

Genlerimizi Nasıl Besleyelim?

“Hastalarınızı yiyeceklerle iyileştirebiliyorsanız ilaçları kimyacıların kaplarında bırakın.” Tıbbın babası olarak bilinen Hippokrates’in (MÖ 460-377) yaklaşık 2400 yıl önce söylediği bu ünlü söz günümüz için de geçerli olabilir mi? Doğru beslenilerek pek çok hastalık önlenebilir veya tedavi edilebilir mi? Alınan besinlerin, genler üzerinde etkileri olabilir mi? İnsan genetik şifresinin çözüldüğü ve genom bilimlerinin hızla ilerlediği günümüzde her insanın, sahip olduğu genetik şifreye göre beslenmesi mümkün müdür?



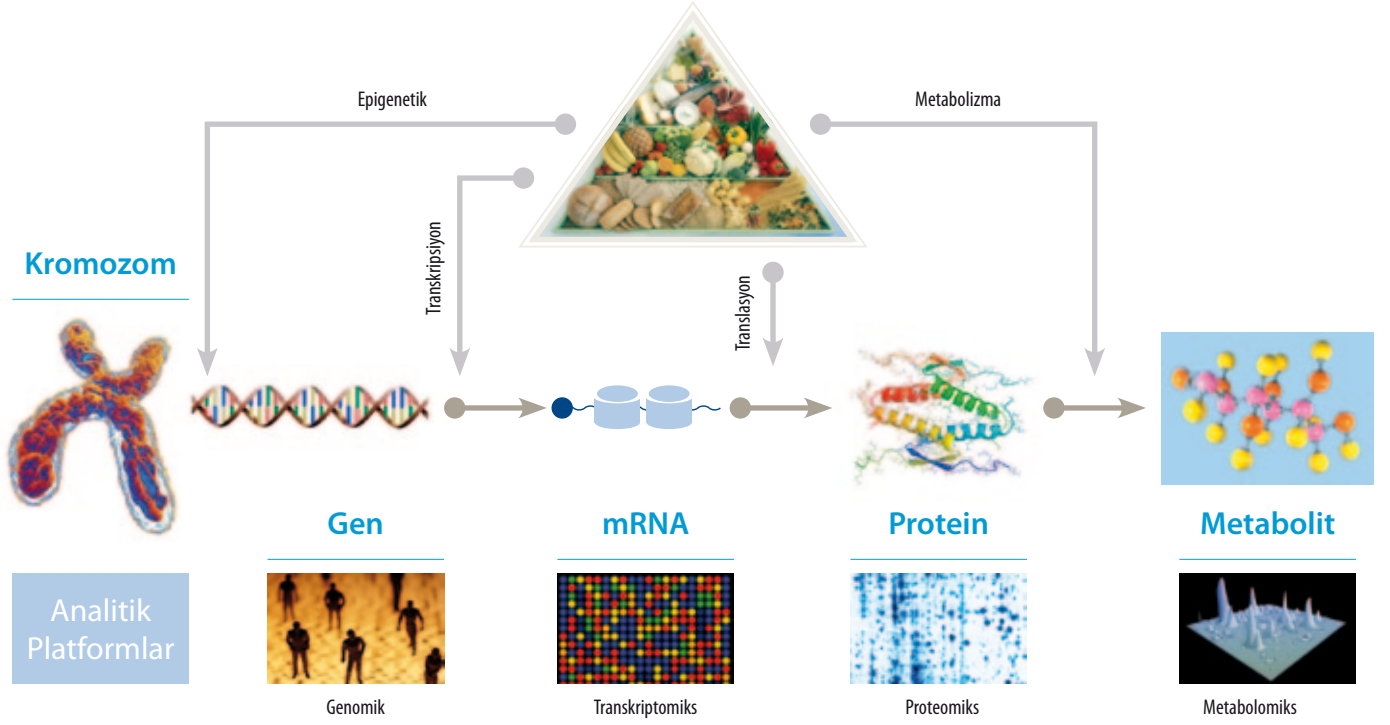
Visual Photos

ler biyoloji tekniklerinin çok büyük rolü var. Araştırmalar, genlerin besin molekülleriyle nasıl düzenlenebildiğiyle (regülasyon) ve bu düzenlemelelerin moleküler mekanizmalarıyla ilgili önemli bilgiler sağlasa da, hep tek-besin tek-gen ilişkisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Diğer bir deyişle, tek bir besin maddesinin (örneğin aminoasit arjinin) tek bir genin (örneğin katyonik aminoasit taşıyıcısı CAT-1 geni) ifadesine etkisi incelenmiştir.

Genom ve Gen İfadesi

İnsanın da dâhil olduğu karmaşık yapıları ökaryot canlıların kalıtsal bilgileri, hücre çekirdeğinde DNA (deoksiribonükleik asit) moleküllerinden oluşmuş, kromozom denen yapılarda saklıdır. İnsan vücut hücrelerinde biri anneden diğeri babadan gelen 23 çift kromozom bulunur ve insan genomu yaklaşık üç milyar baz çifti içerir. DNA dizisi bakımından herkes % 99,9 birebir aynı olmasına karşın, fiziksel yapısı, fizyolojisi ve çevresel etkilere verdiği yanıtlar gibi fenotipik, yani gözlemlenebilen özellikleri bakımından her insan eşsizdir. İnsan genomunda bulunan bu binde birlik farklılıkların çoğu tek nükleotid farklılıklar (Single Nucleotide Polymorphism-SNP) şeklindedir. Binde bir oranındaki bu farklılıklar saç ve deri rengimiz, ağırlığımız, boyumuz gibi bizi diğer insanlardan ayıran özelliklerin yanı sıra, hastalıklara yatkınlığımızı da belirler.

Gıdaların sağlığı etkileyen çevre kaynaklı etmenlerin en önemlilerinden biri olduğu su götürmez bir gerçek. Beslenmenin yalnızca vücuda gerekli enerjiyi sağlayan bir etkinlik olmadığını, gıdalardaki besinlerin ve biyoetkin bileşiklerin de genlerimizi doğrudan etkilediğini son otuz yılda yapılan çalışmalarla anlamış bulunuyoruz. Bu çalışmaların başarıya ulaşmasında molekü-



Genler ise bu kromozomların küçük bir kısmında hücresel canlılığın sürdürülebilmesi için gerekli tüm yapısal ve işlevsel RNA moleküllerini kodlayan bölgeyi ifade eder. İnsan genomunda 30 bin kadar genin olduğu ve bu genlerden 100 bin çeşit proteinin kodlandığı tahmin ediliyor. Ancak binlerce genin hücre içindeki işlevi hâlâ anlaşılabilmiş değil. Proteinler canlı hücrelerin DNA, RNA, yağ asitleri vb gibi en temel bileşenlerindedir ve hücrelerin içindeki her süreçte yer alırlar. Proteinlerin pek çoğu, hücre içinde veya dışında gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlarda katalizör işlevi olan enzimlerdir ve canlıların metabolik etkinliği için yaşamsal bir öneme sahiptir. Diğer proteinlerse yapısal veya mekanik görevlerin yürütülmesi, hücre haberleşmesi, bağışıklık yanıtı, hücre tutunması ve hücre bölünme döngüsü gibi süreçlerde yer alırlar. Hücre içinde bir proteinin yapılabilmesi için önce genin tam karşılığı olan habercisi RNA sentezlenir. Bu işleme transkripsiyon ya da yazılım denir. Daha sonra bu habercisi RNA (mRNA) çekirdekte olgunlaştırılarak hücrenin sitoplazmasına taşınır. Sitoplazmadaki olgun habercisi RNA translasyon (çeviri) etmenlerince tanınarak protein sentez makineleri olan ribozomlara taşınır. Ribozomlara habercisi RNA'daki genetik bilgiyi üçlü bazlar (kodon) halinde okur ve bu koda uygun aminoasitleri yan yana dizerek proteini sentezler. DNA'dan proteine kadar tüm bu bilgi akışı her basamakta kontrol edilir ve hücre tarafından alınan sinyallere göre düzenlenir.

Besinler ve Genler

Kromozomlar üzerinde yer alan genlerin metabolik sinyaller doğrultusunda ifade edilip edilmeyeceği hücre çekirdeğinin aldığı hormonlar gibi iç etmenler ve besinlerin de dâhil olduğu çevresel etmenlere bağlıdır. Evrimsel gelişimin erken dönemlerinde, gıda maddelerinin azlığına ya da bolluğuna bağlı olarak, alınan besinler sentezleme veya depolama işlemlerini başlatan ve sonlandıran ilkel sinyaller olarak işlev gördü. Evrimleşme sürecinde basit organizmalar da dâhil olmak üzere tüm canlılar enerji metabolizmasını, hücre farklılaşmasını ve büyümesini kontrol eden genlerin ifadesini yöneten besin ve hormon sinyallerine cevap verme yeteneğini korudular; yani genomlar beslenmeyi de belirleyen pek çok çevresel etkiye göre evrim geçirdi. Bu nedenle genetik bilginin ifadesi, gıda maddelerinde bulunan besinlere ve işlevsel biyoetkin bileşiklere bağlı olabilir. Dengesiz beslenme, besin-gen ilişkisini bozarak kronik hastalıkların gelişmesi riskini artırır.

İnsan sağlığı karbonhidratlar, aminoasitler, yağ asitleri, kalsiyum, selenyum, folat, A, C ve E vitamini gibi zorunlu olarak dışarıdan temin ettiğimiz besinlerin yanında, dışarıdan temini zorunlu olmayan fakat işlevsel açıdan biyoetkin olan bileşiklerin de etkisi altındadır. Dışarıdan alınması zorunlu olmayan ama gıdaların bileşeni olan bu bileşikler sağlığın korunması ve hastalıkları önlemeyle ilişki-

li pek çok hücrel süreci değiştirebilmektedir. Örneğin gıdalarımızda bolca bulunması gereken fenol türevlerinin antioksidan olarak kanser gelişimini engelleyici etkileri vardır.

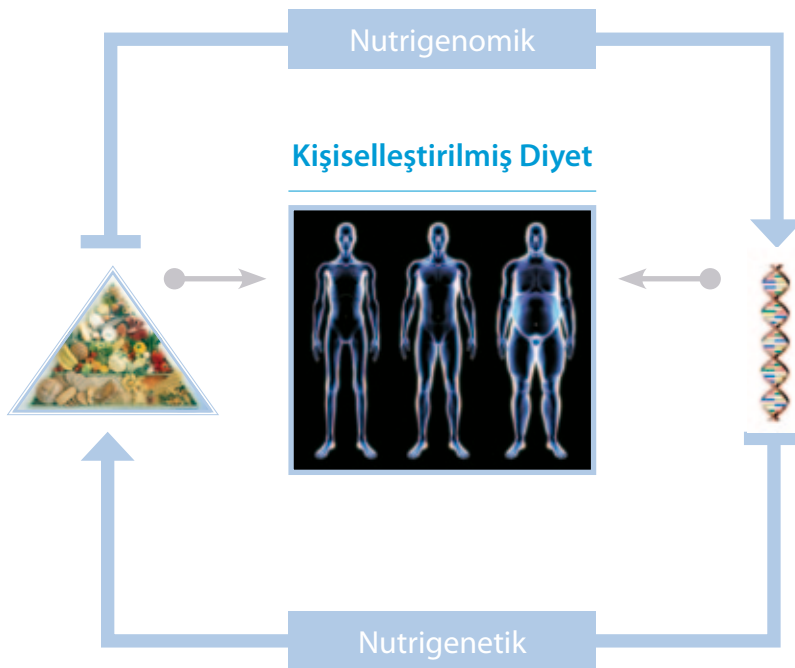
Besinler gen ifadesini dolaylı veya doğrudan etkileyebilir. Hücrel düzeyde besinler gen ifadesini; (1) transkripsiyon etmeni almaçlarına bağlanarak, (2) metabolik yollarda gen ifadesinin düzenlenmesinde veya hücrel sinyal iletim yollarında yer alan substrat (enzimin üzerinde etkili olduğu özel madde) ve metabolitlere (metabolizmanın enzimle katalizlenen reaksiyonlarında oluşan madde) dönüşerek ve (3) sinyal iletim yollarını doğrudan etkileyerek değiştirebilir. Ancak besinler gen ifadesini en çok transkripsiyon etmenleri üzerinden etkiler. Örneğin A vitamini (retinoik asit) retinoik asit almacına (RAR), D vitamini D vitamini almacına (VDR), yağ asitleri peroksizom çoğaltıcısı ile uyarılan almaçlara (PPARs) bağlanarak bu almaçları etkinleştirir. Bu besinlerin bağlanmasıyla etkin hale gelen almaçlar pek çok genin ifadesini haberci RNA düzeyinde değiştirerek hücrel işlevlerin düzenlenmesini sağlar.

Beslenme ve Epigenetik

Besinler yukarıda anlatılan mekanizmalar sayesinde gen ifadesini geçici olarak değiştirebildikleri gibi, kromozomlar üzerinde genetik şifreyi değiştirmeden (mutasyon olmaksızın) sürekli ve kalıtsal olarak aktarılabilen değişikliklere de neden olabilir.

Epigenetik olarak adlandırılan bu değişiklikler genomun bazı bölgelerinde, DNA dizisinde herhangi bir değişiklik olmadan tekrar programlanmaya ve dolayısıyla gen ifadelerinde ve düzeylerinde değişikliklere neden olur. Epigenetik programlanma daha çok DNA moleküllerinin bazı bölgelerindeki sitozin bazlarına metil grubunun eklenmesiyle oluşur ve bu programlanmanın beslenmeyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Epigenetik programlanma ve beslenme arasındaki ilişkiyi Agouti fareleri üzerinde yapılan deneylerden yola çıkarak anlatalım. Agouti fareleri genetik olarak % 100 aynı olmalarına karşın gözle ayırt edilebilen çok farklı fenotipik özellikler taşıyabilir. Örneğin sarı ve aşırı şişman (obez) ya da kahverengi ve zayıf olabilirler. Bu farelerin farklı fenotipte olabilmeleri Agouti geninin ifadesine bağlıdır ve hayvanın kürkünün rengi, annesinin gebelik öncesi, sonrası ve gebelik dönemindeki diyetiyle kontrol edilebilir. Agouti geninin normalde yalnızca farenin derisinde ifade edilmesi ve ifade edildiği yerde hayvan kürkünün sarı olması beklenir. Ancak Agouti farelerinde Agouti geni beyin de dâhil olmak üzere vücudun her yerinde ifade edilir. Agouti geninin her yerde ifade edilmesi, genin daha çok ifade edilmesini sağlayan bir DNA parçacığının Agouti geninin hemen önüne yerleşmiş olmasıdır. Beyinde ifade edilen Agouti proteini, yemek yemeyi kontrol eden merkezi bloke ederek hayvanların daha çok yemelerine ve böylece aşırı şişman olmalarına neden olur. Bu genin ifadesi, yukarıda değindiğimiz DNA parçacığına metil grubunun eklenmesiyle durdurulabilir. Bu fareler üzerinde yapılan diyet çalışmalarında kontrol diyeti uygulanan farelerin sarı kürklü ve aşırı şişman oldukları, B12 vitamini ve folik asit gibi metilasyonu arttırıcı diyet uygulanan farelerinse normal ağırlıkta ve kahverengi kürke sahip oldukları saptandı.

Diğer bir örnekte, 1980'lerin sonlarına doğru Amerika Birleşik Devletleri'nde Southampton Üniversitesi'nden Dr. David Barker'in, kalp-damar rahatsızlıkları sonucunda ölen bir grup hastanın çoğunda aşırı şişmanlık (obezite) veya sigara kullanımı gibi risk oluşturabilecek etmenlerin bulunmadığını gözlemlemesidir. Dr. Barker'in araştırması kalp-damar rahatsızlıklarından ölen bu hastaların çoğunun düşük doğum ağırlığıyla dünyaya geldiğini ortaya koydu. Bunun üzerine Dr. Barker, kendi adıyla anılan, kalp hastalıklarına temel oluşturacak risk etmenlerinin henüz anne rahminde, fetüsün besin eksikliğiyle oluştuğu hipotezini sundu. Bu hipotez bulaşıcı hastalıkların ortaya çıkışını inceleyen epidemiyolojik çalışmalarla ve hayvan denek-



lerin kullanıldığı deneylerle doğrulandı. Bu deneyler beslenmenin genlerimizi epigenetik bakımından da etkilediğini gösteriyor.

Beslenme ve Genom Bilimleri

On üç yıl süren İnsan Genom Projesi'nin tamamlanmasıyla beraber moleküler biyoloji tekniklerinde, özellikle de dizi analizi ve gen ifadesi analizlerinde büyük ilerleme oldu. Öyle ki artık herhangi bir insanın genom dizi analizi bir yıl gibi kısa bir sürede gerçekleştirilebiliyor ya da insan genomunda olduğu sanılan 30 bin kadar genin haberci RNA düzeyinde ifadesi mikroarray (DNA mikroçipleri) denen çiplerle birkaç gün gibi kısa bir sürede analiz edilebiliyor. Bu başarılarla ortaya çıkan büyük bilgi birikimi daha kapsamlı ve ayrıntılı analitik platformların geliştirilmesini sağlamanın yanında sağlık ve hastalıkları anlayışımızda da devrim yarattı.

Geliştirilmekte olan bu platformlar sayesinde bütün genlerin, proteinlerin veya metabolitlerin aynı anda araştırılması ve elde edilen bilginin bir diğer biyolojik etmene göre nicel analizi mümkün oluyor. Tüm bu gelişmeler “-ome” ile biten pek çok terimi de dilimize ekledi. “-ome” Latince “tamamı” ya da “hepsi” anlamına geliyor. Bir hücre, doku veya organizmada yer alan genlerin, haberci RNA'ların, proteinlerin ve metabolitlerin tümü sırasıyla genom, transkriptom, proteom ve metabolom olarak, bunların analiz edildiği platformlar da sırasıyla genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik olarak adlandırılır.

Beslenme Genomiği ve Beslenme Genetiği

Yukarıda değindiğimiz platformların beslenme biliminde uygulanmasıyla pek çok disiplini içinde barındıran beslenme geniği (nutrigenomik) ve beslenme geniği (nutrigenetik) adıyla iki yeni bilim dalı ortaya çıktı. Bu iki bilim dalı ortak bir amaç olan kişiselleştirilmiş diyet için çalıştıkları halde soruna yaklaşım biçimleri bakımından farklılık gösterir. Beslenme geniği gıdalarla alınan besin ve biyoetkin bileşiklerin genel anlamda genlerle işlevsel ilişkilerini inceler, beslenme geniği ise belli bir genetik şifreye sahip olan bireylerin diyetlere nasıl yanıt verdiğini araştırır.

Beslenme geniği besin moleküllerinin biyolojik sistemlerde metabolik yolları ve homeostazı, yani organizmanın iç dengesinin kontrolünü nasıl etkilediğini daha iyi anlamamıza yardım ederken, beslenme geniği kişinin kendine özgü gene-



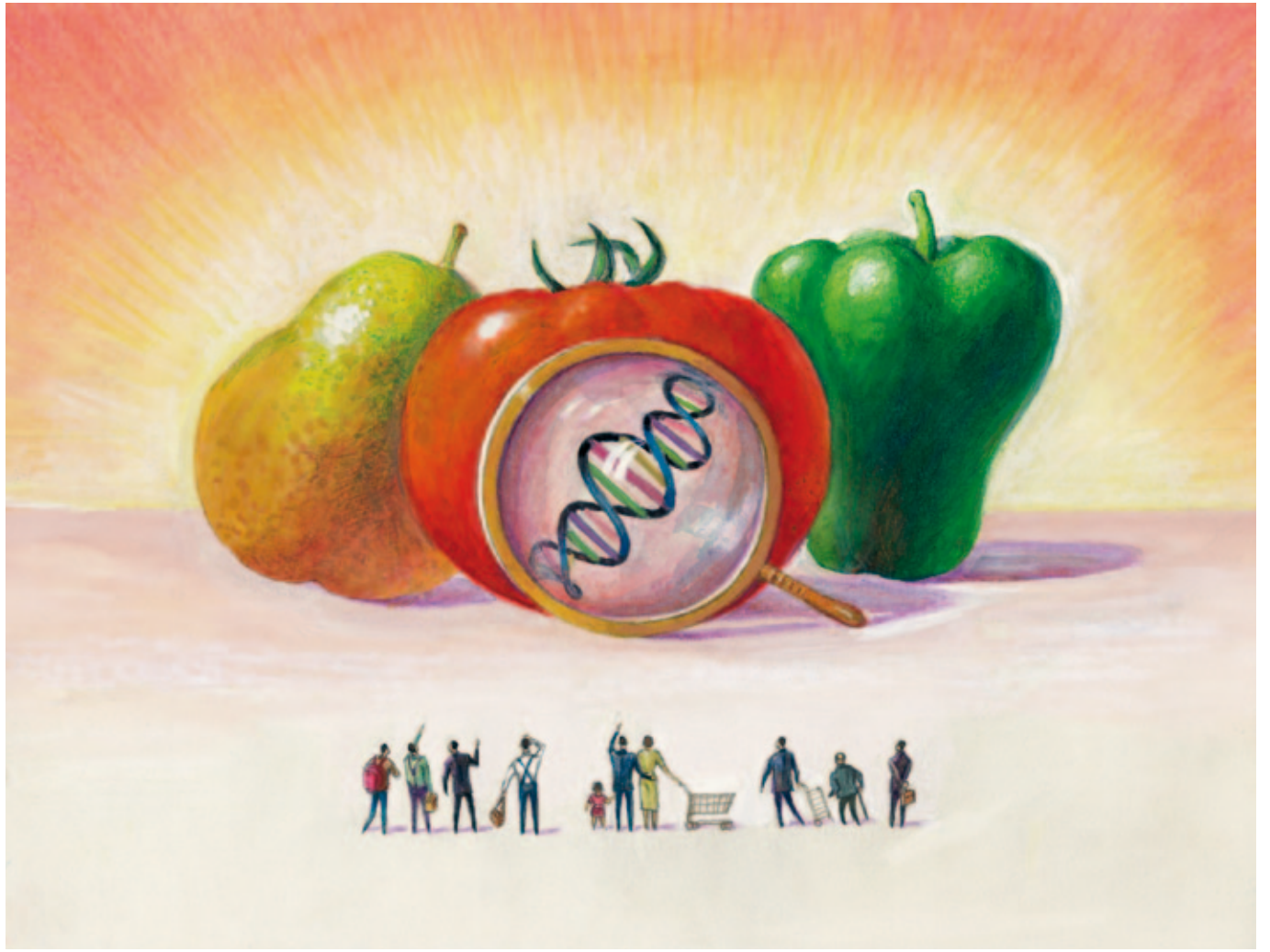
Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nden 1994 yılında mezun olan İbrahim Yaman, Milli Eğitim Bakanlığı'nın yurtdışı yükseköğretim burslarını alarak Amerika Birleşik Devletleri'nde yüksek lisans, doktora ve doktora -sonrası çalışmalarını tamamladı. Case Western Reserve University'de Prof. Maria Hatzoglou ile beraber amino asitler ve glikoz gibi temel besin öğelerinin cat-1 geninin ifadesine etkilerini transkripsiyon, mRNA stabilizasyonu ve translasyon düzeyinde çalışmıştır. Bu çalışmalar *Cell*, *Molecular Cell*, *Journal of Biological Chemistry* gibi bilimsel dergilerde özgün makale olarak yayınlanmıştır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Gıda Enstitüsü'nde moleküler gıda toksikolojisi ve geniği değiştirilmiş organizmaların tanımı üzerine çalışmaktadır.

tik şifresinin herhangi bir diyetle karşı tepkisini nasıl koordine ettiğini anlamamıza yardım eder. Dolayısıyla beslenme geniği, kişide var olan genetik farklılıkların bulunması ve tanımlanmasıyla ilgilendirilir; bu gen farklılıklarının besinlere karşı verilen tepkiyi ne kadar etkilediğini anlamamıza ve bu tepkinin hastalık durumuyla ilişkilendirilmesine olanak sağlar. Bu nedenle bu iki araştırma alanı besin-gen ilişkilerini ortaya çıkarmayı hedefledikleri halde, yaklaşımları ve yakın vadedeki amaçları bakımından farklılık gösterirler. Özetle, beslenme geniği genel olarak pek çok diyet seçeneği arasından en elverişli olanı bulmaya çalışırken, beslenme geniği klinik çalışanlarına kişinin genetik yapısı hakkında kritik bilgiyi sağlayarak, o kişinin genetik yapısına en uygun diyeti bulmaya çalışır.

Bu yazıyı yazmamdan iki ay önce, birkaç yıl önce evlenen ve bebeği olan bir akrabam telefonla beni aradı. Sesi çok kötü geliyordu. Bebekleri Deniz'in genetik bir rahatsızlık nedeniyle “orta-uzunluktaki yağları metabolize edemediğini” söyledi. Doktorun söylediklerini tam olarak anlamadığı için kendisinin anlayabileceği dilden bilgi almak istiyordu. Literatür taramamda, bu rahatsızlığın yağ asitlerinin yıkımı için gerekli bir enzimin (açıl-Koenzim A dehidrojenaz) etkinliğinin düşüklüğünden kaynaklandığını öğrendim. Enzimdeki etkinliğin düşük olmasıysa enzimi kodlayan gende bir mutasyon meydana gelmesinden kaynaklanıyordu. Bu mutasyonla doğan kişiler yağ asitlerini yıkımda sorun yaşarlar ve dolayısıyla yağ asitlerinin yıkımından enerji elde edemezler. Herhangi bir sağlık sorununa neden olmakla birlikte bu kişiler kendileri için gerekli enerjiyi başka metabolik yollardan, örneğin karbonhidrat metabolizmasından elde etmek zorundadırlar. 8-10 saatten fazla aç kalmamaları, yağlı yiyeceklerden, alkollü içkilerden ve fazla enerji gerektiren işlerden kaçınmaları gerekir. Ayrıca bu kişilerde yağ asitleri metabolize edilemediği için kanda birikerek toksik etki yaratır. Bu yağ asitlerinden kurtulmak için diyetin yağ asitlerini bağlayan karnitin ile deseklenmesi gerekir.

Daha önce belirttiğimiz gibi, rastgele seçilen iki kişinin DNA dizisi arasında binde bir oranında farklılıklar vardır ve bu farklılıklar aynı zamanda bazı hastalıklara olan eğilimlerimizi de belirler. Beslenmeyle ilgili olarak, aşağı yukarı 20 gende bulunan farklılıkların sağlık açısından büyük sakıncalar oluşturduğu ve bunların diyetle düzeltilebildiği biliniyor. Genetik yapımızın beslenmemize olan etkilerini daha açık hale getirebilmek için bu sakıncaların birkaçını ele alalım.

İlgili literatürde, belli mutasyonlara sahip genlerin beslenme üzerine etkisini gösteren çok sayıda çalışma bulunuyor. Bu genler arasında en iyi bilinen örnek kuşkusuz folat ve MTHFR



Visual Photos

Anahtar Kavramlar

Nutrigenetik ve nutrigenetik bir madalyonun iki yüzü gibidir; ortak amaç olan kişiselleştirilmiş diyetin hayata geçirilmesi için diyetin canlı metabolizmasına gen, protein ve metabolit düzeyinde etkisini ve her insana özgü genotipin de diyetle bağlı hastalıkların gelişimine etkilerinin gözönünde bulundurulması zorunludur.

Ana rahminde besinlerin de dahil olduğu çevresel etkiler hayatın bu erken safhalarında etkilerini göstererek yetişkinlik dönemindeki sağlık risklerimizi belirleyebilir.

İnsanlar arasında var olan genetik varyasyonlar her insanın beslenme gereksinimleri üzerine büyük etkisi vardır. Besin-gen ilişkileri ve genetik varyasyonların besin metabolizmasına etkileri daha iyi anlaşılınca kişiselleştirilmiş diyetler önerilebilecek ve sonunda hastalık risklerimizi en aza indirebileceğiz.

(metilentetrahidrofolat redüktaz) enzimini kodlayan genidir. Bu enzim, metiyonin adlı aminoasitin üretiminde görev alır. Folat molekülü de bu enzimin etkin olabilmesi için gereklidir. Metiyonin ise gen ifadesi, protein sentezi ve sinir iletim yolları gibi pek çok metabolik yolda görev almaktadır. Genel popülasyonda sıklıkla görülen ve MTHFR geninin her iki kopyasında da 677'nci timin nükleotidinin mutasyon yoluyla sitozin nükleotidine dönüşmesiyle ortaya çıkan bu genetik bozukluk, bu gen-den kodlanan enzimin düşük etkinlikte ve dayanıksız olmasına yol açar. Bu bozukluğu taşıyan bireyler düşük folat içeren bir diyeti sürdürürlerse, kalp-damar hasatlıkları riski ve bilişsel yeteneklerin erken yitirilmesi olasılığı artar. Bu kişiler, folatça zengin besinler tüketerek hastalık risklerini büyük ölçüde düşürebilirler. Ayrıca, bu gen farklılığını taşıyan ve özellikle doğurganlık yaşındaki tüm kadınların dikkat etmesi gereken diğer bir nokta da folat eksikliğinin bebeklerde nöral tüp bozukluklarına neden olmasıdır.

D vitamini almacı geninde görülen pek çok farklılık bireylerin kalsiyum, yağ asitleri ve D vitamini gibi besin moleküllerine verdiği tepkiyi büyük ölçüde etkilemenin yanında bazı hastalık risklerini de artırır. D vitamini almacı geninin belli bir formunu taşıyan kadınlarda, kahvedeki kafeinin kemik erimesi riski oluşturduğu saptanmıştır.

Buraya kadar verdiğimiz örneklerde hep genetik bilgilerinde belli bir farklılık, yani mutasyon taşıyan bireylerin belli besin öğelerine nasıl tepki verdiklerine değindik. Fakat sanayileşmiş ülkelerde çok yaygın hale gelen aşırı şişmanlık, Tip 2 şeker ve kalp-damar rahatsızlıkları gibi metabolik hastalıklar pek çok etmen barındırıyor. Beslenme alışkanlıklarımızın değişmesinin bu hastalıkların oluşumunda önemli bir etmen olduğu düşünülüyor. Bu metabolik hastalıklar ile beslenme alışkanlıkları arasında bir ilişkinin varlığı açık olsa da, bu hastalıkların oluşumunu tetikleyen moleküler mekanizmalar hâlâ tam olarak anlaşılacak değil. Beslenme bozukluklarının yanı sıra, genetik yatkınlığın da bu

hastalıkların oluşumuna etkisi bulunuyor. Ancak söz konusu genetik yatkınlıklar, metabolizma zorlanmadığı takdirde hastalık oluşumundaki etkilerini yitirir.

Diyetin gen ifadesine etkileri ve bu etkilerin aşırı şişmanlık hastalığının oluşumuna nasıl zemin hazırladığı Clement ve arkadaşlarının yaptığı klinik bir çalışmayla ortaya kondu. Çalışmada, aşırı şişman olanların deri-altı yağ dokusundaki gen ifadeleri düşük kalorili diyetle beslenmelerinin öncesinde ve sonrasında, zayıf kişilerdeki gen ifadeleriyle karşılaştırıldı. Çalışma sonucunda aşırı şişman hastalarda, verilen diyet sonrasında enflamasyonla (yangı) ilgili 100 kadar genin ifadesinde değişiklik kaydedildi ve gen ifadelerindeki profilin, zayıf olan kişilerin gen ifadelerindeki profillere benzediği gösterildi.

Diğer bir çalışmadaysa Van Erk ve arkadaşları isokalorik, yani enerjice eşit yüksek-karbonhidrat veya yüksek-protein içerikli kahvaltının sekiz sağlıklı bireyin kan hücrelerine ait gen ifadelerindeki etkilerini karşılaştırdılar. Kahvaltı öğününden sonra yapılan transkriptomik çalışmasında (gen ürünü haberci RNA'ların analizi), yüksek-karbonhidrat içeren diyetin 317 genin ifadesinde, yüksek protein içeren diyetin 919 genin ifadesinde değişikliğe neden olduğunu gördüler. Yüksek karbonhidrat içeren kahvaltının daha çok, glikozun depolanması ve yıkımıyla ilgili olan glikojen metabolizmasındaki genlerin ifadelerini değiştirdiği gözlenirken, yük-

kalp-damar hastalıkları gibi çok-etkenli metabolik hastalıkların moleküler mekanizmalarının aydınlatılması için büyük önem taşıyor. Bu çalışmalar ayrıca genlerin hangi moleküler yollarda bulunduğunu ve hastalık durumunda ne gibi roller üstlendiğini göstererek, hastalıkların önlenmesinde ve hastalık gelişiminin durdurulmasında stratejilerin belirlenmesini kolaylaştırıyor.

Beslenme genomu ve beslenme genetiği çalışmalarının en büyük çıktısının kişiselleştirilmiş diyet, doğru beslenmeyle sağlığın korunması ve hastalıkların önlenmesi olacağı düşünülüyor. Diyet-gen-hastalık ilişkisinin ortaya çıkarılmasında çok büyük ilerlemeler kaydedilmesine karşın, gen testlerinden hareketle, özellikle aşırı şişmanlık, Tip 2 şeker ve kalp-damar hastalıkları gibi çok etmenli hastalıklara karşı kişiselleştirilmiş diyet önerilerini destekleyecek yeterli bulgu henüz toplanabilmiş değil.

Kim bilir, belki de 10-15 yıl sonra, markete giderken yanımıza alış-veriş listemizle beraber yaptırmış olduğumuz genetik test sonuçlarımızı da alacağız ve genetik yapımıza uygun besin öğelerini içeren gıdaları ve gerektiğinde takviye gıdaları seçebileceğiz. Böylece sağlıklı beslenerek hastalıklara karşı taşıdığımız riskleri en aza indirmiş olacağız. O zamana kadar en etkili reçetemiz herhalde bol meyve-sebze içeren, sağlıklı ve dengeli bir diyetle birlikte egzersiz yapmak ve sigarayı bırakmak olmalı.



Visual Photos



Visual Photos

sek protein içeren kahvaltının protein sentezindeki genlerin ifadesinde değişikliklere neden olduğu gözlemlendi. Kan hücrelerinin gen ifadesi profilindeki bu değişikliklerin, kahvaltı öğününde alınan besin içeriğindeki farklı makro besin öğelerinden kaynaklandığı düşünüldü. Bu gibi çalışmalar, diyet ve genler arasındaki sıkı ilişkinin ortaya çıkarılması ve beslenmeyle ilişkili aşırı şişmanlık, Tip 2 şeker ve

Kaynaklar

- Mutch, D. M., Wahli, W. ve Williamsan, G., "Nutrigenomics and Nutrigenetics: the Emerging Faces of Nutrition," *FASEB Journal*, Cilt 19, s. 1602-1616, Ekim 2005.
- Van Erk, M.J., Blom, W.A.M., van Ommen, B. ve Hendriks, H.F.J., "High Protein and High-Cbohydrate Breakfast Differentially Change the Transcriptome of Human Blood Cells," *American Journal of Clinical Nutrition*, Cilt 84, s. 1233-1241, Haziran 2006.
- Stover, P. J., "Influence of Human Genetic Variation on Nutritional Requirements," *American Journal of Clinical Nutrition*, Cilt 83 (Ek), s. 436S-442S, 2006.
- Virgili, F. ve Perozzi, G., "Is There an Answer?"

- How does Nutrigenomics Impact Human Health?" *IUBMB Life*, Cilt 60, Sayı 5, s. 341-344, Mayıs 2008.
- Afman, L. ve Müller, M., "Nutrigenomics: From Molecular Nutrition to Prevention of Disease," *Journal of the American Dietetic Association*, Cilt 106, Sayı 4, s. 569-576, Nisan 2006.
- Stover P.J. ve Caudill, M.A., "Genetic and Epigenetic Contributions to Human Nutrition and Health: Managing Genome-Diet Interactions," *Journal of the American Dietetic Association*, Cilt 108, Sayı 9, s. 1480-1487, Eylül 2008.