

GÜLLİVER HÜCRELER ÜLKESİNDE

TÜRKİYE
BİLİMSEL ve FEN
ARAŞTIRMA KURUMU
KÜTÜPHANESİ
Dr. SELÇUK ALSAN

Dünyada hücre kadar modern ve ilginç bir ülke bulunamaz. Büyüklüğü bakterilerde olduğu gibi, birkaç mikrondan (1 mikron = 10^{-3} mm.) kuş yumurtalarında olduğu gibi cm.'lere kadar değişen bu ülkenin nucleus (= çekirdek) denen bir başşehri ve üç sıra surdan ibaret sınırı vardır. Hücrede son derece karmaşık olaylar akıl almaz bir şaşmazlıkla birbirini izler. Hücre ülkesinin vatandaşları moleküllerdir. Hücrede geçen olayları anlamak için vatandaşları tanımak zorunlu olduğundan işe buradan başlayalım.

Hücre Ülkesinin Vatandaşları Moleküller:

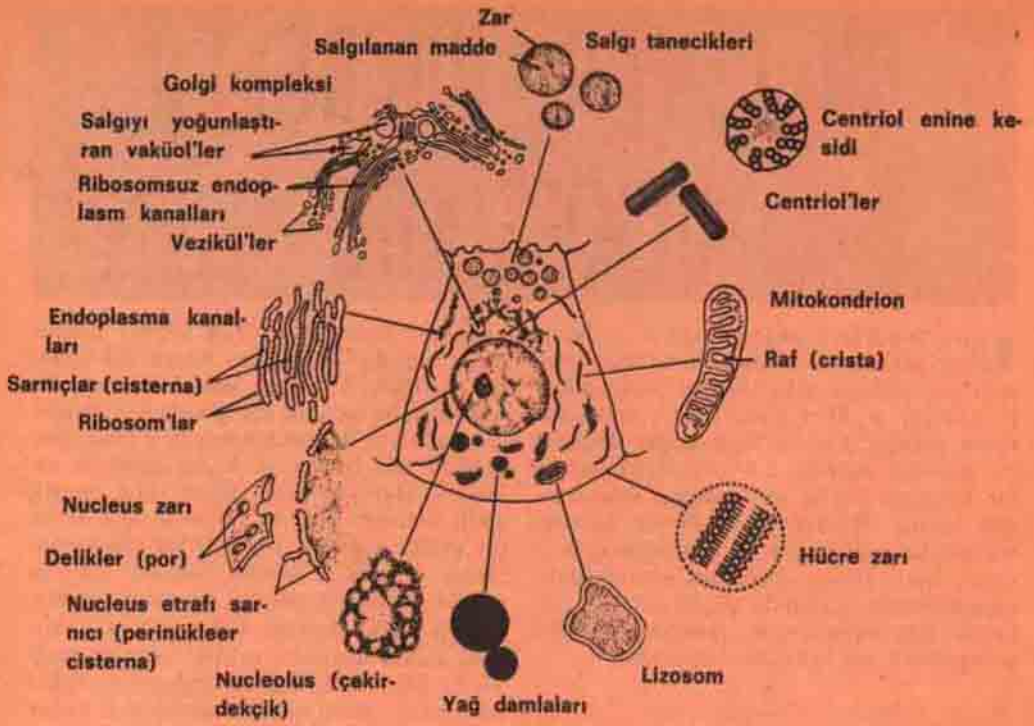
Altıgen şeklindeki benzen molekülünü alıp buna iki N katalım, Pyrimidin soyunu elde etmiş olduk. Hücrede Pyrimidin soyundan gelme çeşitli vatandaşlar varsa da, bizi şimdi ilgilendiren isimleri Tymin, Uracil ve Cytosine olanlardır. Altıgen şeklindeki benzen halkasını birleştirelim, altıgene ve beşgene ikişer azot koyalım. Pürin soyunu elde ettik. Pürin soyundan gelme Adenin ve Guanin'lerle de dost olacağız.

Glükozun 6 karbonlu tatlı bir zincir olduğunu hatırlarsınız. Glüközde 5 tane OH grubu var (isterseniz oha diye okuyalım). Evet, glüköz 6 C'lu ve 5 oha almış bir şeker. Kardeşi ribos ise 5 C'lu ve 4 oha almış sevimli, tath bir yaratık. Ribos'un kardeşi deoksi lākabi ile tanınıyor: deoksi ribos. Deoksi ribos da 5 karbonlu ama 3 oha almış olmakla ögünüyor. Böylece zevkinden altı köşe ve beş köşe olmuş vatandaşlarla tathlığı oranında oha almış şeker kardeşleri tanıdık.

Hücrede herkesi öve öve şişiren vatandaşlar var. Bunlara yağ asitleri deniyor. Bunlar genellikle uzun boylu. 16-18 karbon atomlu bir zincirin sonuna bir asit grubu takmışlar ($-COOH$), yağ asidi olmuş. Başında zehir yerine asit taşıyan

yanıllara benziyorlar. Yağ (lipid) kimdir bilir misiniz? Efendim, hücre ülkesinde bir kadının 3 kocası olabildiğinden, üç karbonlu ve üç oha almış tatlı bir yaratık olan gliserin hamım koynunda 3 yılan beslemeye razı olmuş ve 3 yağ asidi ile evlenmiş. Her yağ asidi denen yılan gitmiş, asitli kafasını gliserin hanımın oha almış bir yerine sokmuş. Bir asit bir oha'ya kafasını sokunca oradan hemen bir su (H_2O) molekülü çıkarıyor ve sululuğu sevmeyen bu birleşmeye ester bağı diyorlar. Bilim acalıptır, evlilik bağı diyeceği yerde bin türlü bağdan bahseder. Fakat ne olursa olsun, hücre ülkesinde o kadar çok bağ vardı ki, ondan bağımsız diye bahsetmeye pek imkân yoktu. İşte yağ, Gliserin hanımla yağ asidi denen yılan kocalarının kurduğu bir aile idi. Tatlı Gliserin hanımın yılan kocalarının doymuş (yani karbonlar arasında hiç çifte bağ yok) veya doymamış (karbonlar arasında en az bir çifte bağ var) oluşu yağ ailesinin yumuşaklığını etkiliyordu. Şöyle ki, doymamış yağ asitleri ile evlenen Gliserin hanımın ailesi sıvı kıvamında oluyordu, bitkisel yağların çoğu böyleydi. Doymuş yağ asitleri ise gliserinle katı aileler kuruyorlar, yani katı yağlar yapıyorlardı, hayvan yağları böyleydi.

Hücre ülkesinin kurucusu ve en önemli soyu olarak ögünen amino asitlere gelelim. Amino asitler boyunlarına amino (NH_2) denen bir kravat takmış yağ asitleri idi; yağ asidi denen yılanın asitli başından bir önceki karbonu boyun kabul edersek işte amino asitler burada amino (NH_2) kravatını taşıyorlardı. Aminoasitler yalnız yaşamayı sevmez. Şimdi bir aminoasidin asitli başı ile ($-COOH$) diğer bir aminoasidin amino (NH_2) kravatını ısırıldığını düşünelim. Bu sırada su (H_2O) çıkar ve meydana gelen bağ peptid bağıdır. İki aminoasidin yaptığı bu peptid bir dipeptid'dir. (di = iki). Aynı olaya devam edersek, yani dipeptid'de



1 — HÜCRE İNCE YAPISI

kravatı ısırılmış aminoasit bu defa bir başka aminoasidin kravatını ısırırsa üç aminoasit birbirine kenetlenmiş olur, bu bir tripeptid'dir. Böyle devam edilerek zincir uzatılır, tetrapeptid, pentapeptid v.s. den sonra polipeptid'ler (çok sayıda aminoasit'den yapılmış peptid) oluşur. Polipeptidler 100'den az sayıda aminoasidin zincirleme kenetlenmesi ile oluşmuş büyük ailelerdir. Protein denen tabiatın en önemli maddeleri ise yüzler ve binlerce aminoasidin «asit baş-amino kravata» şeklinde zincirlenmesi yoluyla, yani peptid bağı ile oluşmuş çok büyük ailelerdir. Şurasını iyi kavramak gerekir ki, hücrede herbiri aminoasit sayısı ve diziliş sırası bakımından birbirlerinden farklı sayısız protein ailesi vardır. Bu ailelerden bazılarının molekül ağırlıklarını verelim: Yumurta albumini: 44.000, tiroid hormonu: 630.000, trahom virüsü: 8,5 milyar (gözüne, dizine dursun).

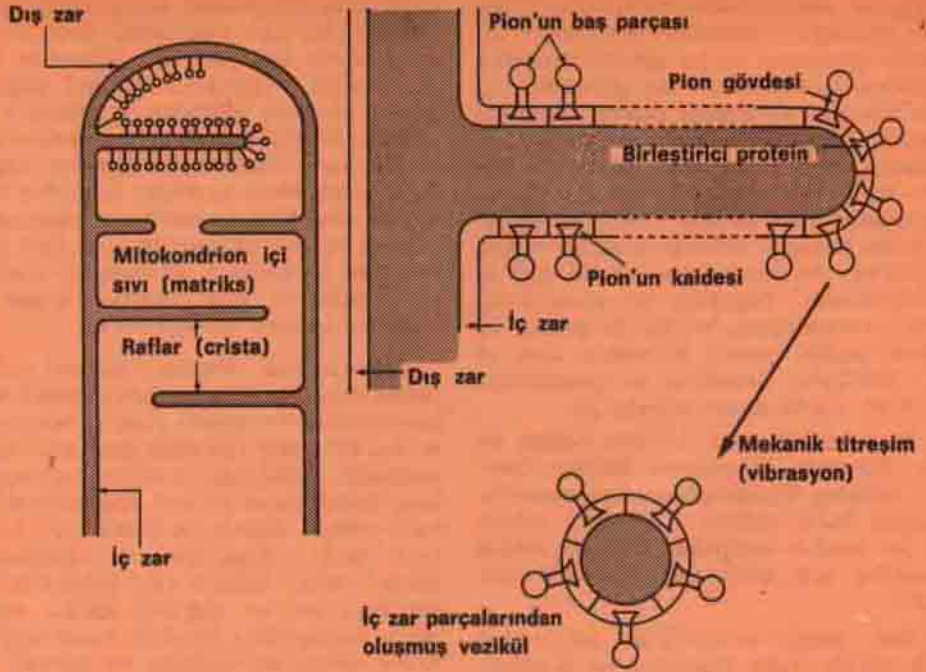
Hücrede devamlı bir çalışma vardır. Bu çalışmanın kırbaçları da eksik değildir. İşte enzimler hücrelerdeki kimyasal çalışmaları kırbaçlayan proteinlerdir. Burada

tabiat kaprisli davranmış, her çeşit iş için ayrı bir kırbaça (enzim) lüzum görmüştür. Her hücrede yalnız yaptığı işe uygun kırbaçlar (enzimler) bulunur. Enzimlerin ismiaz eki ile biter (Lipaz, amilaz v.s.). Az dedikçe basıyorlar kamçıyı belki de...

Yüzlerce aminoasit kenetlendi, bir zincir oldu. Şimdi hayalinizde zinciri kendi uzun eksenini etrafında döndürerek helezon şekline getirin. Meydana gelen helezonu avucunuzun içine alıp sıkığınızı ve bir topak haline getirdiğinizi düşünün. İşte bir protein molekülü genellikle böyledir. Proteinlerin yapımı sırasında düz zincir, helezon, eğilip bükülmüş helezon safhaları vardır. Hücrenin küçük fakat büyük işler gören elemanları da var; bunların en önemlisi: fosfat'lardır.

Hücre Sınırında Enerji Pompaları ve Kapkaççılık:

Hücreye girmenin çeşitli yolları var. Normal giriş şeklinde toplam 75 Angström (1 Å = 10⁻⁷ mm.) kalınlığında üç sıra sur aşmamız gerekiyor. İç ve dış surların



2 — HÜCRE ENERJİ SANTRALİ : MITOCHONDRİON

herbiri 20 Å kalınlığında proteinden yapılmış. İç ve dış surların arasını 35 Å kalınlıkta fosforlu bir yağ tabakası (fosfolipid) dolduruyor. Bu üç tabaka hücre zarını meydana getirmiş oluyor. Fosforlu yağ tabakasındaki moleküller fosfat taşıyan uçlarını proteine çevirmişler, fosfatsız uçları ile ise birbirlerine sırt vererek çift sıra yapmışlar. Dış protein tabakasında enzimler gömülü halde yaşıyorlar. Bu enzimlerden en önemlisi ATP az (Adenosin Tri Phosphatase). ATP ile ilerde daha ilgileneceğiz. Şimdilik şunu söyleyelim ki, adenosin = adenin + ribos'dur. Demek ki, ATP, adenin, ribos ve 3 phosphate'dan kurulu bir ailedir. ATP hücrenin akümülatörü durumundadır. Enerji harcanması gerekince ATP'ya başvurulur. ATPaz, ATP'dan bir phosphate ayırarak ADP'yi (adenosin diphosphate) meydana getirir ve bu sırada enerji açığa çıkar. Hücre zarında ATP ve ATPaz bulunuşu burada enerji harcadığını gösterir. Acaba bu enerji ne için harcanıyor? İşte bu noktada hayat dediğimiz esrarlı şeyle karşılaşmış oluyoruz. Eğer hücre zarı cansız bir zar olsa idi, her madde fizik kanunlarına uygun olarak zardan geçeceğinden, hücrenin

enerji harcaması gerekmiyecekti. Oysa hücre zarı seçici geçirgen (selektif permeabl) bir zardır, bu demektir ki, bazı maddeleri kolay, bazılarını zor geçirir.

Bir madde fizik kanunlarını çiğneyerek de hücre zarından geçebilir, meselâ bir iyon az bulunduğu taraftan çok bulunduğu tarafa geçebilir. Hücrenin içi potasyum doludur, içinde yüzdüğü sıvı ise potasyumca çok fakirdir, eğer yalnız fizik kanunlar işlese idi, bu durumda hücre içine artık K girmesi mümkün olamayacağı gibi hücre su alarak şişecek ve patlayacaktı. Halbuki hücre her istediği zaman K alabilir ve patlamaz. İşte bu bir hayat olayıdır. Zardan fizik kanunlarına uygun madde geçişine edilgen geçiş (pasif transport), hayat kanunlarına uygun ve fizik kanunlarına aykırı madde geçişlerine ise etken geçiş (aktif transport) denmektedir. Etken geçişler için hücre zarında bulunan özel enerji pompaları çalıştırılır ve bunun için gerekli enerjisi ATP verir.

Hücreye girmek için iki kestirme yol da bilinmektedir; fagositoz (hücrenin yemek yemesi) ve pinositoz (hücrenin sıvı içişi). Fagositoz'da katı bir madde, pinositoz'da ise sıvı bir madde hücre zarına de-

gince zar «seni o kadar seviyorum ki, canını yiyeceğim» demekte, içeri doğru bir girinti yapmakta ve bu şekilde dışındaki maddeyi sarmaktadır. Bu girintinin uçları bitişince bir vaküol (hücre içinde yuvarlak ve sıvı dolu boşluk) meydana gelir. Bundan sonra muhtemelen vaküol'un zarı erir ve o madde hücreye karışır. Fagositoz vaküol'ünün lizosom denen enzim depolarına yaklaşıp onlarla birleştiği ve katı maddenin bu enzimlerce sindirildiği de bilinmektedir. Fagositoz ve pinositoz'da enerji harcanmaktadır. Şu da gerçek ki, hücre, zaman zaman kusmakta, katı ve sıvı maddeleri fagositoz ve pinositoz'un tersi bir olayla dışarı atmaktadır.

Bir hücrenin diğer hücreye bitişik kenarı üzerinde 7 A çapında delikler (por'lar) bulunur. Bu deliklerdeki geçirgenliği normal hücre zarınının 10.000 katı olduğu ve bu şekilde hücreden hücreye madde geçişinin çok kolaylaştırıldığı bilinmektedir.

İster enerji pompalarını çalıştırarak alın teriyle, ister fagositoz ve pinositoz gibi kapkaççı metodlarla olsun, hücreye girdik. Bakalım nelerle karşılaşacağız?..

Protoplazma Yollarında Varıldığını Sana :

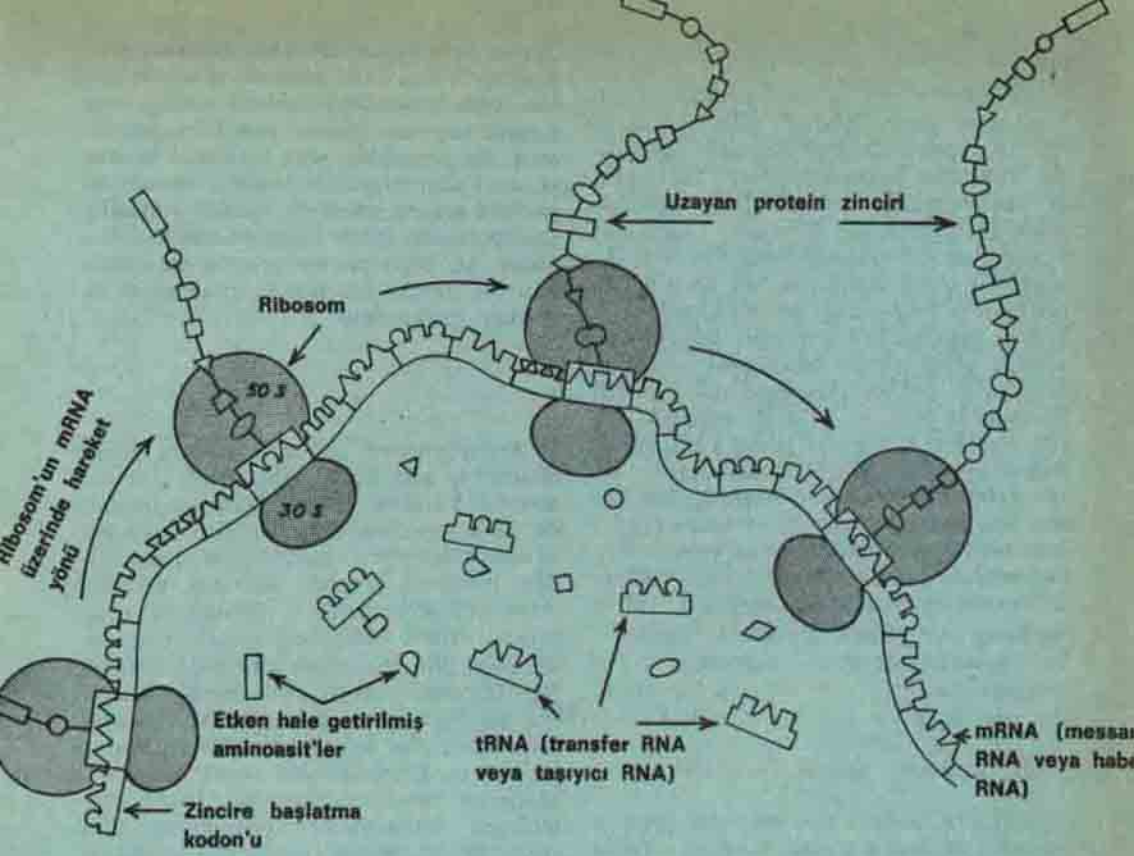
Protoplazma'ya girince durup önümüzü ilikleyelim. Bu ne manzara! Ektoplazma denen hücre zarının hemen altındaki (Şekil 1) bomboş ovaları hızla geçtik. Burada hiç hareket yoktu ve protoplazma kolloid maddesi pelteleşmiş halde idi. Az sonra endoplazma denen endüstri bölgelerine vardık. Burada endoplazma kanalları (endoplazmik retikulum) denen bir kanal sistemi bütün hücreye dağılıyordu. Kanalların duvarları hücre zarının avını maddelerden yapılmıştı. Kanallar hücre zarının içte devamı şeklinde olup nükleus'un çift sıralı surlarından dış surla birleşiyorlardı. Bu kanallar nucleus'dan protoplazma'ya ve oradan da hücre dışına madde taşıyorlardı. Bazı yerlerde genişleyip sarnıç (cisterna) oluyor ve bazen de kanal sisteminden ayrılıp bir göl (vezikül) oluyordular. Bu kanalların uzayıp kısalmasını, daralıp genişlediğini şaşkınlıkla izledik. Kanalların duvarlarında ribosom denen 100 - 150 A çapında sayısız küreler vardı. Ribosom'larda hücrenin proteinleri sentez ediliyormuş. Bu protein fabrikalarını da ayrıca gezeceğiz. Endoplazma kanalları her hücrede yokmuş. Neredeki bir

hücre dışarıya protein ihraç etmek, yani proteinli bir sıvı salgılamak ister, orada endoplazma kanalları ve ribosomlar boldur dediler. Pankreasın sindirici salgısını yapan hücreler, vücudun mikroplara ve yabancı proteinlere karşı korunması için gerekli karşı cisimleri (antikorları) yapan plazma hücreleri, karaciğer hücreleri böyleymiş; sinir hücrelerinin axon denen uzantılarına protein yetiştirmek için sinir hücrelerinde bu kanal + ribosom'lar o kadar iyi gelişmiş ki, Nissl cisimleri denen iri benekler halinde görülürlermiş.

Duvarlarında ribosom olmayan endoplazma kanalları erbezlerinde erkeklik hormonu yapan hücrelerde (Leydig hücreleri) ve kas liflerinde (kasılma sırasında enerji maddeleri getirmeğe yarıyor) bulunuyormuş. Endoplazma devamlı akış halinde idi; buna bilim dilinde kolloidin sol halde (erir halde) oluşu deniyor; ektoplazma ise gel (pelte) halinde (Bir kolloid'de sol-gel veya gel-sol değişimi daima mümkün). Endoplazma akarken mitokondrion denen enerji santrallerini ve lizosom denen enzim fiçilerini da sürükliyordu.

Eşi Bitirmez Enerji Sınırları : Mitokondrion'lar :

Mitokondrion'lar sosis şeklinde enerji santralleri. Hücrenin ihtiyacı olan enerji burada üretiliyor (Şekil 2). İç ve dış zarları var. İç zar raflar yapacak şekilde katlanmış. Rafların üzerine satranç pion'una benzer sayısız oluşumlar var. Bunların kaide kısmında glükoz, yağ ve aminoasitler tıpta Krebs halkası diye bilinen bir fırına girerek O₂'le yanıyor, H₂O + CO₂ haline geliyorlar. Bu sırada meydana gelen enerjinin, yaklaşık olarak yarısı ısı enerjisine dönüşürken, kalanı ADP'dan ATP yapmak suretiyle depo ediliyor. ATP bu pion'ların baş kısmında bulunmaktadır. Her ATP molekülünde 7600 kalori depo edilir. Yapılan ATP'ler mitokondrion'dan ayrılarak hücreye dağılıyorlar. Her ATP molekülü istendiğinde 7600 kalorilik enerji verecek bir akümülatör gibidir. Kısacası mitokondrion alt katında glükoz, yağ ve aminoasit yakarak üst katındaki ATP akülerini dolduran bir enerji santralidir. 1 molekül glükoz yakılması sırasında 38 ATP akü'sü doldurulmakta, yani 288.800 kalori depo edilmektedir. Bundan biraz fazla kalori ise ısı enerjisine dönerek vücut ısısını veriyor.



3 — RİBOSOM'LARDA PROTEİN SENTEZİ

Hücrede Tutuklu Saldırgan Enzimler ve Lizozom Fıçığı:

Mitokondrion büyüklüğünde fıçılarla karşılaştık. Aman sakın açmayın dediler. İçleri serbest kalınca herşeyi yiyen canavarlarla doluymuş. Lizozomların içinde protein, glikojen, nükleik asit gibi (bu asitleri nükleus'da göreceğiz) en önemli hücre ailelerini parça parça edecek, yiyip bitirecek öcü enzimler varmış. Beyaz kürelerde bol bulunuyorlarmış. Normalde bunlar hücreye dışardan giren katı ve sıvıların sindirilmesinde kullanılıyorlar. Bir zarla çevrili oldukları içindir ki, hücrenin kendisini sindirmiyorlar. Ancak yüksek ısı, asitleşme, ultrason, donma-erime ve çeşitli zehirlerin etkisi ile bu fıçı şeklindeki tutukevinin duvarları yıkılıyor ve serbest kalan enzimlerin ilk işleri hücreyi parçalayıp yemek oluyor ki, bu da hü-

crenin ölümü demek. Canlı öldükten sonra hücreyi parçalayanlar da bu lizozomlar. Keşke bağrımda bir yılan yaşatmışım diyebilseydi hücreler o zaman, ama çok geç.

Estarlı Şehir: Golgi

Hücrenin ortasına yaklaştık. Buraya hücre merkezi (cell center) veya centrosom deniyordu. Burada protoplazma gene pelte kıvamında idi. Golgi denen sulak bölgede bol bol kanallar ve göllerle (vezikül) karşılaştık. Golgi'nin bulunduğu yerde genellikle nucleus içeri doğru bir girinti yapıyordu. Golgi'nin son derece ilginç bir görevi vardı: Hücrenin dışarıya göndermek üzere hazırladığı salgı tanecekleri için önce paket kâğıdı (daha doğrusu zarı) yapıyor ve sonra bu tanecekleri (granül'leri) paketliyordu. Bu bakımdan Golgi protein salgılayan hücrelerde iyi gelişmiş bulunuyormuş.

Başşehir nucleus'a çok yakın duran iki kısa sopa ile karşılaştık. Silindir şeklindeki bu sopalar birbirlerine dik duruyordu. Yakından bakınca bunların herbirinin 27 tane sopacıktan oluştuğunu anladık, şöyle ki, birbirlerine üçer üçer bağlanmış 9 grup sopacık bulunuyordu. Centriol denen bu cisim normalde tek olup hücre bölünmeye başlayacağı zaman kendine bir benzer yaparak ikileşiyormuş. Centriol'lere verilen görev hücre bölünmesi sırasında nucleus'da beliren kromozomları (sayısı insanda 46 olan ve kalıtımı sağlayan büyük molekül kümeleri) hücre kutuplarına doğru çekmek. Centriol hakkında bir diğer ilginç gerçek de şu : Bazı hücrelerden dışarıya hücre kılları (cilia) çıkmaktadır. İşte bu hücre kıllarının ince yapısı centriol'lerle çok benzerlik gösteriyor. Hücre kıllarında da 9 grup sopacık var, yalnız bunlarda her grup 2 sopacıktan yapılıyor ve merkezlerinde de iki sopacıklı bir demet var.

Hücre Dikeni Başşehir : Nucleus :

Çift sıra nucleus zarı surlarını geçerek başşehir nucleus'a girdik. Nucleus zarında çok ince bir zarla örtülü delikler (por'lar) nucleus ile protoplazma arasındaki alışverişlere yardımcı oluyordu. Çift zar arasındaki mesafeye nucleus çevre sarnıcı (perinuclear cisterna) deniyormuş. Nucleus'un nucleolus (çekirdekçik) denen bölgesine bakınca şaşırдық. Endoplazma kanalları kenarında rastladığımız ribosom denen protein sentez fabrikalarına çok benzer oluşumlarla dolu idi burası. Nucleolus hemen daima nucleus zarına yakın bulunuyordu. Nucleolus'da yapılan yüzlerce ribosomun nucleus zarındaki deliklerden geçerek endoplazma kanalları çevresine yerleştiğini gördük. Ribosomlar RNA (Ribo Nükleik Asit)'den ibaretti —yapısını birazdan göreceğiz—. Bir bakıma nucleolus, fabrikalar için makine hazırlayan bir fabrika gibiydi. Hücre protein sentezi ribosomlarda yapıldığına göre nucleolus ribosomların ana maddesi olan RNA'yı yapıyordu. Ribosomlar % 65 RNA ve % 35 proteinden yapılmıştır. Bu bakımdan nucleolus özellikle büyümekte olan hücrelerde belirgindi, bazen birkaç tane de olabiliyordu.

Nucleus nucleoplasm denilen kolloid bir sıvı ile doluydu. Bu sıvı içerisinde kro-

matin diye bilinen molekül kümeleri yüz-mekteydi. Kromatin kromozom adıyla anılan ipçik şeklindeki nucleus cisimlerinin yumak yapması sonucu meydana geliyormuş. Bu yumaklar, yani kromatin blokları, ne kadar büyükse hücre o derece az protein sentez ediyordu, çünkü yumaklaşan ipçiklerin etken yüzeyleri azalmış oluyordu ki, bu yüzeyler protein yapılması için çok gerekli idi. Bunun gerekçesini birazdan öğreneceğiz.

Hücre Yöneticileri : Kromozom'lar :

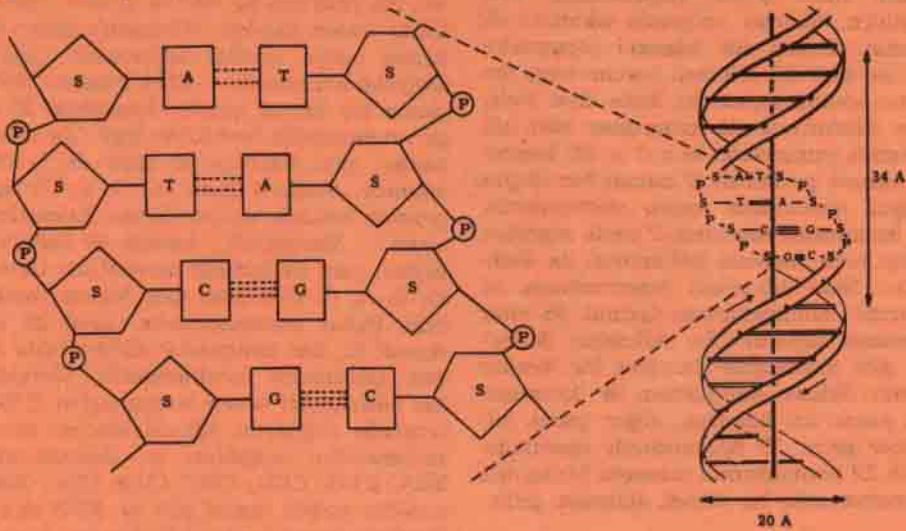
Kromozomları anlamak zamanı geldi. Şimdi bir aile kurar gibi sizinle kromozomları kuralım. İnsan hücre nucleusunda 46 kromozom var. Nucleus ortalama 15 saat dinleniyor (interfaz) ve sonra birden harekete geçerek hücreyle beraber ikiye bölünüyor (hücre bölünmesi veya mitoz). Hücre bölünmesi ortalama 1 saat sürüyor. Sinir hücreleri gibi hiç bölünmeyen hücreler olduğu gibi barsak iç zarı hücreleri gibi her 48 saatte bir yenilenmek üzere çok daha hızlı bölünen hücreler de var. Kromozomlar ancak hücre bölünürken meydana çıkıyorlar. Hücre dinlenirken kromozomlar yumaklaşıp oturuyor ki, bu yumak şekillerine kromatin dendiğini görmüştük. Şimdi bu 46 ipçikten birinin yapısını inceleyelim (Şekil 4).

Deoksi ribos-PO₄-deoksi ribos-PO₄-deoksi ribos-PO₄ şeklinde tekrarlayıp giden uzun bir zincir düşünün. Şimdi deoksi ribosların herbirine bir adenin (A) veya guanin (G) veya thymine (T) veya cytosin (C) bağlandığını hayal edin. Aynı bu şekilde ikinci bir zincir hazırlayın. Şimdi bir zincirdeki A'lar daima diğer zincirdeki T'lerle ve G'ler daima C'lerle elele ve recek şekilde bu iki zincirin birbirine sarıldığını düşünün. Biraz da protein katın. İşte bu bir kromozom'dur. Deoksi ribos, PO₄ ve A, G, T, C'nin birbirlerine bu şekilde bağlanması ile bir nükleik asit (NA) elde edilmiştir. Bu, deoksi ribos ile elde edilen bir NA olduğundan buna DNA (Deoksi ribo Nükleik Asit) denecettir. DNA başlıca nucleusda bulunur, kromozomlar DNA + proteindir. Deoksi ribos yerine ribos koyarak bu işlemi tekrarlıyorsanız RNA (Ribo Nükleik Asit) elde etmiş olursunuz. RNA nucleolusda ve ribosomlarda mevcut.

Kromozom ipçigi üzerinde, A, G, C, T'nin diziliş sırası büyük önem taşıyor.

Watson ve Crick'e Nobel ödülünü aldırılan DNA modeli

A = Adenin, C = Cytosine, G = Guanin, T = Tymin, P = Phosphate, S = Şeker (deoksiribos)



4 — WATSON VE CRICK'İN ÇİFT ZİNCİRLİ DNA MODELİ

*Kalıtımın Basit Alfabesi:
A, G, C, T ve Gen'ler*

Tabiat hücrede hangi kalıtsal karakterlerin bulunacağını kromozomlar üzerine yazmaktadır. Bunun için kullandığı alfabe basit olup A, G, C ve T'den ibarettir. Şimdi bu 4 harfi kullanarak hayalden bir kelime yaratalım; meselâ TATGAC kelimesi. İşte bu bir gen'dir, her gen belli bir kalıtsal karakteri temsil eder. TATGAC'ı kalıtsal dile tercüme etseydik meselâ TATGAC = Şeker Hastalığı bulabilirdik. Bundan şu anlam çıkardı: Kromozom üzerinde G, A, C ve T'nin TATGAC yapacak sırayla dizilmiş oluşu hücreye şeker hastalığına yakalanması gerektiğini (şeker hastalığı kalıtsaldır) bildiriyordu. İşte bu şekilde yüzlerce kalıtsal karaktere karşılık kromozomlar üzerinde yüzlerce gen var. Tabii G, A, C, T'nin diziliş sırası ve diziliş uzunluğu bakımından sonsuz ihtimal bulunmaktadır. Böylece tabiat nesle geçmesini istediği her karakteri G, A, C, T harflerini kullanarak kromozomlar üzerine yazmakta sıkıntı çekmez. Her kromozom gen denen kelimelerden oluşmuş bir kitapdır ve insan kalıtımı 46 ciltlik bir kütüphane teşkil etmektedir. Yazarı atalarımız olan bu kitapları ne biz, ne de başkaları henüz tamamen okuyamamıştır, fakat buna çalışılıyor.

15 Saatte Bir İhtilâl: Mitoz

Hücre başşehri 15 saat kuzu gibi oturup (interfaz) 16. saatte ayaklanmakta ve 1 saatte ihtilâlî (hücre bölünmesi veya mitoz) tamamlayarak gene 15 saatlik dinlenme devrine çekilmektedir. Bu böyle devam edip gider. Hücreler bölüne bölüne çoğalırlar. Mitoz sırasında her kromozom önce kendinin aynı bir kromozom yapar ve bu iki kromozom kendi üzerlerindeki centromer denen bir noktada elele tutuşurlar. Sonra centriol ikiye bölünüp herbiri alıp başını hücrenin bir kutbuna gider. Nucleus zarı eriyip yok olur. Bir centriol'den öbürüne iplikçikler uzanır (iğ iplikçileri) ve bunların bir kısmı kromozomlara bağlanır. Kromozomlar hücre ekvatoruna gelip iki sıralı saf yaparlar. Sanırsınız, birbirleri üzerine saldıracaklar. Fakat tam aksi olur, 46 kromozom kuzey, diğer 46 kromozom güney kutbuna kaçar. Centriol ve iplikçikler onları kutuplara çeker. Nucleus zarı yeniden oluşarak her 46 kromozom takımını sarar. Hücre zarı boğumlanıp protoplazmayı da ikiye böler. Birbirinin tam aynı iki hücre oluşturan garip ihtilâl bitmiştir.

Bazı basit şeyler düşünülmez, ama önemlidir. Meiosis (mayozis okunur) de böyledir. Erkek döl hücresi (spermatozoa) ile dişi döl hücresi (ovum veya yumurta) «bunu yapan iki kişi» diye birleşirler. Herbirinde 46 kromozom olsa idi, döllenen yumurtada $46 \times 2 = 92$ kromozom olması gerekirdi. O zaman her doğan çocuğun kromozom sayısı ebeveynlerindeki kromozom sayısının 2 misli olacaktı. Tabiat bunu meiosis bölünmesi ile önlemiştir: Seks hücreleri (spermatozoa ve yumurta) bölünürlerken normal 46 olan kromozom sayısını 23'e indirirler. Mitoz'daki gibi kromozom kendine bir benzer yapmaz. Hücre bölünürken 46 kromozomun yarısı bir hücreye, diğer yarısı bir hücreye geçer. 23 kromozomlu spermatozoa ile 23 kromozomlu yumurta birleşince 46 kromozomlu bir bebek dünyaya gelir.

Dünyanın En İlgilî Fabrikaları: Ribosomlar

Hücrede protein yapılmasını anlamakla hayat kanunlarının şaşmazlığı ve kesinliği karşısında hayranlık içinde kalmaktayız. Şimdi bu sentezi birlikte izleyelim (Şekil 3).

Kromozom çiftte bir DNA zinciri idi. İki zincir birbirlerinden çözülüyor. Bir zincirin üzerinde meselâ GAT GAC yazılı bulunsun. Şimdi GATGAC'ı kalıp olarak kullanarak yeni bir nükleik asit sentez edeceğiz. Bu defa sentez edilecek RNA olduğu için deoksi ribos-PO₄ yerine ribos-PO₄ sırası olacak. Diğer taraftan RNA'de thymine (T) yerine daima uracil (U) bulunmaktadır. Sentez edilecek moleküldeki G, A, C, U sırası GATGAC'daki sıraya şu formüle göre uydurulur: «G'ye C, A'ya U, C'ye G ve T'ye A karşı gelecek şekilde sentez yap». GATGAC karşısında bu formüle uyarak sentez yapılırsa CUACUG sırası gösteren bir kelime (molekül) elde edilir. İşte bu m-RNA (messenger RNA veya haberci RNA) molekülünün nucleus'da nasıl sentez edildiğinin esasıdır. m-RNA denen molekül, nucleus DNA zincirindeki protein sentezi ile ilgili bir gen kalıp alınarak hazırlanmış bir RNA molekülüdür. Yapılması gereken her protein için ayrı bir m-RNA'ya ihtiyaç vardır. Hücrede hangi protein yapılması gerektiğini tabiat kromozom üzerindeki genlere yazmıştır. m-RNA bunu kendi diline çevirerek kopya etmektedir. Bundan sonra m-RNA nuc-

leus zarı deliklerinden protoplazmaya geçer ve ribozom'a gelir. m-RNA üzerindeki her üç harflik grup bir aminoaside aşiktir. Bu yanyana üç harflik gruba (meselâ CUA) kodon deniyor. Ribosom'a gelen her kodon oraya sevdiği aminoasidi çağırır. Çağırılan aminoasidi t-RNA (taşıyıcı RNA) denen bir hamal getirir. İnsandaki 20 çeşit aminoasidin herbirine özgü bir hamal vardır, yani hücrede 20 çeşit de t-RNA bulunur. Acaba 4 harfi (G, A, C, U) üçlü gruplar halinde sıraya dizme ihtimalimiz nedir? Matematik bunun 4³ olduğunu söyler, yani 64 ihtimal mevcuttur. Demek ki, G, A, C, U'dan 64 adet kodon yapabiliriz. Fakat aminoasitlerin sayısı 20 idi; demek ki, her aminoasid birden fazla kodon tarafından sevilmektedir. Gerçekte her aminoasidi seven kodon sayısı 2 ilâ 6 arasında değişiyor. Meselâ leucine denen aminoasidin sevgilileri şu kodonlardır: UUA, UUG, CUU, CUC, CUA, CUG. Ribosom bir tesbih tanesi gibi m-RNA zinciri üzerinde ilerler ve bu 6 kodondan herhangi birine rastlarsa leucine'in koşup ribosom'a gelmesini sağlar. Hücrede sevgilinin davetine gelmemek diye birşey yoktur, olursa iş ölüme kadar varır. Ribosom kodonlar tarafından birbiri arkasına çağırılan aminoasitleri birbirine ekleyerek istenen proteini yapar.

Bu sentezin mükemmelliğine dikkat edelim. Hücrenin hangi proteini yapacağını ataları kromozomlarına G, A, C, T harfleri ile yazıyor (genler); m-RNA bunu G, A, C, U harfleri ile belli bir formüle uyarak kopya ediyor. Ribosoma hangi aminoasidin geleceğini m-RNA'daki kodonlar tayin ediyor. O halde kromozomdaki G, A, C, T sırası proteindeki aminoasit sırası için esas oluyor. Bir diğer deyişle ribosomlar protein yapmakta hür iseler de hangi proteini yapacaklarına başşehir nucleus'daki kromozom denen büyük devlet adamları karar vermektedir. Bu akıl almaz dakiklikteki sentez sırasında normal hücre tek bir hata bile yapmaz. Yüzlerce aminoasitli bir proteinde bir tek, evet yalnızca bir tek, aminoasidin yanlış vere konulması kalıtsal olabilen çok önemli hastalıklara sebep olur.

Demek ki, bu konuda bireyler yaratıkları tümünden üstündür. Çünkü yanılmak insana özgüdür demek ne kadar doğru ise, yanılmamak hücreye özgüdür demek o kadar doğru olacaktır. Hücre yanıldığı anda hastalık başlamış demektir. Hasta olmadıkça görevini aksatmayan çalışkan moleküller ülkesi hücreden derin düşüncelerle ayrılıyor.