

RADYOİZOTOP YÖNTEMİYLE KAN AKIŞININ ÖLÇÜLMESİ

Mahmut SARI^a, Ömer YIĞITBAŞI^b, Ali GİRGİN^c

ÖZET

Bu çalışmada, yapay bir bacakta kan akışı, fiziksel özellikleri bakımından kana eşdeğer bir akışkan olan su kullanılarak incelendi. Radyoizotop olarak, yarılanma süresi 6.06 saat olan Technetium-99 izomeri (Tc-99m) kullanıldı. Çalışma, iç çapları sırasıyla 4 mm, 5 mm ve 6 mm olan, polietilenden yapılmış üç farklı akış borusu için gerçekleştirildi. Her bir akış borusu ile 6 farklı debi değeri için ikişer kez ölçüm yapıldı. Ölçüm ve hesap yoluyla elde edilen sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğu gösterildi. Literatürdeki sonuçlarla olan farklılıkların büyük oranda, kullanılan bacak hacimlerinin farklı olmalarından kaynaklandığı sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Kan akımı, radyoizotop

SUMMARY

INVESTIGATION OF BLOOD FLOW WITH RADIOISOTOPES

In this work, the blood flow in an artificial leg has been investigated using water, which is equivalent to the blood in view of physical properties. The Technetium-99 isomer (Tc-99m) was used as the radioisotope with the half-life of 6.06 hours. The measurements have been carried out of three different polyethylene flow tubes, their inner diameters were 4 mm, 5 mm and 6 mm respectively. With each flow tube, two measurements have been made for six different flow values. A great agreement has been shown between measured and calculated results. The differences between results with those in literature arise due to different volumes of the legs used.

Key Words: Blood flow, radioisotopes

GİRİŞ

Nükleer enerjinin, bilim ve teknolojinin çeşitli dallarında kullanımındaki hızlı gelişmeye koşut olarak tıpta tanı (teşhis) ve sağaltma (tedavi) amacıyla kullanımında da, son yıllarda önemli gelişmeler olmuştur. Özellikle sayım ve bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve buna bağlı olarak gamma kameraların bilgisayarlarla birlikte kullanılması tıpta, radyoizotop kullanarak görüntüleme ve bazı

^a Dr., Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi - EDİRNE

^b Prof. Dr. Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı- EDİRNE

^c Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi - İSTANBUL

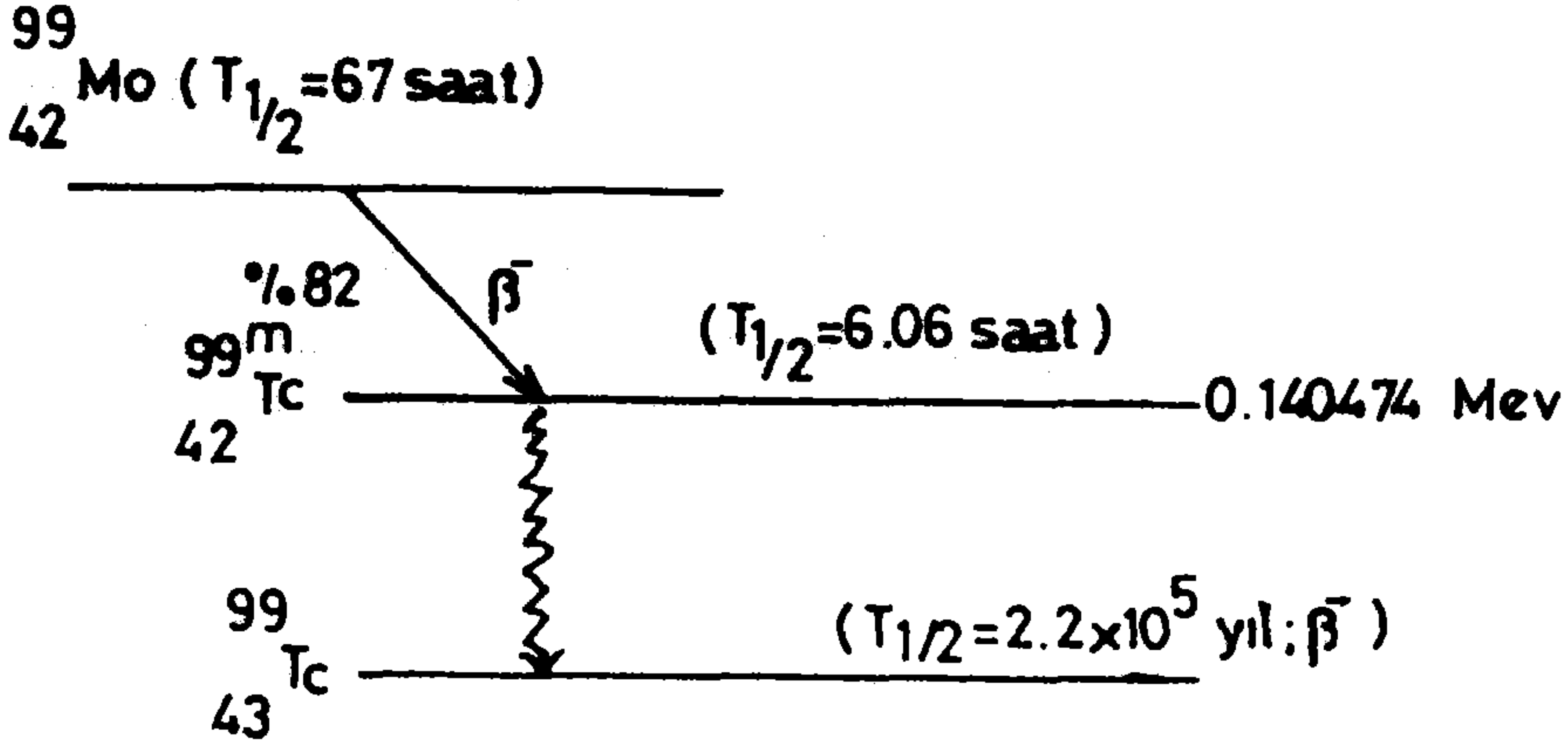
metabolik ve fizyolojik fonksiyonların izlenmesi yöntemlerinin hızla gelişmesine ve yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu yöntemin başka üstünlükleri olarak cerrahi bir işleme gerek duyulmaması, daha güvenilir sonuçlar vermesi, uygulanma sürelerinin kısa olması gibi özellikleri sayılabilir. Radyoizotop kullanarak damar içerisinde kan akışını ölçme yöntemleri çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir (1,2,3). İnsan vücudundaki bazı damar hastalıklarının tanısında ve nedenlerinin belirlenmesinde de radyoizotop yönteminin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bu yöntemin güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi, organ veya dokunun yapısına olduğu kadar iyi bir istatistik sağlanması ve izin verilen doz sınırlarının aşılması gereği gibi nedenlerle, seçilen radyoizotopun cinsine de bağlıdır.

Tıpta, damar hastalıklarının sıkça rastlandığı organlar arasında kol ve bacaklar önemli bir yer tutmaktadır. Bu gerçeğin de gözönüne alınmasıyla kanın bacadaki akışının, radyoizotop yöntemiyle incelenmesine karar verildi. Bu amaçla fiziksel özellikleri bakımından kana eşdeğer bir akışkan olan suyun, yapay (model) bir bacadaki akışı incelendi. Çalışmada veri toplama (sayım) ve analizleme işlemleri için Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'ndaki PHILIPS gamma kamera ve digital bilgisayar kullanıldı.

Kan hacmi, kalp ve damar debisi gibi, kanın damarlardaki akışına etki eden büyüklüklerin belirlenmesine yönelik işlemler radyoizotop yöntemiyle, diğer yöntemlere göre daha hızlı ve güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir (4). Bu amaçla tıpta kullanılan ve doğrudan doğruya hasta vücuduna verilecek bir radyoizotopun yarılanma süresi, birkaç saatten birkaç güne kadar değişmektedir (Tc-99m, P-32, Tl-201, vb.). Daha uzun ömürlü radyoizotoplar, hasta vücudunda uzun süreli bir etkiye, daha kısa ömürlü radyoizotoplar ise uygulamanın gereksiz tekrarına neden olmaktadır. Her iki halde de hasta için radyasyondan kaynaklanan risk faktörü artar.

Bu çalışmada, Technetium (Tc-99m)'un $E = 140.470$ keV'luk enerjisinden yararlanıldı. Tc-99m, uygun fiziksel ve kimyasal özellikleri, sintigrafik incelemelerdeki yüksek sayım verimi ve düşük radyasyon dozu gibi nedenlerle çeşitli organ ve/veya dokuların incelenmesinde tercih edilmektedir. Değişik organ ve dokuların izlenmelerinde kullanılmak üzere birçok Tc-99m bileşiği hazırlanabilmektedir. Anger tipi sintillasyon kameralarının kullanılmaya başlanmasıyla birlikte yaygın kullanım alanı bulan Tc-99m, yarı ömrü 67 saat olan molibden' in (Mo-99) beta bozunma ürünüdür (5,6,7,8). Şekil.1'deki bozunma şemasında da görüldüğü gibi Tc-99m, 6.06 saatlik bir yarı ömürle bozunurken, 140.474 keV enerjili gamma (γ) fotonları yayınlamaktadır (9,10,11).

Yapay (model) organsal sistemler, esas sistemin çalışmasını ve bunların çalışması sırasında ortaya çıkan bazı olayları incelemek ve canlı üzerinde yapılacak tıbbi çalışmalar için ilk adımı oluşturmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Çünkü yapay organsal sistemler kullanılması halinde deney koşulları aynen tekrarlanabildiği gibi, gerektiğinde kolayca değiştirilebilmektedir.



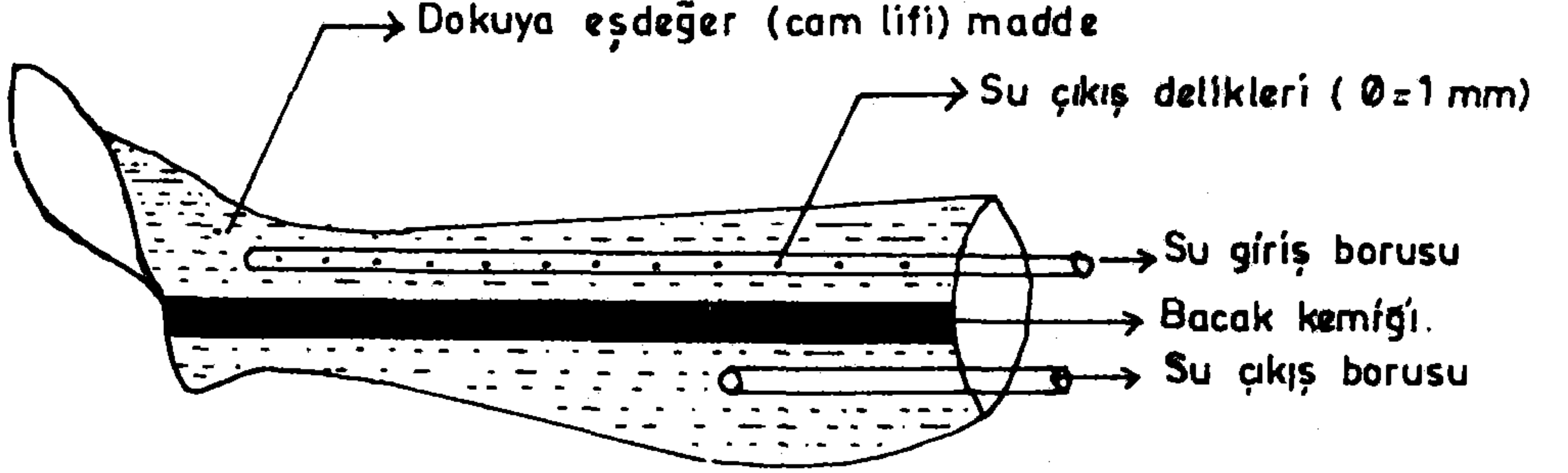
Şekil I. Mo-99'un bozunma şeması.

MATERYAL VE METOD

Çalışmada, içi boş dizden aşağı bir model bacak kullanıldı. Bacak içerisine, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Bölümü'nden alınan ve ortalama yoğunluğu 1.8 gr/cm (12) olan insan bacak kemiği suda çözünmeyen bir yapıştırıcı ile boşluk içerisine yapıştırıldı. Damar görevi yapmak üzere 4 mm, 5 mm, 6 mm çaplı polietilen borular, anatomik yapıya uygun olarak bacak içerisine yerleştirildi. Bacak içinde kalan başluklar yoğunluğu dokuya yakın olan cam lifi (fiber glass) ile sıkıca doldurularak bacağın açık ucu kapatıldı. Bu şekilde oluşturulan yapay bacağın boyuna kesiti Şekil.2 de görülmektedir.

Model bacak ile buna bağlı pompa ve su kabından oluşan deney düzeneği, sayım odasına taşınabilmesi için, tekerlekli bir sedye üzerine yerleştirildi. Ölçüm sonuçları üzerindeki etkileri en az düzeye indirmek amacıyla deney düzeneğinin konumu ile sayım koşullarının, çalışma boyunca değişmemesine özen gösterildi.

Her bir ölçümden önce içerisine 400 MBq aktiviteli Tc-99m enjekte edilmiş olan su, bacak içerisine pompalandı. Bu şekilde, hazırlanan yapay bacağın saniyede bir görüntüsünü elde etmek üzere, 100 saniyelik sürelerle, dinamik görüntü çekimleri yapılarak görüntüler her deneyde veri toplama ve analizleme sisteminin bilgisayar ekranına yansıtıldı. Görüntü verilerinden, bacak içerisindeki radyoaktif suyun aktivite dağılımı incelenerek, aktivite-zaman [$A = f(t)$] eğrileri elde edildi (13,14,15). Tipik eğri şekil.3'deki gibidir. Aktivitenin hemen hemen doğrusal olarak arttığı bölgede, en küçük ve en büyük değerleri arasındaki değişiminin eğimi hesaplanarak, birim zamandaki



Şekil II. Yapay bacağın boyuna kesiti.

aktivite değişimleri elde edildi. Bu işlemler her bir boru (damar) ve debi değerleri için yeniden yapıldı.

Pompanın çalıştırılmasıyla birlikte bacadan geçen sıvının debisi

$$Q = V/t \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplandı (16). Burada, V bacadan akan suyun toplam hacmi, t ise V hacmindeki suyun akma süresidir.

Bacak içindeki suyun debisini radyoizotop yöntemi ile

$$Q = (k.R.V)/S. 60 \text{ ml/dakika} \quad (2)$$

eşitliği kullanılarak hesaplandı (13,15,17). Burada

R: Bacak içindeki sıvının birim zamandaki aktivite değişimi (Sayım/sn)

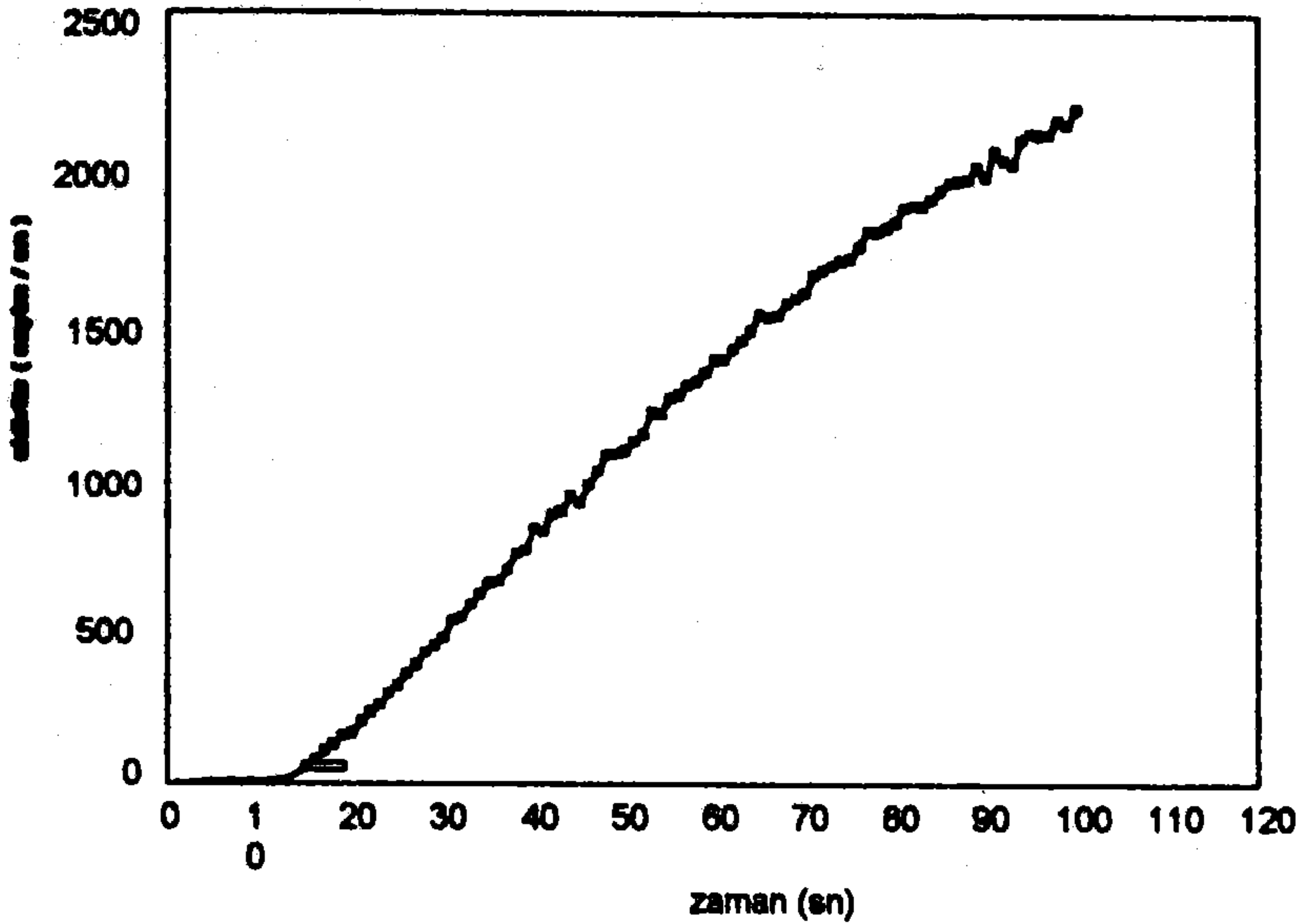
S: Enjektör içindeki sıvının özgül aktivitesi (Sayım/sn)

V: Enjektör içindeki radyoaktif suyun hacmi (ml)

k: Gamma ışın dametinin bacadaki zayıflama faktörü (transmisyon)

BULGULAR

Yapay bir model bacadaki fiziksel özellikleri kana eşdeğer olan su akışı radyoizotop yöntemiyle incelendi. Materyal ve metod bölümünde verilen (2) numaralı denklem kullanılarak elde edilen sonuçlar, canlı sistemlerin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması Tablo II'de gösterildi.



Şekil III. Aktivitenin zamanla değişimi.

Kullanılan yapay bacak modelindeki suyun akışı, ayrıca ölçüm yöntemiyle de materyal ve metod bölümünde (1) numaralı denklem kullanılarak hesaplandı. Radyoizotop yöntemiyle ve ölçümle hesaplanan debi değerlerinin karşılaştırılması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çalışmada, bacak içerisinde akan suyun ölçülen debisi 12.17 ± 5.89 mililitre/dakikadır. Hesaplanan debi değerleri ise 4 mm, 5 mm ve 6 mm iç çaplı borular için sırasıyla 12.19 ± 5.66 mililitre/dakika, 12.02 ± 5.73 mililitre/dakika ve 12.26 ± 5.77 mililitre/dakikadır. Her üç boru için 60-100150 mililitre/dakika ve 200-250-300 mililitre/dakikalık debi değerleri için hesaplanan değerlerin ortalaması sıra ile 7.15 ± 2.63 ml/dakika ve 17.16 ± 1.43 ml/dakikadır. Hasta ve normal gruplar üzerinde daha önce yapılan çalışmalarda sırasıyla 4.48 ± 1.43 ml/dakika ve 11.01 ± 1.70 ml/dakika olarak verilmektedir. Normal bireyler ve damar rahatsızlığı olan hastalar üzerinde daha önce yapılan çalışmalarda (13) elde edilen sonuçlar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar arasında 2.67 ± 1.2 ml/dakika ve 6.15 ± 0.27 ml/dakikalık fark olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Radyoizotop yöntemiyle izleme tekniğinin kolay ve kısa aralıklarla tekrarlanabilir olması, düşük dozlarda zararsız olması ve damar tıkanıklığı olan çoğu hastaya uygulanabilirliği gibi nedenlerle üstünlük sağlamaktadır. Bu özellikler damar içerisinde

Tablo I. İç çapları (ri) farklı polietilen boru kullanarak bacakta ölçülen ve hesaplanan debi değerleri. Q_0 : ölçülen debi, Q_H : hesaplanan debi, V: bacak hacmi, Q_{100} : 100 mililitrelik hacimdeki debi.

Deney No	Q_0 (ml/dak)	ri = 4 mm			ri = 5 mm			ri = 6 mm					
		Q_H (ml/dak)	V (Litre)	Q_{100} (ml/dak)	Q_H (ml/dak)	V (Litre)	Q_{100} (ml/dak)	Q_H (ml/dak)	V (Litre)	Q_{100} (ml/dak)			
1	60	64	1.450	4.13	4.41	56	1.450	4.13	3.86	61	1.450	4.13	4.20
2	100	96	1.450	6.89	6.62	96	1.450	6.89	6.62	102	1.450	6.89	7.03
3	150	154	1.450	10.34	10.62	154	1.450	10.34	10.62	151	1.450	10.34	10.41
4	200	196	1.450	13.79	13.51	195	1.450	13.79	13.44	197	1.450	13.79	13.58
5	250	254	1.450	17.24	17.51	248	1.45	17.24	17.10	250	1.450	17.24	17.24
6	300	297	1.450	20.68	20.48	297	1.450	20.68	20.48	306	1.450	20.68	21.10

kan akışının radyoizotop yöntemiyle incelenmesinin, daha kolay ve güvenli olduğunu göstermektedir. Dolaşım sistemi incelemelerine yardımcı olmak üzere, yapay bir model bacakta fiziksel özellikleri kana eşdeğer olan su akışı radyoizotop yöntemiyle belirlendi.

Çalışmada, ölçüm yoluyla hesaplanan debi değerleri ile radyoizotop kullanılarak hesaplanan debi değerleri arasındaki uygunluk araştırılarak sonuçların karşılaştırılması tablo 1 de gösterilmiştir.

Radyoizotoplarla çalışırken dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da, izotopun vücutta oluşturacağı dozun hesaplanmasıdır. Bu nedenle hastaya verilecek dozun hesaplanması, kişilerin sağlıkları açısından son derece önemlidir. Radyasyondan kaynaklanan olumsuz bir etki yaratılmaması için alabilecekleri izin verilen en büyük doz sınırları belirli sürelerle ve çeşitli organlar için ayrı ayrı hesaplanmalıdır.

Çalışmada kullandığımız 400 MBq aktiviteli Tc-99m'in gamma ışınlarının bacak içinde tamamen soğurulduğunu gözönüne alarak hesaplanan doz, izin verilen en büyük doz değerleriyle karşılaştırıldı. Burada Tc-99m'in fiziksel ömrü $\tau_f = 1.443 * 6.06 = 8.745$ saat olduğundan (18,19) biyolojik yarılanma süresi de gözönüne alınarak ortalama ömrünün $\tau_e = 8$ saat olacağı kabul edilmiştir. Bu süre aynı zamanda, bacağın toplam ışınlanma süresidir. Bu süre içinde oluşacak toplam gamma ışınları dozu ise

$$D = d \cdot \tau$$

bağıntısından 65.15 msv (6515 mrem) olarak hesaplandı. Bu doz, Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (ICRP) ile Başbakanlık Türkiye Atom Enerji Kurumu (TAEK) nun radyasyonla çalışanlar için ve günde 8 saatlik bir çalışma süresi için kabul edilen 0.20 msv (20 mrem)'lik izin verilen en büyük doz (20,21) değerinden yaklaşık 325 kez daha büyüktür. Bu doz sadece sayısal verilerin karşılaştırılması halinde zararlı olarak değerlendirilebilir. Ancak, yukarıdaki verilere göre bir yıllık süreye göre yapılacak değerlendirme de, yöntemin hastaya sadece bir kez uygulanması halinde bu doz, bir yılda izin verilen 50 msv (5000 mrem)'lik doz ile eşdeğer olarak kabul edilebilir (22,23). Kullanılan radyoizotopun aktivitesinin iyi bir sayım istatistiğinin elde edilebileceği bir sınır değere kadar düşürülebileceği ve uygulanan gamma ışınlarının

Tablo II. Bu çalışmada elde edilen sonuçların literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılması.

Deney No	Hesaplanan ortalama debi (ml/dakika)	Bacak Hacmi (Litre)	Literatürdeki Sonuçlar	
			Hesaplan. debi (ml/dakika)	Bacak Hacmi (Litre)
1	60	1.450	64	2.500
2	98	1.450	93	1.900
3	153	1.450	156	2.600
4	196	1.450	194	2.000
5	250	1.450	248	2.500
6	300	1.450	296	2.200

bir kısmının bacakta soğurulmadan kaçacağı da gözönüne alınmalıdır. Bu nedenle çalışmada uygulanan radyoizotop yönteminin, sağlık bakımından güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Radyoizotop yöntemiyle basit bir model sistemde su akışının ölçülmesiyle elde edilen sonuçların, canlı sistemler kullanılmasıyla da elde edilebileceği gösterilmiştir. Böyle bir sistemden yararlanarak, damar rahatsızlığı olan hastalarda herhangi bir cerrahi işlem gerekmeden bacakta kan akışının, bu yöntemle daha çabuk ve iyi bir doğrulukla hesaplanabileceği gösterilmiştir. Çalışmada uygulanan yöntemin, vücudun diğer organ ve/veya dokularında uygulanabilmesi için (farklı yoğunluk ve damar yapıları nedeniyle) benzer araştırmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Fitzgerald D.E., Carr J. *Peripheral arterial disease, assesment by arteriography and alternative non-invasive measurements*. American Journal of Roentgenology, 128, 385-388 1987.
2. Gosling R.G. Extraction of physiological information from spectrum-analysed Doppler-shifted continuous-waves ultrasound signals obtained non-invasively from the arterial system. In IEE medical electronics monographs. Ed. by D.W.Hill and B.W. Watson, London 1976.
3. Kester R.C., Leveson S.H., Wiggins P.A., Wilde, D.T. The validation and clinical application of gravimetric plethysmography. In non-invasive methods of cardiovascular haemodynamics. Ed. by A.H.M. Jageneau, P:661-671, North Holland, Amesterdam 1981.
4. Demiroğlu C.: Kardiovasküler sistem hastalıklarının tetkikinde radioaktif izotoplar, Radyoizotopların klinikte kullanılması, s:195-209, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, Fakülte No:53, Sermet Matbaası, İstanbul 1962.

5. **Freeman L.M., Lutzker L.G.** The Kidneys clinical radionuclide imaging, Orlando 1984.
6. **Helus F.** Radionuclides production, Vol.I,II,CRC press. Florida 1983.
7. **International Atomic Energy Agency (IAEA):** Quality control of nuclear medicine instruments, Vienna 1991.
8. **Mettler F.A., Guiberteau M.J.** Essentials of nuclear medicine imaging; Grune and stratton co.,s:15-26, New York 1983.
9. **Berner, D.R., Christian P.E., Langan, J.K., Wells L.D.** Nuclear Medicine Technology and Techniques, s: 69-91, Toronto-Baltimore 1989.
10. **Browne E., Firestone, R.B.** Table of radioactive isotopes 1986.
11. **Lederer E.M., Shirley V.** Table of isotopes, 7. baskı 1978.
12. **Strother G.K.** Physics with applications in life sciences houghton mifflin company, s: 75-77, Boston 1977.
13. **Parkin A., Robinson P.J., Tech B., Phil D., Wiggins P.A. et al.** *The measurement of limb blood flow using tech netium, labelled red blood cells.* Br J. Radiol.,59: 493-497, 1986.
14. **Vowden P., Parkin A., Bishop N., Wilkinson D., Rees M., Kester R.C.** *Forearm blood flow measurement in technetium^{99m} human serum albumin following brachial arteriotomy.* J. Nucl.Med. 30: 45-50, 1989.
15. **Wiggins P.A., Parkin A., Robinson P.J. et al.** *Use of a gamma camera for measuring limb blood flow in peripheral vascular disease.* Br J.Surg, 79: 271-297, 1987.
16. **Kılıçkaya M.S., Taner K.** Fizik (Mekanik) Anadolu Üniversitesi Yayınları, Yayın No:439, s: 210-217, Eskişehir 1991.
17. **Gehani A.A., Thorley P., Sheard K., Ashley S., Brook S.G., Rees M.R.** *Value of a radionuclide limb blood flow technique in the assessment of percutaneous ballon and dynamic angioplasty.* Eur J.Nucl.Med., 19:6-13, 1991.
18. **Johns H.E., Cunningham J.R.** The physics of radiology, s: 217-227, 4.baskı, Toronto 1983.
19. **Spiers F.W.** Radioisotopes in the human body, physical and biological aspects, acedemic press, New York 1968.
20. **Annals of the ICRP, Publicaiton 26,** Pergamon Press 1977.
21. **TAEK Radyasyon Güvenliği Tüzüğü,** Resmi Gazete, sayı: 18861, 1985.
22. **Çelebi G.** Biyofizik cilt 1, Çağlayan Basımevi, s:482-485 İstanbul 1989.
23. **Göksel S.A.** Radyasyonların biyolojik etkileri ve radyasyon korunması; İstanbul Teknik Üniversitesi Nükleer Enerji Enstitüsü, Teknik Üniversite Matbaası, s:210-226, İstanbul 1973.