek enerjili fotopik enerjisi seçilir.

Daha sonra radyoyot uygulamasını takiben 2., 6., 24., 48., 72., 96. saatlerde mesane ve rektum boş iken tüm vücut sintigrafisi serileri alınır (Şekil 1).

Radyoaktivitenin yavaş eliminasyonu durumunda, 168 saatlik uygulamadan sonra ek tüm vücut sintigrafisi çekimi ve kan örneği alımı yapılır.

Tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) görüntülemesi, lezyon hacmini hesaplamak için yapılabilir.

Gama kameralarda çekilen sintigrafik görüntüler üzerinden çizilen ilgi alanları (*region of interest* - ROI) içindeki sayımları kantifiye etmek, sayımlara karşılık gelen aktivite miktarını belirlemek üzere boyutları ve hacmi



Şekil 1. Metastatik lezyonları olan bir DTK hastasının tüm vücut sintigrafileri ve lezyonlardan çizilen ROI'ler

DTK: Diferansiye tiroit kanseri, ROI: ilgi alanı, BG: Arka plan, LEZY: Lezyon

bilinen az aktivite miktarlarında üç adet I-131 numunesi cam flakon içinde hazırlanır. I-131 aktivitesi [örnek olarak; 0 µCi/0 mL (boş flakon), 30 µCi/3 mL, 120 µCi/6 mL ve 240 µCi/10 mL] ile doldurulmuş cam flakonlar kullanılarak tüm vücut görüntülemeleri yapılır. Elde edilen flakon görüntülerindeki ROI'ler çizilerek sayımlara karşılık gelen aktivite miktarları belirlenir. Boş flakon sayımlarından background sayım ve aktivite düzeltmesi yapılır.

2. saatteki sintigrafi görüntüsünden çizilen vücut konturlarını belirleyen ROI içindeki sayım, başlangıç aktivitesine karşılık gelen ROI sayımlarıdır.

Her lezyondaki aktivite aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir (11).

$$A_k = \sqrt{\frac{I_A I_P f_k}{e^{-\mu_e t} C} F_k}$$

Burada;

A_k : Kümülatif aktivite

$I_A I_P$: Anterior ve posterior sayımları

f_k : I-131 atenuasyon düzeltme faktörü

μ_e : Lineer atenuasyon katsayısı

t: Organ kalınlığı

C: Gama kamera kalibrasyon faktörü

F_k : Background

Hounsfield unit (HU) değerleri, 364 keV enerji seviyesinde veriler kullanılarak hesaplanabilir (12).

$\mu_e = 0,09 + (9,41 \pm 0,10) \times 0,00001 \times HU$ (HU < 0) ise

$\mu_e = 0,09 + (5,59 \pm 0,58) \times 0,00001 \times HU$ (HU ≥ 0) ise

Lezyonların hacmi, SPECT/BT sistemlerinde geliştirilen hacimsel analiz aracı kullanılarak belirlenebilir. OLINDA/EXM programında birim yoğunluklu küre modeli yöntemi kullanılarak lezyonda soğurulan doz daha basit olarak hesaplanabilir.

Birden fazla lezyon için yapılan bu dozimetri işleminde lezyon tutulumları farklı olacağından farklı doz değerleri bulunacaktır. Ancak uygulamada en yüksek hesaplanan I-131 aktivite miktarı dikkate alınmalıdır. Ayrıca tedavi aktivitesinin belirlenmesinde kırmızı kemik iliği dozu da dikkate alınarak karar Nükleer Tıp hekimleri tarafından verilmelidir.

Sonuç

Radyoyot tedavisinin daha güvenli ve etkili bir şekilde uygulanabilmesi için geliştirilmiş olan lezyon

bazlı dozimetri yaklaşımı önemli bir olgu olup, radyoyot tedavisinin en büyük riski olan kemik iliği depresyonunun önlenmesi ve metastazların etkin bir şekilde tedavi edilmesi için dozimetri tekniklerinin titizlikle kullanılması gerekliliği vurgulanmaktadır.

Geleneksel empirik doz uygulamalarının hastalar arasındaki biyokinetik farkları göz önünde bulundurmadığı ve bu durumun ciddi komplikasyonlara yol açabileceği belirtilmektedir. Lezyon bazlı dozimetri yaklaşımı ise her hastanın bireysel ihtiyaçlarına göre hesaplanan I-131 aktivitesini kullanarak, tedavi dozunu daha hassas bir şekilde belirlemeyi sağlar. Bu, kemik iliği gibi kritik organlarda doz toleransını aşmadan hedef lezyonlara yeterli dozun verilmesini mümkün kılar.

Ayrıca, DTK tedavisinde optimum tedavi dozunun belirlenmesinde esneklik ve bireyselleştirilmiş yaklaşım gerekliliği ortaya konularak, radyoyot tedavisinin etkinliğini artırmaya yönelik önemli bir adım atılmaktadır. Tedavi sırasında kemik iliği doz toleransının da göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilerek, hastaların güvenliği ve tedavi başarısı arasındaki dengeyi sağlamak temel hedeftir. Bu yöntem, tedavi dozunun daha hassas bir şekilde belirlenmesini sağlayarak daha güvenli bir tedavi süreci oluşturmakla birlikte klinik pratikte de önemli bir yere sahiptir.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması: Yazarlar tarafından çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar

1. Baudin E, Schlumberger M. New therapeutic approaches for metastatic thyroid carcinoma. *Lancet Oncol.* 2007;8:148-156.
2. Van Nostrand D, Atkins F, Yeganeh F, Acio E, Bursaw R, Wartofsky L. Dosimetrically determined doses of radioiodine for the treatment of metastatic thyroid carcinoma. *Thyroid.* 2002;12:121-134.
3. Hackshaw A, Harmer C, Mallick U, Haq M, Franklyn JA. 131I activity for remnant ablation in patients with differentiated thyroid cancer: a systematic review. *J Clin Endocrinol Metab.* 2007;92:28-38.
4. American Thyroid Association (ATA) Guidelines Taskforce on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer; Cooper DS, Doherty GM, Haugen BR, et al. Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid.* 2009;19:1167-1214. Erratum in: *Thyroid.* 2010;20:942. Hauger, Bryan R [corrected to Haugen, Bryan R]. Erratum in: *Thyroid.* 2010;20:674-675.

5. Lee JJ, Chung JK, Kim SE, et al. Maximal safe dose of I-131 after failure of standard fixed dose therapy in patients with differentiated thyroid carcinoma. *Ann Nucl Med.* 2008;22:727-734.
6. Benua RS, Cicale NR, Sonenberg M, Rawson RW. The relation of radioiodine dosimetry to results and complications in the treatment of metastatic thyroid cancer. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med.* 1962;87:171-182.
7. Benua RS, Leeper RD. A method and rationale for treating thyroid carcinoma with the largest safe dose of I-131. In: Meideros-Neto GA, Gaitan E. (eds.). *Frontiers of Thyroidology.* New York, NY: Plenum, 1986.
8. Willegaignon J, Sapienza MT, Buchpiguel CA. Comparison of different dosimetric methods for red marrow absorbed dose calculation in thyroid cancer therapy. *Radiat Prot Dosimetry.* 2012;149:138-146.
9. Luster M, Clarke SE, Dietlein M, et al. Guidelines for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2008;35:1941-1959.
10. Maxon HR, Thomas SR, Hertzberg VS, et al. Relation between effective radiation dose and outcome of radioiodine therapy for thyroid cancer. *N Engl J Med.* 1983;309:937-941.
11. Siegel JA, Thomas SR, Stubbs JB, et al. MIRD pamphlet no. 16: techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates. *J Nucl Med.* 1999;40:375-615.
12. Brown S, Bailey DL, Willowson K, Baldock C. Investigation of the relationship between linear attenuation coefficients and CT Hounsfield units using radionuclides for SPECT. *Appl Radiat Isot.* 2008;66:1206-1212.