

**TÜRK
RADYOLOJİ MECMUASI**

2-



TEMMUZ – 1962

C. Çınar BAŞEKİM

VOLUM : 7

SAYI : 3

TÜRK RADYOLOJİ CEMİYETİ TARAFINDAN NEŞREDİLİR.

804479
2.00

TÜRK RADYOLOJİ MECMUASI

ÜÇ AYDA BİR ÇIKAR

VOL : 7 — SAYI : 3

TEMMUZ, 1962

İÇİNDEKİLER

Prof. Dr. Muhterem Gökmen	3	Radio-izotoplar.
Prof. Dr. Suphi Artunkal	4	Radyoaktif iyodla tirotoksikoz tedavisi
Doç. Dr. Reha Uzel	7	Kanser tedavisinde Radio-aktif izotop metodlarının temel prensipleri
Prof. Dr. Suphi Artunkal	14	Radyoaktif iyodun tiroid hastalıkları teşhisinde kullanılmasındaki biyolojik esaslar
Doç. Dr. Adnan Budaras	17	Radyoaktif izotopların radyoterapideki rolü.
Doç. Dr. A. İrfan Urgancıoğlu	25	Radyoizotopların tıpta ve biyolojide kullanılması.
Doç. Dr. Versan Seyahi	28	Tiroid tetkikinde radyoaktif iyod testleri.
Dr. Selâhattin A. Göksel	32	Radyasyonlardan korunma.
Doç. Dr. M. Cemil Karadeniz	35	Atomların yapısı ve radioaktif ışınlar.
Haberler - Sirküler		

TÜRK RADYOLOJİ CEMİYETİ İDARE HEYETİ

BAŞKAN	: Prof. Dr. MUHTEREM GÖKMEN
GENEL SEKRETER	: Dr. MUHLİS TUZLACI
MUHASEBECİ	: Dr. ERDEM GÖKMEN
ÜYE	: Dr. FARUK KINAYTÜRK
ÜYE	: Dr. NECDET BAYRI

Sahibi : Türk Radyoloji Cemiyeti adına Prof. Dr. Muhterem GÖKMEN — Yazı İşleri Müdürü Dr. Saim AYKIN — Türk Radyoloji Mecmuasında çıkan yazılar, Yazı İşleri Müdürlüğünden müsaade almadan iktibas edilemez. — Sayısı 2 lira.
İdarehane : Babıâli Caddesi, 19/2, Cağaloğlu.
İstanbul — Telefon : 22 00 37

RADİO - İZOTOPLAR

Prof. Muhterem GÖKMEN

1935 senesinde kıymetli Hocamız Prof. Dessauer Joliot Curie'nin çalışmalarından bahsederek, Röntgen ve Radium'dan başka ilerde hekimlikte şua neşreden ve dolayısıyla teşhis ve tedavide kullanılabilir, bir çok elementlerin istihsal edilebileceğini müjdelemişti. Bu keyfiyet zamanla tahakkuk etti ve muhtelif Radio izotoplar elde edilmeğe ve piyasaya arz edilmeğe başladı.

Memleketimize ilk defa 1949 senesinde Prof. A. Tevfik Berkman Amerikadan Oakridge'den, Radio-izotop getirterek İstanbul Radyoloji Enstitü ve kliniğinde kullandı. Ancak ekserisinin yarı ömürleri kısa olan bu izotoplar Amerikadan gelinceye kadar enerjilerinden bir kısmını kaybediyorlardı. 1950 de 6. enternasyonal Radyoloji Kongresine iştirak için Londrada bulunduğum sırada, hususî müsaade alarak şehirden 80 km. kadar mesafede olan Harwell'e giderek İngiliz Atom Reaktörünü gezdiğim zaman oradan Radio-izotop getirtmek imkânını temin ettim. Bu tarihten sonra izotopları (Harwell) Londra'dan getirtmeğe başladık, ve hâlen de yine o-

radan izotop temin etmekteyiz.

Radyoloji Enstitüsünden bir kaç sene sonra Haseki hastahanesi tedavi kliniği, daha ziyade teşhis bakımından izotop kullanmaya başlamış ve kıymetli arkadaşım Prof. Suphi Artunkal'ın ciddi ve muntazam çalışmaları ile bu metod rutin hale gelmiştir. Nitekim iki senedir aynı klinikte açılan Radio-izotop kursları da çok faydalı olmuştur.

Memleketimizde bu tarzda laboratuvarlar kurulur ve Reaktör faaliyeteye geçerken cemiyetimizin aylık son toplantısını bir izotop sempozyumuna tahsisini faydalı bulmuştuk.

Arkadaşım Dr. Muhlis Tuzlacı'nın gayretile temin edilen ve üç saat süren bu toplantıya bir çok Radyolog arkadaş iştirak etmek suretile düşüncemizin isabeti meydana çıkmış oldu. Bu sempozyumdaki tebliglere daha bazı yazılar ilâvesile mecmuamızı bu defa izotop sayısı olarak çıkarıyoruz.

Arkadaşlarımıza bu mevzuda toplu bir doküman takdim etmekle büyük zir zevk duyduğumuzu belirtmek isteriz.

RADYOAKTİF İYODLA TİROTOKSİKOZ TEDAVİSİ

Prof. Dr. Suphi ARTUNKAL

1942'de başlayan radyoaktif iyodla tirotoksikoz tedavisi, 1948 denberi geniş şekilde kullanılmaktadır. Tiroid tarafından selektif olarak tutulan radyoaktif iyod, neşrettiği radyasyon sayesinde tiroid içinde iyonizasyon yapmaktadır (internal radyasyon).

20 seneye yaklaşan tatbikatın verdiği tecrübeye dayanarak bazı esasların tesbiti mümkündür. İlk önemli nokta, tedavi için uygun hastanın seçilmesidir. Klinik şekil bakımından en uygun olan, küçük, difüz guvatrardır. Fakat 250 g. kadar büyük gaddelerde de iyi netice alınmaktadır. Nodüler toksik şekillerde ise, çok yüksek dozlarla dahi, her zaman iyi netice alınmaz. Tiroidektomiden sonra görülen nükslerde, ikinci defa ameliyatın komplikasyonları daha çok olacağından, bu hastalarda radyoaktif iyod tedavisi tercih edilmektedir. Antitiroidlere karşı ilaç hassasiyeti olanlar, veya cevap vermeyenlerle, kardiyovasküler hastalıklarda veya tirotoksikoz halini fenalaştıran diğer kronik hastalıklarda yine endikasyon

vardır. Ekzoftalmi ve palpabl nodül bulunması önemli değildir. Fakat ileri derecede ekzoftalmisi olanlarda radyoaktif iyod tedavisi cerrahiye tercih edilmelidir.

Hastaların seçilmesinde yaş mühim bir faktördür. Başlangıçta 40-45 yaşından yukarı hastalar seçiliyordu. Bunun sebebi, radyasyondan sonra potansiyel bir kanserjen tesirin olması ihtimali idi. Eksperimental bulgulara dayanan bu korku teyid edilmemiştir. 20 seneye yakın bir zamandanberi, yüz binden fazla hasta, radyoaktif iyodla tedavi edildiği halde, bu tedaviye bağlı olarak meydana gelen tiroid kanseri henüz neşredilmemiştir. Yayınlanan lösemi vak'alarının nisbeti ise, radyoaktif iyod alan mayanlar arasındaki kesretten daha fazla değildir. Bugün ancak, gelişim çağındaki gençlere, mecburiyet olmadıkça, bu tedavi tatbik edilmiyor. Genetik bozukluk ihtimaline karşı gebelerde ve çocuğa geçtiği için de emziklielerde radyoaktif iyod tedavisi yapılmaz.

Radyoaktif iyod tedavisinin mühim bir problemi de doz tayinidir. Bir hastayı normalleştirilen miktar diğerinde tesirsiz olabildiği gibi, birinin aynı görünen iki hastadan birini düzelten miktar diğerinde mikzedan yapıyor. Doz tayininde gaye 7.000 - 10.000 REP teminidir. Bunun için bir takım formüller ileri sürülmüş ise de hiç biri istenilen katiyeti haiz değildir. Dikkate alınan faktörler, tiroidin hacmi, iyod tutma derecesi, ve effectif yarılanma müddetidir. Fakat bunların kesin tayini mümkün değildir. Mesele tiroid hacmini ve ağırlığını doğru olarak hesaplamak mümkün değildir. Ayrıca şahıstan şahsa değişen radyo-sansibilitiyi de hesaba katmak lâzımdır.

Biz klinikte optimal dozu hesap etmeye çalışıyoruz. Orta büyüklükte (35-45 g) tiroidi olan, %60-75 arasında iyod tutan ve klinik belirtileri orta şiddette olan hastalara inisyal olarak 5 mC I¹³¹ veriyoruz. Tiroidin daha büyük veya küçük olması uptake'in daha yüksek bulunması ve klinik belirtilere göre bu miktarı azaltıp çoğaltıyoruz. Kullandığımız dozlar 3 mC - 8 mC arasındadır. Bu dozlarla 320 hastada gördüğümüz mikzedan % 6 kadardır, ki umumî istatistiklerden çok düşüktür.

Radyoaktif iyod alan hastanın sonraki takibine gelince: İlk günlerde tiroide bir gerginlik hissi nadir değildir. Fakat radyasyon tiroiditi çok sık görülmez. Umumi radyasyon arızaları da yoktur. Bazı hastalarda tirotoksikoz belirtileri artar. Nadiren tiroid krizi olur. Bazı hastalar romatoid ağrılardan şikâyet ederler.

Klinik semptomlar 2-3 hafta sonra hafiflemeye başlar. Sinirlilik, çarpıntı, halsizlik, terleme azalır. Hastanın kilosu artar. Maksime yıllık 8-10 haftada görülür. İyileşme 6 ay devam

etmişse, nüks ihtimali yok gibidir. İlk iki ayda belirli bir düzleme yoksa veya geçici bir iyilikten sonra yeniden semptomlar artmışsa ikinci bir dozun verilmesi icab eder. Yavaş fakat devamlı düzleme gösterenlerde ikinci dozu vermek için 6 ay ve hattâ bazan daha fazla beklenir. Nadiren 3 veya 4 cü dozu vermek icabeder (%10 vak'ada). Radyoaktif iyod tedavinin klinik takibi Basal metabolizma ve klinik semptomların takibi ile yapılır. Tiroidin radyoaktif iyod tutması, bu hastalar ötiroid olduktan sonra bile hipertiroid seviyede kalır ve yanılmaya sebep olur.

Radyoaktif iyod tedavisinin en önemli komplikasyonu mikzedandır. Tedavi dozu alındıktan sonraki süratli bir iyiliği şişmanlama, soğuktan şikâyet, adale krampları gibi hipotiroidi belirtileri takip eder. Bu şekilde erken meydana gelen hipotiroidi belirtileri takip eder. Bu şekilde erken meydana gelen hipotiroidi ekseriyetle 2-4 ayda düzelir. Bunlara tiroid hormonu verirken tiroidi süpresyona uğratabilecek yüksek dozlar vermeye çalışmalı ve orada ilacı keserek guddenin durumunu gözden geçirmelidir. 6 ay ve bazan daha genç. Hatta 1-3 sene sonra meydana çıkan ve yavaş yavaş teessüs eden mikzedan şekli devamlı olarak kalır. İstatistiklere nazaran hipotiroidi nisbeti çok değişiktir. Yüksek dozlar vererek çabuk klinik teşhis elde etmeyi tercih eden müelliflere göre % 20 kadardır. Bu görüşe göre hastayı çabuk düzeltmek ve icab ederse sonra tiroid hormonu vermekte mahzur yoktur. Bizim vak'alarımızda mikzedan % 6 dır.

Radyoaktif iyod tedavisinden sonra nüks % 1.5 - 2 kadardır. Bu takdirde yine aynı tedavi tatbik olunmalıdır. Radyoaktif iyod tedavisi yapılan hastalarda cerrahi müdahale

problemine gelince, bunlara eksternal radyasyondan sonra görülen teknik güçlükler olmaz. Fakat Tiroid evvelce alınan ışınlardan dolayı umumi bir süpresyona uğramıştır. Cerrahın çıkaracağı kısmı hesaplamasında bunu dikkate almalı ve normal bir guddede gibi davranması lazımdır. Bu noktaya dikkat edilmediği için radyasyondan sonra cerrahiye giden vakalarda miksedem nisbeti çok yüksektir. Bu hastaların bir kısmı tedavi neticesini beklemeden cerraha giden sabırsız hastalardır. I¹³¹ tedavisinden sonra cerrahi endikasyona gelince bunlar radyasyona refrakter vakalarla, tiroidin fonksiyonu normale döndüğü halde küçülmeyen, fibröz teşekkülü artmış guddelerdir. Bunların çıkarılma endikasyonu estetik maksatla olabilir.

Radyoaktif iyod tedavisinin tatbiki kolaydır. Cerrahinin tehlikeleri yoktur. Premedikasyon istemez. Hasta antitiroid alıyorsa bir hafta evvel kesilir. Ekseriya tekrar başlamaya lüzum yoktur. Nadiren çok toksik vakalarda, radyoaktif iyodun tesiri başlayınca kadar hastaya iyod veya antitiroid vermek icab eder.

Ayaktan hastalara tatbik müm kündür. Fakat hastaya evde alacağı

korunma tedbirlerini anlatmalıdır. Burada hastanın entellektüel seviyesi ve sosyal durumu dikkate alınmalıdır. Umumi hali düşkün çok toksik hastalarla kardiyak yetmezliği olanları klinikte yatırmalıdır.

BİBLİYOGRAFI

- 1 — Artunkal, S., Seyahi, C.; Hipertroidinin radyoaktif iyodla tedavisi, Türk Tıp Cem. Mec. 10: 1. 550, 1956.
- 2 — Artunkal, S., Seyahi, V.: Hipertroidinin radyoaktif iyodla tedavisi; XIV Milli Türk Tıp Kongresi. İzmir 1958, s. 297-303.
- 3 — Artunkal, S., Seyahi, V., Kapıcıoğlu, T.: Tirotoksikozun I¹³¹ ile tedavisinde 7 yıllık netice; XVI Milli Türk Tıp Kongresi, Ankara, 1960
- 4 — Artunkal, S.: Hipertroidinin radyoaktif iyodla tedavisi, Radyoaktif izotopların klinikte kullanılması, Tedavi kliniğinde açılan kurs notları, Sermed Matbaası, İstanbul 1962.

KANSER TEDAVİSİNDE RADİO-AKTİF İZOTOP METODLARININ TEMEL PRENSİPLERİ

Doç. Dr. Reha UZEL

Kanser tedavisinde sun'i ve tabii Radyoaktif izotopların kullanılış sahaları her gün daha zenginleşmektedir. Burada, rutin hale gelmiş, tecrübi saftan çıkmış, pratik kıymeti olan tedavi metodlarından kısaca bahsedilecektir.

Radioaktif izotoplarla tedavi metodları başlıca 1. Sistemik, 2. Lokal tatbikat olarak iki büyük kısım içerisinde tetkik edilebilir. Ayrıca hususi bir tedavi tarzı olan neutron yakalama tedavisi de zikredilmelidir.

1 — Radioaktif izotopların sistemik kullanılışları :

Sistemik olarak vücuda ağız veya damar yolu ile sokulan izotop eriyik, suspansiyonları kimyevi veya fizik vasıfları dolayısıyla bazı organ veya sistemlerde daha yüksek konsantrasyonda toplanabilirler. Bu vasıfları haiz izotoplar bazı organ veya sistemlerin malign hastalıklarının tedavisinde kullanılabilirler. Vücudun diğer kısımlarına nazaran bazı organ veya sistemlerde yüksek konsantrasyon

yonda toplanan radioaktif maddelerin bu mntakalara daha yüksek kıymette bir ışın dozu bırakmaları ve dolayısıyla bütün vücut ışınlanması tesirleri minimal tutularak arzu edilen mntaka, organ ve sistemlerin maksimal şekilde ışınlanması mümkün olur.

Tiroid Kanserlerinin I¹³¹ ile tedavisi :

Tiroid kanserleri tabii seyirleri, histolojik yapıları, ve prognozları bakımından gayet bariz farklar gösteren bir kanser gurubudur. Bazı diferansiyel Tiroid kanserleri, yaygın metastaslar yapmış olsalar bile hastanın senelerce yaşamasına müsaade ederler. Diğer taraftan endiferansiyel ve dev hücreli tiroid kanserleri hastanın bir kaç ay gibi kısa zaman içerisinde ölümüne sebep olurlar. Bu sebepten Tiroid kanserlerinin tedavi prensipleri, kanserin tabii seyri ve hücre tipine göre değişir.

Diferansiyel tiroid kanserlerinde tedavi cerrahidir. Endiferansiyel tiroid kanserlerinde ise primer tedavi eksternal radyoterapi ile mümkün olur.

I^{131} , metastazlar yapmış dife-ransiyel tiroid kanserlerinin tedavisin-de kullanılır. Yapılan radio-otografik tetkikler, tiroid kanserlerinin I^{131} i, tedavi için yeterli konsantrasyonda tutulabilmeleri için, kolloid ve mun-tazam halkalar teşkil eden tipler - den olması gerektiğini göstermiştir.

Yâni I^{131} tedavisi pratik olarak, yalnız metastaz yapmış foliküler ve bazı papiller (%30 nispetinde halka ve kolloid ihtiva eden tipler) kanser vak'alarında kullanılış yerini bulur. Halka ve kolloid yapıları ihtiva etse bile, primer tiroid tümörünün I^{131} ile küratif tedavisinin elde edilemediği toplanan tecrübelerden anlaşılabilir.

I^{131} vücuda girdiği zaman bir taraftan böbrekler vasıtasıyla itraha olunurken diğer taraftan normal tiroid dokusu tarafından süratle tutulur. Kanser dokusu fazla miktarda halka ve kolloid ihtiva etse bile normal tiroid dokusu ile rekabet edemez, ve ancak yetersiz miktarda iyot tutabilir. Bu mülâhazalardan anlaşılacağına göre foliküller ve kolloid ihtiva eden, metastaz yapmış bir tiroid kanserini palyatif olarak tedavi edebilmek için önce vücuttaki normal tiroid dokusunun bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu da en iyisi primer tümörü cerrahi olarak çıkarırken, total tiroidektomi yaparak, tümörle beraber normal tiroid dokusunu da çıkarmak kabil olur. Her hangi bir sebepten dolayı cerrahi müdahale mümkün olamıyorsa o zaman normal tiroid'in de I^{131} verilmesi sureti ile tahribi yoluna gidilir. Böylece tedavi maksadı ile verilecek ilk I^{131} dozu normal tiroidin ablyasyonunu temin edecek olan dozdur. Ablyasyon işi ortalama 80 mc. I^{131} ile tamamlanır. Tam ablyasyon husulü için dozdan sonra 2 ay beklemelidir. Tiroidin ortadan kalkması dolayısıyla, kandaki ti-

roid hormonu seviyesinin düşmesi hipofizin T S H ifrazını kamçılayacağından metastatik kanser dokusunda iyot tutma kabiliyeti yükselecek, rakip normal tiroid dokusunun da bulunmaması sebebi ile iyot tutma imkânları artacaktır (9).

Metastatik tiroid kanseri dokusunun I^{131} tutma hassasını daha fazla artırabilmek için hastaya hariçten T S H vermek veya antitiroid ilaçları kullanarak kandaki tiroid hormonunu düşürmek ve neticede hipofizin daha fazla T S H ifraz etmesini temin etmek yollarına müracaat edilir (8) (14). I^{131} tedavisi için muhtelif dozaj sistemleri kullanılmaktadır. Bazı müesseselerde tedavi küçük dozların muayyen fasıllarla tekrarı sureti ile olmaktadır. Diğer bazı merkezlerde ise hastanın tahammül edebileceği en yüksek doz tayin edilmekte ve bir defada tatbik edilmektedir. Her iki sistemle elde edilen neticeler müsa-bihtir (10).

Tiroid kanserinin I^{131} ile tedavisinde dikkat edilmesi gerekli adımlar aşağıdaki sıraya uyularak takip edilmelidir.

1 — Tedavi için ancak histolojik olarak foliküler veya bazı papiller tiroid karsinomları kabul edilmelidir.

2 — Tedavi yalnız yaygın metastazlı vak'alarda tatbik edilmelidir.

3 — Tedavi için kabul edilen vak'alarda primer tümör ve normal tiroid cerrahi olarak çıkarılmalı, bu mümkün olmazsa normal tiroid'in I^{131} ile ablyasyonuna gidilmelidir.

4 — Hastalarda muayyen metodlarla metastazların I^{131} tutma kabiliyeti araştırılmalıdır.

5 — Kâfi iyot tutması göstermeyen hastalarda T S H veya anti tiroid ilaçlar kullanılarak iyot tutması nisbeti artırılmaya çalışılmalıdır.

6 — Madde 4 ve 5. de tarif edilen metodlar sonunda uygun bulunacak hastaya tedavi dozu verilir.

7 — Tedavi dozundan sonra kan ve idrar toplanarak hastanın alacağı kan ve tekmiil vücut ışınlaması dozları hesap edilir. Masif doz sistemi kullanılacak ise bu ameliye tedavi dozundan evvel «tracer» miktarları ile yapılarak hastanın tahammül edebileceği azami doz tayin edilir.

8 — Tedaviden sonra hastaya bir tiroid hormonu preparatı vermek ve yapılacak ise, ikinci I^{131} tedavisinden 1 ay öncesine kadar idame ettirmek lazımdır.

9 — Hastaya devamlı kan kontrolü yapılmalıdır. Eğer ikinci bir tedavi dozu verilecek ise lokosit ve trombositlerdeki geçici düşmenin düzelmesi beklenilmelidir.

Bu şartlara uyulduğu takdirde bütün tiroid kanserleri içinde I^{131} tedavisinin uygulanacağı vak'alar %10-20 yi geçmez. Muhtelif müelliflerin neşriyatında elde edilen bilgiler I^{131} tedavisi gören vak'aların ortalama %50 sinde iyi neticeler hasıl olduğunu göstermektedir. Vak'aların daha iyi seçilmesi ile bu nisbetin yükselmesi beklenmelidir.

Bazı kan hastalıklarında radioaktif isotoplar :

Kan hücrelerinin, bilhassa inkişaf halindeki hücrelerin fosforu nisbeten yüksek kesafette tutması ve reticulo - endotelial sistemde koloidal maddelerin birikmesi prensibinden istifade edilerek tedavi maksadı ile P 32 ve koloidal Au 198 den istifade yoluna gidilmiştir.

Policytemia vera da P 32 : Bu şekilde yapılan tedavide gaye, eritrositlerin tahribi olmayıp, artmış olan yapımın baskı altına alınmasıdır. Bundan dolayı, elde edilecek tesiri de ilâ-

cin tatbikinden hemen sonra bekle - memek icap eder. Barsak absorpsiyonunun tam olmaması dolayısıyla intra - venöz yoldan ilâcin verilmesi tercih edilir. Tedavi için muhtelif dozaj sistemleri teklif edilmiştir. Umumiyetle 2-6 mc. P 32 verildikten sonra 1-3 ay beklenir ve kan muayeneleri ile elde edilen düzelme kontrol edilir. İyi neticeler elde edilinceye kadar (lokosit ve trombosit sayısında düşme olmadığı takdirde) 2-3 doz tekrar edilir. Bu şekilde uygun bir eritrosit seviyesi elde edilince iyileşme bir sene kadar devam eder. İyi neticeler hastaların %75 inde elde edilmektedir. Böyle bir seri 6 aydan önce tekrar edilmemelidir. Dikkatli yapılan tedavilerde lökopeni ve trombositopeni husule gelmez. Eritrosit sayısının 4,000,000 un altına düşmesi ise çok nadirdir. P 32 ile tedavi edilmiş olan hastalarda lösemnin daha yüksek nisbette husule geldiği iddia edilmekte ise de bu kat'i olarak ispat edilmemiştir (5).

Kronik lösemilerde P 32 : Kronik lösemilerin tedavisinde de P 32 değişik doz sistemleri dahilinde kullanılmıştır. Ekseriya kullanılan muayyen aralıklarla damar için zerkleri yapılmıştır. Bu şekilde lokosit sayısının 10,000 - 20,000 arasına inmesi temin edildikten sonra, bir idame dozu tayin edilerek lokosit seviyesinin bu kıymetlerde olarak kalması sağlanmaya çalışılır. İdame dozu gahısa büyük değişiklikler gösterir.

Kronik lösemilerde koloidal Au¹⁹⁸ :

Bu tedavi metodunun kıymeti hâlâ münakaşalıdır. Hahn (4) iyi palyatif neticelerin elde edildiğini iddia etmektedir. Tedavi için hastanın 1 kg. ağırlığı başına 0.8 ilâ 1.2 mC. Au¹⁹⁸ tek doz halinde damar içine zerkedilir. 4-6 ay sonra ilk dozun 1/2-1/3 ü kadar bir miktar tekrar edilebilir. Bu

şekilde lökosit sayısının düştüğü, dalak ve lenf ganglionlarının küçüldüğü müşahade edilmiştir.

2 — RADIOAKTİF İZOTOPLARIN LOKAL TATBİKATI :

Radyoaktif isotoplarla interstisyel tatbikat :

Radyoaktif maddelerin bizzat tümör içine konularak yalnız tümör volumünün ışınlanmasını sağlamak, en basit şekilde bu isotopları dışardan tümör içerisine sokmak sureti ile mümkün olur. Bu şekilde yapılan ışınlamada ışınlar civar sağlam içerisinden geçmiyeceğinden tümör içerisinde yüksek bir doz seviyesi elde etmek mümkün olacaktır. Tatbikat ekseriya umumî anestezi altında yapıldığından tümörün geometrik durumu hakkında çok daha iyi malûmat elde etmek mümkün olacaktır. Bu bakımlardan interstisyel implantasyon radyoterapisi dıştan ışınlama metodlarına (super-voltaj dahil) bariz üstünlük gösterir. Orta derecede differansiye, yani yüksek dozla tedavi isteyen kanserlerde bu şekilde tedaviyi daima tercih etmelidir. Yalnız bu şekilde tedavi için gerekli teknik şartlar gayet mahdut tümör lokalizasyonlarında elde edilebilir. Bundan dolayı interstisyel implantasyon tedavisi sahası mecburen daralmış olacaktır. Bu tedavi şeklinin ehemmiyetini belirtmek için, kanser tedavisinde radyo-isotoplar ile tam şifa elde etmenin ancak interstisyel implantasyon yolu ile mümkün olabileceğini, diğer metodlar ile ancak kısa veya uzun süreli palyasyon elde edilebileceğini zikretmek kâfidir. Bu tedavi şekli, bazı cilt, ağız mukozası, dil, dudak, vulva, vagina, anus, uretra, mesane, meme, tiroid, amigdal kanserleri ile metastatik ganglionların tedavisinde ve inoperable diğer organ kanserle-

rinde (akciğer, mediasten, over, v.s.) kullanılmaktadır.

Bu maksatla iğneler, (Radium, Co⁶⁰) teller, (Ta¹⁸²) tanecikler (Radon, Co⁶⁰, Au¹⁹⁸, Y⁹⁰) veya naylon iplik, şerit ve tüpler içerisinde dizilmiş tanecikler (Co⁶⁰, Au¹⁹⁸, Ir¹⁹²) şeklinde hazırlanmış sun'i ve tabii radyoaktif izotoplar kullanış sahası bulmaktadır. İnterstisyel tatbikatta dikkat edilmesi gereken en önemli husus ışın dozunun gayet dikkatli bir şekilde hesap edilmesi veya ölçülmesidir. Bu maksatla hazırlanmış olan muhtelif implantasyon şekil ve tekniklerine kayıtsız şartsız riayet etmek gerektir. Dozajın modern radyolojik doz üniteleri anlayışı içinde yapılması sayısız faydalar sağlar. Dikkatsiz ve mahzurlu bir dozaj tedavi bakımından vahim sonuçlar doğurabilir (Düşük doz neticesi rest tümör, fazla doz neticesi radyonekroz).

Radiasyon Hipofizektomisi

Direk yolla tümör içerisine yerleştirilen izotop taneciklerinden başka, tümör içerisine yerleştirilmeden, fonksiyonel tesir ile tümör inhibisyonu yapmak da denenmiştir. Bu metod bilhassa metastaz yapmış meme ve prostat kanserlerinde kullanılan Y⁹⁰ ile radiasyon hipofizektomisidir. Cella Turcica içerisine burun veya orbita yolu ile sokulan tanecikler ile elde edilen hipofizektomi, cerrahi hipofizektomiye muadil, hattâ bazı ellerde, üstün neticeler vermiştir (7).

İnterstisyel tümör tedavisi, tümör içerisine direkt olarak kolloidal radyoaktif maddelerin zerki yolu ile de olabilir. Bu metodun başlıca güçlüğü radio-aktif maddenin tümör içerisine homojen olarak zerk edilmesinin çok zor olmasıdır. Bu tatbikata misal olarak radyo aktif kolloidal altının cervix ve prostat kanserlerindeki kullanılışı gösterilebilir.

Cervix Kanserinde Kolloidal Au¹⁹⁸ :

Trans-vaginal yol ile, uzun iğneler vasıtası ile parametria içerisine mümkün olduğu kadar homogen olarak kolloidal Au¹⁹⁸ zerk edilmesi suretile maksimal ışınlama elde edilmesine çalışılmıştır. Bu şekilde ışınlanan parametria artık başka bir tedaviye tâbi tutulmaz. Fakat cervix ya radyum ile ışınlanır veya total histerektomi ile çıkarılır. Bu metodla tedavi gören stage I ve II hastalarda elde edilen neticeler diğer metodlara üstün görülmektedir (13).

Prostat Kanserlerinde Au¹⁹⁸ :

Prostat kapsülü dışına taşınmış fakat uzak metastaz yapmamış olan vak'alarda (Stage II) tatbik edilmektedir. Suprapubik olarak açılan mesaneden geçmek sureti ile kurşun muhafazalı bir şırınga vasıtası ile prostatın fascia kompartmanları teker teker Au¹⁹⁸ suspansiyonu ile enfilte edilir. Nüksler veya yaşlı hastalarda infiltrasyon transperial yol ile yapılabilir (2). Gamma ışınlarının bulunmayışı dolayısı ile tatbikinin kolay olması ve komşu organların korunmasının basit olması sebebi ile koloidal kromik fosfat P 32 mesane ve prostat kanserlerinin enfiltrasyonu için kullanılmıştır. Bu metodla tedavi edilen hastalarda %80 nisbetinde salah elde edilmiştir.

İntra kaviter izotop tedavi metodları :

Bu metodlar arasında en büyük yeri periton ve plevra boşlukları içerisinde teessüs eden malign effüzyonları kontrol maksadı ile tatbik edilen izotop tatbikatı işgal eder. Keza son zamanlarda artan şekilde kullanılmaya başlıyan mesane içerisnde izotop tatbikatı da zikre değer.

Malign effüzyonların kontrolünde radioaktif izotoplar :

Bu maksatla tatbik edilecek tedavi şekli palyasyondan ileri geçmiyecektir. Şimdiye kadar yapılan tatbikatta şifa elde edilen vak'a neşredilmemiştir. Bilhassa over ve meme kanserleri takib eden effüzyonlarda tatbik edilen bu metotta teknik gayet basittir. Plevra veya periton boşluğundaki sıvı boşaltıldıktan sonra radyoaktif suspansiyon boşluk içerisine zerk edilir. İzotopun seröz boşluklar içerisnde, iyice yayılabilmesi için boşluk içerisindeki sıvıdan bir miktarını bırakmak veya izotop suspansiyonunu izotonik serum içerisnde zerk etmek gereklidir. Hasta ya taktaki vaziyet değiştirerek izotopun yayılmasına yardım eder. Tedaviden gaye mayi prodüksiyonunun önlenmesidir. Bunun mekanizması tam manası ile aydınlanamamıştır. Zerkten sonra iki ay içerisnde mayi toplanması olmayan vak'alarda iyi netice elde edilmiş addedilir. Bu şekilde yapılan tatbikatta vak'aların ortalama %50 sinde iyi netice elde edilmektedir. Birinci zerkte iyi netice elde edilemeyen vak'alara iki veya üçüncü zerkler yapılabilir. Tatbikat için seçilecek hastalarda şu şartları aramak lazımdır:

- 1 — Hastanın genel durumu müsait olmalıdır.
- 2 — Elde edilecek palyasyonu gölgeleyecek diğer ağır araz bulunmamalıdır.
- 3 — Effüzyon serbest olmalıdır.
- 4 — Seröz boşluk içerisnde tümör kitleleri bulunmamalıdır.

Bu maksatla ilk kullanılan izotop, kolloidal Au¹⁹⁸ olmuştur. Son yıllarda, Au¹⁹⁸ in aksine yalnız beta neşreden P³² ve keza saf ve yüksek enerjide beta veren Y⁹⁰ artan kullanılışı yerli bulunmaktadır. Au¹⁹⁸ den elde

edilen neticelerden daha farklı sonuçlar vermeyen bu izotoplar, tatbiklerindeki kolaylık ve emniyet dolayısı ile tercih edilmektedirler.

Ortalama olarak kullanılan dozlar plevra boşluğunda Au¹⁹⁸ için 75 mc. P³² ve 8 mc. Y⁹⁰ için 15 mc. dir. Periton boşluğunda, plevra için kullanılan dozların iki mislini tatbik etmek gerekmektedir (11) (12) (15).

Son senelerde over tümörlerinin çıkarılmasından sonra profilaktik olarak periton boşluğu içine radyoaktif kolloidlerin zerk edilmesi tavsiye edilmektedir.

Mesane kanserlerinde radyoaktif maddeler :

İlk tatbikat balonlar içerisinde merkezi radyoaktif mambağlar kullanılarak (radyum, Co⁶⁰) yaygın, sathi mesane kanserlerinin tedavisi şeklinde olmuştur. Bu metod aşikâr mahzurları dolayısı ile terk edilmiştir. Balonlar içerisinde solid mambağlar yerine Co⁶⁰, Br⁸², Na²⁴ gibi radyo aktif selenyonlar doldurulmuş ve tedavi tatbikatında kullanılmaya başlanmıştır. Bu metodlar da balon ile mesane arasında idrar cepleri teessüsü ile doz yayılımının homojenliğinin kaybolması ve balonun patlaması neticesi radyo aktif bulaşma tehlikesi gibi mahzurları mevcut olduğundan yavaş yavaş terk edilmektedir. Hâlen mesane içersine bir idrar sondası ile verilip kısa bir zaman (üç saat) mesane ijerisinde bırakılan kolloidal radyo aktif izotoplar kullanılmaktadır. Bunlar kolloidal Au¹⁹⁸ ve bilhassa son zamanlarda, yüksek enerjide beta neşreden Y⁹⁰ dir (1).

Radyo-izotoplarla sathi tedavi :

Sathi ve ince lezyonların, bilhassa cilt ve göz lezyonlarının tedavisi için saf beta neşreden izotoplar kullanılmıştır. Bir kurutma kâğıdı P³² solüsyonu içine batırıp kurutul-

duktan sonra kollyodiyon içine daldırılır ve kurutulmuş bir sath beta aplikatörü elde edilebilir. Bilhassa cornea lezyonlarını lense zarar vermeden tedavi etmek için strontium 90 beta aplikatörleri kullanılmaktadır. Bu aplikatörlerde doz 2 mm derinlikte % 17 ye düştüğünden lensi koruyarak cornea lezyonlarının tedavisi sağlanabilmektedir (6).

3 — NEUTRON YAKALAMA TEDAVİSİ :

Halen ancak reaktör civarında olan bir kaç müessesede kullanılan bu metodun prensibi boron 10 un, tümör dokusu, bilhassa beyin tümörü dokusunda, normal dokuya nazaran daha yüksek kesafette tutulmasıdır. Neutron ışınlaması sonucunda alfa ışınları neşreden B 10, doku içinde gayet kısa bir mesafede absorbe olan bu ışınlar vasıtasile komşu dokulara zarar vermeyen ideal bir ışınlama menbaı olur, Zenginleştirilmiş B 10 damar içine verildikten 10-50 dakika içinde beyin tümöründe diğer dokulara nazaran 1/3 kesafetinde toplanır. Bu zaman zarfında hasta nahiye reaktörden çıkan yüksek kesafette yavaş neutron akımına maruz bırakılır (3).



Bu formüle göre hasil olan alfa ışınlarının tesiri ile tedavi edilen hastaların sayısı mahdut olduğundan, bu tedavi şeklinin faydaları hakkında henüz kat'i kanaat elde etmek mümkün değildir.

REFERANSLAR

- 1 — Dyche G. M., Mackay N. R.; The Intracavitary Treatment of the Bladder with Radioactive Colloidal Gold. Brit. J. Radiol. 32: 757 (1959).
- 2 — Flocks R. H., Carcinoma of the Prostate. J.A.M.A. 163: 709 (1957).

3 — Goodwin J.T., Farr L. E., Sweet W. H., Robertson J. S., Pathological Study of Eight Patients with Glioblastoma Multiforme Treated by Neutron-Capturing Boron 10. Cancer 8: 601 (1955).

4 — Hahn P. F., Therapeutic Use of Artificial Radioisotopes. Wiley and Sons. Publ. (1956).

5 — Lawrence J. H., Berlin N. I., Huff R. L., Nature and Treatment of Polycythemia, Studies on 263 Patients. Medicine 32: 323 (1953).

6 — Lederer M. Sinclair W. K., Radioactive Isotopes for Beta and Gamma Ray Applicators.

Therapeutic Use of Artificial Radioisotopes. P. F. Hahn ED. Wiley and Sons. Publ. (1956).

7 — Mallard J. R., We Kinnell A., Francois P. E., Seeds of Pure Beta Emitter (Y⁹⁰) for Radiation Hypophysectomy. Nature 178: 1240 (1956).

8 — Rall J. E., Miller W. N., Foster C. G., Peacock W. C., Rawson R. W. Thiouracil in the Treatment of Metastatic Carcinoma of the Thyroid with Radioiodine.

J. Clin. Endocrin. 11: 1273 (1951).

9 — Rawson R. W., Marinelli L. D., Skanse B. N., Trunell J.; Fluorharty R. G., The Effect of Total Thyroidectomy on the Function of Metastatic Thyroid Cancer.

J. Clin. Endocrin. 8: 826 (1948).

10 — Rawson R. W., Rall J. E., Peacock W., Limitations and Indications in the Treatment of Cancer of the Thyroid with Radioactive Iodine. J. Clin. Endocrin. 11: 1128 (1951).

11 — Root S. W., Tyor M. P., Andrews G. A., Kniseley R. M., Distribution of Colloidal Radioactive Ghromic Phosphate After Intracavitary Administration.

Radiology 63: 251 (1954).

12 — Seal S. H., Crossignani S., Valvassori G., Nickson J. J., Augustino D., Treatment of Malignant Effusions with Radioactive Colloidal Gold Au¹⁹⁸ Review of Sixty Six Cases. Am. J. Obst. Gyn. 75: 1027 (1958).

13 — Sherman A. I., Carcinoma of the Cervix Treated with Radioactive Gold Colloids.

Therapeutic Use of Artificial Radioisotopes. P. F. Hahn Ed. Wiley and Sons Publ. (1956).

14 — Trunell J. B., Rawson R. W., Marinelli L. D., Hill R., The Effect of Thyroid Stimulating Hormone on the Function of Normal and Malignant Thyroid Tissue.

J. Clin. Endocrin. 8: 598 (1948).

15 — Walter J., Jones J. C., Fisher M., Radioactive Colloidal Yttrium Silicate in the Treatment of Malignant Effusions. I Clinical Aspects and Investigations.

Brit. J. Radiol. 25: 337 (1961).

RADYOAKTİF İYODUN TİROİD HASTALIKLARI TEŞHİSİNDE KULLANILMASINDAKİ BİYOLOJİK ESASLAR

Prof. Dr. S. ARTUNKAL

Radyoaktif izotopların tıpta kullanılmasını, biyolojik araştırmada, klinik teşhis ve tedavide geniş imkânlar sağlamış ve ilerlemelere yol açmıştır. Suni radyoizotopların yapılması sayesinde, tıpta kullanım sahası çok genişlemiştir. Bilindiği gibi radyoaktif izotoplar, radyoaktif olmayan benzerleri gibi şimik reaksiyonlara girer ve biyolojik rol oynar. Fakat çıkarıldıkları ışınlar sayesinde bunların organizmada geçirdiği değişiklikleri izlemek mümkündür.

Tiroid hastalıklarının teşhis ve tedavisinde kullanılan iodyodun değişik izotopları vardır:

I^{130} yarılanma müddeti 12 saat

I^{131} yarılanma müddeti 8 gün

I^{132} yarılanma müddeti 2.3 saat

I^{133} yarılanma müddeti 21 saat

Yarılanma müddeti bakımından kullanılması en uygun olan I^{131} dir.

Tiroid hastalıklarında kullanılan değişik radyoaktif metodları gözden geçirmeden evvel, iyodun tiroid hor-

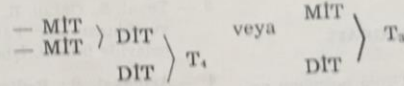
monunun sentezindeki rolünü hatırlamak lâzımdır, bilindiği gibi tiroid iyodun en çok bulunduğu yerdir. Tiroid iyod metabolizmasının merkezi sayılmaktadır. Tiroidin spesifik hormonlarının hepsinde iyod vardır. Tiroid hormonunun sentezi, tiroglobulinde geçer. Bu sentez için lüzumlu olan aminoasitleri tiroid hücreleri yapar, sonra bunlar iyodlanır.

Ağzından alınan iyod, iyodür halinde süratle imtisas olunur. İyodun imtisası 5-6 dakika sonra başlar ve kanda kesafeti bir saatte maksima olur. Kana giren iyodun %50 si tiroide tutularak hormon sentezine girer, diğer yarısı idrarla çıkar. Çok az miktarda tükrük, mide suyu ile ifraz olunursa da bu iyod hazım kanalından tekrar imtisas olunur.

Kanda iyodür halinde bulunan iyod tiroid tarafından tutulur ve konsantre edilir (trapping). Bu tutulmanın mekanizması pek iyi biliniyor. Tutulan iyodür enzimatik tesirle serbest iyod haline çevrilir. İyod, tiroglobulin

içinde tirozinle birleşerek sırasıyla : monoyodotirozin(MIT), diyodotirozin (DIT), yapar bunlar da birleşerek

thyroxine (tetraiodothyronine = T₄) ve triiodothyronine (T₃) teşekkül eder:



Tiyosiyanatlar ve perkloratlar, iyodun tiroide tutulmasını önler. Bu kompetitif bir tesirdir. Evvelece iyod alan bir şahsa bu maddeler verilince, tiroide henüz tirpizine bağlanmamış olan inorganik iyod dışarı atılır. Guvatrojenler ise tutulan iyodun tirozine bağlanmasını önler. Her iki şekilde, netice olarak, tiroidin hormon sentezi azalır.

Teşekkül eden hormon tiroglobulin içinde toplanır (storage). Fakat büyük molekülü bir madde olan tiroglobulin normal şartlarda kana geçmez, patolojik şartlarda geçer. Tiroidi stimüle eden hormone (TSH), tiroide bulunan proteolitik enzimi aktive eder ve bu suretle tiroglobulin içindeki hormon serbest kalır. Fakat derhal küçük molekülü bir protein fraksiyonuna bağlanarak kana geçer. Kandaki proteine bağlı iyod (PBI) un ölçülmesi dolaşımdaki tiroid hormonunu gösterir. Normal şartlarda, iyodlu tirozinler kana geçmez.

Tiroid hormonunun bağlandığı globulin

protein α_1 ve α_2 arasında dar bir hatta bulunan spesifik bir proteindir. Bu spesifik protein hormon tesiri için lüzumludur. Başka fraksiyonlara bağlı hormonun aktivitesi yoktur veya çok azdır. Bu spesifik proteine: tiroksin bağlayan protein = (TBP) veya tiroksin bağlayan globulin = (TBG) denir. En çok bağlanan T₄ dir. T₃ de bağlanırsa da bu bağlantı kuvvetli değildir.

Tiroid hormonu hücrede oksidasyonu hızlandırır. Fakat hücreye ulaşmadan evvel bazı değişikliklere uğraması muhtemeldir. Deiyodine olur veya asetik asid ve propionik asidle bileşikler yapar. Bu metabolitlerden bazılarının tesiri tiroksinden daha süratlidir. Bu deiyodinasyondan açığa çıkan iyodda tekrar dolaşıma girer ve bir kısmı tiroide toplanır ve kısmı da idrarla çıkar. Bu dolaşım yeniden hormon sentezine girer, diğer

devam eder (iyod siklusu).

Tiroid hormonu sekresyonunun düzenlenmesinde, bizzat tiroid hormonunun (TH) rolü vardır. Kanda TH azalınca, hipofizin ön lobundan TSH ifrazı artar ve tiroidi stimüle ederek hormon sentezini çoğaltır. Kanda TH miktardaki artınca, bunun aksi bir mekanizma meydana gelir. TSH ifrazı azalır ve neticede daha az hormon yapılır. Bu regülasyonun bu kadar basit olmaması muhtemeldir. Hipotalamus ile hipofiz arasındaki münasebetlerin de rolü olduğunu gösteren deliller vardır.

Radyoaktif iyodu (tracer = izlek) gibi kullanarak tiroid hormonu sentezinin muhtelif kademelerdeki bozukluklarını incelemek mümkündür. Fakat tiroidin bu çok değişik ve aktif olan fonksiyon bozukluklarını bir tek test ile meydana çıkarmak mümkün değildir, lüzumunda bir kaç test birden yapılarak karşılaştırılır. Sonuçları doğru yorumlayabilmek için bu

testlerin tiroidin hangi fonksiyonunu gösterdiğini ve yanılma noktalarının neler olabileceğini iyi bilmek lâzımdır.

BİBLİYOGRAFI

- 1 — Artunkal S.: Tiroid hormonu nedir? Türkiye Tıp Enc. Arş. vol: 9, sayı: 34, 1958
- 2 — Artunkal, S.: Tiroid hastalıkları

rında patolojik hallerde görülen değişiklikler, Türkiye Tıp Enc. Arş. vol: 9, sayı: 35, 1958

- 3 — Tavat, S., Garan, R., Artunkal, S. ve Akçasu, A.: Farmakoloji ve tedavide tatbiki, İstanbul 1961
- 4 — Artunkal, S.: Radioaktif izotopların klinikte kullanılması. Tedavi Kliniğinde açılan kurs notları. Sermed Matbaası, İstanbul 1962.

RADYOAKTİF İZOTOPLARIN RADYOTERAPİDEKİ ROLÜ

Doç. Dr. Adnan BUDARAS

Rutherford ile başlayan cyclotron araştırmaları, Joliot'lar tarafından sun'li radyoaktivitenin keşfedilmesi ve nihayet atom reaktörlerinden bol ve ucuz olarak temin edilebilmeleri neticesinde, radyoaktif izotoplar tıp alanında geniş ufuklar açmıştır.

Radyoaktif izotopların, en mühim kullanma yerleri, şüphesiz, biyokimik, fizyolojik ve klinik araştırmalardır. Mahdut miktarda diyagnostik ve tedavi tatbikatı da mevcuttur.

Bu yazımızın amacı, tedavi için kullanılan muhtelif radyoaktif izotopları tanıtmak, radyoterapi alanında işgal ettikleri yeri belirtmek ve halen hangilerini ve ne maksatla kullanma imkânına sahip olduğumuzu ortaya çıkarmaktır.

Halen elde olunan sun'li radyoaktif izotopların sayısı takriben 1000 kadardır. Hahn (14). Muhtelif şimik ve fizik özelliklerine göre, radyoterapide kullanılacak olan radyoizotoplar seçilmiş ve tatbikatı genel olarak dört yolla olmuştur :

- 1 — Metabolizma yolu (per os, parenteral yolla),
- 2 — Kolloid halinde olan veya olmayan partiküller halinde neoplasma içine infiltrasyon,
- 3 — Radyum preparatları yerine interstisiyel, mulaj, aplikatörler,
- 4 — Süpervoltaj apareyleri yerine Teleterapi.

Metabolizma yolu ile olan tatbikat:

Teorik olarak en dikkat çekici olanıdır. Bu sayede, tedavi, esas tıp gayesine, yani, kısa, ucuz ve her zaman tekrarlanabilen şimiyoterapiye varacaktır. Fakat pratikte durum tamamen başkadır. 1946 senesinden beri, yani radyoizotopları bol ve ucuz olarak elde etme imkânı hasıl olduktan beri, yapılan tatbikat göstermiştir ki, bu yol ile olan kullanım gayeye vasıl olmamıştır. En ziyade iş gördüğü sahada, patolojik fonksiyonel prosesuslardır ve bunlar da mahduttur. Kanser tedavisinde ise elde olunan netice kûratif değil fakat palyatifdir (14,17, 22).

Organizmanın metabolizmasına da,

hil edilecek olan radyoizotopta aranması gereken özellikler şunlardır :

Radyoaktif izotop, tedavisi düşünülen doku, veya hiç olmazsa organ tarafından selektif şekilde tutulmalı ve bu maddenin konsantrasyonu sağlam doku veya organlara göre ehemmiyetli derecede yüksek olmalıdır (17, 22).

Izotopun neşrettiği ışın miktarının yarıya inmesi için ($T_{\frac{1}{2}}$) geçmesi lazımgelen zaman kısa olmalı fakat pratik tatbikata uygun olacak derecede de uzunca olmalıdır. Bu zamanı çok kısa olanlar kullanılamıyacağı gibi, bunlardan bazıları ancak reaktöre yakın merkezlerde kullanılabilir. Bu faktör tek başına mühim olmakla beraber organizmanın bu maddede absorpsiyon ve itrahi ile beraber mütalâa edilmelidir.

Muhtelif radyoizotopların neşrettikleri ışınlar sadece beta veya hem beta hem de gama ışınlarıdır. Beta ışınlarının daha fazla biyolojik tesirleri vardır. Buna mukabil korpusküller enerji olmaları yüzünden nüfuz kabiliyetleri azdır. Bu itibarla saf beta ışını neşredenler gayeye daha uygundur. Ayrıca beta ışınlarının ihtiva ettikleri enerjilere uygun olmak üzere, tesir derinliği değişir. Yüksek enerji ihtiva eden beta ışınları dokulardaki atomlarda Brems ışınlarını meydana getirerek vücut dışından doz dağılımını kontrola imkân verir. Nitekim Enstitü ve Kliniğimiz bir peritoneal mesothelioma vakasına tatbik ettiğimiz Y^{90} ile bu izotopun abdomendeki dağılımını bir kristal sayıcı ile kontrol etme imkânını bulduk.

Izotopun gerek kendisi gerekse taşıyıcı maddesi toksik olmamalıdır.

Bu criteria'ya en uygun gelen, radyoaktif iyot (I^{131}) ve bir dereceye kadar da radyoaktif fosfor (P^{32}) dir. Colloidal radyoaktif altın (Au^{198}) bu

maksadla kullanılmış (11, 14, 22) olmakla beraber metabolizmaya dahil olmaz. Keza radyoaktif fosforun krom fosfat şeklinde parenteral olarak kullanılması yine metabolik yolla değildir (3). İnaktif bromun parenteral yolla verildikten sonra, dimağ tümörlerinde toplanması ve in vivo neutron bombardmanına tabi tutularak radyoaktif şekle geçirilmesi gibi değişik teknikler de vardır (17). Mühtelif icap eden araştırmalar yapıldıktan sonra parenteral yolla evvelce denenmiş veya denenmeyen diğer radyoaktif maddelerin de kullanılabilceğini yazmaktadır (17). Radyoaktif sodium (Na^{24}) leucose'lar ve polycythemia vera'da kendisi tarafından kullanılmalıdır.

Muhtelif radyoizotoplar parenteral yolla kullanılırken bunların oranına içerisinde, zaman ve dokulara göre dağılımını, metabolik faktörleri, biyolojik ve fizik faktörleri bilmek lazımdır.

Radyoaktif maddenin organizma üzerine olan tesirinin yarıya düşmesi efektif periyot ismini alır. Bunu (T_e), biyolojik periyodu (T_b) ve fizik periyodu (T_p) ile gösterirsek aralarında

$$\frac{T_e}{T_p} = \frac{1}{1} + \frac{1}{T_b} \text{ münasebeti vardır.}$$

Te Tr Tb
J a c o b s o n ve B e t h a r d bu

münasebet için: $T_e = \frac{T_p T_b}{T_p - T_b}$ formülünü vermişlerdir (14).

Pratik olarak her radyoaktif izotop için ayrı ayrı olmakla beraber metabolizmaya giren bir radyoelementin absorpsiyon ve itrahi şekil (1) de olduğu gibi, belli bir dokudaki konsantrasyonu zamana göre bir eğri şeklinde gösterilebilir :

Bu eğrinin sol yarısı, absorpsiyon ve difüzyon, diğer yarısı da radyoak-

tif maddenin azalmasıdır. Maxima ise equilibrium zamanıdır. Organismadan azalan radyoaktif madde sebebi muhtelifdir: Desintegration, idrar yolu ile itrah, diğer bir itrah yolu, eksilen organotropizm gibi. Bu faktörleri (T_1), (T_2), (T_3) diye ayrı ayrı tetkik edersek: (Şekil 2) de görüldüğü gibi çeşitli eğriler elde olunur :

Bu çeşitli eğrileri yarılogaritmik kâğıt üstüne koyar ve muhassıslamı alırsak (Şekil 3) teki gibi düz bir eğri elde ederiz :

Bütün bu hususlar her izotopun tetkikinde başlı başına ehemmiyeti haizdir.

R a d y o a k t i f F o s f o r (P^{32})
Tedaviye ilk giren radyoizotop olmakla beraber halen de en çok kullanılanıdır. Saf beta ışınları neşreder. Bu ışınların maksimal enerjisi 1,701 Mev.dur. Muhtelif enerjilerdeki bir spectrum seklindedir. Vasatî enerji 0,566 mev. a tekabül eder. Su içerisinde de en çok 8 mm.ye kadar nüfuz eder. Periyodu 14,5 gün gibi biraz uzundur. İki ayda enerjisinin %97 sini kaybeder (14). Suda kolayca erir ve verilmiş yolu I.V. veya per os tur. Hastaya ağızdan verilecekse 12 saat müddetle bir şey yememiş olmalı ve ilâcı aldıktan 3 saat sonra fosforlu olmiyan gıdalar almalıdır. Ayrıca aluminium gibi fosforu tersip edecek ilâçlar kullanılmamalıdır. Damar yoluna göre ağızdan verildiğinde %25 dozu arttırmak lazımdır.

Radyoaktif fosforun klinik tatbikatı kan hastalıkları, bilhassa Polycythemia vera, kronik myeloid lösemidir. Lösemilerdeki tatbikati, bu hastalıktaki şimik tedavinin ilerlemesi ve kemik iliginin kâfi konsantrasyon yapmaması sebebiyle gittikçe azalmakta buna mukabil Polycythemia'da artmaktadır (14). Bu tatbikatin fazlalığı dolayısıyla lösemiye dönüş

vakalarının arttığı iddia edilmekte dir. Bazı müelliflere göre bunu tabii karşılamak lazımdır. Çünkü metastazların tedavisi ile ömürleri arttıkcı bu nispet de artacaktır. Bu iki hastalıktaki tedavi dozları ve tatbikat neticeleri verilen literatürde bulmak kabildir (3, 4, 7, 14, 17, 19, 20).

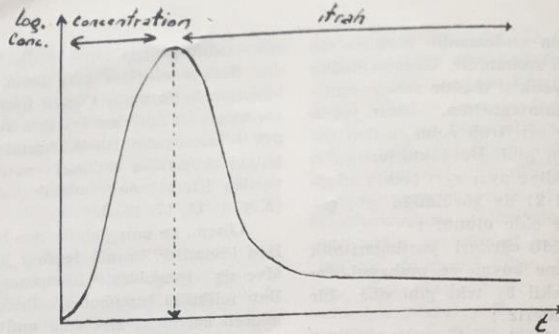
Lösemi ve polyglobulie'den başka: Had lösemiler, kronik lenfoid lösemi, Mycosis fungoides, Lymposarcoma, Dev foliküllü lymphoma, Reticulum hücreli sarcoma, Myeloma multiplex, Lymphogranulomatosis, Lymphoepithelioma, Xantomatosis, Meme ve diğer kanserlerinin kemik metastazları, beyin metastazları, Ewing sarcoma, ve safra kesesi kanserlerinde denenmiş fakat elde olunan neticeler eksternal radyoterapi neticelerinden düşük olmuştur (3, 5, 8, 14).

Radyoaktif fosforun tedavide göz önünde bulundurulacak nokta bu izotopun hematopoietik sistemi şiddetli baskı altına almasıdır.

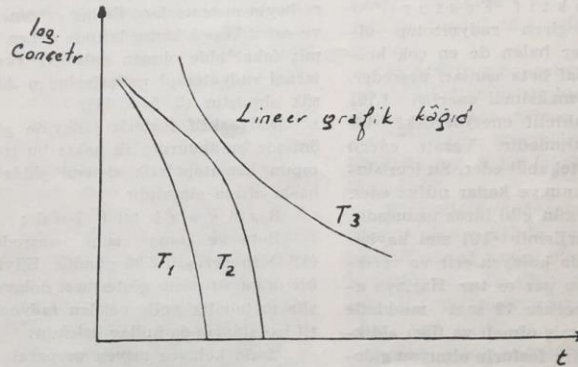
R a d y o a k t i f İ o d :
Beta ve gama ışını neşreden (I^{131}) in periyodu 8,06 gündür. Büyük bir organotropizm göstermesi dolayısıyla metabolik yolla verilen radyoaktif izotopların en kullanılışıdır. Suda kolayca eriyen preparat, ağızdan verilir, süratle rezorbe olarak gl. thyroidea tarafından tutulur. Beta ışınları biyolojik tesiri yapan ışınlardır. Gama ışınları ise, dağılım ve dozaj imkânlarını sağlar.

Tedavideki rolü, Hyperthyroidism, kalb yetmezliklerinde thyroid fonksiyonunun azaltılması, thyroid kanserlerinde palyatif tedavisidir.

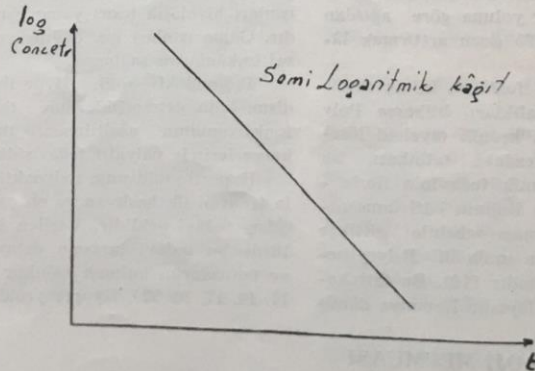
Hyperthyroidismın radyoaktif iyodla tedavisi ilk bağliyan ve en çok yapılan tedavi şeklidir. Verilen literatürde bu tedavi tarzının detaylarını ve neticelerini bulmak kabildir (2, 3, 11, 14, 17, 20, 22). Hyperthyroidism'ın



Şekil 1



Şekil 2



Şekil 3

radyoaktif iodla tedavisinde radyasyonun mütevellit carcinogenesis ispat edilmiş olmamakla beraber bir riske'dir. Genel olarak 35 yaşını aşkın hastalarda tatbikin uygun olacağı, bu yaştan aşağıda olanlarda, bilhassa çocuklarda ya radyoaktif madde kullanılmak veya da daha kısa periyotlu olan diğer radyoaktif iodla tedavi tavsiye edilmektedir. Ancak böyle bir kısa periyotlu İod, yalnız atom reaktörlerine yakın merkezlerde yapılabilir.

Thyroid kanserlerinde ancak %10-15 vak'ada carcinoma dokusu tedaviye yetecek derecede İodu tutar (17). Primer tümördeki fiksasyonu artırmak için Thiouracil, Thyrotrope hormon, normal thyroid dokusunun cerrahi veya yine radyoaktif iodla bertaraf edilmesi bazen faydalı olabilir. Evvelce radyoaktif İodu tutmayan metastazlar bu gibi müdahalelerden sonra tutar şekle geçerler. Bazı ileri ve münteşir metastazlarla mütevakıf vakalarda ileri ve uzun palyasyon elde olunmuştur.

Radyoaktif madde lerle Lokal Tatbikat :

Bu tatbikattan en çok istifade edilen şekil, bazı radyoaktif izotop maddelerinin, radyumun yerine interstisyel implantasyon şeklinde kullanılmasıdır. Hahn'a göre, eğer radyoaktif izotoplar radyumdan evvel keşfedilseydi, hekimlikte belki de radyum hiç kullanılmıyacaktı (14). Radyumu kapalı mahfazalarda kullanmak mecburiyeti vardır. Çünkü kolaylıkla vücuda girerek kemiklerde yerleşir ve fevkalâde uzun olan periyodu dolayısıyla carcinogen ve toksik tesiri öldürücüdür. Kullanılan radyum preparatlarının bu mahfazalarının delinmesi ve çalışanları kontamine etmesi, telafisi imkânsız bir fa-

cia teşkil eder. Radyum preparatları arasında bu şekilde boşalmış (ölü hücre) şekline geçmiş olanlarına rastlamak kabildir. Ayrıca radyum preparatları rigid ve bahalıdır. Bu madde ile daha büyük proteksiyona ihtiyaç vardır. Bütün bu mahzurlar sun'ı radyoaktif izotoplarla izale edilmiştir. Bu maksat için kullanılan radyoaktif izotoplar: Cobalt⁶⁰, Altın¹⁹⁸, Tantalum¹⁸² dir. Kobalt radyum iğneleri şeklinde hazırlanır. Beta ışınları filtre ile bertaraf edilmiştir. 1 m.c.lük bir Co⁶⁰ iğnesi, yarım m.m. Platin ile filtre edilmiş 1,62 m.c. lik radyuma tekabül eder (3). Cobanic (%45 Co., Ni. halitası) reaktörlerde aktive edilir. Kobaltın ayrıca fleksibl teller, tabii boşluklara doldurulmak üzere hazırlanmış daneler halindeki preparatları, nylon şeridi içerisine muntazam şekilde dizilmiş danecikleri, mütevakıf aplikatörleri de vardır. Radyum preparatlarında aktivite boydan boya değildir. Uçlarında boşluklar vardır. Kobaltta ise bu mahzur yoktu, daha iyi doz dağılışı temin edilir (17). Yegâne mahzuru periyodunun kısalığıdır (5,3 sene).

Radyoaktif altın yine tel ve danecikler halinde hazırlanır. Periyodunun kısa olması (2, 7 gün) dolayısıyla daimi implant halinde bırakılır (Radon gibi) hazırlanan daneciklerin küçüklüğü daha iyi doz dağılışına sebep olduğu gibi imal edilen hususî bir tabanca sayesinde tatbik çok basitleştirilmiştir. Mahzuru, doz dağılışının her zaman homojen olamaması ve henüz tam manasile dozaj meselesinin halledilmemiş olmasıdır. En ziyade tatbik edildikleri yerler: ağız boşluğu kanserleri, inoperabl mesane, bronchus ca, geniş satıh kaplıyan lokal kanser restleri v.s. dir. Radyoaktif altının gümmüşle kaplanmış şekilleri, nylon şeride geçirilmiş preparatları da vardır.

Radyoaktif Tantalum, periodu 120 gün olması ve 0.51 Mev. Beta, 1, 13, 1, 22 Mev. enerjisinde gama ışınları neşretmesi dolayısıyla intertisyel tatbikat için çok müsaittir. Klinikte kullanış yeri inoperabl mesane kanserleridir. Cerrahi müdahale ile distribution ve implantasyon yapıldıktan sonra, bırakılan bir kateter yolile ikinci bir ameliyata lüzum kalmadan geriye alınabilir.

Radyoaktif İzotopların Tümör İçine İnfiltrasyonu :

İnterstisyel tatbikattan başka, koloidal radyoaktif altın, radyoaktif fosforun kromofosfat halindeki likid preparatlar tümör içerisine zerkedilmişlerdir. Tümör içerisinde bu metotla, homojen bir dağılım temin edilemez. Bilhassa bol deveranı olan neoplazmalarda izotop kolayca deverana karışır (14). Bu şekildeki tatbikat için diğer izotoplar da kullanılmıştır (11, 17).

Boşluklar İçerisine Olan Tatbikat:

Kolloidal altın¹⁹⁵, Krom fosfat (Cr P³² O₄), Yttrium⁹⁰, habis neoplazmalardan mütevelliit serosa boşluklarında toplanan mayi sendromlarında kullanılırlar. Bu iş için Au¹⁹⁸ kolloidi yerleşmiş ve taammüm etmiştir. Diğer ikisi halen deneme safhasındadır. Organismanın tabii boşluklarının kanserlerinde (vesica urinaria, uterus)

60

Co daneleri, veya balonlar içerisinde likid olarak kullanılan (Na²⁴, Br⁸², Au¹⁹⁸, kolloidi).

B e t a ışını neşreden aplikatörler :

Göz ve cilddeki çok sathi lezyonları tedavi için bu aplikatörler kullanılır (Strontium⁹⁰, P³²). Bu ışınların

ancak birkaç milimetreye nüfuz edebilmeleri daha derindeki hassas dokuların korunmasını temin eder. Cornea ulcus'ları, muannit keratitisi, cornea vasculisation'u, ilk bahar nezlesi, limbus neoplazmaları, ciltte, sathi basocellular ca., prekanseröz lezyonlar, sathi haemangioma'lar v.s.

Radioaktif İzotopların External Radioterapi yerine kullanılmaları: Süpervoltaj tedavisini pratik ve ucuz hale getirmesi dolayısıyla, radyoaktif izotopların en iyi kullanma yerlerinden biridir. Bu teleterapi için seçilecek olan izotopun periodu uzun olmalı, saf olmalı, mümkünse homojen, yüksek enerjili gama ışınları vermeli ve spesifik aktivitesi, yani büyük bir aktivite ve küçük bir hacmi olması lâzımdır (14).

Bu vasıfları taşıyan üç radyoaktif izotop: Cobalt, Caesium ve Iridium¹⁹² teleterapi apareylerinde kullanılmaktadır. En pratiği radyoaktif kobalttır ve en ziyade taammüm eden de odur. Periodunun 5,3 sene gibi kısa olmasına rağmen biri 1, 17 diğeri 1,22 Mev. maxima enerjisinde iki kuvvetli gama ışını neşretmesi süpervoltaja imkân vermektedir. Pratik olarak bu enerji 1,25 Mev. luk bir süpervoltaj apareyinin enerjisine tekabül eder. 0,308 Mev. luk beta ışınları filtre edilir. 1000, 1500 ve 2000 C. lik yüksek miktarları mümkün olan ufak bir hacimde toplanır. Buna rağmen focus'un büyüklüğü dolayısıyla husule gelen penumbria doz dağılımına kötü tesir eder. Süpervoltaj tedavisinin bütün avantajlarından başka, ârızasız çalışması, ucuz olması, gittikçe taammüm etmesine sebep olmuştur. Menbaın 3-5 senede bir değiştirilmesine ve daimi olarak ışın saçacağından proteksiyon için daha sıkı tedbirler alınmasına ihtiyaç gösterir. Caesium¹³⁷ çok daha uzun zaman

aktivitesini muhafaza etmesine (periodu 33 sene) ve atom pilleri artıklarında bol miktarda bulunmasına rağmen spesifik aktivitesinin düşük olması dolayısıyla focus'unun büyüklüğü ve pahalı oluşu kullanılmasını güçleştirmektedir. Bununla beraber hâlen faaliyette olan apareyler mevcuttur.

Iridium¹⁹², teleterapi için kâfi periodu haiz değildir (T1/2, 70 gün). Büyük reaktörü olan bir şehirde ancak kullanılabilir. Hâlen İngilterede böyle bir aparey mevcuttur.

Ö z e t :

1 — Radyoaktif izotopların tedavi sahasındaki rolleri gözden geçirilmiştir.

2 — Bu alandaki mevcut metodlar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

3 — Muhtelif radyoaktif izotoplarla yapılan klinik tatbikat ve başlıca endikasyonları belirtilmiştir.

Süpervoltaj için kullanılan radyoaktif izotopların birbirine tercih sebepleri tebarüz ettirilmiştir.

Summary and conclusions:

1 — The rôle played by the radioactive isotopes in medicine has been evaluated.

2 — The existing methodes of treatment by radicelements have been discussed.

3 — The principal clinical indications for different isotopes have been pointed out.

4 — A comparaison of the physical properties of the three radioelements used in teletherapy has been made.

LİTERATÜR

1 — Clarke, H. T. et al. : A symposium on the Use of Isotopes in Biology and Medicine. Univ. Wisconsin Press. Madison, 1948.

2 — De Gennes J. L., Cocovinis C., Fauvert, R. : Etude statistique de 138 hyperthyroides traités par l'iode radioaktif. Semaine Hopit. 35: 14731525, 1959.

3 — Delario, A.J. : Roentgen, Radium and Radioisotope Therapy. Harry Kimpton 1953.

4 — Fauvert R., Boivin J., Mallarmé J., Nicollo, F. : Conduite et resultat du traitement des polyglobulies par radiophosphore 32. Nouvelle Rev. Fr. Hematol. 1:459-472, 1961.

5 — Friedell H.L., Storaasli : Am. J. Roentgenol. 64:559-574, 1950.

6 — Hahn, P.F. : A Manual of Artificial Radioisotope Therapy Acad. Press, New York 1951.

7 — Kenny J.M., Marinelli, L.D., Craver, L.F. : The treatment of Lymphosarcoma with Radioactive Phosphorus. A. Priliminary Report. Am. J. Roentgenol. 47:217-226, 1942.

8 — Larsson, Lars-Gunnar : Acta Radiol. 37:577, 1950.

9 — Lawrence, J.H., Hamilton, J.G. : Advances in Biological and Medical Physics. Acad. Press, New York, 1948

10 — Lindgreen E., Bergstrom I. : Acta Radiol. 36:49, 1957.

11 — Low-Beer, B.V.A. : The Clinical Use of Radioactive Isotopes. Charles C. Thomas, Springfield, 1950.

12 — Mayenord, W.V. : Brit. J. Radiol. Supp. 2, 1950.

13 — Mitchell, J.S. : Brit. Med. 52: 747, 1957.

14 — Pack G., Ariel I.M. : Treatment of Cancer and Allied Diseases. Sec. Edit. Vol. 1, Paul Hoeber Inc. 1958.

15 — Schubert, G. : Kernphysik und Medizin. 2. Aufl. Göttingen, 1950 Mus terschmidt.

16 — Schubert G., Dittich V., Knheth H.A., Schmermund H.J. : Starhlenth. 84, 1951.

17 — Seidlin, S.M., Marinelli, L.D.,

Oshri, E. : Radioactive Iodine Therapy. Effects on Functioning Metastases of Adenocarcinoma of the Thyroid. J.A.M.A. 132:838-847, 1946.

17 — Schwiegk, H. : Künstliche Radioaktive Isotope in Physiologie Diagnostik und Therapie. Springer-Verlag 1953.

19 — Szu, L., Goolden, A.W.G. : The treatment of Polycythemia vera. Cancer Progress 1960.

20 — Tubiana, M. : Les isotopes radioactifs en médecine et en biologie Paris, 1950.

21 — Tubiana, M., Schwesguth O. : Cancer du corps thyroïde chez l'enfant, Entert. Bichat. Spécialité 1959; 297-304.

22 — Veall N., Vetter H. : Radioisotope Techniques in Clinical Research and Diagnosis.

RADYOİZOTOPLARIN TIBTA VE BİYOLOJİDE KULLANILMASI

Doç. Dr. A. İrfan URGANCIOĞLU

Tıp ve biyoloji bakımından iyonizan ışınların her üçü ile de yani alfa, beta ve gamma ışınları ile alâlanmaktayız. Burada daha ziyade bu ışınların biyolojik özellikleri üzerinde durmak istiyoruz. Bilindiği gibi alfa ışınları dokuda ancak mikron ile ölçülebilecek bir mesafeye kadar nüfuz edebilirler. Beta ışınlarının dokudaki erişme uzaklığı vasatı 8 mm. ve gamma ışınlarınınki ise çok daha fazladır.

Bu hususiyetleri dolayısıyla alfa ışınları veren isotoplardan teşhiste istifade olunamaz ve tedavideki yerleri de çok mahduttur.

Beta ışını neşreden isotoplar ise tedavi bakımından uygun sayılabilir; fakat vücut tarafından yapılacak sayımlar için kâfi erişme mesafesine malik değildirler. Bu arada belki beta ışınlarının madde ile teması neticesi husule gelen ve Bremsstrahlung denilen yumuşak X ışınları tipindeki radyasyondan bahsetmek ve bu ışınların erişme uzaklıklarının beta partiküllerininkinden daha fazla olduğunu

kaydetmek yerinde olur. Bunların ayrı bir teknikle ölçülmesi sayesinde bazı biyolojik hadiselerin beta ışınları veren cisimler kullanılarak da vücut tarafından tetkiki imkân dahiline girer. Ayrıca eğer beta partiküllerinin enerjisi düşükse, bunları vücut mayile rinde mesela idrarda ve kanda saymak da müşkül olur. Bu tip beta partikülleri, içersinde buldukları vasat ve detektörün penceresi tarafından absorbe edilen enerjileri sebebi ile, detektöre erişemez veya pek az bir nisbette erişirler. Self absorpsiyon denilen bu olayın beta partikülleri ile çalışırken önemi büyüktür. Bu şartlar ile çalışırken bazen ölçülecek maddede içersinde bulunduğu vasattan şimik veya fizik metodlar ile ayırmak ve ondan sonra ölçmek icap eder. Bütün bunlara mukabil yukarıda bahsettiğimiz gibi beta partikülleri neşreden izotopların, doku tahribi hassaları ve bu tesirin erişme mesafesi bakımından hudutlanmış olması sebebi ile, dahili tedavide kullanılmaları gayet uygundur.

Gamma ışınları ise dokuda beta

partiküllerinden çok daha uzak mesafeye ulaşırlar ve bu sebeble vücut sathından kolayca takip olunabilirler ve sayılabilirler. Meselâ radyoaktif iodyererek bunun tiroide tutulmuşunu vücut dışarsından tesbit ve takip edebilmek veya meselâ radyoaktif kromla eşaretili eritrositleri vücuda zerk ettikten sonra, dalağa tekabül eden vücut sathından yapılan sayımlar ile dalağın eritrosit tahribindeki rolünü incelemek mümkün olur. Bundan başka vücut mayilerinde bu tip ışın veren bir izotopu tesbit etmek ve saymak için herhangi şimik bir muameleye lüzum kalmaz. Mamafih, dahilî tedavi için gamma ışınları neşreden bir izotop kullanılacak olursa, gamma ışınlarının erişme uzaklığının fazla olması sebebi ile, vücudun diğer kısımları da irradiye olur. Fakat muhtelif izotoplar, değişik nisbetlerde olmakla beraber, gamma ışınları yanında beta partikülleri de neşrederler. Bu hususun tib ve biyoloji bakımından önemi büyüktür. Zira beta partikülleri vasıtasıyla nesiçte tahripkâr tesir elde olunurken, gamma ışınları vasıtasıyla de bunları vücut dışarsından takip etmek mümkün olur. Gamma ışınlarından tedavide istifade daha ziyade huzmenin muayyen bir istikamete yöneltmesi ile (meselâ kobalt teleterapi cihazı gibi) elde olunur.

Radyoizotopların en büyük hususiyetlerinden bir tanesi organizma tarafından aynen stabil eleman gibi muameleye tabi tutulmalarıdır. Meselâ tiroid Lugol mahlulundeki stabil I-127 yi ne şekilde assimile edip hormon sentezine sokuyorsa, iodyun radyoaktif izotoplarını da aynı muameleye tabi tutar. Bu kaidenin bir iki istisnası mevcutsa da bu hususta teferruata girilmeyecektir.

Tabiatla mevcut elemanları ka-

baca stabil ve radyoaktif elemanlar diye ayırabiliriz. Radioaktif elemanlarında bir kısmı tabiatla natürel olarak bulunur, diğer bir kısmı da suni olarak elde olunurlar. Bazan bir radyoizotopta bütün atomlar radyoaktif değildir. Yani bazan radyoaktif madde muayyen bir nisbet dahilinde aynı elemanın radyoaktif olmıyan şekline (stabil şekline) ait atomlarda bulunur. Mevzubahs radyoaktif madde içerisinde bu stabil atomların nisbeti az ise az taşıyıcı (Low Carrier), eğer çok ise çok taşıyıcı (High Carrier) denilir. Radioaktif maddenin bütün atomları, radyoaktif ise o vakit de taşıyıcısız (Carrier Free) adı verilir. Burada radioizotopların bu özelliği ile ilgili diğer bir hususiyetinden spesifik aktiviteden de kısaca bahs etmek istiyorum. Bir maddenin spesifik aktivitesi deyince :

1 — O materye içerisindeki radyoaktif atomların radyoaktif olmıyan atomlara nisbeti,

2 — Şimik bir bileşikte birim ağırlığına isabet eden radyoaktif miktarı,

3 — Bir dokunun, bir mayiin veya diğer bir maddenin volüm veya ağırlık birimine düşen radyoizotop miktarı, anlaşılır.

Radyoizotopların umumiyetle yüksek spesifik aktivitede olmaları istenilir. Bu suretle büyük miktarda radyoaktif maddeyi fevkalâde küçük bir hacme sokmak imkânı hasıl olur. Keza bu suretle, teşhis veya araştırma gayesi ile radyoaktif maddeyi vücuda verirken, verilen materyeldeki elemanın miktarı, vücutta bulunankine tesir etmeyecek kadar küçük olur.

Bilindiği gibi fizik yarı ömür demek başlangıçtaki radyoaktivitenin yarıya inmesi için geçen zamandır. Canlı organizmada radyoizotoplar ile çalışırken dikkate alınması lâzım ge-

len diğer bir hususiyet te, o radyoaktif maddenin muayyen bir dokuda, fizik yarı ömründen farklı bir zaman süresi içerisinde yarılanmasıdır. Meselâ radyoaktif iodyun fizik yarı ömrü 8 gün olduğu halde tiroid guddesi içerisinde başlangıçtaki aktivitenin yarıya inmesi için geçen zaman 6 gündür. Tecrübi olarak hesaplanabilen bu yarılanma müddetine efektif yarı ömür denir. Bunun tedavi için verilen radyoaktif madde miktarını tayinde rolü mühimdir. Bunlar haricinde bir de biyolojik yarı ömrü nazarı dikkate almak icap eder ki, bu elemanın vücuttaki devri daimi (turnover) ile değişir. Fizik yarı ömür bilindiğine ve efektif yarı ömürde tayin edilebileceğine göre, biyolojik yarı ömür şu şekilde tayin edilebilir :

$$b = \frac{T_f \times T_e}{T_f - T_e}$$

yani tiroide I-131 için

$$b = \frac{8 \times 6}{8 - 6} = 24 \text{ gündür.}$$

Fizyolojik hâdiseler stabil olmadığı için, zamanla bir takım değişiklikler husule gelir ve bu değişikliklerin içerisinde bulunduğu safhaya göre değişiklik neticeler almır. Şu halde tetkik edilen hadisenin fizyolojisini bilmek ve hangi safhada neyin tetkik edildiğini anlamak testin tefsiri bakımından çok önemlidir.

Tıpta kullanılan radioizotop metodlarını kısaca şu şekilde grublandırılabılır :

- 1 — İzotop dilüsyon prensibi ile yapılan tetkikler,
- 2 — Fonksiyon tetkikleri,
- 3 — Lokalizasyon çalışmaları,
- 4 — Hematolojik tetkikler gibi kombine çalışmalar,
- 5 — Autoradiography,
- 6 — Tedavide radioizotoplar.

Bu metodların esas prensiplerine girmek için dahi vakit müsait olmadığından başka bir vesile ile bunları huzurunuzda disküte etmek ümidi ile yazıma son veriyorum.

TİROİD TETKİKİNDE RADYOAKTİF İYOD TESTLERİ

Doç. Dr. Vensan SEYAHİ

Radyoaktif iyod tiroidin fizyolojik araştırılmasında olduğu kadar pratikte de guddenin hastalıklarının teşhisinde en önemli muayene vasıtası olmuştur.

Radyoaktif iyod testi yapılacak hastaya iğlenecek (tracer) doz ağızdan veya intravenöz olarak verilir. İntravenöz olarak verilecek radyoaktif iyodun sterilizasyonu teknik güçlükler arzettiğinden umumiyetle ağız yolu tercih edilir. Preparat ya saf radyoaktif iyod (I-131 veya I-132 veya diğer bir iyod izotopu) ihtiva eder veya taşıyıcı olarak bir miktar I-127 de ihtiva eder (meselâ, 0.03 mikrogram stabil iyod). Verilecek test (tracer) dozu 5-300 mikrocurie arasında değişir. Plazma ile yapılacak testler tiroid üzerinden yapılacak ölçülere nazaran daha fazla doz verilmesini icap ettirirler.

Preparat potasyum iyodür halinde 20-30 cc su içerisinde tercihan aç karnına verilir, iyodun hazım kanalından imtisası 2 saat sonra hemen tamamlanmıştır. İmtisas sürati üzerine tiroid fonksiyonunun bir tesiri yoktur.

Organizmaya giren iyod bütün münhal ve permeabl olmayan madde-

ler gibi adi difüzyon ile bütün ekstrasellüler mesafeye dağılır. Bu arada iyoda afinitesi olan böbrek, mide mukozası, tükrük ve meme bezlerine yönelir ve bilhassa tiroide toplanır.

Radyoaktif iyod ile yapılan bütün testlerin esası tiroidin hormonlarını yapmak için toplayacağı iyod miktarının ölçülmesine veya işaretli hormonun guddeden salındığı miktarının tayinine istinat ederler.

Tiroide toplanan radyoaktif iyod ya doğrudan tiroid üzerinden ölçü yapılarak (in vivo) veya idrar ile itrah edilen miktarın tayini ile (in vitro) ölçülebilir. Tiroide toplanan iyod miktarının ölçülmesi tiroideki anorganik safhaya tekabül eder ve «İyod tutma testleri» (uptake) olarak ifade edilir. Sahnın hormonun tayini ise organik faza tekabül eder ve «Hormon testleri» olarak ifade edilir.

Tiroid radyoaktif iyod tutma testleri. Tiroid guddesi plazmada dolağan iyodu, fonksiyon durumuna göre değişen bir süratle ve nisbette tutar. Tutulan miktar kadar tutulmanın sü-

* İstanbul Tıp Fakültesi Tedavi Kliniği.

rati de fonksiyon ile ilgili olduğundan yalnız muayyen zaman sonunda tiroide toplanan radyoaktif iyod değil, toplanmanın seyri de bir kaç defa fasıla ile tayin edilmesi teşhisi daha kolaylaştırır. Bunun için ilk saatte, 2-6 saat sonra ve 24-48 saat sonra tiroideki radyoaktivite ölçülebilir.

İlk saatteki ölçü için en uygunu preparatı intravenöz olarak vermektir. Bu erken ölçünün bazı avantajları vardır: Bu devrede tiroideki radyoaktivite artışı büyüktür ve henüz işaretli hormonun kana dökülmesi ile radyoaktivite azalması ölçü üzerine tesir etmemektedir. İntravenöz zerkten 1/2 saat sonra, hatta ilk 10 dakika zarfındaki toplanma eğrisinin tayini ile hipertiroidi halini teşhis etmek mümkün olmaktadır. Ölçü tekniğinde tiroid üzerindeki aktiviteyi ölçerken bu safhada kandaki radyoaktivitenin de bu ölçüye dahil bulunacağını hesaba katmak icap eder.

Ağız yolu ile preparat verildiği takdirde 2-6 saat sonra ölçü çok defa hipertiroidiyi ötiroididen ayırmak için kâfidir. Tiroid dışı radyoaktivite bu zamanda da ölçülerek tashih yapılır ise de bu müddet sonunda ekstraselüler radyoaktivite ilk saatteki kadar önemli değildir. Pochin 2 saat sonunda tiroide ve bacadaki ölçülen radyoaktivite nisbetinin tayinini tavsiye eder. Bu testin bir avantajı hastaya verilecek preparatın mutlak olarak kıymetinin bilinmesine ihtiyaç olmamasıdır. Tiroid: bacak nisbeti (neck/thigh ratio) normalde 3.29 ± 0.18 dir. Hipertiroide bu nisbet 7 nin üstündedir.

24 saat sonundaki tiroide toplanan iyodun tayini birçok müellifler tarafından pratik ve güvenilir bir test olarak tavsiye edildi. Fakat bu testin bazı hipertiroidi vakalarını teşhise yetmediği sonradan anlaşılmış bulun-

maktadır. Çünkü hipertiroidi halinde guddeye giren iyod süratle aminoasitlerle birleşip hormon haline geçtikten sonra 24 saatten çok daha evvel guddeyi terketmekte ve bu suretle 24 saat sonunda normal değerlere rastlanabilmektedir. Bu hususu dikkate olarak 2 saat ve 24 saat sonundaki tutulmayı ölçerek bu iki kıymetin nisbetinden toplanma süratini tayin etmek tavsiye edildi (Horst). Bu nisbet ötiroidide %30-55 dir.

24 saatlik iyod tutulmasının normal değerleri umumiyetle %10-20 ile %40-50 arasında değişmektedir. Bu değişimler normal vakaların geldikleri bölgelere göre değişmektedir. Kliniğimizde kabul edilen normal hudutlar %20-50 arasındadır. %20 nin altında hipotiroidi %50 nin üstünde hipertiroidi bahis konusudur.

Umumi olarak ilk saatlerdeki ölçüler hipertiroidi teşhisi için önemli olup hipertiroide bir kıymet arz etmezler, 24 saatlik ölçünün bilhassa tedavi dozunun tayini için önemi vardır. 24-48 saatlik ölçek ise hipotiroidi bakımından önemlidir.

Tiroid fonksiyonunu iyod tutma testlerinden daha doğru bir tarzda gösteren tiroidin zaman birimi içerisinde ne kadar iyodu plazmadan temizlediğinin ölçülmesidir (Tiroid klirensi).

Klirens yapılarak hastaya kuvvetlice bir preparat (100 mikroküri) I-131 verildikten 1 saat sonra kanda ve tiroideki radyoaktivite tayin edilir. Plazmadaki radyoaktivite litre başına % olarak ifade edilir. Tiroidin tuttuğu iyodun plazmadaki iyoda nisbeti saatte ne kadar kanın iyoddan temizlendiğini verir. Bu değer mililitre ve dakikaya tahvil edilerek ifade edilir.

Normal tiroidin klirensi dakikada 5-40 ml dir; ortalama 17 mililitredir.

İdrarda I-131 in tayini

Organizmaya giren iyod başlıca iki organa tevccüh eder: tiroid ve böbrekler. Bundan dolayı idrarla çıkan I-131 miktarının ölçülmesi indirekt olarak tiroidin tuttuğu iyod miktarının hesaplanmasını mümkün kılar. Tiroid üzerine yapılacak ölçü hastanın laboratuvara gelmesini icap ettirdiği halde idrar ile yapılacak ölçüde toplanan idrardan bir nümune gönderilmesi kâfidir. 24 veya 48 saatlik idrardaki radyoaktivite miktarının tayini en basit usuldür. Ancak bu usulde böbrek fonksiyonunun durumu netice üzerine tesir eder. Böbrek yetersizliği halinde idrarla itrah tiroid fonksiyonu normal olduğu halde düşük olabilir. Bu mähzuru bertaraf etmek için idrarın muayyen porsiyonlar halinde toplanmasının daha faydalı olacağı ileri sürüldü. Bunun için idrar 0-8, 8-16, 16-24 saatları arasında toplanır ve bunlar arasındaki nisbetten T indeksi tayin edilir. Bu test böbrek fonksiyonundan mütevellit hataları asgariye indirir.

Tiroid tarafından toplanan I-131 gudde dahilinde enzimlerin tesiri ile amioasidlere bağlanır, hormon haline geçer ve kanda proteine bağlı olarak dolaylı. Plazmadaki proteine bağlı iyodun büyük kısmı tiroksinden ibarettir, fakat az miktarda triiodthyronine bulunur. İşaretili hormonun devranda belirme sürati iyodun tiroid dahilindeki değişme (turnover) süratine tabidir.

Plazmada PBI-131 in tayini hormon sekresyonu hakkında oldukça güvenilir bilgi verir.

Plazmada PBI-131 miktarını tayin için muhtelif metodlar vardır:

Organik bağlantı halinde olan iyod proteinle beraber triklorasetik asid ile çöktürülür ve çöktürüldüğü

yoaktivite ölçülür, veya inorganik iyod fraksiyonu serum bir anion dağıtıcı rezinden süzülerek ayrılır ve süzütünün radyoaktivitesi ölçülür. Proteine bağlı iyod fraksiyonunda hormonal aktivite göstermeyen iyodlu organik bileşikler de mevcut olduğundan serumun butanol ile muamele edilmesi daha doğru netice verir. Hakiki tipoid hormonları butonal ile muamele edilmesi daha doğru netice verir. Hakiki tipoid hormonları butonal ekstresine geçerler. Normal tiroid guddesi aldığı iyodu 48 saat sonra hemen tamamen hormon haline çevirdiğinden bu determinasyonların 24 saatten ziyade 48 saat sonra yapılması daha uygundur. Mamafih hipertiroidide bu hormonun hazırlanması çok daha süratlidir.

Normalde PBI-131 litre başına %0,07-0,2, Hipotiroidide %0,02 nin altında, Hipertiroide %0,2 nin üstündedir.

Conversion Ratio. Tiroidin muayyen zamanda anorganik iyoddan ne kadar organik bileşik (hormon) imal ettiğinin ifadesidir. Bunun için plâzmanın 24 saat sonundaki PBI-131 miktarı, plazmanın total I-131 miktarına nisbet edilir. Conversion ratio kıymetleri Normalde %18-35, Hipertiroidide %35 in üstünde, hipotiroidide %1,9-18 dir.

Gerek tutma testleri gerekse PBI-131 testleri radyoiyod ile veya cerrahi olarak tedavi edilmiş hipertiroidi vak'alarında çok defa yanıtıcıdır. Hatta miksedeme gitmiş tiroidektomi vak'alarında da yüksek netice verebilirler.

Bunlarda işaretli hormon süratle plazmada belirebilir, fakat günlük ifraz edilen miktar normal olabilir. Bundan dolayı I-131 ile tedavi görmüş ve hipertiroidi hali devam etmesinden şüphe edilen vak'alarda yalnız I-131

testleri ile indikasyon koymak hatalıdır.

Plazma testi, Plazmada 2 saat sonundaki radyoaktivite doğrudan anorganik iyoda aittir, çünkü PBI-131 henüz teşekkül etmemiş veya cüzi miktarda (hipertiroidide) teşekkül etmiştir. 48 saat sonra ise anorganik I-131 hemen tamamen plazmadan çekilmiştir, bir kısmı tiroidde tutulmuş bir kısmı ise idrarla itrah edilmiştir. Bu itibarla plazmada mevcut radyoaktivite pratik olarak sadece PBI-131 e aittir. 2 saat sonundaki ve 48 saat sonundaki radyoaktivite değerleri birbirine nisbet edildiği takdirde, normalde 0,4 ün altında bir kıymet elde edilir. Hipertiroidide bu nisbet 0,4 ün üstündedir.

48 saat sonra % litredeki doz

Plazma testi =

2 saat sonra % litredeki doz

Plazma testi conversion ratio'nun basitleştirilmiş şekli ibarettir.

Tirotropin testi. Bir hipotiroidi vakasının primer mi (doğrudan tiroid yetersizliğinden) yoksa sekonder mi (hipofiz yetersizliği neticesi) olduğunu ayırmak için iyod tutması düşük çıkmış olan hastaya 2-3 gün müddetle Tiroidi stimüle eden hormon (TSH) zerkedilir ve tekrar tiroidin radyoiyod tutması tayin edilir. Şayet iyod tutma nisbeti yükselmez ise primer yetersizlik tiroiddedir, yükselir ise asıl yetersizlik hipofizdedir.

Bu test ile tiroid hormonu kulanmış olan bir hastanın düşük olan iyod tutması yükseltilir ve bu suretle iyod kullanma neticesi düşük radyoiyod tutması gösteren vakadan ayrılabilir.

Tiroid süpresyon testi. Hipertiroidiyi, hiperfonksiyon olmadığı halde radyoiyod tutması yüksek bulunan vak'alardan (basit guvatr, iyod açlığı) ayırmak için yapılır.

Hipertiroidide yüksek olan iyod

TÜRK RADYOLOJİ MECMUASI

tutması 1-2 hafta müddetle tiroid hormonu verdikten sonra tayin edildiği zaman gene yüksek bulunur, fonksiyonu normal olan vak'ada ise çok defa %20 nin altına düşer.

Lokalizasyon diyagnostiği

I-131 in gudde dahilindeki dağılımı her vakada homojen değildir. Bu dağılım guddenin muhtelif bölgele - rindeki nesicilerin fonksiyon durumuna tabidir. Selim ve bilhassa habis tiroid tümörleri mücavir bölgelere nazaran çok az iyod tutmaktadırlar.

I-131 in gudde dahilindeki dağılımının tayini şu tarzlarda yapılabilir:

1) Tiroidin frontal plân üzerindeki muhtelif bölgelerinin aktivitesi bir gamma sayıcısı ile tayin edilir ve aynı aktiviteyi gösteren bölgeler birbiri ile birleştirilerek tiroidin haritası (Radyotopografisi - isoimpulsbild) çıkarılır.

2) Scintillation sayıcısı muayyen süratli boyun bölgesi üzerine satır satır hareket ederek otomatik kaydedici vasıtasıyla noktalar halinde grafik elde edilir (Sentigrafisi).

Nodül üzerinde ve civarında efektif yarılanma müddetinin tayini de tümörün mahiyeti hakkında bilgi verir. Kısa efektif yarı ömür gösteren ve iyod hazneleri çabuk boşalan tümörler biyolojik olarak fazla aktif veya histolojik olarak az diferansiye demektirler.

I-131 sentigrafisi soğuk bir mın-takanın dejeneratif mi yoksa neoplazik tabiatte mi olduğunu her zaman ayırmak için kâfi değildir. Meme kanserinde olduğu gibi, tiroidde de neoplazik doğu radyopospatı daha fazla tutar. Bunun için 0,03-0,1 mC P-32 zerkinden 2-24 saat sonra Geiger-Müller sayıcısı veya beta sayan Scintillation sayıcısı ile ölçü yapılır. Aranan bölge civarından daha aktif ise malinyite, daha az aktif ise de dejenerans bahis konusudur.

RADYASYONLARDAN KORUNMA

Dr. Selahattin A. GÖKSEL

1895 yılında Röntgen'in X — ışınlarının keşfi ile radyasyonlardan korunma problemi de ortaya çıkmıştı. Zira bu ışınların keşfinden kısa bir zaman sonra zararlı bir takım tesirleri de olduğu anlaşılmıştı. 1898 yılında ise Curie'lerin Radyumun keşfi ile yeni bir girici ışın kaynağı daha bulunmuş oldu. Radyum tarafından neşredilen ışınların aynı Roentgen ışınları gibi zararlı tesirler hâsıl ettiği de kısa zamanda anlaşıldı. Gerek Röntgen tüpleri ve gerekse tabii radyoaktif maddeler tarafından neşredilen ışınlar karşı ilk zamanlar müessir bir korunma tertibi alınmamasına rağmen, 1940 yılına kadar olan devrede bu ışınların zararlı tesirleri sadece röntgen mütehassısları, teknisyenleri, röntgen tübü imalcileri ve sınırlı maksatlarla bu ışınları ve radyoaktif maddeleri kullanan nisbeten uzak bir sınıra münhasır kalmıştı. Fakat 1940 yılından itibaren nükleer reaktörlerin ortaya çıkması ile o zamana kadar dünyada mevcut olan radyumun milyonlarca katı kadar aktivitesi taşıyan radyo izotopların ya-

pılması mümkün olmuş ve bunlar muhtelif maksatlar için geniş ölçüde insanlar tarafından kullanılmaya başlamıştı. Diğer taraftan, reaktörler tarafından üretilen radyoaktif artıklar teneffüs edilen havaya, içilen suya ve yenilen gıda maddelerine kadar karışmak tehlikesi arzettiğinden radyasyon tehlikesi sadece bu işlerde kullanılan insanları değil, bu gibi tesisler etrafındaki şehirleri ve içinde yaşayan ahaliyi de tehdit eden büyük bir tehlike olmak istidadını göstermeye başlamıştır. Çok şükür ki, o zamana kadar radyumla elde edilen bazı acı tecrübeler dolayısı ile uyumak bulunan ilim adamları evvelce korunma tedbirleri aldıklarından kullanılan muazzam miktardaki radyoaktif maddelere ve aktiviteye rağmen bunlardan zarar gören insanların sayısı çok az olmuştur ki bu da alınan korunma tedbirlerinin ne kadar müessir olduğunu gösterir.

Radyasyonların Biyolojik Etkileri:
Röntgen tüpleri ve radyoaktif maddeler tarafından neşredilen muhtelif ışınlar insanlar ve genel olarak can-

lılar üzerinde bir takım biyolojik tesirler meydana getirmektedir. Bu iyonize edici ışınların canlı varlıklar üzerindeki tesirleri canlıların yapı taşı olan hücreler üzerindeki tesirinin bilinmesi ile daha iyi anlaşılabilir. Radyasyonların canlılar tarafından absorplanmasında temel olay, hücre içerisinde pozitif ve negatif iyonların teşekkülüdür. Bu iyonlar ise aktif radikallerin teşekkülü, dissosiyasyon, protein moleküllerinin bozulması, bazı büyük moleküllerin daha küçük moleküllere bölünmesi, anzimlerin deaktivasyonu ve hidrojen peroksit ve sair zehirli moleküllerin teşekkülü gibi kimyasal değişmelere yol açmakta ve bu şekilde iyonize edici ışınlar tahribatını yapmaktadırlar.

Bir de vücudun bir bütün olarak fazla miktarda radyasyonlara mâruz kalması neticesinde müşahade edilen bir takım biyolojik tesirler vardır ki bunları aşağıdaki gibi hülâsa edebiliriz:

1. Cild reaksiyonları.
2. Kan ve kan yapan organlar üzerine tesir ile anemi ve lösemi gibi hastalıkların ortaya çıkması.
3. Fena tabiatlı tümörlerin teşekkülü.
4. Katarakt, kısırılık, zürriyetin azalması ve tabii ömrün kısalması gibi diğer zararlı tesirler.
5. Genetik tesirler.

Yukarıda sayılan biyolojik tesirler gerek haricen radyasyonlara mâruz kalma ve gerekse herhangi bir yolla radyoaktif maddelerin vücut içerisine girmesi neticesi meydana gelebilirler. Genel olarak genetik tesirler hariç, diğer bozuklukların ortaya çıkması için muayyen bir ışın dozunun verilmesi icap etmektedir. Genetik tesirler için ise böyle bir doz eğiliminin mevcut olmadığı ve alınan en uzak bir radyasyon dozunun bile genetik

bakımından zararlı bir değişme hâsıl etmesi ihtimaliyetini arttıracığı kabul edilmektedir.

Radyasyonların Deteksiyonu ve Ölçülmesi

Radyasyonlardan müessir bir korunma yapılabilmesi için bunların deteksiyonu ve emniyetli bir şekilde ölçülebilmesi zarureti vardır. Bugün elimizde hassas ve emniyet edilebilir deteksiyon ve ölçme cihazları mevcuttur. Bir radyasyon ışısının almış olduğu ışın dozunun ölçülmesi bugün nisbeten basit bir iştir.

Genel olarak radyasyon ölçülmesi (1) Radyasyon sahalalarında yapılan ölçmeler ve (2) şahısların aldıkları radyasyonların ölçülmesi olarak ikiye ayrılabilir.

Radyasyon sahalalarının deteksiyonu ve radyasyon seviyelerinin ölçülmesi sabit ve portatif cihazlar yardımı ile yapılır. Bunlar da Geiger ve sintillasyon sayıcıları iyonizasyon odaları ve proporsiyonel sayıcılarıdır.

Şahısların aldıkları ışın dozu ise film badge'ler ve cep dozimetleri ile ölçülmektedir.

Bütün bu ölçme âletlerinin doku içerisinde radyasyon absorpsiyonunu gösterecek şekilde kalibre edilmesi de zaruridir. Radyasyonların ölçülmesinde en çok kullanılan birim röntgen olmakla beraber, bu bir absorplanan doz birimi olmadığından yeni bir absorplanan doz biriminin tarif edilmesine ihtiyaç hâsıl olmuştur ki, bu da 1 rad dir. 1 Rad doku içerisinde gram başına 100 erg 'lik bir enerji absorpsiyonuna tekabül eder. Bir röntgen tarafından 1 gram yumuşak dokuya verilen radyasyon enerjisi de 98 erg eşt olduğundan korunma işlerinde bir röntgen bir 1 rad a eşt kabul edilebilir.

Korunma işlerinde kullanılan diğer önemli bir birim ise (rem) dir. Rem,

Rad ile Relatif Biyolojik Tesirliliğin çarpımına eşittir. Bilindiği gibi, bazı ışınlar aynı biyolojik tesiri meydana getirmekte diğerlerinden daha tesirlidirler.

Meselâ alfa tanecikleri ve hızlı nötronlar aynı rad sayısına tekabül eden absorplanan ışın enerjisi için X—, gamma ve beta ışınlarından 10 defa daha fazla müessirdirler. Veya diğer bir deyiş tarzı ile bunlar aynı biyolojik tesiri gamma ve beta ışınlarından 10 defa daha az bir ışın dozu ile hâsıl ederler.

Maksimum Müsaade Edilen Doz

İnsanlar ve bütün canlı varlıklar, kozmik ışınları, topraktaki ve vücudumuzdaki tabii radyoaktif maddeler dolayısı ile mütemedi olarak radyasyonlara mâruz kalmaktadır. Bu tabii kaynaklardan alınan ışın dozu senede takriben 150 mr'ne erişmektedir. Ayrıca, son zamanlarda atom bombaları infilâkleri neticesi hâsıl olan ve fall out denilen radyoaktivite buna eklenmektedir.

Bu miktar radyasyonun insana her hangi bir zararı olup olmadığı katiyetle bilinmemektedir. Genetik tesirlerden başka radyasyon etkilerinin meydana gelmesi için muayyen bir radyasyon dozu eşiği olduğu genel olarak kabul edildiğine göre, bu tabii radyasyonların insana zararlı olmayacağı düşünülebilir. Diğer taraftan da, zarar verecek radyasyon seviyeleri bilindiğine göre, bu iki ekstrem arasında insanın devamlı olarak alacağı ve fakat önemli bir zarar görmeyeceği bir radyasyon seviyesi olmalıdır. Bu maxmüs edilen doz denden kat'i olarak bilinmemekle beraber, Radyasyonlardan Korunma Komitesinin en son tavsiyesine göre haftada 100 mrem'den veya senede ise 5 rem'den az olmalıdır. Bir insanın ömrü boyunca alacağı ışın dozu ise 5 (N—18) formülü ile hesap edilir.

Maksimum müsaade edilen Doz gerek harici ışınlama ve gerekse vücut içerisinde bulunan radyoizotoplar için aynıdır. Ne miktar radyoizotopun vücuda bu dozu vereceği her izotop için ayrı ayrı hesaplanmış ve bunların havada, sudaki müsaade edilen en büyük konsantrasyonları cetveller halinde neşredilmiştir.

Maksimum müsaade edilen doz mutlaka alınması lâzım gelen bir doz olmayıp, bunun mümkün olduğu kadar aşağı bir seviyede tutmak bilhassa genetik tesirleri önlemek bakımından gayet önemlidir. Zira bu ufak dozun dahi genetik bakımından buna bir etkisi olabilir.

Radyasyonlarla ve radyoaktif maddelerle çalışırken alınan radyasyon dozunu azaltmak veya kontrol etmek bakımından göz önünde tutulması icap eden üç prensip vardır:

1 — Kaynak ile aradaki mesafeyi mümkün olduğu kadar büyük tutmak mesafenin karesi ile ters orantılıdır.

2 — Radyasyonlarla çalışma zamanını tahdit etmek.

3 — Radyasyon kaynağı ile çalışan arasına absorplayıcı ekranlar koymak

Radyoaktif Artıklar

Radyoaktif maddeler ile çalışma neticesi hâsıl olan artıkların ne şekilde bir muamele göreceği hakkında başlıca iki prensip vardır:

(1) Teksif etmek ve toplamak

(2) Seyreltmek ve dağıtmak.

Birinci prensip umumiyetle fazla miktarda olan radyoaktif artıklar için tatbik olunur. İkinci hal ise, ufak mikyasta radyoizotoplarla çalışan ufak araştırma laboratuvarları için uygundur. Meselâ içlerinde uzun, yarı ömürlü radyoizotoplar olmamak şartı ile 100 mili curie'ye kadar olan artıklar genel kanalizasyon sistemlerine verilebilir. Tabii bu da ancak bazı emniyet şartları göz önünde tutularak yapılmalıdır.

TÜRK RADYOLOJİ MECMUASI

ATOMLARIN YAPISI VE RADİOAKTİF IŞINLAR

Doç. Dr. M. Cemil KARADENİZ

Atomların Yapısı.

Teçrübeler, atomları merkezde pozitif yüklü ağır bir çekirdek ile bunun etrafında dolaşan negatif yüklü ve kütleleri ihmal edilebilecek kadar küçük elektronlardan meydana gelmiş olarak tasarlayabileceğimizi göstermektedir. Bir atomdaki elektronların çekirdekteki pozitif yük miktarına eşit sayıda oldukları ve çekirdek etrafında muayyen enerji bölgelerine dağılmış buldukları farz edilmektedir (*). Teoride atom güneş sistemine benzetilmektedir; güneş, atomun çekirdeği ve elektronlarda güneş etrafındaki gezegenler gibi düşünülebilir. Fakat atom teorisinde elektronlarla çekirdek arasındaki çekim kuvvetleri pozitif ve negatif elektrik yükleri arasındaki elektrik kuvvetlerdir. (Coulomb kuvvetleri) halbuki gezegenlerde güneş arasındaki kuvvetler gravitasyon kuvvetlerdir (kütlelerin çekim kuvvetleri). Teoriye göre; elektrik çekim kuvvetleri elektronların kapalı yörüngeler (eliptik) üzerindeki hareketlerinden doğan santrifüj kuvvetlerinde dengeleme ve muayyen enerji-

lere tekabül eden yörüngeler üzerindeki hareketlerde elektronların elektromagnetizma kanunlarına tabi olmadığı (enerji kaybetmediği) kabul edilmektedir.

Elektromagnetizma kanunlarına göre hareket halinde elektrik yükleri elektromagnetik dalgalar halinde enerji neşrederler.

Bir fizik sistemin kararlı dengede olması için enerjisi minimum olmalıdır; aynı kanun atomlarda da caridir. Bir atomun normal yani temel halinde enerjisi minimumdur. Bir atom enerji kazanırsa sistemin kararlılığı bozulur, buna eksite olması hali denir. Eksite olan atom ilk fırsatta fazla enerjisini atarak normal haline döner. Yalnız atomlar gelişmiş miktarlarda enerji alıp vermezler. Alınan veya verilen enerji miktarları (eksite olurken alırken ve normal hale dönerken verir) siste-

(*) Bir atomun isgal ettiği yani atomu teşkil eden elemanların içinde yayılmış oldukları hacim yarı çapı 10.⁻⁸ cm mertebesinde olan bir küre olarak tasarlanabilir.

mi bir enerji seviyesinden diğerine geçecek şekilde yani ancak muayyen değerlerde olabilir. Atomlardaki enerji bölgeleri K, L, gibi harflerle isimlendirilir ve her enerji bölgesindeki elektronların azami miktarları bellidir, meselâ K bölgesinde en fazla iki L bölgesinde en fazla sekiz elektron bulunur. En aşağı enerjili elektron bölgesi K dir, sonra L ve ilâh devam eder. Atomların elektron konfigürasyonlarında enerji minimum olacağından, elektronlar en küçük enerjili kademeleri dolduracak surette dağılır.

Bu teoriyle optik spektrumlar ve karakteristik X ışınları spektrumları izah edilebildiği gibi elementlerin periyodik sistemi de izah edilebilir. Teoriye göre, benzer elektron konfigürasyonlarına haiz elementler benzer kimyasal özelliklere sahiptirler.

Çekirdeklerin Yapısı.

Diğer taraftan, Atom Çekirdeti üzerinde yapılan araştırmaların neticelerine göre çekirdeklerinde bir yapısı olduğunu farzetmek gerekmektedir.

Elemanların atom ağırlıklarının hidrojenininkinin aşağı yukarı tam katları olduğu tecrübi bir gerçektir, buradan hareket ederek çekirdeklerin protonlardan (Hidrojen çekirdeğidir ve kütlesi elektron kütlesinin 1840 katıdır) meydana geldiği düşünülebilirse de elektrik yüklerinin kütle sayılarının takriben yarısına eşit oluşu ve yapı elemanları arasında elektronların bulunamayacağına ait tecrübi deliller sebebiyle protonlarla nötronlardan (nötron kütlesi hemen hemen protonunkine eşit fakat elektrik bakımından nötr bir tanecik) yapılmış oldukları farz edilmektedir.

Çekirdeği meydana getiren proton ve nötronların birbirlerine yapışmış katı yek vücut bir madde olmadığı

yarıçapı 10^{-13} cm. mertebesinde olan bir küre hacmi içine dağıldıkları ve daimi hareket halinde oldukları düşünülmektedir, yalnız bunları bir arada tutan kuvvetler elektrik ve gravitasyonel kuvvetlere benzememektedir, mahiyet itibarıyla tamamen değişik tir; kısa mesafe kuvvetleri veya çekirdek kuvvetleri olarak isimlendirilirler. Özellikleri: Çekirdek içinde her tarafta aynı şiddettedir ve çekirdek yüzeyi denilen bir sınırdan dışına bir den yok olur, protonlarla-protonlar, nötronlarla-nötronlar ve protonlarla-nötronlar arasındaki çekirdek kuvvetleri hep aynıdır, halbuki elektrik menşeli olsaydı Coulomb kanunu gereğince protonların bir araya gelememeleri icab ederdi, diğer taraftan gravitasyonel menşelide olsa idi belli bir sınırdan içinde hep aynı değerde ve dışına bir den yok olamazdı.

İzotoplar.

Bir atoma özelliklerini veren çekirdeğidir. Aynı sayıda protonu haiz atomlar aynı kimyasal özelliklere sahiptirler zira kimyasal özellikler elektron konfigürasyonundan ileri gelir, fakat bunların nötron sayıları farklı olursa fizik özellikleri farklı olur. Atomlar fizikte proton sayıları (buna Atom Numarası denir) Z ve kütle sayıları (nükleon sayısı, -nükleon nötron ve protona verilen müşterek isimdir-) A ile $\frac{A}{Z}$ X olarak gösterilirler.

Z leri aynı A ları farklı (Atom ağırlıkları farklı) atomlara **izotoplar** denir, bunlar aynı kimyasal özelliklere sahip oldukları için kimyasal yolla birbirlerinden ayırt edilemezler, ancak fizik metodlarla (kütle spektrografi gibi) ayrılırlar, fakat fizik bakımdan birbirlerinden çok değişik özelliklere sahip olabilirler, bu nötron sayılarının farklı oluşundan ileri gelir, bilhassa radioaktif olan izotoplar çok

önemlidirler, zira kimyasal bakımdan kararlı izotop gibi hareket ettirilenden radio aktivitesi yardımıyla kolaylıkla takip edilebilir, dolayısıyla biyolojik ve kimyasal birçok araştırmada büyük bir aydınlatıcı rol oynamaktadırlar.

Tabiiatta mevcut atomlar çok çeşitli değildirlir, çünkü kararlı bir çekirdek teşekkül edebilmesi için proton ve nötron sayılarının muayyen bir nisbet civarında olması lazımdır (hafif ve orta büyüklükte atomlarda takriben yarı yarıya, ağır atomlarda ise nötronlar daha fazladır).

Eğer bir çekirdekte nötron veya proton fazlalığı var ise o çekirdek kararlı değildir, pozitif veya negatif elektron fırlatarak bir protonu nötrona veya bir nötronu protona tahvil etmek suretiyle nükleonlar arasındaki oranı sağlamaya çalışır. Bu hale radioaktivite ve böyle çekirdeklere de radioaktif çekirdekler diyoruz. Radioaktif bir çekirdeğin neşrettiği elektron ve pozitronlara beta ışınları denir, fakat umumiyetle yeni hasıl olan çekirdekte bir miktar fazla enerji kalır ve bu enerjiyi de (gamma ışınları dediğimiz X ışınlarına benzer fakat çok daha kısa dalga boylu ışınlar halinde neşreder. Yalnız burada X ışınlarıyla gamma ışınlarını birbirlerine karıştırmamak lazımdır.

X ve gammalar Arasındaki Fark.

X ışınları daha yüksek enerji seviyesinde olan elektronların daha aşağı enerji seviyesine düşmesinden meydana gelir, bu çekirdeğe çok yakın bölgelerdeki elektronlar tarafından neşredilir, atomun çekirdeğinden gelmez; halbuki gamma ışınları çekirdeğin yüksek bir enerji durumundan aşağı enerji durumuna geçmesi sebebiyle neşredilirler. Böyle radioaktif (kararsız) bir çekirdeğin ihtiva ettiği

enerji yeni teşekkül edecek çekirdeğinkinden fazla olmalıdır, bu enerji farklı neşredilen beta ve gamma ışınları vasıtasıyla atılmış olur, ve bu fazla enerji ne kadar büyükse çekirdek o kadar kararsızdır yani bozunma ihtimali o kadar fazladır (*). Bozunma ihtimalinin artması yarı ömrün kısalması demektir. Bu bakımdan neşrettiği ışınların enerjisi büyük olan radioaktif izotopların yarı ömürleri kısa olur.

Diğer taraftan periyodik cetvelin son taraftaki çok ağır elementler nötron ve proton oranları kararlılık sınırları içinde olduğu halde kararlı değildirler. Eğer bir çekirdeğin toplam enerjisi (burada kütlelerini de enerji olarak düşünüyoruz) nükleonların bölünmesiyle meydana gelecek iki çekirdeğin enerjileri toplamından büyükse, bu sistem ikiye bölünmekle enerjisi güçüleceğinden kararsızdır ve bölünmek suretiyle daha kararlı hale geçer. Bu olaya fission (bölünme) diyoruz.

Meselâ $^{210}_{84}$ Po çekirdeğinin enerjisi 4_2 He ile $^{206}_{82}$ Pb çekirdeklerinin enerjileri toplamından daha büyük olduğundan bir helium ve bir kurşun çekirdeğine bölünür. Tabiiatta mevcut çok ağır bazı çekirdeklerin yukarıda izah edildiği üzere bölünmelerinden meydana gelen bu taneciklere (çekirdeklere) α (alfa) ışınları diyoruz, ana çekirdekteki enerji fazlası bu α taneciğinin kinetik enerjisi olur (ağır olan diğer parça serbest hale

(*) Einstein'a göre, madde enerjinin yoğunlaşmış halidir ve m gram maddeye denk enerji erg cinsinden

$$E = mc^2$$

formülü ile verilir, burada C cm/saniye olarak ışık hızıdır.

geçen enerjinin küçük bir kısmını alır). Alfa radioaktivitesi de böylece izah edilmiş olur. Çekirdek bölünmeye kararlı hale varamıyabilir ve kararlı bir çekirdek haline gelinceye kadar ard arda α ve β ışınları neşredebilir, bu suretle radioaktif aileler meydana gelir.

Tabiatta mevcut radioaktif çekirdeklerinden α , β ve gama olmak üzere üç çeşit ışın neşrettiklerini görüyoruz.

α ışınları radioaktif çekirdeklerin fırlattıkları Helium çekirdekleridir ve dolayısı ile kütleleri 4 kütle birimi elektrik yükleri de iki pozitif yük birimine eşittir. X ışını neşreden bir çekirdeğin atom numarası iki kütleli de dört birim azalır.

β ışınları radioaktif çekirdeklerden fırlatılan elektronlardır, bazen yükleri pozitif olanları da olabilir, bunlara pozitron denir. β neşreden bir çekirdeğin elektrik yükü bir birim değişir (normal elektron yani negatif elektron neşredilirse çekirdeğin atom numarası bir büyür, pozitron yani pozitif yüklü elektron neşredilirse çekirdeğin atom numarası küçülür). Çekirdek β ışınlarını neşrederken elektronla birlikte nötrino denilen kütleli hemen hemen elektron kütlelerine eşit ve elektrik bakımından nötrü olan bir tanecikte neşredilir; enerji fazlası nötrine ile β ışını arasında bölüşülür; fakat bölüşme oranı sabit olmayıp tamamen tesadüfe bağlıdır, bazen bütün enerjiyi β alır, nötrinin kinetik enerjisi sıfır kalır, bazen de nötrinin bütün enerjiyi kapar β kinetik enerji sıfır olur. Meselâ $^{32}_{15}\text{P}$ nin β ışınlarının enerjisi 1.71 MeV(*) denildiği zaman bu fırlatılan elektronların max enerjisi 1.71 MeV dir, yani enerjileri 0 ile 1.71 MeV arasında her enerjide elektron fırlatır. Bu, β

ışınlarının en mühim özelliğidir; fakat meselâ $^{210}_{84}\text{Po}$ ün α ışınlarının enerjisi 5.3 MeV dir dendiği vakit neşredilen her α ışını bu enerjiye sahiptir.

Gamma ışınları çekirdekten neşredilen elektromagnetik ışınlardır, özellikleri itibariyle X ışınlarıyla aynı fakat menseleri bakımından farklı olduğu belirtilmiştir.

Radioaktif bozunmalar ihtimal kanunlarına bağlı olaylardır ve radioaktif bir izotopun ömründen bahsedilemez yalnız belli bir miktar çekirdeğin yarısının bozunması için geçen zamana yarı ömür veya daha doğrusu yarılama süresi denir ve $T_{1/2}$ ile gösterilir. N_0 adet radioaktif çekirdekten t zaman sonunda kalan miktar

$$N = N_0 e^{-0.693 \frac{t}{T_{1/2}}}$$

formülü ile hesaplanır, yani $T_{1/2}$ zaman sonra yarıya, $2T_{1/2}$ sonra 1/4 de, $3T_{1/2}$ sonra 1/8 düşer, bu hususa bilhassa dikkat etmek lazımdır.

Radioaktif ışınların (Çekirdek ışınlarının) madde ile karşılıklı etkileri.

Çekirdek ışınlarının enerjileri içinden geçtikleri maddeler tarafından absorbe edilir. Absorplanan enerji netice itibariyle ısı yükselmesine sebep olursa da asıl mühim olan etkileri: Yollarına rastlayan atom ve moleküllerini iyonize veya eksite ederler; normal şartlar altında olamayacak kimyasal bir reaksiyonu hasıl edebilirler (kimyasal etkisi) veya foto-kimyasal

(*) Atom ve Çekirdek fiziğinde enerji birimi eV -elektron volt- dur, bunun bir milyon katına MeV -milyon elektron volt- denir. eV bir elektronun bir voltluk elektrik geriliminde kazandığı enerjidir (1 eV = 1,60207 × 10⁻¹² erg).

olaylara sebebiyet verebilirler. Çekirdek ışınlarının deteksiyonu yukarıda saydığımız etkilerden faydalanarak yapılır. İonizasyon etkilerinden faydalanan detektörler, ionizasyon odaları, Geiger sayıcıları veya orantılı sayıcılarla son bir iki senedir büyük gelişmeler kaydeden yarı iletken maddelerden yapılan (Semi conductor detectors) detektörlerdir, eksitasyon etkilerinden faydalananlar ise scintilasyon sayıcılarıdır. Baş tarafta izah edildiği gibi bir atom veya molekülün eksite olması demek normal haldekinden daha fazla enerji kazanması demektir, bu fazla enerji ışık şeklinde neşredilir, bu ışıldamaları müşahade ederek çekirdek ışınları detekte edilirler, veya birçok hallerde fotoğrafik malzeme kullanılarak Foto kimyasal etkilerinden faydalanılır. Bilhassa dozaj kontrollerinde film badge monitörleri ve araştırmalarda otoradiyografi tekniği çekirdek ışınlarının foto kimyasal etkilerinden faydalanır.

Madde içinden geçen elektrik yükü bir çekirdek ışını enerjisini yoluna rastlayan atom ve moleküllere bırakarak hepsini tüketinceye kadar ilerler, böylece madde içindeki nüfuz kabiliyeti ışının enerjisine bağlıdır. Elektrik yükü ne kadar fazla kütleli ne kadar büyük olursa yolu boyunca bıraktığı enerji de o kadar fazla olacağından nüfuz kabiliyeti de o nisbette az olur. Bu bakımdan α ışınlarının nüfuz kabiliyetleri aynı enerjili β lardan çok daha az olur. Buna mukabil ışının enerjisi azalursa hızı da azalacağından yoluna rastlayan atom ve moleküllere devredeceği enerji de o nisbette fazla olur. Bu olayı şu basit benzetme ile izah kabildir. Su dolu bir kova olsun, içindeki su enerjiyi ve bu kovanın dibindeki delikte ışını temsil edecek olur-

sa elektrik yükü ve kütleli büyük bir ışın büyük bir deliğe benzetilebilir, bu halde yol boyunca çok su akacağından kısa bir mesafede kovada su kalmıyacak ve geçtiği yol boyunu da fazla ıslatacaktır, fakat kovayı hızlı hareket ettirecek olursak delikten aynı miktar su aktığı halde hızla geçtiği için yolu üzerindeki ıslaklık daha az olur. Böylece ışının enerjisi azaldıkça civarına yaptığı etki artar, ama enerjisi çok azalacak olursa yolu boyunca bıraktığı enerji tekrar azalmaya başlar, bunu su kovasıyla izah edecek olursak, kovadaki su çok azalursa delikten suyun akış hızı çok azalacağından içindeki ıslaklık ta azalır.

β ışınlarını kovanın dibinde küçük bir deliğe benzetirsek gene geçtiği yolu boyunca ıslak bir iz bırakarak gidecek ama su çok daha uzağa gidebilir ve içindeki ıslaklık azdır. Yani β ışınları geçtikleri madde içinde yolları boyunca enerjilerini bırakarak ilerlerler fakat enerjilerini azar azar bıraktıklarından nüfuz kabiliyetleri α lara nazaran çok fazladır. α lar ağır olduklarından istikametlerini pek deyiştirmezler, fakat buna mukabil β lar çok hafif olduklarından yollarına rastlayan atom ve moleküllere çarpıtıkça yollarından sapacaklarından madde içindeki yolları karma karışık zikzaklı bir çizgidir, dolayısı ile β ışınlarının erime uzaklıklarını uzunluk olarak pek verilemez, nüfuz edebilecekleri kalınlık olarak verilir ve bu kalınlıkta enerjilerine tabi olarak artar.

Gamma ışınlarına gelince bunların madde içinde meydana getirdiği etkiler X ışınlarınınkinden aynıdır, fakat α ve β larinkinden tamamen farklıdır. Zira α ve β lar yolları boyunca sürekli olarak enerji bırakarak ilerlerler ve madde içinde enerjilerine

bağlı olarak erişebilecekleri belli mesafe vardır ve bu mesafeden öteye geçemezler. Gammalarsa madde içinde yolları boyunca sürekli olarak enerji bırakarak gitmezler, ve yolları üzerinde herhangi bir yerde enerji bırakmaları tamamen tesadüfe bağlıdır, onun için belli bir erişme uzaklıkları yoktur. Gammalar madde içinde şu üç mekanizma ile enerji bırakırlar :

1) **Compton olayı.** — Işın enerjisinin bir kısmını yolu üstüne rastlayan bir elektrona devrederek ilk doğrultusundan sapmış ve enerjisi azalmış (dalga boyu büyümüş) olarak yoluna devam eder. Enerji kapalı elektron ise bağlı olduğu sistemden koparak β ışını gibi kazandığı enerjisi yolu boyunca bırakarak ilerler.

2) **Fotoelektrik olay.** — Gamma ışını enerjisinin hepsini yolu üzerine rastlayan bir elektrona devreder, elektronsa bağlı olduğu sistemden koparak β ışını gibi kazandığı enerjisi yolu boyunca bırakarak gider.

3) **Çift teşekkülü.** — Gamma ışınının enerjisi 1 MeV dan büyük ise ve içinden geçtiği ortamda bir çekirdeğin çok yakınından geçecek olursa enerjisi yoğunlaşabilir, böylece biri pozitif biri negatif olmak üzere iki elektron hasıl olur (gammaların elektrik yükü sıfır olduğu için hasıl olan maddenin de toplam elektrik yükleri sıfır olması icab eder), teşekkül eden bu

elektronlar enerjisinin ≈ 1 MeV nu kütüphelerinde (bir elektronun kütlesi ≈ 0.5 MeV enerjiye muadildir), geri kalan enerjide elektron çifti tarafından paylaşılır.

Gamma ışınlarını su dolu kovaya benzetmesiyle karşılaştırırsak, kovanın yolda çalkalanmasıyla dışarı su serpmesi gibi bazen enerjisinin bir kısmını kaybeder. Bazen de yolda kovanın devrilip dökülmesi gibi bütün enerjisini bir yerde bırakabilir. İlk hal Compton ikincisi ise Fotoelektrik veya çift teşekkülü olayına benzetilebilir.

Buradan görüleceği gibi gamma ışınlarının nerede ve enerjisinin ne kadarını bırakacağı tamamen tesadüfe bağlıdır, bu bakımdan nüfuz kabiliyetleri en fazla olanlar gamma ışınlarıdır. Şiddeti I_0 olan gamma ışınlarının şiddetini yarıya düşüren madde (umumiyetle kurşun) kalınlığına gamma ışını için yarı kalınlık denir ve $l_{1/2}$ ile gösterirsek (kalınlığı 1 cm² yüzeye isabet eden kütle yani gr/cm² olarak ifade ederiz) X kalınlığı geçen hüzmelin şiddeti

$$I = I_0 e^{-0,693 \frac{X}{l_{1/2}}}$$

olur. Bu formül

$$I = I_0 e^{-\mu X}$$

olarak ifade edilebilir ve μ ye absorpsiyon katsayısı denir.

BİLİOGRAFİN FORTE ŞİRINGASINDAN SONRA GÖRÜLEN AĞIR - ANAFLAKTİK ŞOK VE TEDAVİSİ

35 yaşında bir kadın hastaya damara 2 cc. Biligrafın forte şiringasından sonra ağır bir anafilaktik şok husule gelmiş, kollaps, dimağ ve akciğer ödemi husule gelmiştir. Ağız, Pharynx'de secretion boşalttıktan sonra oxygen verilmiş ve i. v. 25 mg. Solu-Decortin, Calcium, Nor-adrenalin gibi ilaçlarla hastanın hayatı kurtarılmıştır.

Bir anafilaktik şok vukuunda sırasıyla yapılacak tıbbi tedbirler:

1 — Baş aşağıya, teneffüs yolları serbest hale konmalı 'ağız boşluğunda ve genizdeki ifrazat temizlenmeli. Burundan sonda ile oksijen verilmesi ve sun'i teneffüs yapılmalı.

2 — % 10 Macrodex, % 40 glucose-levulose mahlülü veya % 20 insan albumini verilmeli (Mitchele-kanulle).

3 — Damara solo-Decortin H-25' den 100 mgr. kadar veya intravineuse tatbik edilebilen gluco-Corticoid.

4 — Serbest hale gelecek Histamin ile birleşmesi için İ.v. Antihistamin (Prothazin).

5 — İ.v. calcium şiringası (damarı sertleştirmek ve anafilaktik şoklarda Calcium kaybını karşılamak için).

6 — Şok da kapiller nüfuz imkânı İ.v. 1 gr. vitamin C ve 100 mgr. Rutin vermek suretiyle temin edilir.

7 — Vitamin B— Complex'i veya cocarboxylose (Berclase).

8 — İ.v. atropin 1/4 - 1/2 mg. Vagus'a karşı. Bronşiol spazm çözücü ve ifrazat azaltıcı olarak faydalıdır.

9 — Sistolik kan tazyikinde devamlı olarak damla halinde 1-2 m. nor-Adrenalin.

10 — Cytochrom C ile 15-30 mg. (intravenöz) dokuda Oxygen faydalanması kolaylaştırılır.

11 — Şiddetli sıkıntı ve konvulsion halinde hasta tam istirahate terk edilir. En iyisi 100 mg. Dolcontrol, 50 mg prothazin ve 50 mg Propophemin İ.v. tatbik edilir. Başlangıç olarak 10 dakikada bir 1 ml şiringa edilmeli.

Welsch, G. — Hükümet hastahanesi Cerrahi Kliniği Ost. Berlin

SİRKÜLER

Sayın üyemiz,

Sağlık ve Sosyal Yardım Müdürlüğünden 7/IV/1962 tarihinde Röntgen muayenehanesi olan radyologlara bir tamim gönderilmiştir. Bu tamimde, yüksek voltajı açık kablolu ve Haubesiz tüblerle işleyen cihazların faaliyetlerinin durdurulacağından bu gibi hekimlerin apareylerini ıslah etmeleri bildirilmekte idi.

Bazı üyelerimizin idare heyetine müracaatları üstüne S.S.Y. Müdürlüğü ile temasa geçilmiş ve gereken tādilat için ithal edilmesi lüzumlu olan malzemenin getirilmesi için üç ay mehil istenmiştir.

Bu tipteki aletlerle her ne kadar 1939 senesinde çıkan 3153 sayılı kanunun müsaadesi ile çalışılmakta ise de arz edilen tamimle ve hazırlığı bitip kısa zamanda yürürlüğe girecek olan yeni Radyoloji Kanunundaki sı-

kı protection tedbirleri bu muayenehanelerin çalışma yetkisini alacaktır. Bundan böyle en kısa bir zamanda apareylerin istenen evsafa uygun olarak mutlaka değiştirilmesi icap etmektedir.

Sağlık Vekâletinin umumî menfaatlere aykırı ve tehlikeli görerek açık kablolu Röntgen apareylerini çalıştırmamak yetkisini her an kullanabileceğini hukukçulardan da öğrenmiş bulunuyoruz' Bu cihetin tatbikinden doğacak hukukî neticelerin meşkûk olması dolayısıyla bir an evvel açık kablolu ve haubesiz cihazların gerekli tādillerinin yapılmasını kabul etmek zaruridir.

Sağlık Vekâleti müracaatımızı uygun bularak üç aylık mehil vermiştir.

Alâkalı arkadaşların bilgilerine sunulur.

İdare Heyeti

TÜRK RADYOLOJİ MECMUASI

BİOFARMA

RÖNTGEN SPESYALİTELERİ



NEOBARYOMİN

ALINMASI KOLAY, LEZZETİ HOŞ
SULFATE DE BARIUM MÜSTAHAZARI

200 gramlık tek doz
1500 gramlık klinik ambalajı



L.B. X-RAY DEVELOPER

Dikkatle hazırlanmış, ayarlı developman banyosu
1 ve 5 galonluk ambalajlarda

L.B. X-RAY FIXER

Dikkatle hazırlanmış, developman banyosuna göre ayarlı

TESBİT BANYOSU

1 ve 5 galonluk ambalajlarda

Her iki banyo rutubet ve hava tesirlerine karşı azamî derecede muhafaza edilmiştir.



BİOFARMA LABORATUARI LİMİTED ŞİRKETİ

Beyazıt, Fuatpaşa Cad. Semaver Sok. No. 21 — İstanbul
Posta Kutusu : 384
Telefon : 22 49 68