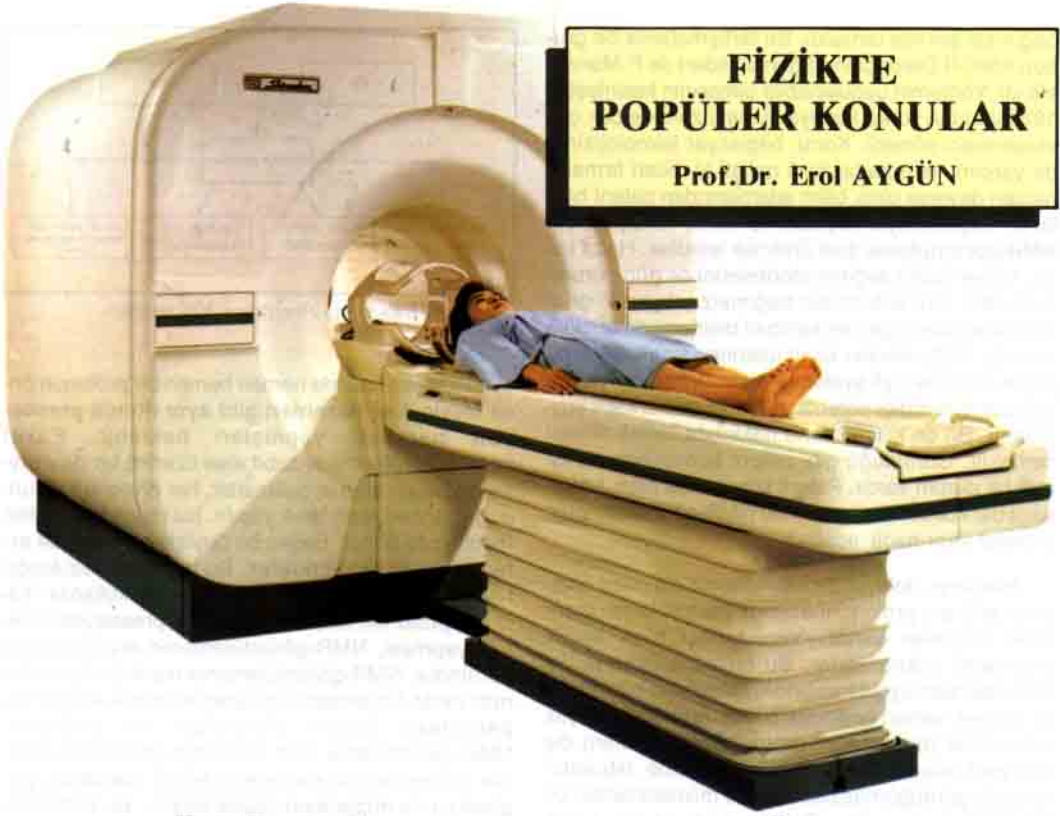


FİZİKTE POPÜLER KONULAR

Prof.Dr. Erol AYGÜN



NMR-GÖRÜNTÜLEME

Fizik, geniş spektrumlu bir disiplindir; bilim dalıdır. Çok ilginçtir ki, fizik, kimya, matematik gibi diğer temel bilim dalları ile olan yakın ilişkisi ötesinde mühendislik bilimleri, sağlık bilimleri gibi diğer disiplinlerle de içiçe olup, insanoğlunun hizmetindedir. Bu yazıda fizik disiplininin kimya ile ortak olduğu bir araştırma dalı olan Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) konusunun sağlık bilimlerine çağ atlatan yeni bir görüntüleme yöntemi olarak kullanımı ele alınmıştır. Ancak, Bilim ve Teknik okuyucularına bu çok sofistike konuyu hiç formül kullanmadan açıklamak gerekmektedir. Çünkü bu tür popüler yazılarda kullanılan her formülün, okuyucu sayısını yarıya indirdiği şeklinde bir endişe vardır. Onun için anlatımda zor olanı yapmak, yani formül kullanmaktan gerekiyor.

Fizikte ilk Nobel ödülü 1901 yılında W.C.Röntgen'e verildi. Röntgen ışınları (X-ışınları) bilindiği gibi hastanelerde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Keşfinden bu tarafa 90 sene geçen Röntgen ışınları tarihe mi karışacak? Bu sorunun cevabının evet olmasını gerektiren pek çok gelişme, bilim dünyasının gündemindedir.

Fiziğin görüntüleme dalında asrımızdaki gelişmeler öncelikle **bilgisayarlı X-ışınları görüntülemesi**

olmuş iken, X-ışınlarının az da olsa kümülatif (birikimli) zararlı etkisi düşünülerek, alternatif yöntemler araştırılmıştır. Alternatif yöntem olarak da 1972 yılından itibaren **ultrasonik** görüntüleme gelişmekte iken yine 1970'li yılların ilklerinden itibaren Nükleer Manyetik Rezonans ile de görüntü alınabileceği anlaşılmıştır. Görüntü elde etme yöntemleri, sadece X-ışınları, ultrason ve NMR ile de sınırlı değildir. Bunlar dışında da gelişmekte olan yöntemler vardır. Ancak son yıllarda pek popüler olan ve oldukça pahalı olmasına rağmen, ülkemize de gelmiş bulunan NMR-görüntüleme yönteminin tanıtımında büyük yarar vardır. Zira ülkemizde bazı üniversite ve üniversite dışı hastanelere satın alınmış bulunan bu yöntemin süratle yaygınlaşacağı anlaşılmaktadır.

Bilimsel gelişmelerin çok hızlı olduğu 20. yüzyılda disiplinler arası konular ilginç hale gelmiştir. Örneğin fizik ve kimyanın ortaklaştığı **fiziko-kimya** konuları, fizik ve biyolojiyi birleştiren **biyo-fizik** konuları, kimya ile biyolojiyi birleştiren **biyo-kimya**, ... konuları gibi. NMR konusu da kimya ile fiziğin birleştiği bir bölgededir. Fiziğin araştırma dallarından biri, genel olarak manyetik rezonans (MR) diye adlandırılır.

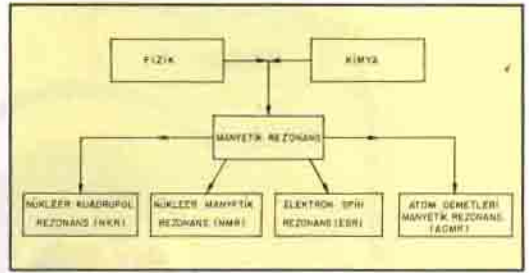
NMR konusunun görüntüleme amacı ile kullanılabilmesi 1971-1973 yılları arasında Damadian, Lauterbur, Mansfield ve Grannel isimli bilim adamları tarafından, birbirinden oldukça

bağımsız şekilde tartışıldı. Bu tartışmalarda bir grubun lideri R.Damadian, diğerinin lideri de P.Mansfield idi. Yöntemin uygulanabilir olmasının kesinleştiği 1973 yılından sonra konuya dünya üzerinde pek çok araştırmacı yöneldi. Konu, bilgisayar teknolojisinin de yardımı ile o kadar hızlı gelişti ki, ticarî firmalar hemen devreye girip, bilim adamlarından patent haklarını uygulamaya koymak ve klinik amaçlar için **NMR-görüntüleme** aleti üretmek istediler. Hatta konu, Nobel ödülü dağıtım otoritelerini de güç durumda bıraktı. Zira birbirinden bağımsız çalışan iki grup olunca konunun gerçek sahibini belirlemede güçlükler oldu. R.Damadian konu üzerine yayınladığı kitabında, ABD'de ilgili eyaletle Patent Dairesi'ne yaptığı müracaat ve aldığı patentin tarihi ve numarasını koymuştur. Bu da kişinin konu hakkında iddialı olması demektir. Görüldüğü gibi patent konusunda tartışmalı bir durum vardır. Patent konusunda bilim adamlarını dahi birbirine düşüren bu NMR-görüntülemenin bilimsel yanı nedir acaba?

Maddeyi, dolayısı ile canlı cansız cisimleri oluşturan elektron, proton, nötron vb. parçacıkların manyetik özellikleri vardır. Yani bunlar birer küçük (mınnacık) mıknatıslardır. Bu mıknatıs üzerine dış manyetik alan uygulandığında, mıknatıs etkilendiği de hemen hemen herkesçe bilinir. Ancak çok küçük mıknatıslar (elektronun, protonun mıknatısları) dış manyetik alanla etkileşimde çevremizde, laboratuvarlarda gördüğümüz pusula türü mıknatıslardan biraz farklı davranırlar. Onların o davranışına çok benzeyen bir hareketi çevremizden bir örnek olmak üzere biliyoruz: Örneğin, yerçekimi altında dönen bir topaç hareketini herkes bilir. Topaç kendi simetri eksenini etrafında bir spin-hareketi (ekseni etrafında dönme) yapmakla birlikte, dönerken yere devrilmeden önce bir süre yerçekiminin düşey doğrultusu etrafında da bir dönme, **presesyon** hareketi yapar. İşte atomik parçacıkların dipol momentleri (mıknatısları) da dış manyetik alan etrafında, topacın yerçekimi doğrultusu etrafında yaptığı gibi presesyon hareketi yaparlar ve buna **Larmor presesyon hareketi** denir.

İnsan bünyesinin % 55-60 kadarı sudur. Su, H_2O ile simgelenir. Burada H_2 ise, hidrojen molekülü olup, içinde iki hidrojen atomu olduğuna ve her hidrojen atomunda da bir proton bir de elektron bulunduğu göre insan bünyesinde çok sayıda **proton** var demektir. Doğal olarak bir o kadar da elektron vardır. Fakat biz protonlarla ilgileneceğiz. Çünkü NMR-görüntüleme proton rezonansı üzerine kuruludur. Bir dış manyetik alan içinde protonun ve elektronun presesyon frekansları farklıdır. Çünkü kütleleri, daha doğrusu jromanyetik sabitleri farklıdır.

Protonların manyetik dipol momentlerinin, (küçük mıknatıslarının), protonun bulunduğu noktadaki, dışardan uygulanan manyetik alanın şiddeti ile doğru orantılı bir presesyon frekansı vardır. Protonların bulunduğu bölgeye sabit bir dış manyetik alan



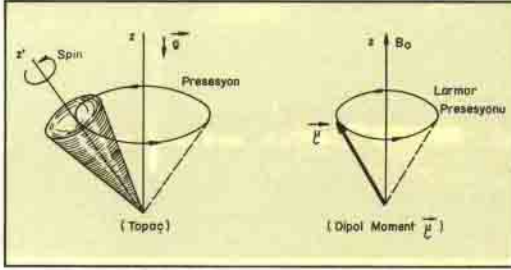
Manyetik Rezonans Araştırma Yöntemleri.

uygulanması halinde hemen hemen bir protonun önce **Mevlevî semazenleri gibi aynı ritimde presesyon hareketi** yapmaları beklenir. Fakat NMR-görüntüleme sabit alan üzerine bir de uzaysal değişken alan uygulanarak, her protonun bulunduğu yerdeki alan farklı yapılır. Bu halde her proton farklı hızda döner. Başka bir deyişle **orkestrada artık harmoni bozulmuştur**. Bu harmoni bozukluğu NMR-görüntüleme bir avantaj olarak kullanılır. Yani her protonun farklı bir frekansta presesyon hareketi yapması, NMR-görüntülemenin arzu ettiği bir durumdur. NMR-görüntülemenin mantığında bu durum vardır. Dışardan uygulanan manyetik alanlar süperiletken bobin sistemleri ile sağlanır. NMR-görüntüleme aleti, hastanın görüntüsü alınacak bölgesine odaklanarak o bölge **noktasal, çizgisel** ya da **düzlemsel** olarak taranır. Bu taramada adeta her protonun dönme frekansı ile belirli bir sinyal alınır. Her noktadan alınan sinyal, elektronik ve bilgisayar teknolojisinin yardımı ile (televizyon teknolojisinde olduğu gibi) tekrar görüntü oluşturacak şekilde ekrana aktarılır. Böylece hastaya **neşter vurmaksızın** herhangi bir organın (beynin, kalbin, ciğerlerin...) kesit görüntüsü proton rezonans sinyalleri ile ekranda oluşturulur. Yani nümunedeki her nokta spin yoğunluğuna ve rezonans frekansına bağlı olarak ekranda yeniden şekillenir. Tümörlü ya da hastalıklı bölgelerde su oranı (proton oranı) normal dokudakinden farklı olacağından, hastalıklı doku bu yöntemle **tanınır**. O bakımdan NMR-görüntüleme, tıpta **tanı amaçlı** geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

Ultrasonik görüntüleme daha ucuz olduğu için hemen hemen tüm hastanelere girmiştir. NMR-görüntüleme ise, çok pahalı olduğu için Türkiye'de henüz İzmir'de ve İstanbul'da bir iki sağlık kuruluşuna satın alınabilmiştir. Bu kuruluşlarla ilgili televizyon programları hatırlardadır. Bir NMR-görüntüleme odası yaklaşık 80-90 m² yer kaplamakta ve artık hastane koridorlarındaki **RÖNTGEN** yazıları yerine **NMR** yazılarına, elektrokardiyoğrafi anlamına gelen **EKG** yazıları yerine, magnetokardiyoğrafi demek olan **MKG** yazıları yazılmak üzeredir.

Görüntüleme aletleri, maliyet, ayırma gücü, hassasiyet, kullanılabilirlik gibi pek çok kriterle kıyaslanabilir. NMR-görüntüleme aletinin de dezavantajla-

rı vardır. Örneğin, hastanın çekim anında uzunca bir süre (yaklaşık 30 dakika) hareketsiz kalması zorunluluğu gibi. Bu bekleme-odaklama süresi içerisinde hastayı psikolojik olarak rahatlatılabilmek için, firmalar hastaya müzik dinletme sistemini dahi düşünmüşler ve müzikli NMR-görüntüleme aleti üretmişlerdir. Yani NMR-görüntüleme cihazı bir "şip-şak" çekim aleti değildir. Bunun yanında dokudaki patolojik duruma X-ışınları yönteminden daha erken tanı koyması da bir avantajdır. Özellikle kanserin erken teşhisinin (tanısının) taşıdığı hayati önem göz önüne alındığında NMR-görüntülemenin bu avantajının taşıdığı önem tartışma götürmez. NMR-görüntüleme dışın-



Bir topaç ve bir dipol momentin presesyon hareketleri arasındaki benzerlik.

ında standart NMR ölçme yöntemleri ile ve NMR-biyopsi denebilecek bir yöntemle kanserli olduğundan şüphe edilen dokudan alınan nümunenin manyetik spin-örgü durulma zamanı T_1 (hasta) nin aynı tür normal spin-örgü durulma zamanı T_1 (normal) e oranı şeklinde tanımlanan bir **habislik katsayısı**- ölçümü ile de şüpheli dokunun normal dokudan farklılığının derecesi belirlenebilmektedir. Çünkü hastalıklı dokuda su konsantrasyonu artmakta ve dolayısıyla ile T_1 ile tanımlanan zaman büyümektedir. Görüldüğü gibi NMR-görüntülemenin dışında başka NMR-puls tekniği ölçme yöntemi ile de insan sağlığı için diagnostik hizmet verecek alternatif uygulamalar vardır. NMR-görüntülemenin diğer görüntüleme yöntemleri yanında bir alternatif yöntem olarak avantajları ağır basıyor olmalı ki, yöntem akıllara durgunluk veren bir hızla geliştirilerek piyasaya sürülmüştür. Hatta bu gelişmeler o kadar yaygınlaştırmaktadır ki, NMR ile görüntü elde etmenin ötesinde; **NMR-mikroskop** ve vücutta kan dolaşımını dahi NMR yöntemi ile izleyebilecek aletler, Amerika, Japonya ve Kore gibi ülkelerde uygulamaya konmuştur. Ülkemizde de üniversitelerin akademik eğitim programlarında bu konulara yer verilmekte ve konu ile ilgili olarak ileriye dönük bilgili insan potansiyeli hazırlamak bakımından yüksek lisans ve doktora seviyelerinde çalışmalar yapılmakta, projeler yürütülmektedir. □

GIDA GÜNLÜĞÜ

(Baştarafı 41. sayfada.)

çiktığı saptanmıştır. Büyüme üzerine olan etkisi nedeniyle eksikliğinden raşitizm denilen hastalığı ortaya çıkarır. Yine eksikliğinde dışkıyla atılan kalsiyum miktarında çoğalma görülür.

E VİTAMİNİ

Hangi Gıdalarımızda Bulunur?

Diğer adı tokoferol olan bu vitamin, hem bitkisel hem de hayvansal ürünlerde bulunur. Esas kaynağı bitkisel yağlar olup, meyve ve sebzelerde düşük miktarlarda bulunur. Yumurta, karaciğer ve böbrekte E vitamini gereksinmesini karşılayan kaynaklardandır.

Hangi Durumlarda Özelliğini Kaybeder?

100°C'nin üzerindeki sıcaklıklara bile dayanıklılık gösterebilen bu vitaminin, yağların (kızartma yapılan bitkisel yağların) oda sıcaklığında bekletilmeleri sırasında etkinliğini kaybettiği tespit edilmiştir. Yağlar için doğal antioksidantlardan olan E vitamini, kendisi okside olarak aktivitesini yitirir. Gıdaların işlenmeleri sırasında da E vitamininde kayıplar ortaya çıkabilir.

İşlevleri Nelerdir?

Eksikliğinde kısırlığa, metabolizma artışına, kas zayıflığına neden olmaktadır. Vücuda alınan fazla miktardaki E vitamininin toksik etki yaratmadığı belirtilmektedir.

K VİTAMİNİ

Hangi Gıdalarımızda Bulunur?

Bu vitamince zengin besinlerin başında yeşil yapraklı sebzeler gelir. Ispanak K vitaminince en zengin kaynaktır. Domates, karnabahar, bezelye, havuç, patates, lahana (beyaz, kırmızı), karaciğer, süt, yumurta da K vitamini gereksinimini karşılar

Hangi Durumlarda Özelliğini Kaybeder?

Besinlerde bulunan K vitamini, ışıkta ve 100°C'nin üstündeki sıcaklıkta aktivitesini kaybeder. Kuvvetli asit ve alkaloitlere karşı hassas olan bu vitamin, oksitleyici maddelerle karşılaşıncaya bozulur.

K vitamininin insan vücudunda bağırsaklarda bazı bakteriler tarafından sentezlendiği sanılmaktadır. Bu nedenle bağırsak florasını tahrip eden antibiyotik tedavilerinde diğer vitaminler gibi K vitamini eksikliği de ortaya çıkmaktadır.

İşlevleri Nelerdir?

Karaciğerde kanın normal pıhtılaşmasını sağlayan protrombinin sentezlenmesi için K vitamini gereklidir. Eksikliğinde kan pıhtılaşması uzun sürer. Ayrıca yağın anormal emilimi şeklinde beliren bazı karaciğer rahatsızlıkları da, bu vitaminin eksikliğinde görülebilir.