

Tc-99m-MIBI'nin Spect Tekniği ile Çeşitli Organlarda Absorblanan Radyasyon Dozlarının Hesaplanması ve MIRD Değerleri ile Karşılaştırılması*

Alev ERGÜLEN¹, Gülay Durmuş ALTUN², Mahmut YÜKSEL³, T. Fikret ÇERMİK²,
N. Ömer YIĞITBAŞI⁴

ÖZET

Amaç: Tüm vücut veya bir organda radyasyon etkilerinin belirlenmesi için önemli faktörlerden biri de organda absorblanan radyasyon enerjisinin miktarıdır. Herhangi bir organa iyonizasyon veya eksitasyon yoluyla aktarılan enerji miktarının belirlenmesi internal radyasyon dozimetri çalışmaları ile yapılmaktadır. Çalışmada SPECT tekniği ile Tc-99m MIBI'nin biyodağılımı ve internal dozimetri değerlerinin belirlenmesi amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Bu amaçla; miyokard perfüzyon sintigrafisi istemiyle gelen, yaş ortalamaları 53.62 ± 12.72 yıl olan, 13'ü istirahat ve 27'si egzersiz olmak üzere toplam 40 hastaya (10 E, 30 K), SPECT tekniği ile Tc-99m MIBI miyokard perfüzyon görüntülemesi yapıldı. Elde edilen görüntülere Metz ve Ramp filtresi uygulandı. Filtrelenmiş görüntülerden RAO 45° görüntüsü üzerine çizilen ilgi alanlarından elde edilen ortalama sayımlardan çeşitli organlarda absorblanan radyasyon miktarları hesaplandı ve MIRD değerleri ile karşılaştırması yapıldı.

Bulgular: Tc-99m MIBI SPECT görüntülerinden hesaplanan, organ absorbe doz verilerinin düzeltilmiş değerleri ile Tc-99m MIBI için önerilen standart değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.05$).

Sonuç: SPECT tekniği ile elde edilen görüntülerin rekonstrüksiyon işlemi uygulanmadan, planar görüntüler gibi dozimetri çalışması amacıyla kullanılabilirliği sonucuna varıldı.

Anahtar Sözcükler : Tc-99m MIBI, Radyasyon Dozimetresi, SPECT, Organ Dağılımı, Miyokard.

SUMMARY

THE QUANTITY OF Tc-99M-MIBI BIODISTRIBUTION AND INTERNAL DOSIMETRY BY USING SPECT TECHNIQUE, AND COMPARED WITH MIRD VALUES

Purpose: One of the most important factors to be evaluated in the assessment of radiation effects on whole body or an organ is the amount of radiation energy deposited in that organ. Calculation of radiation energy deposited by internal radionuclides is the subject of internal radiation dosimetry. In our study, the quantity of Tc-99m-MIBI biodistribution and internal dosimetry was aimed to be determined using spect technique.

Methods: For this aim, using spect technique Tc-99m MIBI myocard perfusion imaging was done to 40 patients with mean age 53.62 ± 12.72 :13 of them rest, 27 of them stress. Metz and Ramp filter were applied to those obtained images. Radiation quantity in various organs was calculated by using the mean calculation obtained from 45 degree of Spect image and the result was compared with MIRD values.

Results: A statistically meaningful difference was found between the corrected organ absorption dose values calculated from Tc-99m MIBI Spect images and suggested standart values for Tc-99m -MIBI ($p > 0.05$).

Conclusion: It was concluded that the images with Spect technique could be used for planar imaged dosimetry studies before reconstruction is applied.

Key Words : Tc-99m MIBI, Radiation Dosimetry, SPECT, Organ Biodistribution, Myocardium.

* Bu çalışma XII. Nükleer Tıp Kongresinde (28 Nisan – 3 Mayıs 1998, Antalya) tebliğ edilmiştir.

¹Uz. Fiz., Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp A.D.

²Araş. Gör. Dr., Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp A.D.

³Yrd. Doç. Dr., Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp A.D.

⁴Prof. Dr., Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp A.D.

GİRİŞ

İnternal radyasyon dozimetresi, birikmiş radyasyon enerjisinin hesaplanmasıdır. Nükleer tıp tetkiklerinde kullanılan radyoaktif maddelerin vücuda ve çeşitli organlara verdiği radyasyon (absorbe edilen doz) Medical Internal Radiation Dose (MIRD) komitesinin önerdiği yöntemle hesaplanmaktadır. SPECT tekniği ile miyokard perfüzyon görüntülemesi nükleer tıpta sık kullanılan bir yöntemdir, Tl-201 ve Tc-99m ile işaretli radyofarmasötiklerle yapılmaktadır. Tl-201 radyoizotopu ile planar ve SPECT teknikleri kullanılarak internal dozimetri çalışmaları yapılmasına rağmen Tc-99m MIBI ile sadece planar olarak dozimetri çalışması yapılmıştır.

Çalışmamızda, SPECT tekniği ile Tc-99m MIBI'nin biyodağılım ve internal dozimetri değerleri hesaplanarak, MIRD değerleri ile karşılaştırılmış ve bu çalışmada elde edilen sonuçların klinik uygulamalardaki yeri araştırılmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

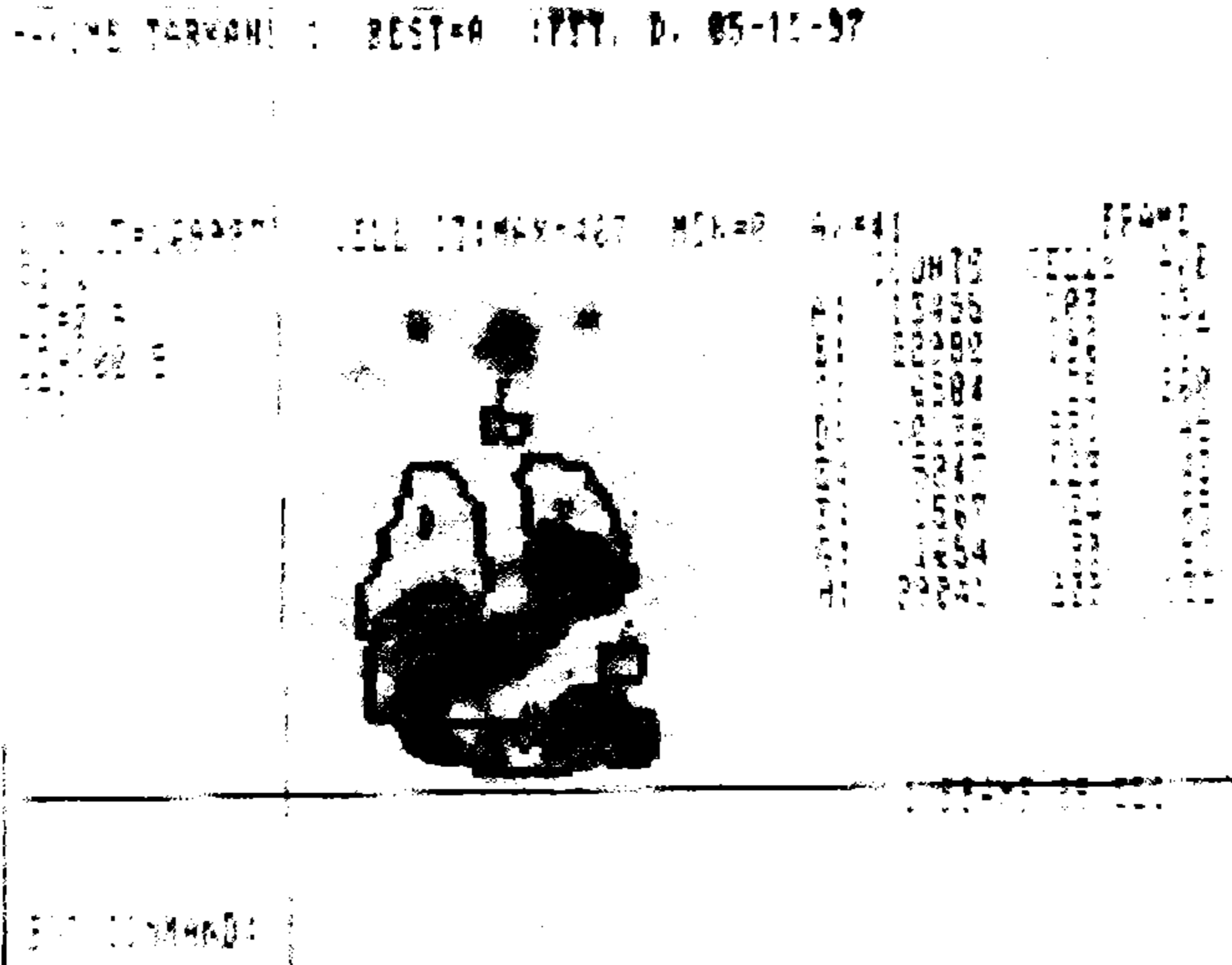
Çalışmada, miyokard perfüzyon sintigrafisi istemiyle gelen 40 hastaya (53.62 ± 12.72 y) Tc-99m MIBI egzersiz-istirahat (n=27) ve istirahat-egzersiz (n=13) miyokard perfüzyon

SPECT çalışması uygulandı (Philiphs Diagnost Tomo). Tc-99m-MIBI'nin vücut üst yarısında ki dağılım araştırıldı.

Boş ve dolu enjektörlerden, 64x64 matrikste ve word mode'da 25 saniyelik, statik görüntüler alındıktan sonra ilgi alanları çizilerek enjekte edilen net doz hesaplandı.

Her iki görüntüleme protokolünde, ilk enjeksiyonda 7-10 mCi (260-370 MBq) ve ikinci enjeksiyonda 25 mCi (950 MBq) standart doz uygulandı. Kardiyak stres 0.56 mg/kg 4 dakika dipiridamol infüzyonu uygulanarak yapıldı. Egzersiz enjeksiyonundan 15 dakika ve istirahat enjeksiyonundan 30 dakika sonra, gama kamera altına sırt üstü yatar pozisyonda, toraks bölgesini alacak şekilde 45° LPO - 45° RAO arasında, 180 derecelik açıda, 64x64 word matrikste her biri 25 sn'lik 64 ardışık görüntü alındı. SPECT görüntülerine METZ ve RAMP filtresi kullanılarak rekonstrüksiyon işlemi uygulandı. Atenüasyon düzeltmesi uygulanmadı. Filtreleme işleminden sonra elde edilen görüntülerde, ilgili hedef ve kaynak organlar üzerinde kalp (K), karaciğer (Kc), safra kesesi (Sk), dalak (D), tiroid (T), akciğer (Ac), batin üst kadran barsak bölgesi (B) ilgi alanları çizilip ortalama sayımlar alındı, dikeyleri hesap edilerek normalize edildi (Şekil 1).

Resim 1: SPECT 45 RAO görüntüsü üzerinden çizilen organ sal ilgi alanı gösterimleri.



SPECT görüntülerinden elde edilen organ sayımları referans olarak alınan net enjekte edilen doz verilerine oranlanarak, organın radyoaktif maddeyi tutma miktarı olan % organ tutulum değerleri bulundu. Vücudun üst yarısında hesaplanan organsal tutulum değerleri kullanılarak çeşitli organlarda absorbe edilen doz oranları MIRD'in önerdiği yöntem ile hesaplandı.

Absorblanan doz hesap basamakları (2):

1-Kaynak organda birikmiş aktivite

$$\bar{A} = A_0 f_h 1.44 T_c$$

2-Birikmiş aktivite başına hedef organda absorblanan doz oranını gösteren S değerlerinin hesaplamaları bulunmaktadır. Hesaplamalarda MIRD pamphlet 1-10 da $(\phi)_i$ ve $(\phi)_j$ değerlerinden yararlanılmıştır.

$$S(r_k \leftarrow r_h) = \sum \bar{A}_i \phi_i(r_k \leftarrow r_h) / m_k$$

3-Her bir hedef organda absorblanan doz,

$$D_{rk} = \sum \bar{A}_h \times S(r_k \leftarrow r_h)$$

SPECT sayım değerlerini etkileyen atenüasyon etkisini göstermek amacıyla 10 farelik denek hayvan çalışması yapıldı. Her bir fareden hesaplanan SPECT yüzde organ tutulum değerleri, görüntülerin bitiminden hemen sonra hayvanlar kurban edilerek kuyu tipi gama sayıcıda organ sayımları kullanılarak hesaplanan yüzde organ tutulum değerleri birbirlerine oranlanarak her organ için düzeltme katsayısı hesaplandı. Hastalardan elde edilen absorpsiyon değerleri düzeltme katsayısı

ile çarpılarak organların gerçek absorpsiyon değerleri hesaplandı.

İstatiksel karşılaştırma: Hastalarımıza ait organların istirahat ve egzersizdeki düzeltilmiş absorbe doz değerleri, standart değerler kullanılarak Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. p değeri 0,05'den küçük olanlar anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Çalışmaya başlangıç olarak aldığımız 10 planar 45 LPO-45 RAO ve MIBI SPECT görüntülerin'in ilk (45 LPO) ve son (45 RAO) kesitlerine ait, enjekte edilen dozun % tutulum değerleri hesaplandı. Filtre edilmiş SPECT görüntülerinin ilk ve son görüntülerinden elde edilen organ tutulum değerleri planar 45 LPO - 45 RAO görüntülerinden alınan organ tutulum değerleri arasında farklılık tespit edilmedi ($p > 0.05$). SPECT'in 45 RAO pozisyonunda alınan organsal görüntülerin daha net olması nedeniyle, organlarda absorbe edilen dozların hesaplanması için bu görüntüleri kullandık.

İstirahat ve egzersiz çekimlerine ait her bir kaynak organda birikmiş aktivitenin hesaplanması ilk aşamayı oluşturdu. Birinci basamak değerleri tablo 1 de gösterilmiştir.

Her bir hedef organda absorblanan doz değerleri tablo 2' de gösterilmiştir.

TABLO 1: Tc-99m MIBI istirahat ve egzersiz çekimlerine ait birikmiş aktivite değerleri.

| Kaynak Organlar | Birikmiş Aktivite \bar{A}_h | |
|-----------------|-------------------------------|-------------------|
| | İSTİRAHAT | EGZERSİZ |
| KALP | $5,3 \times 10^2$ | $5,3 \times 10^2$ |
| KARACİĞER | $1,5 \times 10^3$ | $2,2 \times 10^3$ |
| SAFRA KESESİ | $6,3 \times 10^2$ | $5,7 \times 10^2$ |

TABLO 2: Tc-99m MIBI ye ait hedef organlar için absorblanan toplam dozlar.

| Hedef Organlar | Absorbe edilen toplam doz (mGy / MBq) | |
|----------------|---------------------------------------|----------------------|
| | İSTİRAHAT | EGZERSİZ |
| KALP | $2,4 \times 10^{-3}$ | $2,6 \times 10^{-3}$ |
| KARACİĞER | $1,7 \times 10^{-3}$ | $2,5 \times 10^{-3}$ |
| AKCİĞER | $1,3 \times 10^{-3}$ | $2,1 \times 10^{-3}$ |
| SAFRA KESESİ | $2,7 \times 10^{-2}$ | $2,4 \times 10^{-2}$ |
| DALAK | $1,6 \times 10^{-3}$ | $1,3 \times 10^{-3}$ |
| TROID | $2,7 \times 10^{-3}$ | $1,8 \times 10^{-3}$ |
| BARSAKLAR | $1,3 \times 10^{-2}$ | $1,8 \times 10^{-2}$ |

Denek hayvan çalışmamızda; SPECT ve organ çıkartılarak elde ettiğimiz enjekte edilen dozun yüzde organ tutulum değerlerini karşılaştırdığımızda K de; oç %1,2 ± 0,33 ve SPECT %0,8 ± 0,24, Kc de; oç %4±0,9 ve SPECT % 1,01 ± 0,4, Ac de; oç %0,4± 0,05 ve SPECT

%0,4±0,5 D; oç %0,3 ± 0,08 ve SPECT %0,1 ± 0,5 B ta; oç %12 ± 3,3 ve SPECT' de %1 ± 0,3 bulunmuştur (Tablo-3). Bu değerler kabul edilen standart değerlerle karşılaştırılarak, her organ için bir kat sayı elde edilerek Tc-99m MIBI için toplam absorbe doz değerleri elde edilmiştir (Tablo-4).

TABLO 3: Denek hayvan çalışmasına ait SPECT ve çıkartılmış organlardan elde edilen %organ tutulum verileri

| No | Organ % tutulum | | | | | | | | | |
|----|-----------------|------|-----------|-----|---------|------|-------|------|--------|----|
| | Kalp | | Karaciğer | | Akciğer | | Dalak | | Barsak | |
| | DO | S | DO | S | DO | S | DO | S | DO | |
| 1 | 1.6 | 1.5 | 4.5 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 16 | |
| 2 | 1 | 0.8 | 4.0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 10 | |
| 3 | 1.09 | 0.9 | 4.2 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 1.2 | 14 | |
| 4 | 1.2 | 1.1 | 4.2 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 1.3 | 15 | |
| 5 | 1.8 | 2.0 | 6.0 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.5 | 1.6 | 18 | |
| 6 | 1.02 | 0.86 | 4.0 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.43 | 0.97 | 11 | |
| 7 | 0 | 0.9 | 0.6 | 3 | 0.2 | 0.33 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 9 |
| | 5 | | | | | | | | | |
| 8 | 0 | 0.8 | 0.7 | 3.2 | 0.2 | 0.36 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 11 |
| | 6 | | | | | | | | | |
| 9 | 1 | 1.6 | 1.2 | 4.4 | 0.3 | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 1.3 | 15 |
| 10 | 0 | 1.1 | 0.5 | 2.5 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 8 |
| | 6 | | | | | | | | | |

S: SPECT değerleri, DO: Direkt organ çıkartılarak elde edilen değerler.

TABLO 4: Düzeltme katsayısı kullanılarak elde edilen toplam absorblanan doz verileri.

| Hed. Organlar | Absorbe edilen toplam doz (D) = mGy / MBq | | | | | |
|---------------|---|----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| | Dr _h (Hesaplanan) | | Dr _h (Düzeltilen) | | Dr _h (Referans) | |
| | İstirahat | Egzersiz | İstirahat | Egzersiz | İstirahat | Egzersiz |
| KALP | 2,4.10 ⁻³ | 2,6.10 ⁻³ | 3,6.10 ⁻³ | 3,9.10 ⁻³ | 4,4.10 ⁻³ | 4,8.10 ⁻³ |
| KARACİĞER | 1,7.10 ⁻³ | 2,5.10 ⁻³ | 6.10 ⁻³ | 9.10 ⁻³ | 5.10 ⁻³ | 3,7.10 ⁻³ |
| AKCİĞER | 1,3.10 ⁻³ | 1,8.10 ⁻³ | 2,8.10 ⁻³ | 3,7.10 ⁻³ | 2,4.10 ⁻³ | 2,2.10 ⁻³ |
| SAFRA.KESE. | 2,7.10 ⁻² | 2,4.10 ⁻² | 2,7.10 ⁻² | 2,4.10 ⁻² | 1,8.10 ⁻² | 2,5.10 ⁻² |
| DALAK | 1,6.10 ⁻³ | 1,3.10 ⁻³ | 4.10 ⁻³ | 3,4.10 ⁻³ | 5.10 ⁻³ | 4.10 ⁻³ |
| TİROİD | 2,7.10 ⁻³ | 1,8.10 ⁻³ | 2,7.10 ⁻³ | 1,8.10 ⁻³ | 2.10 ⁻³ | 2,2.10 ⁻³ |
| BARSAK | 1,3.10 ⁻² | 1,8.10 ⁻² | 1,5.10 ⁻² | 2,1.10 ⁻² | 3,7.10 ⁻² | 2,9.10 ⁻² |

TARTIŞMA

Radyasyona maruz kalan (ışınlanan) canlıların çeşitli organlarının birim kütlesi başına absorblanan enerji miktarı olan absorpsiyon dozunu hesaplama işlemlerine internal dozimetri çalışmaları denir (1,2,3). Günümüzde çeşitli nükleer tıp merkezlerinde rutin çalışmalarda yaygın olarak siklotron ürünü olan Tl-201 radyoizotopu ve Tc-99m radyo izotopu ile işaretli MIBI, tetrafosfim gibi ajanlar kullanılmaktadır. Çeşitli ajanlarla yapılan miyokard perfüzyon sintigrafisi SPECT tekniği ile uygulandığında, görüntü kalitesi ve elde edilen kesitlerin gerek hesaplama, gerekse tanı yönünden güvenilirliğini etkileyen birçok teknik faktörün dikkate alınması gerekmektedir (4). Miyokardial perfüzyon değerlendirilmesinde Tl-201 (talyum-201) yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak Tl-201'in düşük enerjili ışınımı nedeniyle yumuşak doku saçılımının ve azalımının fazla olması, göreceli olarak yarı ömrünün uzun olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (5,6). Uygun fiziksel ve biyodağılım özellikleri sebebiyle çalışmamızda Tc-99m MIBI kullanılmıştır. Görüntü sayısı ve alınan açı dereceleri kaliteyi etkileyeceği için kameranın dönüş çapı mümkün olduğunca az olmalıdır. Başka bir deyişle gama ışınlarının soğruldukları nokta ile organ içindeki bulunış noktaları arasında uygunluk olması gerekir (7-9). Bundan dolayı SPECT yöntemi ile Tc-99m MIBI miyokardial perfüzyon çalışmamızda 360° yerine 180° veri toplama yöntemi uygulanmıştır.

SPECT' i etkileyen (özellikle atenüasyon) faktörleri düzelteren algoritmaların kullanılması projeksiyonlardaki homojeniteyi arttırmasına rağmen 180° için foton azalımını düzelteren ve klinikte uygulanabilir bir algoritma henüz kullanılmamaktadır. Bu gibi teknikler artefaktlara neden olabildiği için özellikle göğüs bölgesindeki çekimler için tavsiye edilmemektedir (10). Tc-99m MIBI SPECT miyokardial klinik çalışması için tek gün hasta protokolünün seçilmesinin sebebi, aynı gün içinde hasta ve uygulayıcı açısından daha uygun olmasıdır. Dozimetri analizleri için kaynak organların hepsini içermesinden dolayı gerek çekimleri ve buna bağlı olarak da sayım değerleri hastaların gövde bölgesinden alınmıştır. Üst vücut görüntülerinden hesaplanan % tutulum verileri tüm organlar için incelendiğin de: Üst vücut organ dağılımında; İstirahat görüntülerinde K, D ve Ac de piksel başına aktivitesi düşerken, SK ve Kc de MIBI konsantrasyonu yükselmiştir (Enjeksiyondan 1 saat sonra). Geçen zamanla birlikte D ve Ac de Tc-99m MIBI'nin düzeltilmiş aktivitesi'nin

ilerleyen zamanla azaldığı izlenmiş, bununla birlikte K'te göreceli olarak stabil olduğu gözlenmiştir.

Egzersiz görüntülerinde enjeksiyon sonrası 1 saat içinde Kc aktivitesi MIBI' nin hepatobiliyer klirensine bağlı olarak, en hızlı azalmayı göstermiştir. Wacker ve arkadaşlarının yapmış olduğu planar Tc-99m MIBI dağılım ve dozimetri çalışmasında, K' te tutulum istirahat enjeksiyonundan 1 saat sonra enjekte edilen dozun $1,0 \pm 0,4$, egzersiz enjeksiyonundan 1 saat sonra $1,4 \pm 0,3$ olarak bulunmuştur (11). Hasta çalışmalarımızdaki değerlerimiz Wacker ve arkadaşlarının bulduğu değerlerden daha düşük bulunmuştur. Yaptığımız denek hayvan çalışmasında SPECT ve organ çıkartılarak hesaplanan % tutulum değerleri karşılaştırıldığında SPECT verilerinde de %30 varan azalma gözlenmiştir. Bu azalım hasta çalışmalarımızın % tutulum değerlerinde de bulunmuştur.

SPECT tekniği ile hesaplanan organ doz verilerinin çeşitli etkileyici faktörlerin düzeltilmesi ile MIBI dışında Tl-201 radyoizotopu ve Tc-99m radyoizotopu ile işaretlenen diğer radyofarmasötiklerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. SPECT görüntülerinin ve bu görüntülerden yararlanılarak hesaplanan doz verilerinin miktarlarını ve doğruluk derecesini, hasta özellikleri ve fiziksel faktörler etkilemektedir. Fiziksel faktörlerden özellikle saçılma ve fotonların atenüasyonu SPECT de sayısal analiz doğruluğunu azaltmaktadır. Verilerin göğüs gibi homojen olmayan ve doku kalınlığı fazla olan (özellikle kadın hastalarda meme dokusu) ortamlardan alınması, yaptığımız kardiyak SPECT çalışmalarında saptanan sayımların % 25-30 oranında atenüasyon etkisiyle azalmasına sebep olmuştur. Hasta çalışmalarımızda organların çıkartılarak sayımları söz konusu olamayacağından dolayı yaptığımız denek hayvan çalışmasından her organ için ayrı olarak hesaplanan düzeltme katsayısı, hastalardan hesaplanan organ absorbe doz değerlerine bölünerek istenilen standart veriler elde edilmiştir. Düzeltilmiş ölçümlerin değerlendirilmesinde elde ettiğimiz sonuçlarla Tc-99m MIBI için önerilen standart değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Doku kalınlığı fazla olmayan vücut bölgelerinden iki boyutlu planar görüntülerle internal dozimetri çalışmaları yapılabilir. Doku kalınlığı fazla olan bölgelerde detaylar kaybolacağı için, gerek radyofarmasötığın organ içi dağılımının miktarı, organın şekli ve büyüklüğünün

görüntülenmesinde, gerekse organ içinde bulunabilecek normal olmayan yapıdaki oluşumların ortaya çıkartılması için organ içi dağılımın üç boyutlu olarak incelenmesine olanak

veren en iyi görüntüleme sisteminin SPECT tekniği ile olduğu saptanmış, internal dozimetri çalışmalarının SPECT tekniği ile daha uygun ve doğru bilgiler vereceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Sorenson JA, Phelps ME Internal Radiation Dosimetry. In Sorenson JA, Phelps. (Eds) Physics in Nuclear Medicine. Florida: Grune& Stratton, Inc.1987: 197-217.
2. Stabin MG: Internal Radiation Dosimetry. In Sharp PF, Gemmell HG, Smith FW. (Eds) Principles and Practice of Nuclear Medicine. 1st edit. Oxford: IRL Press at Oxford University Press, 1994: 316-332.
3. Stabin MG: Internal Dosimetry Pediatric Nuclear Medicine. In Trevers ST. (Ed) Pediatric Nuclear Medicine. 2nd edit. New York: Springer-Verlag New York Inc., 1994: 556-575.
4. Gemmell HG: Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT). In Sharp PF, Gemmell HG, Smith FW. (Eds) Principles and Practice of Nuclear Medicine. 1st edit. Oxford: IRL Press at Oxford University Press, 1989: 39-48.
5. Bushberg JT: Radiation Dosimetry. In Goltschalk A, Hoffer PB, Potchen EJ. (Eds) Diagnostic nuclear medicine. 2nd edit. Baltimore: Williams and Wilkins, 1988, Vol.1: 196-203.
6. Hassan IM, Sahweil A, Constantinides C, Mahmoud A ve ark: Uptake and kinetics of Tc-99m hexakis 2- methoxy isobutyl isonitrile in benign and malignant lesions in the lungs. Clin. Nucl. Med., 1989; 14(5):333-340.
7. English RJ, Braun SE: SPECT (single-photon emission computed tomography), 2nd edit. New York: published by The Society of Nuclear Medicine, 1989.
8. Jaszczak RJ, Floyd CE, Coleman E ve ark. Compensation Techniques for SPECT. IEEE Trans Nucl.Sci Nc-32, 1985: 786-793.
9. Zanzonico PB, Bigler RE, Squares G: Quantitative SPECT in radiation dosimetry, Seminars in Nuclear Medicine, Vol:XIX, No:1, 1989: 47-61.
10. Berman DS, Kiat H, Germano G, Train KF: Tc-99m MIBI SPECT. In DePuey EG, Berman DS, Garcia EV. (Eds) Cardiac SPECT imaging. 1st edit. Hong Kong: Lippincott-Raven publishers, 1995: 121-142.
11. Wackers FJ, Berman DS, Maddahi J ve ark.; Technetium-99m hexakis 2-methoxyisobutyl isonitrile, human biodistribution, dosimetry, safety and preliminary comparison to Tl-201 for myocardial perfusion imaging, J. Nucl.Med., Vol:30, 1989: 301-311.