



Hızlandırılmış protonlar ve ağır iyonlar, sağlıklı dokulara zarar vermeksizin derin kanser dokularını bombalayabilmektedir.

Christine SUTTON

FERMILAB, Batı Chicago'da Illinois'te büyük proton hızlandırıcısıyla tanınmakta olan bir parçacık fiziği merkezidir. Merkezdeki hızlandırıcı 2 km çapında bir çember şeklindedir. Protonlar bu çember boyunca seyahat ederler. Bununla birlikte, şu anda, FERMILAB, 6 m boyunda çok daha ufak bir hızlandırıcı üzerinde çalışıyor. Bu makinenin hızlandığı protonlar, kanser tümörlerini bombardıman etmede kullanılacak. Makine, FERMILAB'da test edildikten sonra, Güney California'da bulunan Loma Linda Üniversitesi Tıp Merkezi'ne gönderilecektir. Böylece, bu makine dünyanın tıpta kullanılan ilk hızlandırıcısı olacaktır.

Protonlar, kanser tedavisinde şu anda kullanılmaktadır. Araştırmacılar şimdi helyum, karbon ve oksijen iyonları gibi daha ağır parçacıklarla uğraşıyorlar. Amerika'da Harvard'dan, İsveç'te Uppsala'ya, Belçika'da Louvain-La Neuve'den Sovyetler Birliği'nde Dubna'ya kadar bütün araştırma laboratuvarlarında, hızlandırıcılar kanser tedavisinde kullanılabilecek proton ışınları sağlamaktadır. Fakat bu makineler tedavide kullanılmaktan çok, fizik araştırmaları için tasarlanmışlardır. Bu nedenle, dünyada bu makineyle tedavi gören hasta sayısı sadece 6.000'dir. Proton tedavisini yaygınlaştırmak için, araştırmacılar birçok görüşler ortaya atmaktadırlar.

FERMILAB'da ana hızlandırıcının bulunduğu tünel yukarıda FERBILAB'ın havadan görünüşü.

Radyoterapi, X-ışınlarının habis kanser tümörleri (kötü huylu) üzerindeki zarar verici etkilerini azaltmaktadır. X-ışınları doku içerisinde hareket ederken, atomlar bu ışınları absorbe eder ve buna karşılık kendi elektronlarından bazılarını da bırakırlar. Buna iyonizasyon denir. Yaşayan hücrelere zarar veren de işte bu serbest bırakılan elektronlardır. Bu elektronlar, diğer atomlara çarparak onların da iyonizasyonuna sebep olur. Bu olaylar sonucu, hücre DNA'sını parçalayacak bir dizi reaksiyon olur. DNA'sı bu şekilde yaralanan hücre bir daha üreyemez.

Bir X-ışını vücut içerisinde ilerledikçe enerjisini kaybeder. Bu yüzden, vücuda girdiği ilk kısımlarda daha çok iyonizasyona sebep olmaktadır. X-ışını vücut yüzeyinin altındaki bir kanserli dokuya yönelttiğinizde hem kanserli doku ile vücut yüzeyi ve hem de kanserli doku çevresindeki sağlam hücreleri de öldürürsünüz. Bu yüzden tümörlere x-ışını uygularken dozu fazla yükseltmezsiniz.

Protonlar ise hasta hücrelere daha iyi ulaşmakta, hasta dokuda daha yüksek konsantrasyon sağlamak ve sağlıklı hücreleri öldürme riskini de oldukça düşürmektedir.

Enerji verilmiş protonlar, doğrusal olarak ve hemen hemen eşit uzaklıklara kadar ilerler. Yani, bir demet proton ışını, bu demetin alanı ile protonların doku içerisinde aldığı yolun çarpımı kadar bir bölgeyi taramaktadır.

Bir proton, enerjisinin büyük bir kısmını menzi-

linin sonuna kadar saklamaktadır. Yani, radyasyon dozu protonun vücut içerisinde aldığı yolun sonlarına doğru aniden artmaktadır.

Harvard'da Amerikalı bir bilim adamı olan Robert Wilson, 1946'da protonların, bu özelliklerini iyi bir şekilde değerlendirebileceğini farketti. Wilson, proton ışın demetlerinin bir ortamda ilerlerken, gittikleri yol boyunca fazla enerji harcamadıklarını ve enerjilerinin büyük bir bölümünü menzillerinin sonlarına bıraktıklarını gördü. Bunu, sağlam dokulara zarar vermeksizin, kanserli hücreleri öldürmede iyi bir silah olarak kullanabileceğini düşündü. Wilson, aynı zamanda, bir protonun herhangi bir materyal içerisinde alabildiği yolun, onun enerjisine bağlı olduğunu da farketti. Böylece protonlara verdiği enerji miktarını değiştirerek, farklı derinliklerdeki tümörleri tedavi edebilecekti.

Wilson, fizik araştırmalarında kullanılmak için FERMILAB'daki büyük makine dahil olmak üzere, birkaç hızlandırıcı yapılmasını planladı ve yönetti.

Proton hızlandırıcıları tarihte ilk defa tıbbi kullanım alanında 1950'de denendi. İsveç'li bilim adamları 1950'de Uppsala'da bu hızlandırıcıyı kullandılar. Harvard'lı araştırmacılar, Wilson'un ilk proton makinesi üzerinde çalışmaya devam ettiler. Wilson bu sırada New York Cornell Üniversitesi'nde çalışmaya başlamıştı.

Harvard'da ve Zürih Paul Scherrer Enstitüsü'nde (İsviçre Nükleer Araştırma Enstitüsü) yapılan deneyler, vücudun göz ve beyin gibi hassas bölgelerindeki tümör tedavilerinde, proton ışınlarının değerini gösterdi. Bugün bir göz tümörü vakası, ancak gözün tamamının ameliyatla alınmasıyla iyileştirilebilmektedir. Oysa proton tedavisinde buna gerek yoktur. Proton normal dokuya zarar vermeden tümörü ortadan kaldıracak şekilde.

Protonların X-ışınlarından daha üstün olmalarının sebebi, elektrik yüklerinden dolayı manyetik alanlarla yönlendirilebilmeleridir. Bu özellik, proton tedavisinin, nötron tedavisinden bile daha kusursuz olmasını sağlamaktadır.

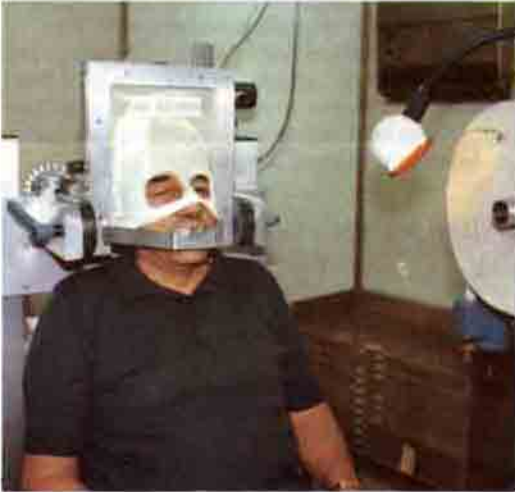
Nötronlar yüksüz oldukları için manyetik alanlarla yönlendirilemezler. Nötronların tedavide kullanılabilmeleri için, hızlandırılmış protonların metal Berilyum plakadan yapılmış bir hedefe çarpıtılması gerekmektedir. Bu olay ise, tümörleri bombalayacak enerjili nötronları üretmektedir. Protonlar atom çekirdekleri çarpması sonucu nötronlara göre daha az yön değiştirirler. Bu yüzden proton tedavisi, nötron tedavisinden daha üstündür.

Proton ışınlarının dağılımını sağlamanın en iyi yolunu bulmak için, uzun yıllardır Harvard'da ve bugünlerde Paul Scherrer Enstitüsü'nde araştırmalar yapılıyor.

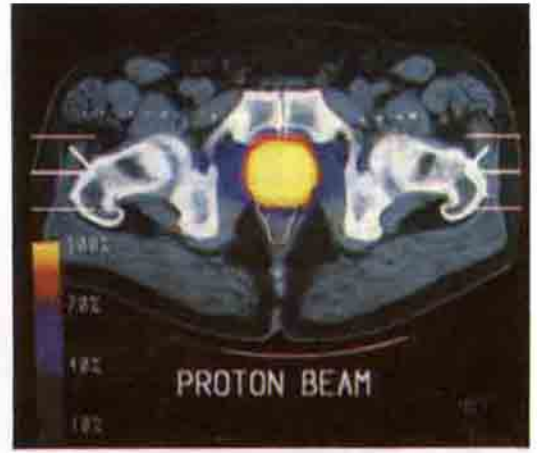
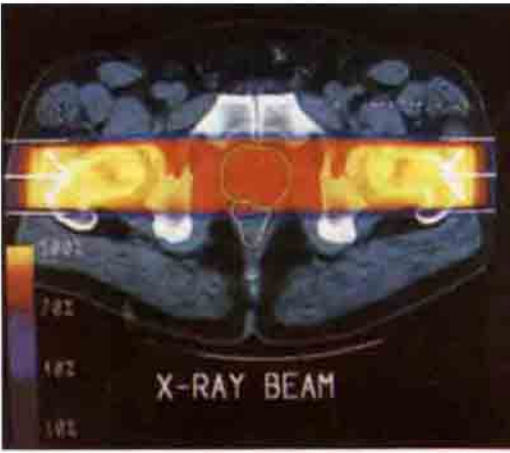
HER ŞEY MİKNATISLARIN MARİFETİ

Mıknatıslar aracılığıyla protonlar yönlendiriliyor. Tümörün her noktasına uygun doz verebilmek için terapist, ışınların enerjisini ayarlar. Değişik enerjili ışınlar, maksimum radyasyon dozlarını tümörün değişik noktalarında bırakırlar. Terapist, ışınların dokunun hangi noktasında maksimum doza ulaşmasını istiyorsa, ona göre ışınları Perspex düzenleyicisinden geçirmek üzere ayarlar. Sağlam dokularda protonların zararlı etkisini azaltmak için, protonlar ince bir metalden geçirilerek dağılmaları sağlanır.

Nötron tedavisinde 60 milyon elektronvolt enerjiye sahip bir proton ışını, 30 milyon elektronvoltluk bir nötron ışını oluşturmaktadır. Bu enerjideki nötronlar vücuttaki derin tümörlere kolayca ulaşabilmektedir. 60 milyon elektronvoltluk protonlar ise, vücut



Paul Scherrer Enstitüsü'nde proton tedavisi için hazırlanmış bir hasta (solda), hasta tedavi makinesine oturmuş vaziyette (sağda).



Prostat tümörü bulunan bir hastadan alınan bir kesit (Yeşil halka içerisindeki bölge tümördür). X-ışını tedavisi, enerjisinin büyük kısmını kalçalarda bırakmaktadır (solda). Protonlar ise hedefini şaşmaz (sağda).

yüzeyinin yalnızca 3 cm kadar altına etkili bir şekilde nüfuz edebilmektedir. Yani 3 cm içerisinde bir yerde maksimum enerjisini bırakmaktadır.

İngiltere'de Clatterbridge Hastanesi'ndeki makine ancak 61,5 milyon elektronvoltluk protonlar oluşturabilmektedir. Bu enerjideki protonlar ise, derin tümörlerde etkili olmaktadır. Bu yüzden, bu makine sadece göz tümörlerinde kullanılabilir.

Protonların enerjilerini arttırdıkça, daha derinlerde bulunan tümörler tedavi edilebilmektedir. 250 milyon elektronvolt enerjiye sahip protonlar, vücuttaki 37 cm derinlikteki tümörleri (bu olabilecek en derin tümördür) dahi tedavi edebilecektir. FERMILAB'da Loma Linda için yapılan hızlandırıcı bu özelliğe sahiptir.

İki yıl önce FERMILAB'dan Philip Livdahl'ın da içinde bulunduğu bir grup bilim adamı Loma Linda'daki araştırmada görev aldılar. Loma Linda Mütevelli Heyeti, Livdahl ve grubunun 1987 Mayıs'ında tasarladığı makinenin üretimine izin verdi. Bu makine 22 milyon paund'a mal olmaktadır.

Makine temelde, maksimum 250 milyon elektronvolt enerjiye sahip olan bir proton sinkrotron'undan oluşmaktadır. Bu, sinkrotron'dan farklı bir hızlandırıcı olduğu için, sinkrotron gibi güçlü ışınlar dağıtmamaktadır. Protonlara verilecek enerji miktarını ayarlamak, bu makinede çok daha kolaydır. Bu ise proton tedavisinin esasını teşkil etmektedir. Sinkrotron 6 m çapında bir halka oluşturan 8 mıknatıstan oluşmaktadır. Protonlar bu halkayı birçok defa dolaşmakta ve her dolaşmada elektrik alanlarından enerji almaktadır.

FERMILAB mıknatısları ve hızlandırıcıların diğer parçalarını yaptı. Bu parçalar arasında en önemlisi, küçük doğrusal bir hızlandırıcı olan proton enjektö-

rüdür. Bu enjektör, protonlara 2 milyon elektronvoltluk enerji vererek ana hızlandırıcıya gönderir.

Loma Linda'da tedavi odaları şimdiden hazırlanıyor. 4 odanın 3'ünde kavisli proton makas köprüleri olacak. Bu makas köprüleri protonların yönünü 90° değiştirecek. Makaslar, mıknatıslardan oluşacak. Makinenin tamamı 50 ton ağırlığında ve 9 m boyunda olacak.

Bir grup Avrupalı radyolojist, protonlar yerine karbon, oksijen iyonlarının kullanıldığı bir tıbbi hızlandırıcının planlamasıyla uğraşmaktadır. Bu iyonlar, elektronları almış çekirdeklerdir. Bu çekirdekler proton içerdikleri gibi, nötron da içerirler. Hem proton ve hem nötron özelliği taşıyan bu iyonlar, kanser tedavisi için büyük umutlar vaat ediyor. Protonların doğruluğu ve isabetliliği ile nötronların etkililiği bu iyonlarda bulunan özelliklerdir. Nötronların etkililiği oksijene bağlı değildir. Oksijen eksikliği çeken tümörler oksijeni bol tümörlere göre 3 kat yüksek dozda proton veya X-ışınıyla yok edilemediği gibi, 7 kat fazla dozda nötrona ihtiyaç duymaktadır. İyonlar bu sebeple kullanışlıdır.

İYONLAR EN ZOR TÜMÖRLERİ YOK EDEBİLİR

Nötronlar gibi iyonlar da hücre DNA'sına zarar verebilmektedir. O halde bazı beyin tümörleri gibi, normal radyoterapiye cevap vermeyen tümörlerde iyon tedavisi kullanılabilir. Buna ek olarak iyonlar elektrik yüklü oldukları için, hedefi bulması daha kolay olacaktır. İyonlar, protonlar gibi büyük enerjilerini yolunun sonuna doğru açığa çıkarırlar. İyonlar, protonlardan ağır oldukları için dağılmalan ve sapmaları ihtimali oldukça düşüktür. Bu yüzden protonlara göre hedeflendikleri yere daha kolay ve yoğun

JAPONLAR DERİN TÜMÖRLÜ HASTALARA ÜMİT VAAT EDİYOR

Tsukuba Üniversitesi Radyoaktif Tıp Merkezi, Japonya Millî Yüksek Enerji Fizikî Laboratuvarı'nın hemen yanında bulunuyor. 500 milyon elektronvolt enerji verilerek hızlandırılmış protonlar laboratuvarındaki bir sinkrotrondan Tıp Merkezi'ne geliyor. Bu enerji tıbbî amaçlar için çok yüksek olduğundan 250 milyon volta düşürülüyor.

Proton tedavisi konusundaki araştırmalar, burada 1983'ten beri devam ediyor. Hastalar 8 km uzaktaki Tsukuba Üniversitesi Hastanesi'nden laboratuvara otobüsle getiriliyor.

Her biri birkaç dakika süren 30 seanslık bir tedavi yaklaşık 2 ay sürüyor. Proton ışınları enerjilerinin çok büyük bir kısmını tümör üzerinde bıraktıkları ve sağlam dokuya pek zarar vermedikleri için, tedavide günlük dozlar 700 rad'a kadar çıkabiliyor. Bu, şu anda uygulanan, bilinen radyoterapilerde alınan radyasyonun üç katından daha fazladır.

Rahim, akciğer ve prostat gibi derin organlardaki tümörlere uygulanan tedavi sonrasında hastaların 4'te 3'ü (yüzde 75) iyileşti ve beyin tümörlerine uygulanan proton tedavisinden sonra 30 hastanın 27 tanesi sağlığına kavuştu. Buna ilave olarak, diğer radyasyon tedavilerinde olagelen sağlam doku hasarlarına proton tedavisinde hiç rastlanmadı.

Sağlık Merkezi'nin yöneticisi Toshio Kitagawa, bu tedavinin tam manasıyla oturması için en az bir 10 yıl gerektiğini söylemektedir.

Bob JOHNSTONE

olarak ulaşabilmektedirler. İyon tedavisi taraftarları, bu tedaviyi metastazların yok edilmesinde de kullanabileceklerini söylüyorlar.

Joseph Castro ve Lawrence Berkley Laboratuvarı'ndaki (California) çalışma arkadaşları birkaç yıl içinde iyon tedavisini geliştirmeyi amaçlıyorlar. Şimdiye kadar bu ekip, kafa ve boyun tümörlü hastalara, karbon, silikon ve oksijen iyonlarıyla müdahale ettiler. Castro'nun çalışmaları iyonların gerçekten kullanışlı bir tedavi sağladığını doğruladı.

Japonya'da Radyobiyojoloji Bilimleri Millî Enstitüsü, silikon, argon, helyum, karbon ve neon iyonlarının kullanıldığı bir hızlandırıcı yapıyor. Avrupa'da ise EULIMA (European Light Ion Medical Accelerator), yani Avrupa Hafif İyon Tıbbî Hızlandırıcısı adı altında 1985'ten bu yana çalışmalar sürüyor.

Senelerdir kanser tedavisi için binlerce hatta mil-

ELEKTRONİK ASKERİ KÜNYELER



Savaş alanı için bilgisayar yardımı: Elektronik bilgisayarlı künyeler, doktorlar tedavi etmeden önce askerin tıbbî sicilini kontrol etmesini sağlayacak.

Bu yüzyıl boyunca askerin hüviyeti olan alüminyum künyeler, çok geçmeden tarihe karışacağı benziyor.

Ohio, Columbus'ta, Battelle Memorial Enstitüsü'nün araştırmacıları, ICR (bireysel taşınan sicil) adı verilen yaklaşık beş daktilo sayfasına eşdeğer bilgiyi kaydedebilen, plastik kaplı, yeni bir elektronik bilgisayar çipi künye tasarladılar.

Standard künyelerin içerdiği geleneksel ad, rütbe ve seri numarasına ilave olarak, yeni künyeler, askerin geçerli tayininden geniş tıbbî siciline kadar her türlü bilgiyi, ufacık elektronik dosyalama sistemleriyle saklayabilmektedir.

Örneğin, bir asker savaşta yaralanırsa, doktor, elde taşınabilen "okuyucu" içine askerin kartını basitçe yerleştirerek, cihazın küçük ekranında bilgileri görebilecektir.

Battelle'nin imalat müdürü, Richard Rosen, gösterişli kredi kartları üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde ortaya çıkan bu künyelerin, arazide kullanma testine hazır olduğunu söylemektedir. Firma ise, elektronik okuyucu cihazı geliştirmeden önce ordudan ayrıntıları beklemektedir.

OMNI'den çev.: Melda ÜST

yonlarca insan çalıştı; trilyonlarca para harcadı. Ama kanser hâlâ öldürücülüğünü devam ettiriyor. Öyleyse, bu konuya daha ciddi eğilinmesi gerekmektedir.

New Scientist'ten çev.: Can ERGİN