

İkinci Beynin Gizemi

İlay Çelik Sezer [*Bilim ve Teknik Dergisi*

Önemli bir sınav ya da sunum öncesinde, önemli bir haber beklerken ya da kaygı verici bir durum içindeyken karnımızda oluşan rahatsızlık hissine hepimiz aşinayızdır. Önemli sorunlara yol açan şeyleri “karın ağrısı” diye niteleriz. Öte yandan stresli durumlar pek çoğumuzda yeme isteği de uyandırır.

Peki duygu durumumuzla sindirim sistemimiz arasındaki bu sıkı ilişkinin kaynağı ne?

Bilim insanlarının bu soruya çok belirgin ve pek çoğumuz için şaşırtıcı olabilecek bir cevabı var:

Duygularımız sindirim sistemimizle yakından ilişkili, çünkü karnımızda da bir çeşit “beyin” taşıyoruz!





Evet, vücudumuzda başka bir sinir sistemi daha var. Hayli karmaşık bir yapıda olduğu için bazı bilim insanları bu sistemden “ikinci beyin” diye bahsediyor. Bu sinir sistemi sindirim sistemimiz boyunca, yemek borusundan anüse kadar uzanıyor. Yaklaşık 100 milyon nörona sahip, bu da omurilikteki ya da çevresel sinir sistemindeki nöron sayısından daha fazla. Kıvrımlı bir yapıdaki yüzeyi derimizin kapladığı yüzeyin 100 katı genişlikte. İşte duygularımız ve düşüncelerimizle sindirim sistemimiz arasındaki yakın ilişkinin sorumlusu, sinir sistemi çevresinde yer aldığı için enterik sinir sistemi olarak adlandırılan bu ikinci beyin. Enterik sinir sistemi beyinden hiçbir uyarı almadan kendi kendine işleyerek, sindirim yolu boyunca gıdaların hareketini ve sindirimini kontrol ediyor. Sindirim hayli karmaşık bir süreç olduğu için bu işe adanmış karmaşık bir sinir ağının var olması akla yatkın geliyor. Enterik sinir sistemi bir yandan gıdaların midede mekanik olarak karışmasını ve gıdaların sindirim yolu boyunca ilerlemesi için gerekli kas hareketlerini kontrol ederken, bir yandan da sindirim yolunun farklı bölümlerini sindirim enzimlerinin çalışması için gerekli asitlikte ve kimyasal içerikte tutarak uygun biyokimyasal ortamı sağlıyor. Aslında bu kadar kapsamlı ve karmaşık bir sinir ağının, ancak

hayati öneme sahip bilgileri toplamak amacıyla gelişmiş olabileceği düşünülüyor. Vücudumuz dışımızdaki ortamlardan olduğu kadar, aldığımız yiyecekler yoluyla içimizde oluşan ortamdan gelebilecek tehditlerle de karşı karşıya. Nasıl duyu organlarımız dış dünyayı algılamamızı sağlıyorsa enterik sinir sistemimiz de içimizdeki dış dünyayı algılamamızı ve uygun tepkiler oluşturmamızı sağlıyor. Tıpkı derimiz gibi sindirim sistemimizin de olası istilacıları durdurması gerekiyor. Örneğin hastalık yapıcı bir mikroorganizma sindirim sisteminin iç yüzeyinden içeri girdiğinde sindirim sistemi duvarındaki bağıışıklık hücreleri yangıyla ilintili, histamin gibi maddeler salgılıyor, bu maddeler de enterik sinir sistemindeki nöronlar tarafından algılanıyor. Bunun üzerine ikinci beyin ishali tetikleyebiliyor ya da asıl beyni uyarak onu kusma kararı vermeye yöneltebiliyor.

Öte yandan bilim insanları ikinci beynin bu kadar karmaşık olmasının tek başına sindirim sürecinin gereksinimleriyle açıklanamayacağını, enterik sinir sisteminin sindirim sistemini kontrol etmenin ötesinde işlevleri olduğunu düşünüyor. Şimdiye kadar yapılan araştırmalar enterik sinir sisteminin beyinle eşgüdümlü çalışarak fiziksel ve zihinsel sağlığımız açısından önemli roller üstlendiğine işaret ediyor. Enterik sinir sistemi konusundaki öncü araştırmacılarından Michael Gershon karnımızdan beynimize, sağlığımız için önem taşıyan çok sayıda sinyal gittiğini ve bunların farkında bile olmadığımızı söylüyor. Enterik sinir sistemi beynimiz gibi bariz bir konumda

bulunmadığından anatomik olarak 19. yüzyıl ortalarına kadar keşfedilmemiş. Sindirim organlarının bir şekilde beyinle etkileşerek sağlık ve hastalıklar üzerinde etkili olduğunun yüzyıllardır bilinmesine karşın bu bağlantılar ancak geçen yüzyılda incelenmeye başlanmış. 1907 yılında *The Abdominal and Pelvic Brain* (Abdominal ve Pelvik Beyin) adlı kitabı yazan ABD’li doktor Bryon Robinson ile “enterik sinir sistemi” terimini ortaya atan çağdaşı İngiliz fizyolog Johannes Langley bu araştırma alanına öncülük etmiş. Beyinle ana bağlantıyı sağlayan vagus siniri zarar görse bile enterik sinir sisteminin sindirimi kontrol etmeye devam ettiği gözlemlenince, sistemin kendi kendine yani otonom olarak çalıştığı de yine bu dönemde anlaşılmış. Ancak bu keşiflere rağmen karnımızdaki beyne yönelik ilginin artması nörogastroentereoloji adlı alanın doğduğu 1990’ları bulmuş. Michael Gershon’un ünlü *The Second Brain* (İkinci Beyin) adlı kitabı 1998’de yayımlandı. Bugün enterik sinir sisteminin yalnızca otonom olarak çalışmakla kalmayıp beyin üzerinde de etkili olduğu biliniyor. Hatta vagus siniri üzerinden geçen sinürel iletilerin yaklaşık %90’ının beyinden karna değil karından beyne gittiği de biliniyor.

Öte yandan beyinle yakın ilişkisine karşın, ikinci beyinde doğrudan bilinçle ilgili hiçbir işlevin gerçekleşmediği düşünülüyor. Her ne kadar ikinci beyin duygusal durumumuzu etkiliyor ve duygular karar verme süreçlerimiz üzerinde etkili oluyorsa da asıl kararı veren merkezin beyin olduğu üzerinde uzlaşma var.



Karınla Beyin Arasında Anlık Sinirsel İletim

Geçen yıl sonuçları *Science*'ta yayımlanan bir araştırmada sindirim sistemi ve beyin arasında normalde hormonlar yoluyla yürütüldüğü düşünülen iletişimin elektriksel sinir iletimi yoluyla gerçekleştiği, dolayısıyla sindirim sistemimize giren besinler hakkında hormonal yolla 10 dakika gibi bir sürede gerçekleştiği sanılan bilgi iletiminin anlık olarak sağlanabildiği anlaşıldı. Bu araştırmayla eş zamanlı olarak *Cell*'de yayımlanan bir araştırmada da farelerde sindirim sistemindeki nöronların lazerle uyarılmasının farelerde ödül duygusu uyandırdığı, ayrıca ruh hâlini iyileştiren bir nörotransmitter olan dopamin düzeyini yükselttiği de görüldü. *Cell*'deki araştırmanın lideri Ivan de Araujo'ya göre, bu iki araştırmanın sonuçları vagus sinirini elektriksel olarak uyarmanın insanlarda şiddetli depresyonu neden tedavi edebildiği konusunda açıklama sağlayabilir.

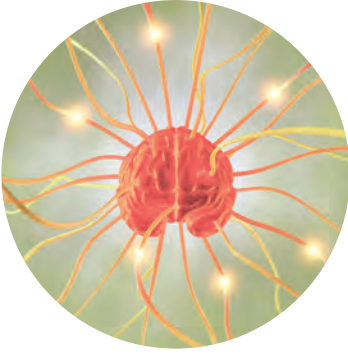
Yediklerimiz ve “Beyinlerimiz”

Yediğimiz şeylerin ruh halimizi ve duygularımızı etkilediği bilinir. Özellikle stresliyken bizi rahatlatan yiyecekler vardır. Yakın zamana kadar yediğimiz şeylerin duygularımızı nasıl etkilediği ve bizi nasıl rahatlatılabildiği açıklanamamıştı. Bu etkinin daha çok psikolojik olduğu, geçmiş yaşantılara ve şartlanmalara dayandığı görüşü yaygındı. Etkiyi yaratan şeyin yiyeceklerin tadı ve kokusu olduğu yönünde alternatif bir görüş de vardı. Ancak yeni bulgulara göre iki açıklama da doğru değil. Belçikalı araştırmacıların bulgularına göre, aslında gıdaların belirli bileşenleri karnımızda bulunan ve beyne sinyal gönderen sinirsel hormonlara etki ediyor. Araştırmacılar yaptıkları deneyde bir yandan yiyeceklerin her türlü lezzet unsurlarından soyutlanmalarını sağlamak için katılımcıları burunlarından midelerine indirilen hortumlarla besledi, bir yandan da beyinlerini MRI yöntemiyle taradı. Hortumlar yoluyla katılımcıların bir kısmına tuzlu su bir kısmına yağ asitleri verdiler. Aynı anda da katılımcılara nötr ya da hüzünlü duyguları tetiklediği kanıtlanmış müzikler dinlettiler. Ayrıca üzgün ya da nötr yüz ifadelerinin bulunduğu resimler gösterdiler. Katılımcıların ifadelerine ve beyin tarama sonuçlarına göre, yağ asitleri hem üzüntülü duyguları hem de açlık hissini tuzlu suya nazaran yarı yarıya azalttı.

MRI taramalarında yağ asitlerinin mideye ulaşmasından sonraki dakikalar içinde beynin duyguları yöneten kısımlarının etkinleştiği görüldü.

Farelerde yapılan araştırmalarda stres altındaki farelerin yağlı ve yüksek enerjili yiyecekleri tercih ettiği, enterik sinir sisteminin beynin yiyecek tercihini etkilediği belirlendi. Enterik sinir sistemi bunu beyinde açlığı tetikleyen grelin hormonunu üreterek yapıyor. Grelın genel olarak iştahı açıyor ve özellikle de muhtemelen dopaminle ilintili süreçleri etkinleştirerek yağlı yiyeceklerin ödül değerini artırıyor. New York'taki Albert Einstein Tıp Koleji'den Gary J. Schwartz'a göre pek çok dilde atasözleriyle anlatılmak istenen şey -Türkçedeki “iştah dışın dibindedir” atasözünde olduğu gibi- tamamen doğru. Gary yağlı bir besinin sadece tadının bile daha fazla yemeyi tetiklediğini belirtiyor.

Araştırmacılar beyinlerinde grelin almaçları bulunmayan mutant farelerin stres durumunda yağlı yiyecek tercih etmediğini, öte yandan sadece beyinlerinin yemeye ilişkili bölümünde grelin almaçları bulunan farelerin yağlı yiyecek tercih ettiğini belirledi. Grelın, enterik sinir sistemi ile beyin arasında gidip gelerek ruh hâline ve beslenmeye etki eden pek çok nörokimyasal mesaj taşıyıcıdan yalnızca biri.



“Birinci Beyin” ile Benzerlikler

İkinci beyin birinciyle pek çok benzer yanı var. O da çeşitli tiplerde nöronlardan oluşuyor ve beyindekiyle aynı destek hücrelerini içeriyor. Kendi kan-beyin bariyeriyle fizyolojik ortamını dengede tutabiliyor. Çok çeşitli hormonlar ve beyindekilerle aynı kategorilerde yaklaşık 40 çeşit nörotransmitter (sinirsel iletileri iletmede görevli kimyasal madde) üretiyor. Aslında karnımızda kafamızdaki ne denk miktarda dopamin üretildiği düşünülüyor. Hatta vücudumuzdaki serotoninin %95’i enterik sinir sisteminde bulunuyor. Dopamin beyinde zevk ve ödül sistemleriyle ilişkili bir sinyalcı molekül. Karında da yine, örneğin bağırsaktaki kasların kasılmasını koordine eden nöronlar arasında sinyalcı bir molekül olarak işlev görüyor. Mutluluk hormonu olarak bilinen ve depresyonu önlemede, uykuyu, iştahı ve vücut sıcaklığını düzenlemede etkili serotonin de karında sinyalcı bir molekül olarak işlev görüyor. Karında üretilen serotonin, kana karışıp karaciğer ve akciğerde zarar görmüş hücrelerin tamirinde de rol oynuyor. Ayrıca kalbin normal gelişiminde ve kemik gelişiminin engellenerek kemik yoğunluğunun düzenlenmesinde de etkili.

Hastalıklar ve İkinci Beyin

Enterik sinir sistemi ile beyin arasındaki ilişkinin pek çok sağlık sorunuyla ilintili olduğu düşünülüyor. Kaygı, depresyon, huzursuz bağırsak sendromu, ülser ve Parkinson gibi pek çok hastalık hem beyin hem de ikinci beyin düzeyinde belirtiler ortaya koyuyor. Los Angeles’taki California Üniversitesi’nden tıp, fizyoloji ve psikiyatri profesörü Dr. Emeran Mayer, kaygı ve depresyon sorunu yaşayan hastaların çoğunda sindirim yolu işlevlerinde değişimler görüldüğünü belirtiyor. Öte yandan enterik sinir sistemi iyi gelişmemiş ya da sağlıklı olduğunda, sindirim sisteminin ötesinde sağlık sorunlarının da ortaya çıktığı her geçen gün daha iyi anlaşılıyor. Beynin ve enterik sinir sisteminin hem benzerlikler taşıyan hem de birbiriyle bağlantılı olarak çalışan sistemler olduğu artık biliniyor. Dolayısıyla sistemlerden biriyle ilgili belirtiler ya da tedaviler diğer sistemi de etkileyebiliyor. Örneğin antidepresanlar hastaların çeyreğe yakınında mide rahatsızlığına neden oluyor. Seçici serotonin geri alım engelleyicileri sınıftaki antidepresanlar, yaygın adıyla mutluluk hormonu serotoninin düzeyini artırarak etki gösteriyor. Vücuttaki serotoninin %95’inin enterik sinir sisteminde bulunduğu göz önüne alındığında zihni etkilemeye yönelik ilaçların yan etki olarak sindirim sistemi sorunlarına yol açması daha çok anlam kazanıyor. Yine huzursuz bağırsak sendromu kısmen sindirim yolundaki serotonin fazlalığından kaynaklanıyor.

Stresli durumlarda karnımızda oluşan “pır pır etme” hissiyse beynin “savaş ya da kaç” tepkisi sonucu karnın karından uzuvlara doğru hareket etmesinden, bunun da enterik sinir sistemi tarafından algılanmasından kaynaklanıyor. Enterik sinir sistemiyle beyne dair hastalıklar arasında keşfedilen bağlantılar, ikinci beyin işlevlerinin sindirim sisteminin ötesine geçtiği düşüncesini güçlendiriyor. Yakın zamanda yapılan araştırmalarda ikinci beyne yapılan müdahalelerin majör depresyonda iyileşme sağlamaya yönelik bir potansiyel taşıdığı keşfedildi. Görünüşe göre karından beyne gönderilen sinirsel sinyaller ruh hâlini etkiliyor. 2006’da yayımlanan bir araştırmada, vagus sinirinin uyarılmasının kronik depresyon için etkili bir tedavi olabileceğini düşündüren bulgular ortaya kondu. Yeni yapılan araştırmalarda elde edilen bulgular gastrointestinal sistemdeki rahatsızlıklar sonucunda merkezi sinir sistemine gönderilen sinyallerin ruh hâlinde de değişiklikler oluşturabileceğine işaret ediyor.

Dr. Jay Pasricha’ya göre, bu bulgular huzursuz bağırsak sendromlu ve işlevsel bağırsak problemi olan insanlarda neden normalden daha yüksek oranda depresyon ve kaygı bozukluğu görüldüğünü açıklayabilir.



Dr. Pankaj Jay Pasricha

Bakterilerimiz de “Söz Sahibi”



Araştırmalar karın beyin ilişkisinde yeni bir aktörü daha ön plana çıkarıyor. Bağırsaklarımızda yaşayan ve sayılarının 100 trilyonu bulunduğu tahmin edilen bakterilerin de beynin etkinlikleri üzerinde etkili olduğu yönünde bulgular var. Topluca bağırsak florası olarak adlandırılan bu bakteriler bizimle karşılıklı faydaya dayalı bir uyum sağlayacak biçimde hareket ediyor. Bu bakterilerin probiyotikler olarak da anılan büyük kısmı bize faydalı. Besinleri gerekli şekilde sindirmemize yardımcı olan enzimler ve başka maddeler salgılıyorlar. Ontario'daki McMaster Üniversitesi'nde psikiyatri ve davranışsal sinirbilim alanlarında çalışan Jane Foster ve ekibi, bağırsaklarımızdaki bakteriler ile beynimiz arasında doğumdan itibaren sürekli bir iletişim olduğunu keşfetti. Bu iletişim bebeklik çağında beynin devrelerinin şekillenmesinde önemli bir rol oynuyor; kaygı durumunu ve hafızayı etkiliyor; beynin korkuyla ilgili düzenleme merkezi olan amigdalada ve beynin derinliklerinde yer alan, hafıza ve öğrenme için hayati bölge olan hipokampüste değişimler yaratıyor. Foster ve ekibinin bulguları başka araştırmacılara, sindirim

sisteminin mikrobik bileşiminde değişimler oluşturmanın stresle ilintili bozuklukların, örneğin depresyonun tedavisinde ve huzursuz bağırsak sendromu ve yangılı bağırsak hastalığı gibi hastalıkların kontrol altına alınmasında yardımcı olabileceğini düşündürüyor. Bununla birlikte, hangi bağırsak florası bileşiminin zihinsel sağlığımızı nasıl etkilediğini anlamayı ve bulguları tedaviye dönüştürmeyi amaçlayan araştırmalar da yapılıyor. Bunlardan biri İrlanda'daki College Cork Üniveritesi'nden John Cryan tarafından bir laktobasilus soyu üzerinde yapılan araştırma. Laktobasilus bağırsakta bulunan zararsız bir bakteri, aynı zamanda peynirin, yoğurdun ve pek çok mayalanmış gıdanın da bir bileşeni. Mayalanmış yiyecekler insanlık tarihinde uzun bir zaman beslenmede önemli bir yer tuttu. Şimdiyse bunlar yerini büyük ölçüde işlenmiş gıdalara bırakmış durumda. Cryan üzerinde çalıştıkları laktobasilus soyunun, farelerin beyin hücrelerinde çok önem taşıyan bir nörotransmitter olan GABA'ya duyarlı almaçların üretimini değiştirdiğini ve farede kaygı göstergesi olan davranışları azalttığını keşfetti. Bu ve benzeri bulgular, henüz çok spesifik bakteri soyları ve onlarla ilintili çok spesifik etkiler için geçerli olsa da probiyotiklerin de beynimiz üzerinde bir şekilde etkili olabileceğini düşündürüyor.

Oxford Üniversitesi'nden Katerina Johnson ve Kevin Foster adlı bilim insanlarının geçtiğimiz yıl *Nature Reviews Microbiology*'de yayımladıkları bir araştırmada beynimizin normal şekilde işlev görmesinde sağlıklı bir bağırsak mikrobiyomunun rol oynuyor olabileceği yönünde bulgular ortaya kondu. Bu, bağırsak mikrobiyomundaki anormalliklerin de nörolojik hastalıklarla ilişkisi olabileceğini düşündürüyor. Örneğin otizm spektrumundaki bireylerin bağırsak mikrobiyomlarında anormallikler olabildiği ve sıklıkla gastrointestinal problemler yaşayabildikleri biliniyor. Geçen yıl yayımlanan bir araştırmada bir grup otizmlili çocuğun bağırsağına sağlıklı vericilerden dışkı nakli yapıldı ve nakil alan çocukların hem gastrointestinal sorunlarında hem de otizm semptomlarında azalma görüldü. Üstelik otizm semptomları tedavinin bitmesinden iki yıl sonra bile azalmaya devam etti.



Enterik ve merkezi sinir sistemleri arasındaki bu bağlantıların anlaşılmasının, antidepresanların ve algısal davranışsal terapi ya da medikal hipnoterapi gibi zihin-vücut terapilerinin huzursuz bağırsak sendromu ve başka bağırsak bozuklukları üzerindeki etkisinin anlaşılmasına yardımcı olabileceği düşünülüyor. Nitekim 13 araştırmanın gözden geçirildiği bir çalışmada, psikoloji temelli tedaviler gören hastaların geleneksel ilaç tedavisi görenlere nazaran sindirim yolu problemlerinde daha çok azalma görüldü.

Beyin karın bağlantısına ilişkin, belirtiler düzeyinde bir örnek de otizmlili bireylerde sıklıkla kronik kabızlık, karın ağrısı ve dışkı tutamama durumlarının görülmesi. Amerikan Pediatri Akademisi'nin 2010'da yayınladığı otizm türü hastalıklarda görülen sindirim yolu sorunlarıyla ilgili raporun yazarları arasında bulunan Gershon, otizmin muhtemelen sinapslarda küçük anormallikler doğuran genetik bir hastalık olduğunu ve hem merkezi hem de enterik sinir sistemlerini etkilediğini, otizmle ilişkili sindirim yolu sorunlarının kaynağının da bu olabileceğini belirtiyor. Öte yandan otizmlili bir beyin sindirim yolu rahatsızlıklarına yol açıyor olabileceğini ya da sindirim yolundaki anormalliklerin bir şekilde beyinde otizmi tetikleyebileceğini ya da belirtilerini kötüleştirebileceğini de olasılıklar arasında sayıyor. Örneğin, bazı hastalar ve araştırmacılar gluten ve süt proteini olan kazein içermeyen bir beslenmenin otizm belirtilerini hafiflettiğini düşünüyor. Gershon çeşitli kalıtsal ve çevresel etmenlerin kombinasyonlarının, otiz-

mi ve sindirim yolu rahatsızlıklarını aynı anda tetiklediğinden şüpheleniyor. Sebep sonuç ilişkisinin hangi yönde olduğu henüz anlaşılmalıysa değilse de araştırmalar ikinci beyin otizme yönelik tedavilerde bir hedef olabileceğini düşündürüyor. Anne sütünün, oksitosin adlı hormon da dâhil çeşitli bileşenlerinin, sindirim yolundaki nöronların gelişimini desteklediği anlaşıldı. Bu da anne sütüyle beslenmeyen prematüre bebeklerde ishal ve bağırsak dokularının yangıya uğrayıp ölmesine yol açan nekrotizan enterokolit hastalığının görülmesinin nedenini açıklayabilir.

İkinci beyin, beyinle ilgili çok çeşitli hastalıklarla ilişkili olduğu yönünde keşifler yapılıyor. Örneğin, Parkinson hastalığında hareket ve kas kontrolüyle ilgili sorunlar, beyinde dopamin üreten hücrelerin kaybı sonucu oluşuyor. Ancak Almanya'daki Frankfurt Üniversitesi'nden Heiko Braak, Parkinson hastalığında hasarı oluşturan ve Lewy cisimcikleri olarak adlandırılan protein yığınlarının sindirim yolundaki dopamin üreten nöronlarda da bulunduğunu keşfetti. Hatta Parkinson'dan ölmüş bir kişinin vücudunda Lewy cisimciklerinin dağılımını inceleyen Braak, aslında bozukluğun ilk önce sindirim yolunda çevresel bir tetikleyici -örneğin bir virüs- nedeniyle başladığını ve beyne vagus siniri yoluyla yayıldığını düşünüyor. Benzer şekilde Alzheimerlı hastaların beyin nöronlarında görülen plaklar ve düğümler hastaların sindirim yolundaki nöronlarda da görülüyor. Pasrishca, beyinle ilişkileri yeni yeni anlaşılıyor olsa da enterik sinir sisteminin şimdiden beyne açılan bir pencere sunduğu görü-

şünde. Sindirim yolundan alınacak biyopsilerin hem erken teşhis hem de tedaviye verilen yanıtın takibi için kullanılabileceğini düşünüyor.

İkinci beyindeki hücrelerin tedavi amacıyla bile kullanılabileceği düşünülüyor. Sinir hücrelerinin aşamalı olarak hasara uğrayıp öldüğü nörodejeneratif hastalıklara yönelik deneysel bir tedavide, sinir kök hücrelerinin beyne aktararak kaybedilmiş nöronların yenilenmesi hedefleniyor. Bu kök hücrelerin beyinden ya da omurilikten alınması çok zor. Ancak şimdi sinir kök hücrelerinin yetişkinlerin sindirim yolunda da bulunduğu keşfedildi. Kuramsal olarak bunlar basit bir biyopsiyle alınabilir ve sinir kök hücreleri için hazır bir kaynak oluşturabilir.

Görünen o ki ikinci beyin hem sağlık konuları hem de temel bilimsel sorular açısından çok daha fazla ilgiyi hak ediyor. Araştırmacılar ikinci beyin işlevleri daha iyi anlaşıldıkça pek çok hastalıkla ilgili önemli bağlantılar ortaya çıkacağını, bunun da hem teşhis ve tedaviler hem de sağlıklı yaşam alışkanlıkları açısından ciddi uygulamaları olacağını düşünüyor. Bizler de belki bundan sonra bir sunum öncesi karın ağrımızda ya da sınav öncesi yeme krizimizde, ikinci beynimize bir selam göndermeyi ihmal etmeyiz. ■

Kaynaklar

<http://www.scientificamerican.com/article/gut-second-brain/>
<http://www.psychologytoday.com/articles/201110/your-backup-brain>
http://www.nytimes.com/2005/08/23/health/23gut.html?pagewanted=all&_r=0
http://www.newscientist.com/article/mg21628951_900-gut-instincts-these-secrets-of-your-second-brain.html
<https://www.health.harvard.edu/diseases-and-conditions/the-gut-brain-connection>
<https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/the-brain-gut-connection>
<https://www.sciencemag.org/news/2018/09/your-gut-directly-connected-your-brain-newly-discovered-neuron-circuit>
<https://phys.org/news/2018-04-microbes-gut-affect-brain-behaviour.html>