

SİNDİRİM SİSTEMİ

PROF. DR. HAKAN ÖZTÜRK

ANKARA ÜNİVERSİTESİ VETERİNER FAKÜLTESİ FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI



ÖĞRENME HEDFELERİ

1. Hayvan türlerine göre sindirim sisteminin anatomik yapısı ve yardımcı organların (tükürük bezleri, karaciğer, pankreas) işlevleri hakkında bilgi sahibi olur.
2. Çiğneme, yutma ve peristaltik hareketler gibi mekanik sindirim süreçlerini, tükürük, gastrik ve pankreatik salgılar gibi kimyasal sindirim süreçlerinden ayırt edebilir.
3. Köpek, kedi ve domuz gibi tek mideli hayvanların midelerinin bölümlerini ve bu bölümlerin sindirimindeki fonksiyonlarını açıklar.
4. Sığır, koyun ve keçi gibi geviş getiren hayvanların çok odacıklı midesinin (rumen, retikulum, omasum, abomasum) özel işlevlerini ve mikrobiyal fermantasyonun bu hayvanların beslenmesindeki kritik rolünü açıklar.
5. At ve tavşan gibi tek mideli, ancak arka bağırsak fermantasyonu yapan hayvanların sindirim sistemlerinin anatomik ve fizyolojik adaptasyonlarını analiz edebilir.
6. Karbonhidrat, yağ ve proteinlerin sindirim ve emilim süreçlerini sindirim sisteminin bölümleri/organları bazında karşılaştırır.
7. Sindirim sistemi hormonları (gastrin, sekretin, kolesistokinin vb.) ve nöral kontrol mekanizmalarının sindirim sürecini nasıl düzenlediği hakkında bilgi sahibi olur.



NASIL BİR DOĞUM GÜNÜ?

- Luna, 2 yaşında dişi Maltese Terrier ırkı neşeli ve oyunbaz bir köpektir. Doğum gününde ani şiddetli bir karın ağrısı, bulantı, kusma, güçsüzlük ve nefes alma zorluğu semptomları sergiliyor (apandisit, bağırsak tıkanıklığı, safra kesesi iltihabı veya kalp krizi ???).
- EKG'de kalp krizi belirtisi görünmüyor.
- Pankreas büyümüş, safra kanalları genişlemiş ve safra kesesinde birkaç küçük taş belirleniyor.
- Pankreas enzimleri lipaz ve amilaz ile lökosit sayısı önemli ölçüde artmış.
- Safra stazına (kolestaz) işaret eden enzimler alkalik fosfataz (AP), γ -glutamiltransferaz (γ -GT) ve bilirubin artmış.
- Papilla Vateri küçük bir safra taşı tarafından tıkanmış, safra ve pankreas salgıları doudenuma boşaltılamıyor. Bu durumda sindirim enzimleri pankreas dokusunu tahrip eder ve akut pankreatit gelişir.
- Endoskopik papillotomi yapıldı. Birkaç gün sonra kan değerleri normale döndü.

GİRİŞ

- Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları besin maddelerinin sindirilmesi, emilmesi ve metabolik süreçlerde kullanılabilir hale getirilmesi, kompleks ve birbiri ile uyumlu fizyolojik mekanizmalar sayesinde gerçekleşir. Sindirim sistemi, sindirim kanalı ile bu kanalın yardımcı organlarından oluşur. Yardımcı organlar arasında **dişler, dil, tükürük bezleri, pankreas, karaciğer ve safra kesesi** bulunur.
- Sindirim sistemi, hayvan türleri arasında büyük farklılıklar gösterir. Bu yapısal farklılıklar esasen hayvanın etçil (**karnivor**), otçul (**herbivor**) veya hepçil (**omnivor**) olmasına dayanmaktadır.

GİRİŞ

- Sindirim stratejileri, türlerin beslenme alışkanlıkları ve adaptasyonlarına göre büyük çeşitlilik gösterir. Örneğin, geviş getiren hayvanlar (ruminantlar) gibi **pregastrik fermentörler** (ön bağırsak fermentörleri) ihtiyaç duydukları enerjiyi asıl midelerinin ön kısmında bulunan geniş fermantasyon odacıklarında (önmideler) tükettikleri besin maddelerini mikroorganizmaların yardımıyla fermantasyona tabi tutarak elde ederken, **postgastrik fermentörler** ya da arka bağırsak fermentörleri (at, tavşan gibi monogastrik hayvanlar) ihtiyaç duydukları enerjinin büyük kısmını mideden sonraki bağırsak bölümlerinde, özellikle sekum ve kolon bölgesinde gerçekleşen mikrobiyal fermantasyonla kazanırlar.
- Bu fizyolojik çeşitlilik, her bir türde besin işleme süreçlerinin farklı hücresel ve moleküler düzenlemelerle gerçekleştiğini gösterir.

GİRİŞ

Sindirim sisteminin sekiz temel işlevi vardır. Bunlar:

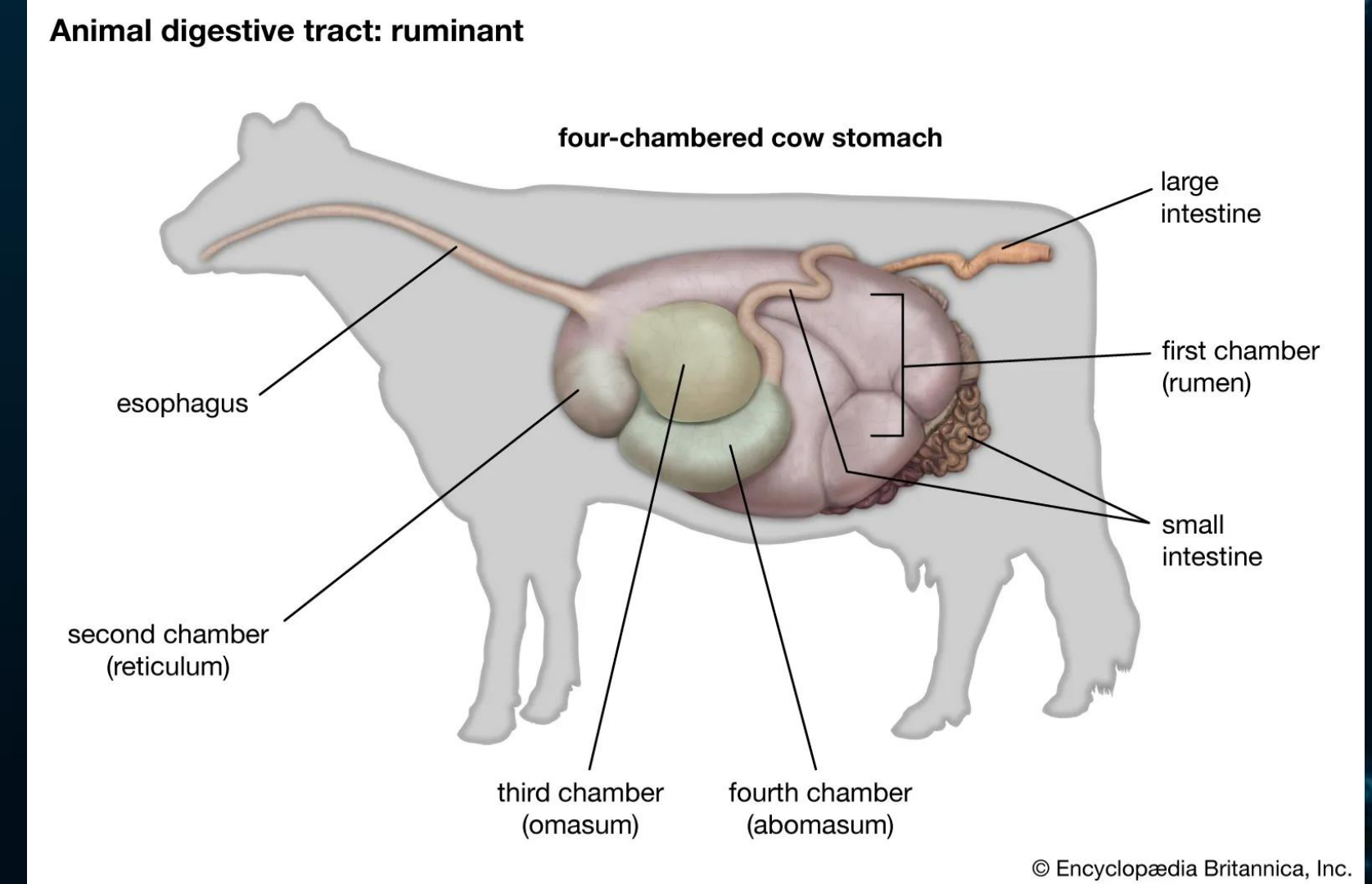
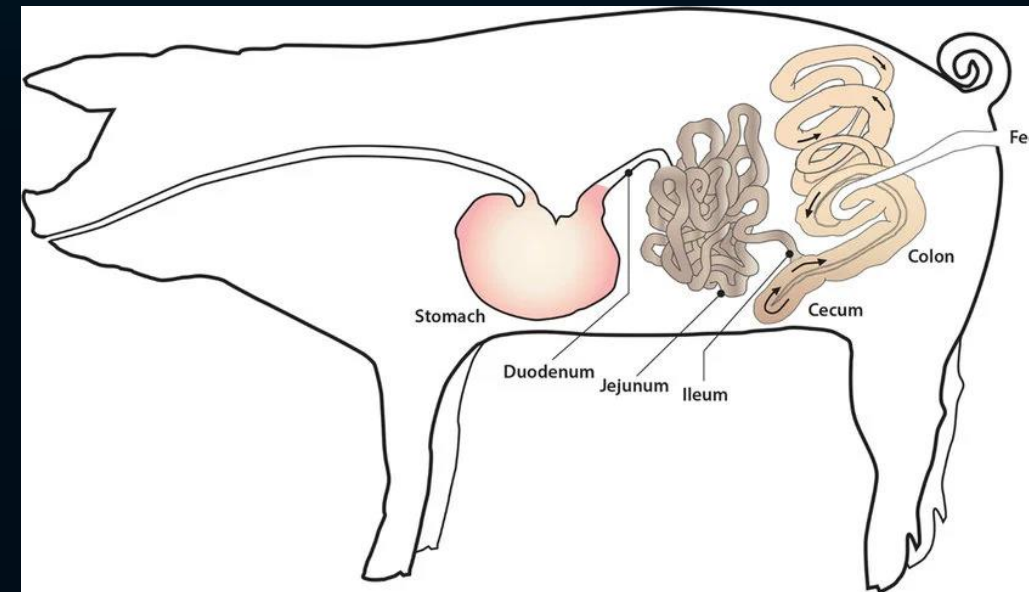
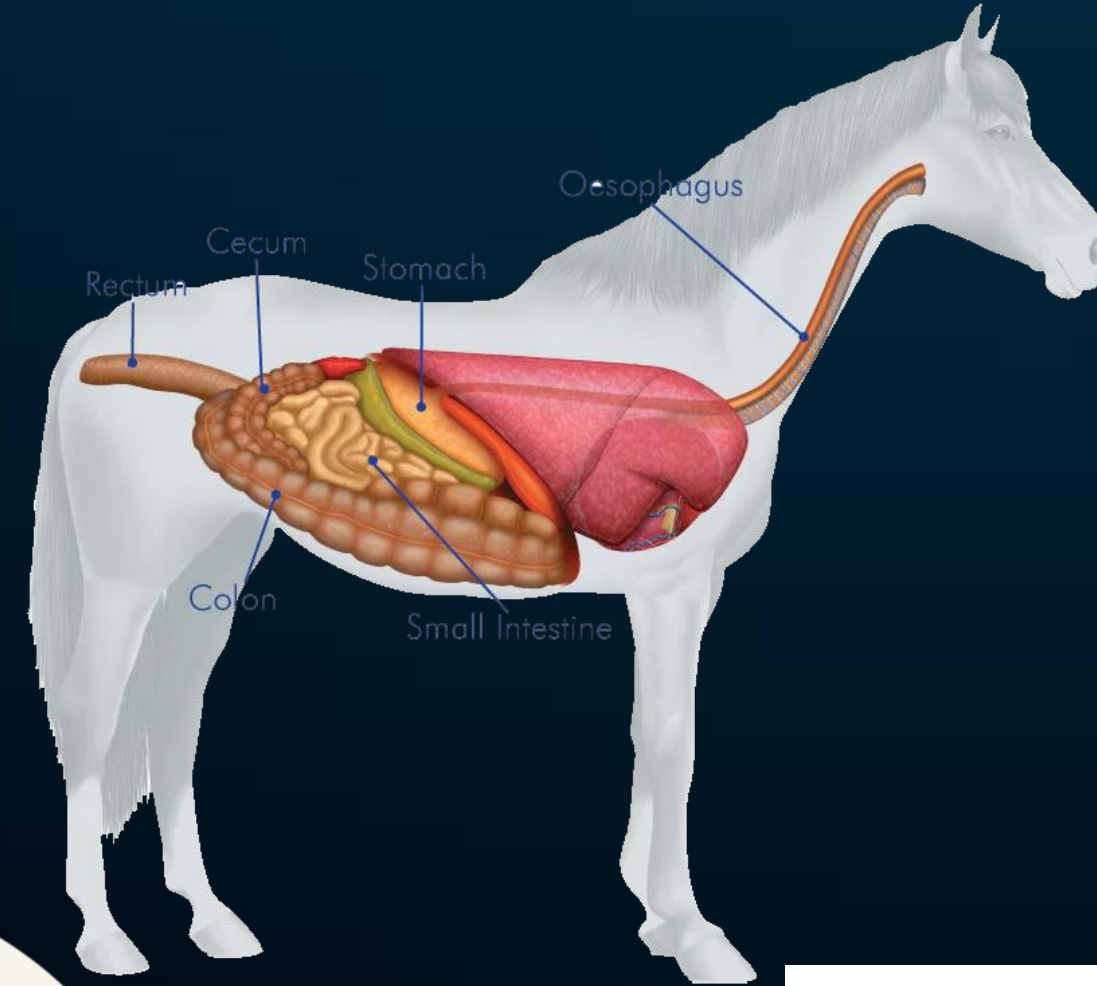
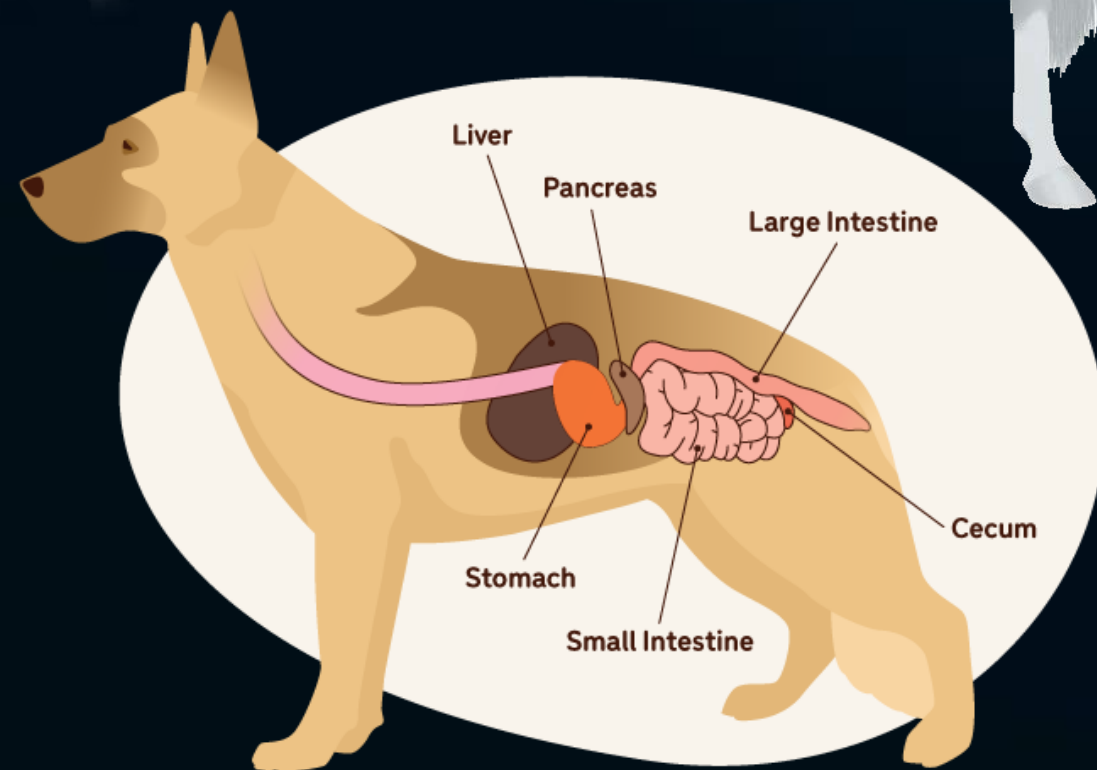
1. Besinlerin ağız yoluyla vücuda alınması (**alım**),
2. Yenilen besinlerin sindirim kanalında ilerletilmesi (**ilerletme**),
3. Besinlerin sindirim kanalının hareketleriyle fiziksel olarak küçük parçalara ayrılması (**fiziksel sindirim**),
4. Fiziksel olarak parçalanmış ve bu sayede yüzey alanı büyütülmüş besin maddelerinin enzimler yardımıyla hücrelerden emilebilecek kadar küçük moleküllere kimyasal olarak parçalanması (**kimyasal sindirim**),
5. Sindirim süreçlerini kolaylaştırmak için sindirim kanalına su, mukus, enzim, asit ve tuz gibi maddelerin salınması (**salgılama**),
6. Besinlerin, elektrolitlerin, vitaminlerin ve suyun sindirim kanalından vücuda geçmesi (**emilim**),
7. Atık maddelerin dışkılama yoluyla vücuttan atılması (**eliminasyon**),
8. Fiziksel bir bariyer ve doğuştan gelen bağışıklık sistemi sayesinde patojenlerin vücuda girmesinin engellemesidir (**bağışıklık**).

GİRİŞ

- Veteriner hekimlikte sindirim fizyolojisinin önemi, yalnızca besleme yönetimi ve rasyon hazırlama gibi konularla sınırlı olmayıp aynı zamanda gastrointestinal sistemin patofizyolojisi, türler arası farklılıklar ve klinik semptomların anlaşılması açısından da büyük önem taşır.

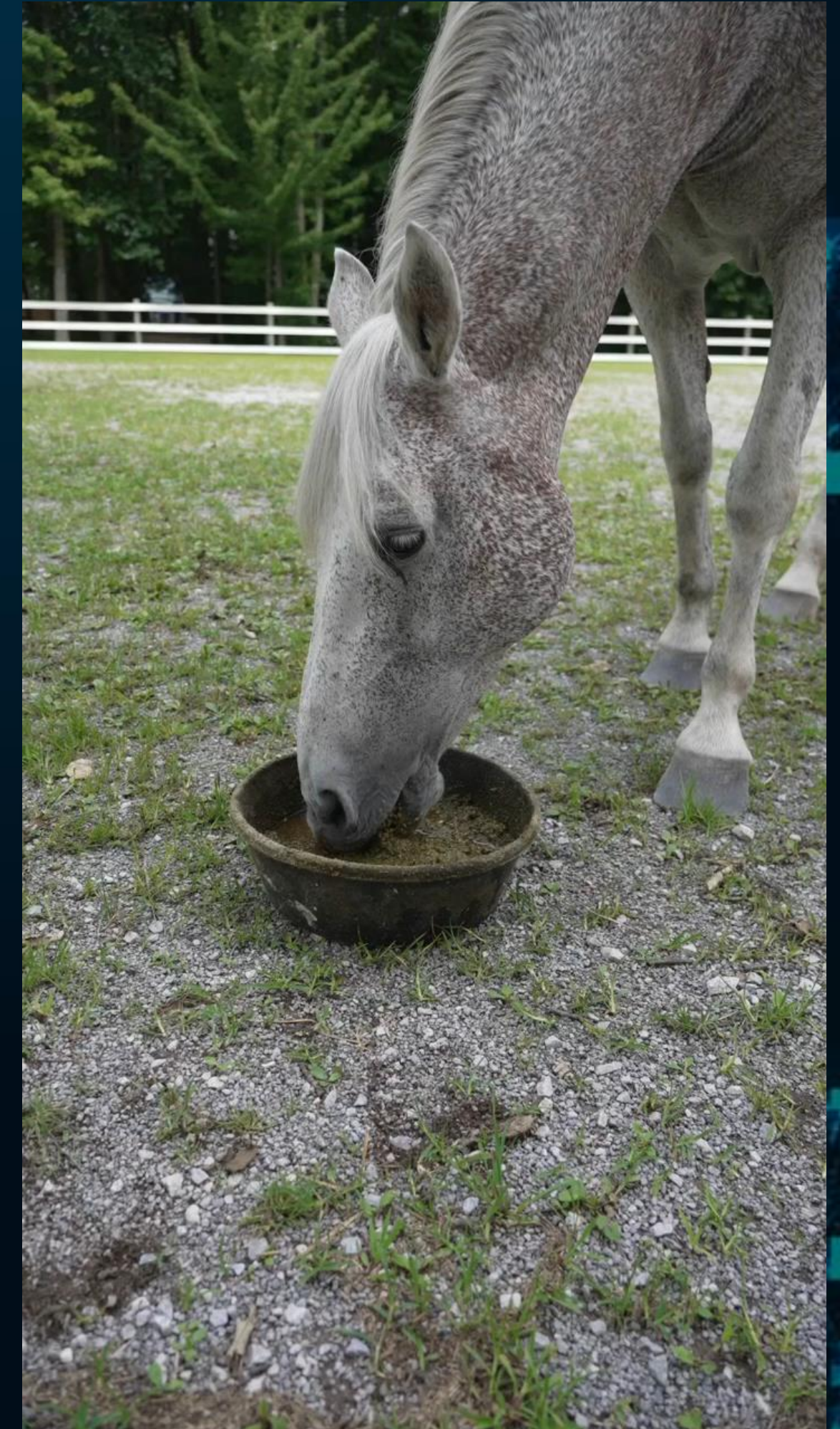


A Dog's Digestive System



BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

- Tüm evcil memelilerde dudaklar, dişler ve dil, gıda alımında merkezi organlardır. Ancak gıda alımı hayvan türleri arasında önemli farklılıklar gösterir.
- Atlar yemlikten beslendiklerinde, yem esas olarak iyi hareket edebilen dudaklar tarafından alınır. Merada otlamada ise üst ve alt kesici dişlerin otu tabanından koparmasına izin vermek için dudaklar geri çekilir.



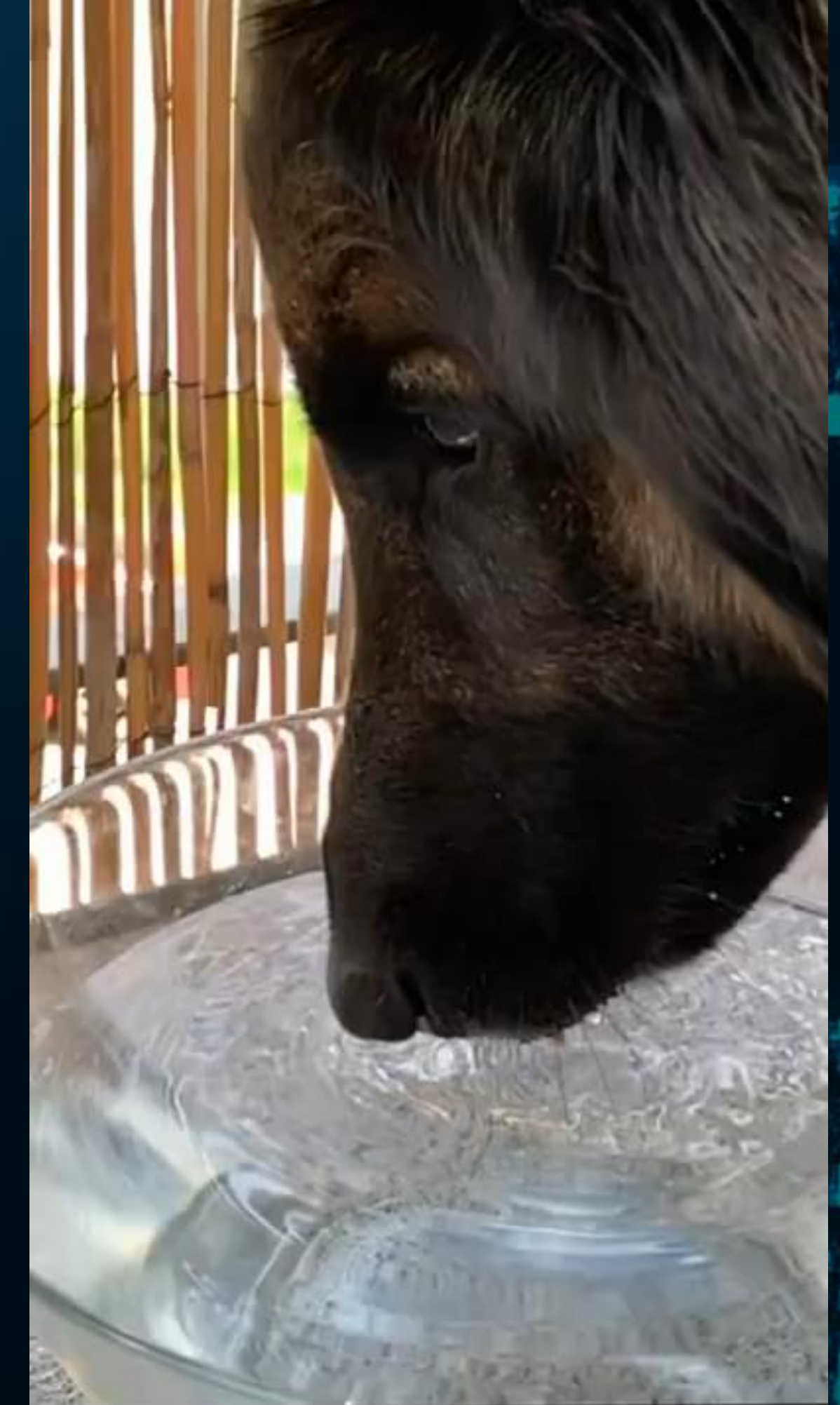
BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

- Atlara kıyasla siğir ve koyunlarda dudaklar nispeten daha az hareketlidir. Bu hayvanlarda küçük ot demetleri uzun, ince ve hareketli dil ile kavranır, boyuna doğru olan kafa hareketleriyle koparılır.
- Domuzlar, doğada burunları ile zemini kazarlar ve öne doğru sivrilmiş alt dudaklarıyla besini ağız boşluğuna alırlar.



BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

- Karnivorlar gıda alımında öncelikle dişlerini kullanır, bu sırada genellikle ön ayaklar besinin fiksasyonunu sağlar. Serbest ve hareketli dil uçlarını kaşık formuna getirerek sıvıları alırken, diğer tüm memeliler inspirasyon ve dil kasılmasıyla emme gücü yaratıp sıvıları ağız boşluğuna naklederler.



BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

- Çiğneme sürecinde lokma küçük parçalara ayrılır ve tükürük ile ıslatılarak yutulabilir bir forma getirilir. Çiğneme yoğunluğu türden türe değişir ve yemin yapısından etkilenir. Karnivorlarda alınan besin daha az çiğnenirken, herbivorlarda besinin çiğnenmesi daha uzun bir süreci kapsar. Ruminantlarda her lokma için yaklaşık 60 saniye süren ruminasyon fazı mevcuttur.
- Çiğneme sırasında çene hareketleri karnivor ve omnivorlarda ağırlıklı olarak vertikal düzlemde yapılırken, herbivorlarda horizontal düzlemde ve genellikle sadece çenenin bir tarafında çiğneme tarzında olur.

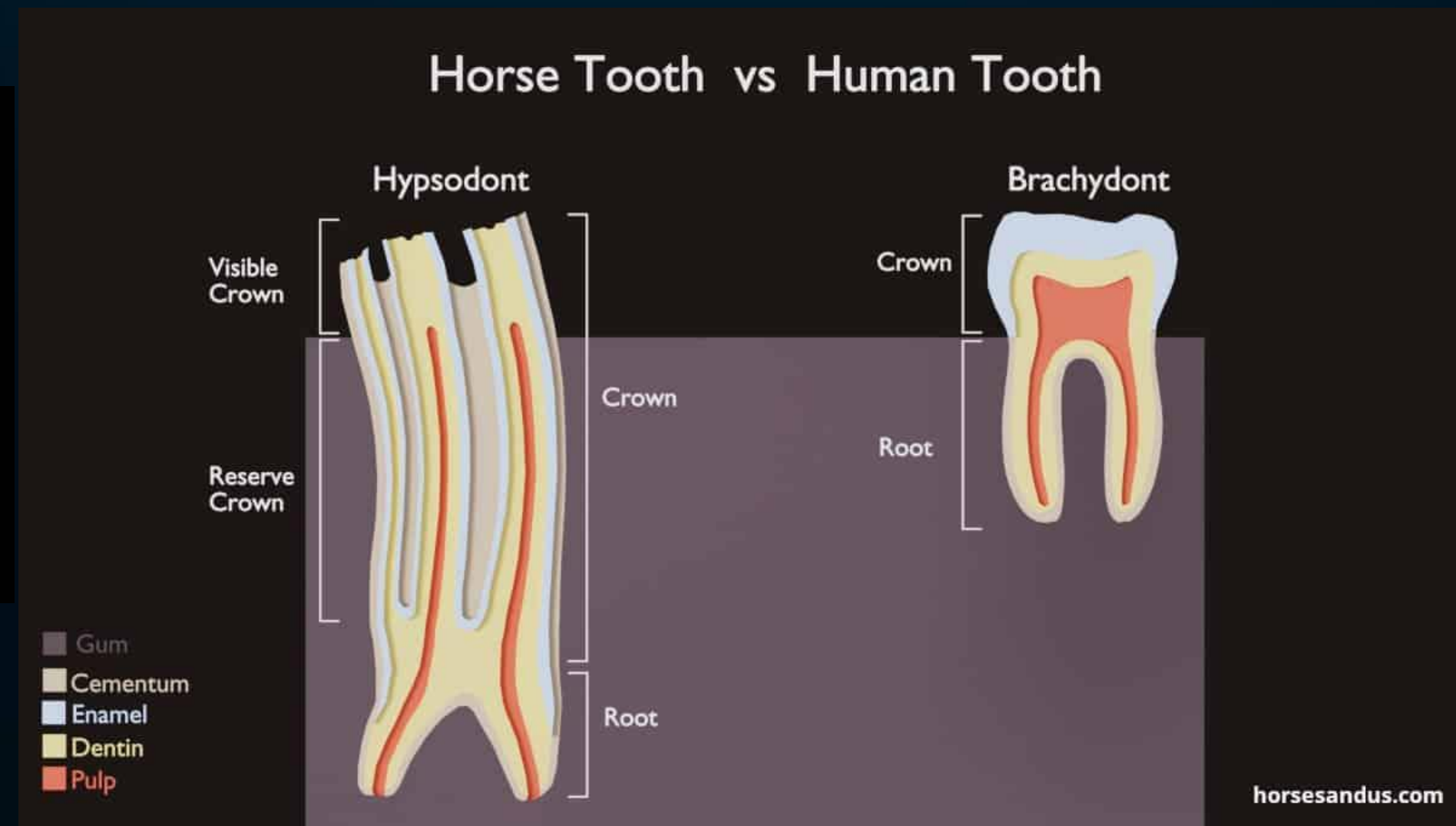


BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

- Dişler öncelikle yiyeceğin mekanik olarak parçalanmasına hizmet eder. Bunun yanı sıra bazı türlerde savunma, av yakalama veya sosyal davranışlarda da rol oynar.

Brakiodont Dişler (Kısa Taçlı Dişler)

- Taç (görünen kısım) kısadır, kökler uzun ve belirgindir. Diş çıktıktan sonra sürekli büyümmez, aşınır ve yenilenmez (çoğu memelide sadece bir kez kalıcı diş seti oluşur). Çiğneme yüzeyi tamamen mine ile kaplıdır. Mine hasar gördüğünde çürük (caries) oluşabilir.
- İnsanlar, köpekler, kediler ve domuzlar (yaban domuzlarının dışarı uzanan köpek dişleri (tusk) hariç) tamamen brakiodont dişlere sahiptir.
- Geviş getiren hayvanların (sığır, koyun, keçi vb.) kesici dişleri de genellikle brakiodont özellik gösterir, ancak azı dişleri hipsodont dişlerdir.



BESİN ALIMI VE ÇİĞNEME

Hipsodont Dişler (Yüksek Taçlı Dişler)

- Taç çok uzundur (büyük kısmı çene kemiği içinde “rezerv taç” olarak bulunur). Dişler sürekli erupte olur (yavaş yavaş dışarı çıkar), böylece aşınma telafi edilir. Mine sadece taç kısmını kaplar, kök kısmı sementum ile çevrilidir.
- Atların kesici ve azı dişlerinin tamamı, yaban domuzunun dışarı uzanan köpek dişleri (tusklar), geniş getiren hayvanların (sığır, koyun vb.) azı dişleri, kemirgenler (fare, sincap vb.) ve tavşansıların (tavşan, kobay) kesici dişleri hipsodont dişlerdir.

BİLGİ NOTU:

- Evcil domuzlarda genellikle brakiodont olsa da, yaban domuzunda dışarı uzanan köpek dişleri aradicular hipsodont (kök gelişmemiş, sürekli uzayan) özellik gösterebilir.
- Hipsodont dişler “sürekli uzar” diye bilinse de aslında gerçek “sınırsız büyüme” (hypselodont) daha çok kemirgenlerin ön dişlerinde ve bazı tavşanlarda görülür. At ve geniş getirenlerde büyüme sınırlıdır; çok yaşlı bireylerde dişler aşınır ve uzama durur. Yani çok yaşlı hayvanlarda uzama süreci sona erer.

YUTMA

- Yutma, ağızda çiğnenip tükürükle nemlendirilen ve kayganlaştırılan besin kitesinin ağız boşluğundan mideye iletilmesini sağlayan, istemli ve istemsiz (refleks) hareketlerin koordinasyonuna dayanan karmaşık bir fizyolojik süreçtir.
- Bu işlem sırasında besin, solunum yollarına kaçmadan özofagusa taşınır. Özellikle farinks bölgesinde hava yolu ile besin yolu anatomik olarak kesiştiği için bu koordinasyon yaşamsal önem taşır.

YUTMA

Yutma 3 aşamadan oluşur:

1. **Oral Aşama (İstemli Aşama):** Lokma, dil kaslarının kasılmasıyla dil ve sert damak arasında sıkıştırılır ve farinkse doğru itilir. Farinkteki mekanoreseptörler uyarılır ve bu uyarılar N. vagus, N. glossopharyngeus ve N. trigeminus'un afferent lifleriyle yutma merkezine iletilir. Beyin sapındaki 4. beyin ventrikülünün tabanında bir grup nöron tarafından oluşturulmuş yutma merkezi aktive edilerek istemsiz yutma refleksi tetiklenir. Böylece yutmanın ikinci refleksif (faringeal) aşaması başlar.
2. **Faringeal Aşama:** Yutmanın refleksif kısmı V., IX., X., XI ve XII. kraniyal sinirlerin motorik dalları üzerinden kontrol edilir, bu sinirlerin efferent dalları dil, ağız boşluğu, yutak ve gırtlak kaslarını innerve eder. Yumuşak damağın farinksin arka duvarına doğru yükselmesiyle burun boşluğu kapanır. Farinkteki peristaltik kasılmalar, yiyeceği üst özofagus sfinkterine iter ve buradaki basıncı yükseltir. Larinks yükselir ve epiglottis trakeayı kapatır. Bu sırada ikinci aşamanın sonuna kadar nefes alma engellenir (yutma apnesi). Peristaltik dalgalar daha sonra özofagus gövdesine yayılır ve üst özofagus sfinkteri kapanır. Böylece üçüncü (özofageal) aşama başlar.

YUTMA

3. **Özofageal Aşama:** Özofagusun kranialinden başlayarak kaudale ilerleyen bir peristaltik dalga oluşur (primer peristalsis). Lokma sıkışıp kalırsa, özofagusun gerilmesiyle bir vagovagal refleks tetiklenir ve ikinci bir dalga oluşur (sekonder peristalsis). Özofagus duvarındaki bezler, yiyeceğin daha kolay kaymasını sağlayan mukus üretir. Peristaltik dalga, lokmanın özofagustan mideye doğru ilerlemesini sağlar. Yutma sırasında vagus siniri aracılığıyla medulla oblongata'daki yutma merkezinden gelen sinyaller alt özofagus sfinkterinin gevşemesine yol açar. Bu gevşeme, özofagusun distal segmentindeki peristaltik dalga ile senkronize şekilde gerçekleşir ve lokmanın mideye geçişini sağlar.



YUTMA

- Özofagusun kas katmanı (muscularis externa), hayvan türüne bağlı olarak iskelet veya düz kaslardan oluşmuştur. Köpeklerde, atlarda ve geviş getiren hayvanlarda kas, özofagusun tüm uzunluğu boyunca iskelet kasından oluşmuştur. Kedilerde ve primatlarda ise özofagusun üst 2/3'lük kısmı iskelet, alt 1/3'lük kısmı ise düz kas yapısındadır. Kuşların yemek borusu tamamen düz kaslardan oluşmuştur.
- Yiyeceklerin yemek borusundan aşağı doğru hareket etmesi için hem dairesel hem de uzunlamasına kas katmanlarına ihtiyaç vardır. Özofagusta lokmanın ilerleyiş hızı köpekte yaklaşık saniyede 5 cm kadardır. Buna göre lokma 4-5 saniyede yemek borusundan mideye nakledilir. Özofagus ile midenin birleşim yerinde midenin yüksek asitli içeriğinin özofagusa geri akmasını (reflü) ve mukozaya zarar vermesini önleyen **kardiyak sfinkter** adı verilen bir kas kalınlaşması vardır.

EK BİLGİ

- Bir hayvana ilaç verirken, ilacın yutulabilmesi için dilin arka kısmına, yani orofaringeal bölgeye yerleştirilmesi gerekir. Bu bölge, yutma refleksinin istemsiz olarak tetiklendiği anatomik noktadır. Dilin ön kısmına yerleştirilen ilaçlar genellikle hayvan tarafından tükürülerek dışarı atılır.
- Atlar yumuşak damaklarını istemli şekilde kaldıramaz ve bu nedenle yalnızca burunlarından nefes alabilirler. Atlarda yumuşak damak, epiglottisin altına sıkıca oturur. Bu yapı, ağızdan gelen havanın trakeaya ulaşmasını engeller. Bu özellik, solunum yolu hastalıklarında ciddi sonuçlar doğurabilir. Örneğin, burun tıkanıklığı yaşayan bir at, solunum sıkıntısı yaşayabilir, çünkü ağızdan nefes alma gibi bir alternatifi yoktur.



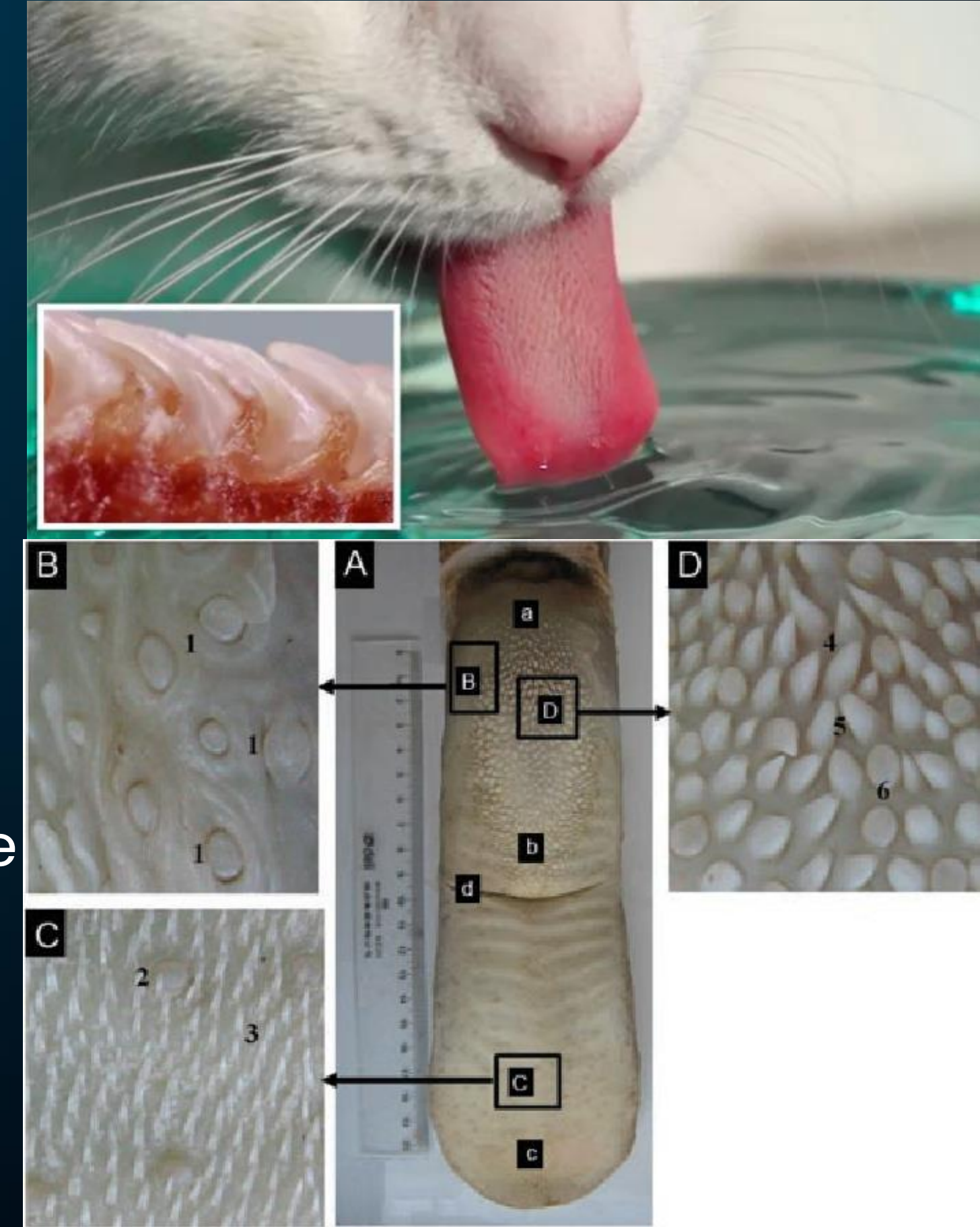
DİL

- Dil, yiyeceklerin yakalanması ve yönlendirilmesi için büyük esneklik ve hareket yeteneği sağlayan kas demetlerinden oluşur. Motor fonksiyonları hipoglossal sinir (XII. kraniyal sinir) tarafından kontrol edilen dil, yiyecekleri ağı dişlerinin çiğneme yüzeylerine taşımakla kalmaz, aynı zamanda yiyecekleri yutma aşamasında özofagusa doğru iter.
- Bazı türlerde, özellikle kedilerde, dil aynı zamanda tüy temizliği ve bakımında da aktif rol oynar.



DİL

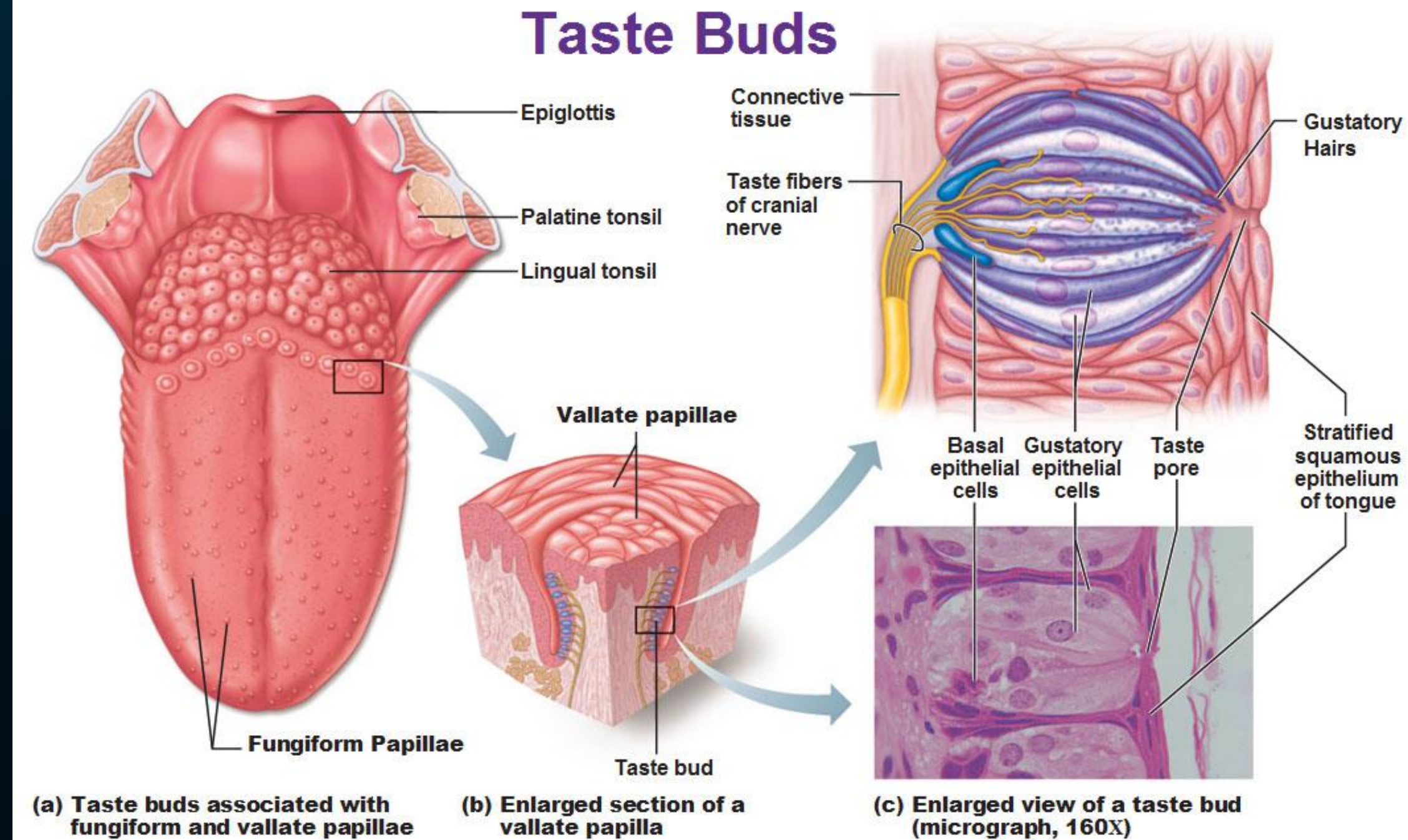
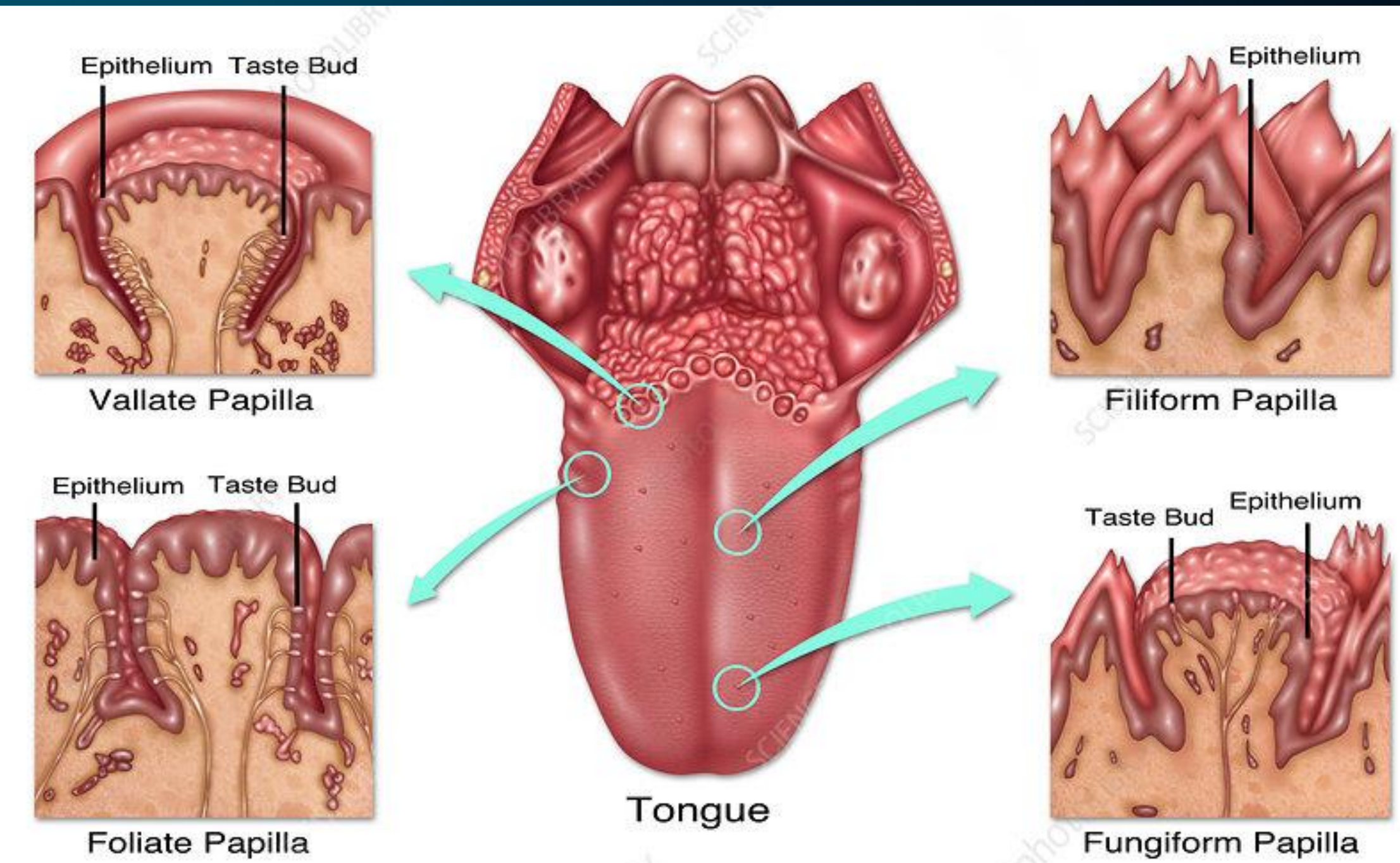
- Hayvanlarda dilin yüzeyinde yer alan papillalar (papillae linguales), temel olarak mekanik ve duysal (tat alma) görevleri yapmak üzere iki ana gruba ayrılır.
- **Mekanik Papillalar (Papillae Mechanicae):** Bu papillaların görevi yiyecekleri tutmak, dili temizlemek ve dokunma duysunu sağlamaktır. Üzerlerinde tat tomurcuğu bulunmaz.
- **Papilla Filiformis (İpliksi Papillalar):** Dilin sırtında en yaygın bulunan, ince ve uzun papillalardır. Uçları genellikle geriye (boğaza doğru) dönüktür. Yiyeceklerin ağız içinde taşınması, su içme (özellikle kedigillerde) ve dilin yüzeyini pürüzlü hale getirerek besinlerin kavranmasını sağlarlar.
- **Papilla Conicae (Konik Papillalar):** Filiform papillaların daha büyük ve sert versiyonlarıdır. Özellikle ruminantlarda (sığır, koyun vb.) dilin kök kısmında yoğun bulunurlar. Sert otların ve yemlerin yemek borusuna doğru itilmesine yardımcı olurlar.
- **Papilla Lentiformes (Merceksi Papillalar):** Sadece ruminantlarda görülür; yassı ve geniş bir yapıya sahiptir. Dilin sırtındaki mukoza tabakasını koruma ve besinlerin öğütülmesine mekanik destek verme görevini yerine getirirler.



A) a: dil kökü; b: dil gövdesi; c: dil ucu; d, Sulcus transversus linguae
B) 1, vallat papillalar.
C) 2, fungiform papillalar; 3, filiform papillalar.
D) 4, 5, konik papillalar; 6, merceksi papillalar.

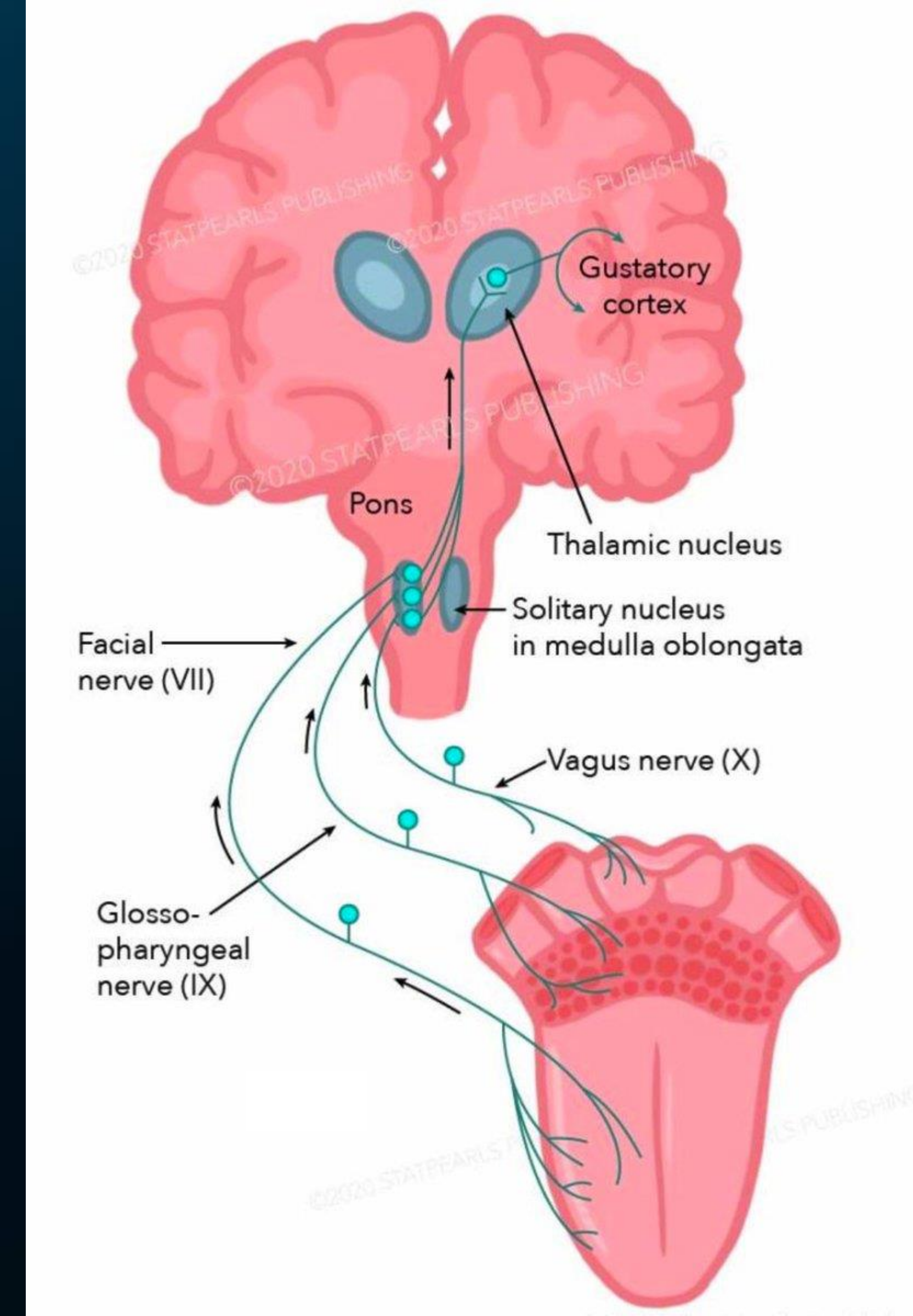
DİL

- **Tat (Duyusal) Papillaları (Papillae Gustatoriae):** Bu papillaların içinde tat tomurcukları bulunur ve sinir sistemiyle doğrudan bağlantılıdır.
- **Papilla Fungiformis (Mantar Biçimli Papillalar):** Dilin ucunda ve yanlarında, filiform papillaların arasına dağılmış, kırmızımsı nokta şeklinde görülen yapılardır. Kimyasal uyarımları algılayarak tat duyusunu beyne iletmekle görevlidirler.
- **Papilla Vallata (Çevreli/Surlu Papillalar):** Dilin köküne yakın, "V" şeklinde dizilen en büyük papillalardır. Çevreleri bir hendekle kuşatılmıştır. Yoğun miktarda tat tomurcuğu içerirler; bu tomurcuklar, tuzlu, tatlı, ekşi, acı ve umami olmak üzere beş temel tadı algılayan özel hücreler içerirler.
- **Papilla Foliata (Yapraksı Papillalar):** Dilin yan arka kenarlarında, kitap sayfaları gibi yan yana dizilmiş kıvrımlar şeklindedir. Yine tat duyusunu algılamakla görevlidirler. At ve tavşanlarda çok belirgindir ancak sığırlarda bulunmaz veya körelmiştir.



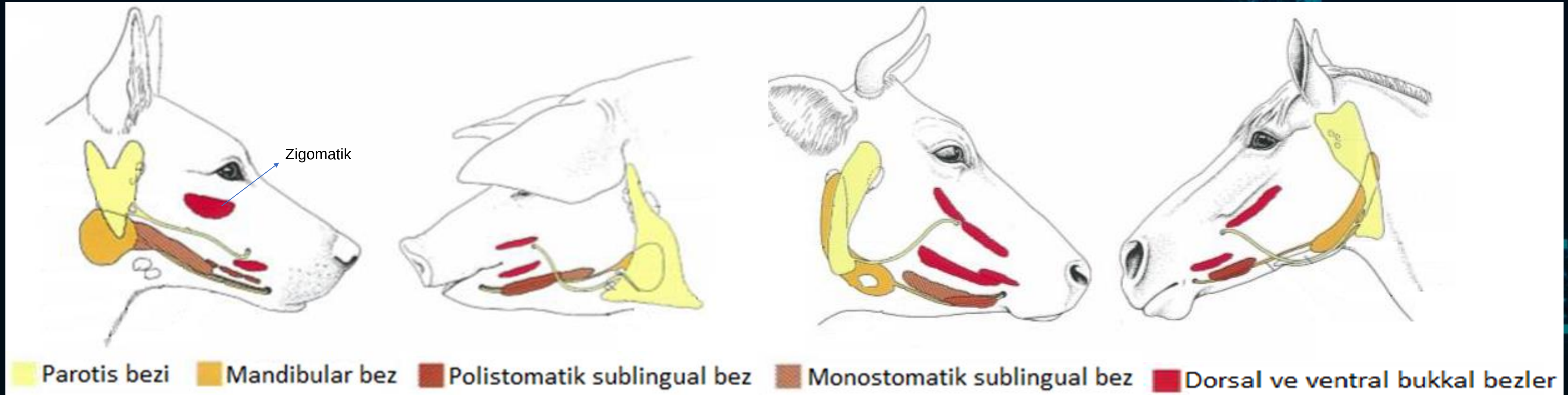
DİL

- Tat alma duyusu, özellikle yiyeceklerin doğal halde tüketildiği durumlarda zararlı ve uygun besinlerin ayırt edilmesinde önemli rol oynar.
- Dilin duysal innervasyonu karmaşık bir sinir ağı tarafından sağlanır. Dilin ön üçte ikisi, sıcaklık, dokunma ve ağrı duyularını ileten **trigeminal sinir (V. kraniyal sinir)** ile tat duyusunu ileten **fasiyal sinir (VII. kraniyal sinir)** tarafından innerve edilirken; arka üçte biri tat ve parasempatik efferent lifleri taşıyan **glossofaringeal sinir (IX. kraniyal sinir)** tarafından innerve edilir. Dilin çok gerisinde, epiglottis yakınındaki küçük bir alanın tat ve genel duyusu **N. vagus (X)** tarafından taşınır.
- Tat tomurcuklarından gelen duysal impulslar, **N. facialis (VII)**, **N. glossopharyngeus (IX)** ve **N. vagus (X)** aracılığıyla medulla oblongata'da bulunan Ncl. tractus solitarius'a (**Soliter Çekirdek**), oradan da beynin tat alma merkezlerine taşınır.



TÜKÜRÜK

- Tükürük bezlerinin seröz, müköz veya seromüköz salgılarının karışımından oluşan tükürük, ağızdaki ve ruminantların önmidelerindeki sindirim olaylarında birçok işlevi olan bir sindirim salgısıdır. Memelilerde, her biri çift olarak bulunan kulak altı (patotis), çene altı (mandibular veya submaksillar) ve dilaltı (sublingual) bezleri ana tükürük bezleridir. Bu bezlerin salgılarına çok sayıda küçük tükürük bezlerinin (dorsal ve ventral yanak bezleri, damak-, dil-, farinks- ve dudak bezleri) salgısı da ilave edilir.



TÜKÜRÜK SEKRESYONU

➤ Tükürük üretimi, asinüs hücrelerinde başlar ve sırasıyla interkalar kanal, çizgili kanal, intralobüler ve interlobüler kanallar aracılığıyla ağız boşluğuna iletilir.

➤ **Serömüköz bir bezin histolojik yapısı:**

a **Bezin uç kısmı (Asinüs)**

a1 Seröz asinüs hücreleri

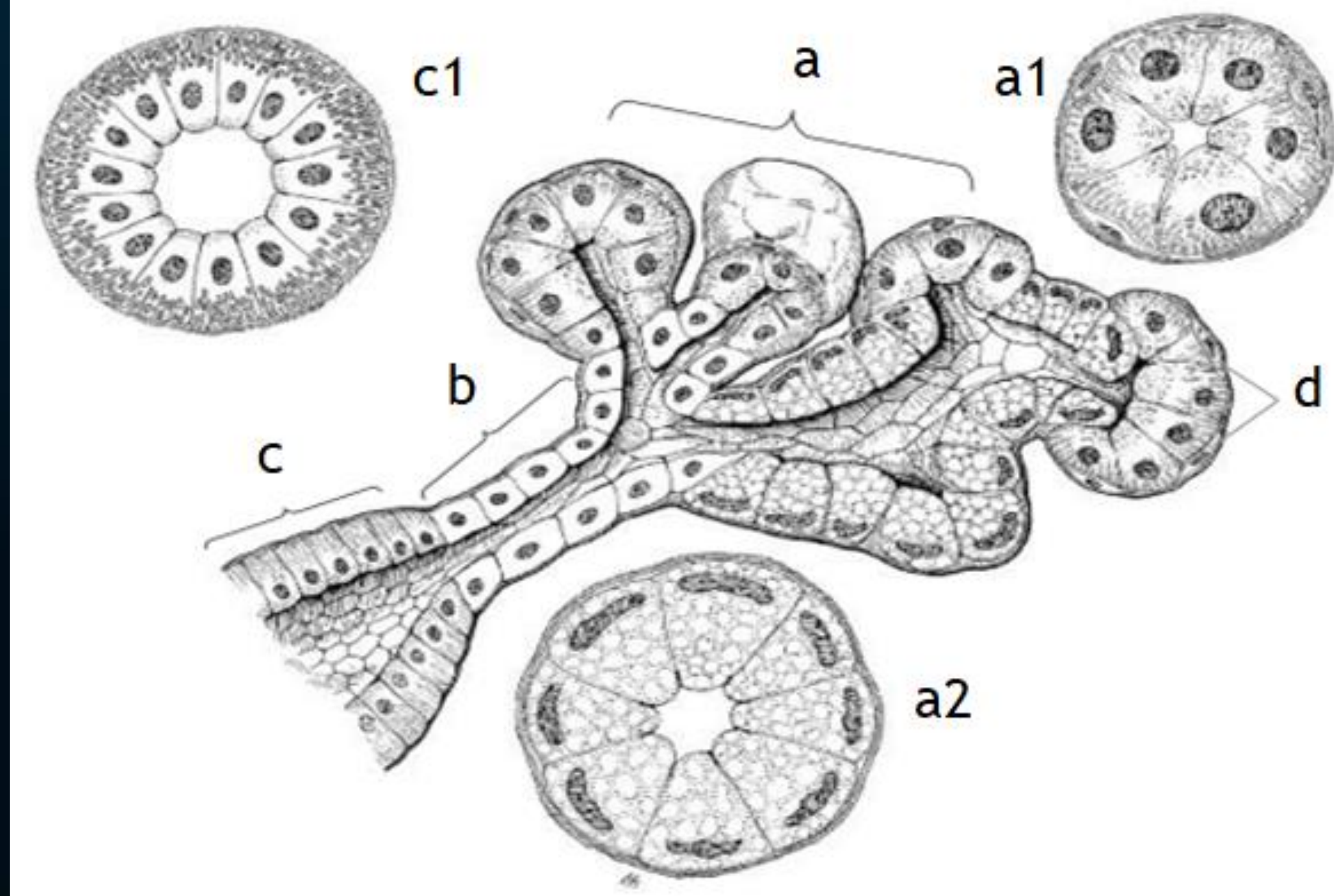
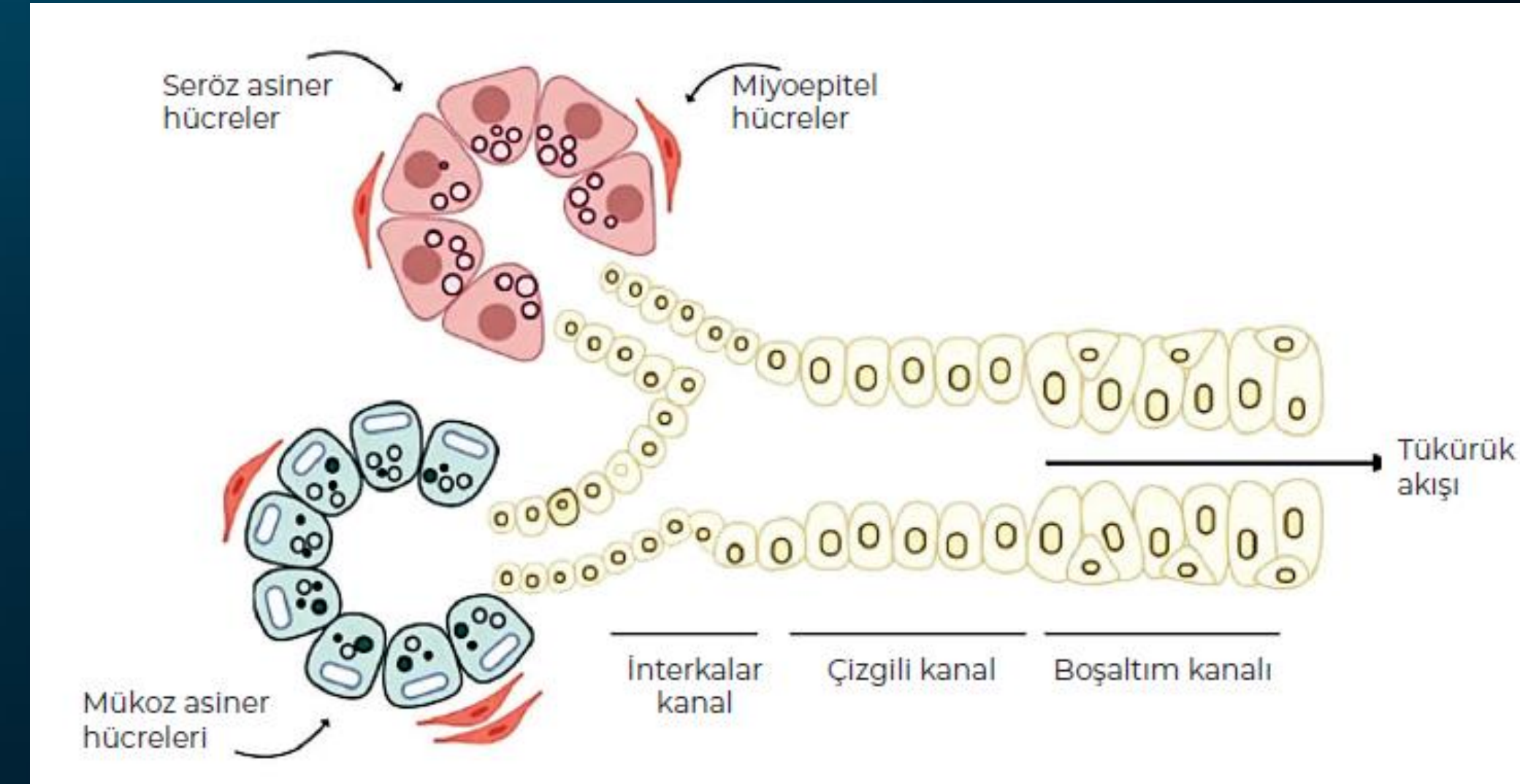
a2 Muköz asinüs hücreleri

b **Interkalar kanal**

c **Çizgili kanal**

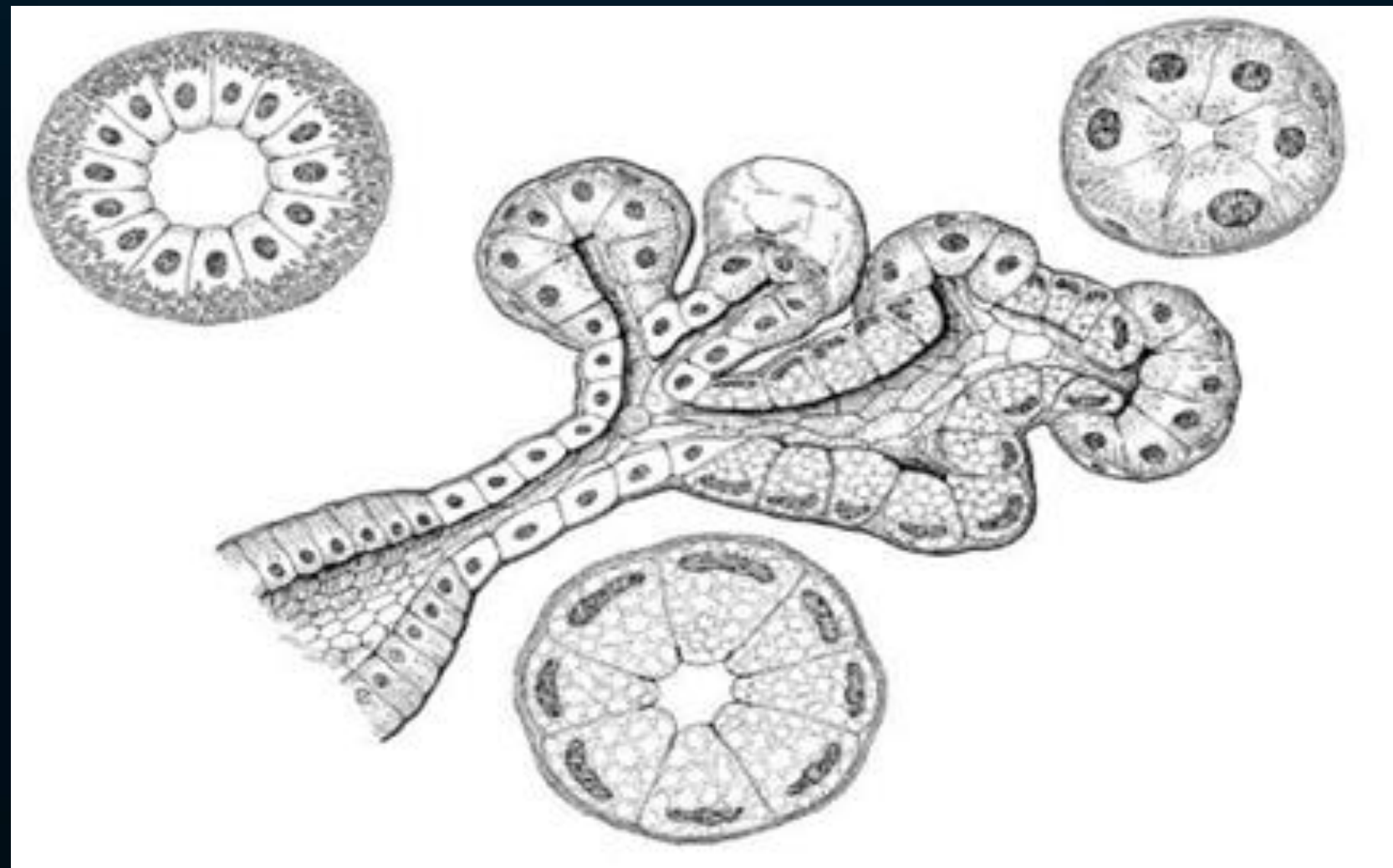
c1 Çizgili kanal hücreleri

d **Miyoeptel hücreler**



TÜKÜRÜK SEKRESYONU

- Salgı bezinin asinüsü seröz ve müköz hücrelerden oluşmuştur. Bu hücreler morfolojik farklılıklar gösterir. Seröz hücreler piramit şeklindedir, yuvarlak çekirdekleri merkezi olarak yerleşmiştir ve hücrenin bazal bölgesinde çok sayıda granüllü endoplazmik retikulum bulunur. Buna karşın müköz hücrelerin çekirdekleri basıktır ve bazal bölgeye yakın yerleşmiştir. Müköz hücreler, hücre içine dağılmış çok sayıda salgı granülleri içerir. Salgı bezlerinin asinüsleri, sepet hücreleri olarak da isimlendirilen miyoepitel hücreleriyle dışarıdan kısmen sarılmıştır. Miyoepitel hücreler, iskeletinde aktin ve miyozin miyofilamentlerinin olduğu değişikliğe uğramış kasılabilir epitel hücreleridir. Gap junction'lar komşu miyoepitel hücrelerini birbirlerine bağlar. Asinelere, asinus hücrelerinin rejeneratif bölgesi olan interkalar kanal bağlıdır. Bunu ruminantlarda kısmen oluşmuş çizgili kanal takip eder.



TÜKÜRÜĞÜN GÖREVLERİ

- Büyük oranda sudan oluşan tükürük ayrıca proteinler, elektrolitler, glikoproteinler, bikarbonat, çeşitli enzimler (amilaz, lipaz), immünoglobulin A (IgA), lizozim ve laktoferrin gibi antibakteriyel bileşenleri de içerir. Tükürük bu bileşimiyle çok çeşitli görevleri üstlenmiştir. Bunlar, sindirim fizyolojisi ile ilgili **primer fonksiyonlar** ve **sekonder fonksiyonlar** olarak ikiye ayrılır.
- **Primer fonksiyonlar** arasında, tüm memeliler için geçerli olan ağız mukozası ve dişleri kuruma, asitliğe karşı koruma (bikarbonat ve fosfat sayesinde), lokmanın ıslatılması ve kayganlığının artırılmasıyla yutmanın kolaylaştırılması, sindirimin olabilmesi için sulu yapısıyla yiyecekleri çözme ve sindirimi başlatma (bazı türlerde içerdiği amilaz ve lipaz sayesinde) bulunur. Özellikle omnivorlarda ve bazı kuşlarda, tükürükte nişasta sindirimini başlatan α -amilaz enzimi bulunur. Bu enzim, ağızda kısa süre kalan besinlerde sınırlı etki gösterse de mideye geçiş sonrası proksimal midede nişastanın parçalanmasına katkı sağlar. Domuz, tavşan, sıçan ve insan gibi türlerde amilaz miktarı yüksektir. Buna karşın köpeklerde çok az, atlarda sınırlı miktarda amilaz bulunurken, kedi ve geviş getiren hayvanların tükürüğünde hiç amilaz bulunmaz. Buzağıkların tükürüğünde lipaz bulunur. Ruminantlarda, tükürükle birlikte büyük miktarda fosfat, bikarbonat ve ürenin salgılanması suretiyle rumen pH'sının düzenlenmesi ve azot metabolizmasında rol oynama tükürüğün diğer sindirim fizyolojisi fonksiyonları arasındadır.

TÜKÜRÜĞÜN GÖREVLERİ

- **Sekonder tükürük fonksiyonlarının** olduğu grupta ise tükürüğün antibakteriyel etkileri (IgA, lizozim ve laktoferrin sayesinde), bazı hayvanlarda soluma veya yalanma yoluyla termoregülasyona katılma ve yine bazı türlerde savunma davranışlarına aracılık etme bulunmaktadır.



SALGI MİKTARI VE TÜKÜRÜĞÜN BİLEŞİMİ

- Tüm türlerde tükürük büyük oranda sudan oluşur (%97-99,5) ve bu nedenle hipotoniktir. Bu özellik, sindirim kanalındaki ozmotik dengeyi korumaya yardımcı olur.
- Salgı tipleri türler arasında farklılık gösterir; seröz (sulu), muköz (yoğun) veya her ikisinin karışımı şeklinde olabilir.
- **Parotis bezi** kulağın alt kısmında yer alır ve uzun bir kanal aracılığıyla ağız boşluğuna açılır. Çoğu türde seröz salgı yapar ve toplam tükürük hacminin yaklaşık yarısını üretir.
- **Submandibular bez** karışık salgı üretir ve Wharton kanalıyla dil altına açılır.
- **Sublingual bez** çoğunlukla muköz salgı üretir ve çok sayıda küçük kanal aracılığıyla dil altı kıvrımına açılır.

SALGI MİKTARI VE TÜKÜRÜĞÜN BİLEŞİMİ

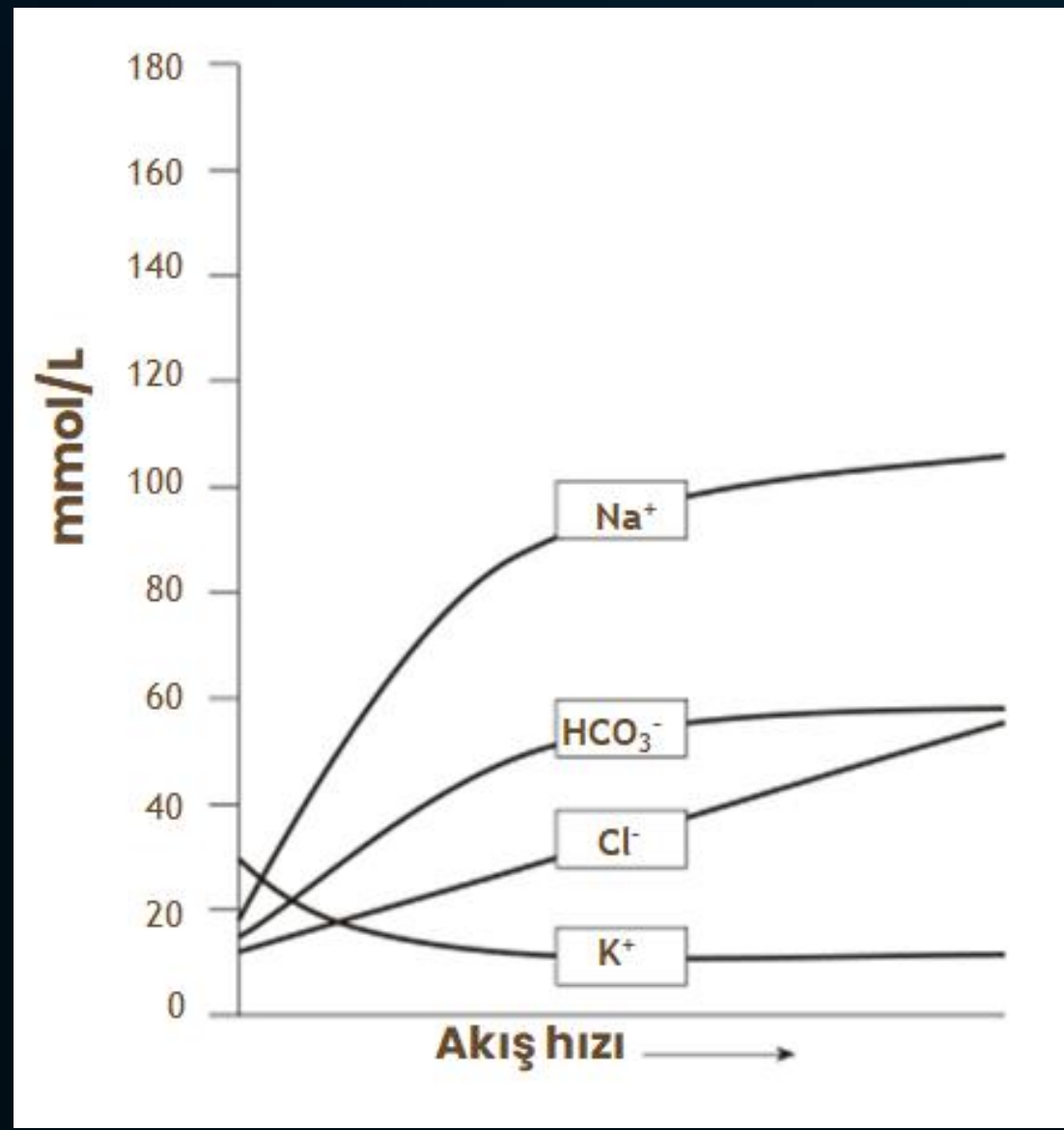
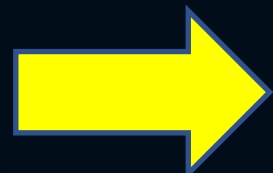
- Tükürük, esas olarak H_2O , elektrolitler ve müssinden oluşmuş renksiz, hafif yanardöner bir sıvıdır. Kulakaltı ve ventral yanak bezleri dışındaki diğer tükürük bezlerinin sürekli salgı yapmaması nedeniyle günlük salgılanan tükürük miktarı sabit değildir. Tükürük üretim miktarları türün fizyolojisine ve beslenme şekline göre büyük değişkenlik gösterir. Etçillerde günlük sadece 0,1–0,2 L tükürük salgılanırken, sığırdaki günlük tükürük hacmi 250 L'ye kadar olabilir. Diğer evcil memelilerde salgılanan tükürük miktarı bu ekstrem değerler arasında yer alır.
- Ortalama olarak tükürüğün yaklaşık %90'ı Glandula parotis ve Glandula mandibularis bezlerinin salgılarından oluşur. Geri kalan %10'luk kısmın ise yarısı sublingual bezler diğer yarısı ise öteki küçük tükürük bezleri tarafından oluşturulur.

Tür	Tükürük hacmi ($L \cdot gün^{-1}$)
İnsan	1–1,5
Karnivorlar	0,1–0,2
Domuz	1–1,5
Koyun	6–16
Sığır	60–250
At	5–10

SALGI MİKTARI VE TÜKÜRÜĞÜN BİLEŞİMİ

- Seröz, müköz ve serömüköz gibi farklı salgı özelliklerinin fizyolojik önemi tam olarak bilinmemektedir. Muhtemelen seröz salgılar öncelikle tamponlamada, müköz ve serömüköz salgılar ise mukozayı korumada görevlidir.
- Geviş getirmeyen hayvanlarda bazal salgılama hızında tükürüğün ozmolaritesi $60-80 \text{ mosmol} \cdot \text{L}^{-1}$ kadardır (hipotonik). Tükürük $10-30 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ değerleri arasında Na^+ , K^+ , Cl^- ve HCO_3^- ile az miktarda H_2PO_4^- içermekte olup, pH'sı 7,4'tür. Salgılanma hızının uyarılması Na^+ , Cl^- ve HCO_3^- konsantrasyonlarını artırmakta, K^+ konsantrasyonunda ise küçük değişimler meydana getirerek tükürüğü izotonik değerlere yaklaştırmaktadır.

Köpeklerde tükürük akış hızının Glandula parotis ve Glandula mandibularis'ten salgılanan tükürüğün iyonik bileşimine etkisi



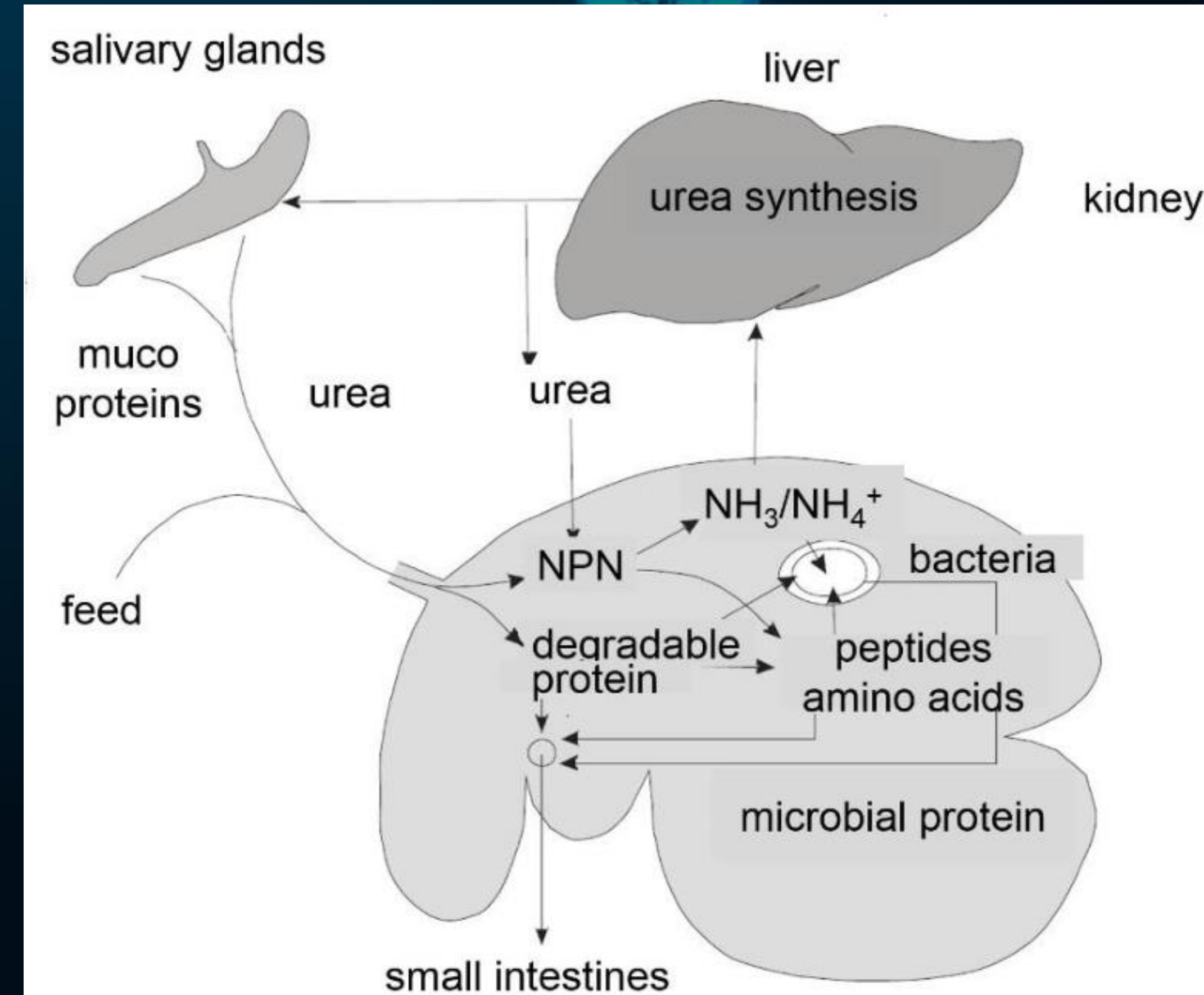
	Geviş getirmeyenler		Gevişenler
	Bazal	Uyarılmış	
Na^+	10	100	160
K^+	10	10	5
Cl^-	10	40	15
HCO_3^-	5	60	90-140
Fosfat	İz miktarda	İz miktarda	5-35

Geviş getirenler ve getirmeyenlerde, bazal ve uyarılmış koşullarda ortalama Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- ve fosfat miktarları ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$).



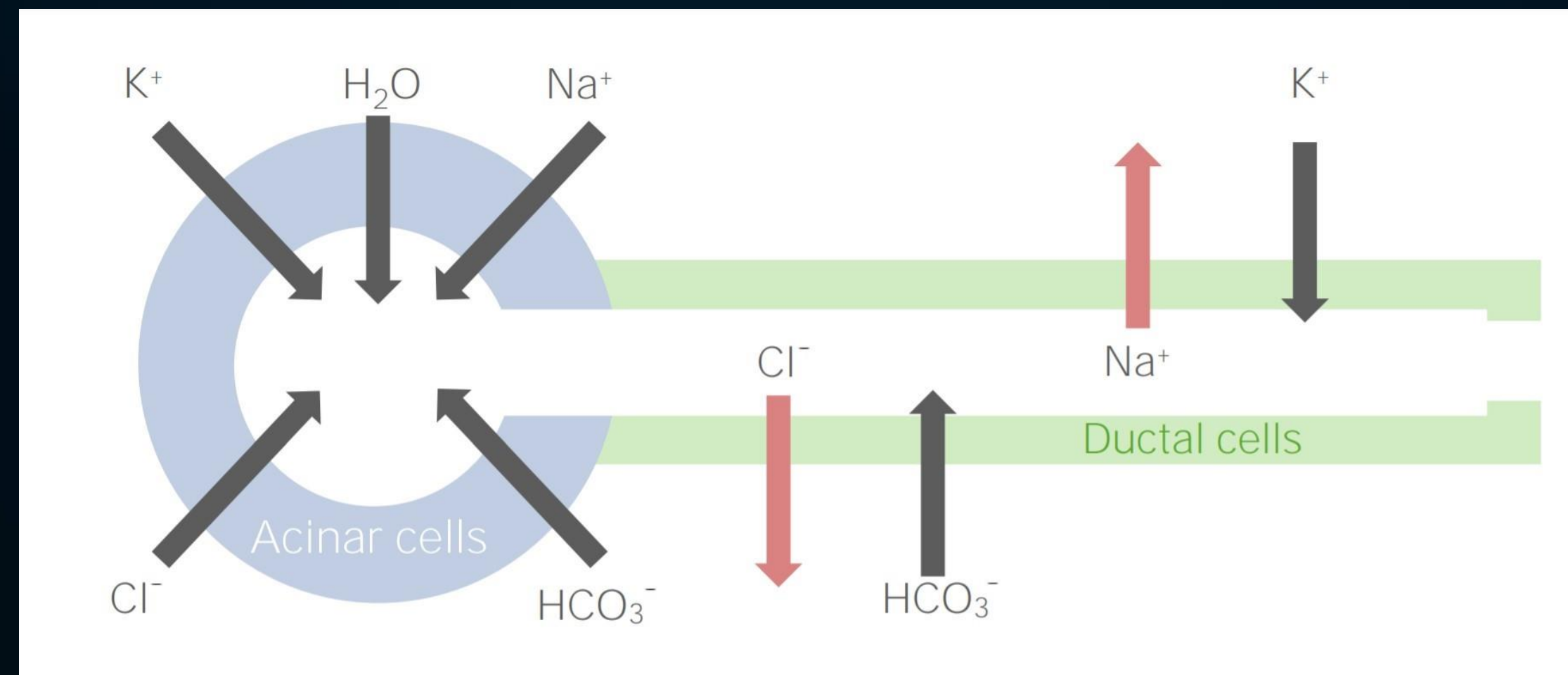
SALGI MİKTARI VE TÜKÜRÜĞÜN BİLEŞİMİ

- Elektrolitler yanında tükürük ayrıca azotlu bileşikleri de içerir, bunlar arasında ruminantların tükürüğündeki **üre** %80 ile en büyük paya sahiptir. Geviş getirenlerin tükürüğündeki üre konsantrasyonu plazma üre konsantrasyonunun %50-65'i kadardır. Üre salgılanmasının fizyolojik önemi, ürenin önmidelere geri gönderilmesi ve burada mikrobiyel üreazlarla hızla parçalanarak açığa çıkan amonyağın mikrobiyel protein sentezinde tekrar kullanılmasıdır. Yani tükürükle üre salgılanması ruminohepatik azot döngüsünün bir parçasıdır.



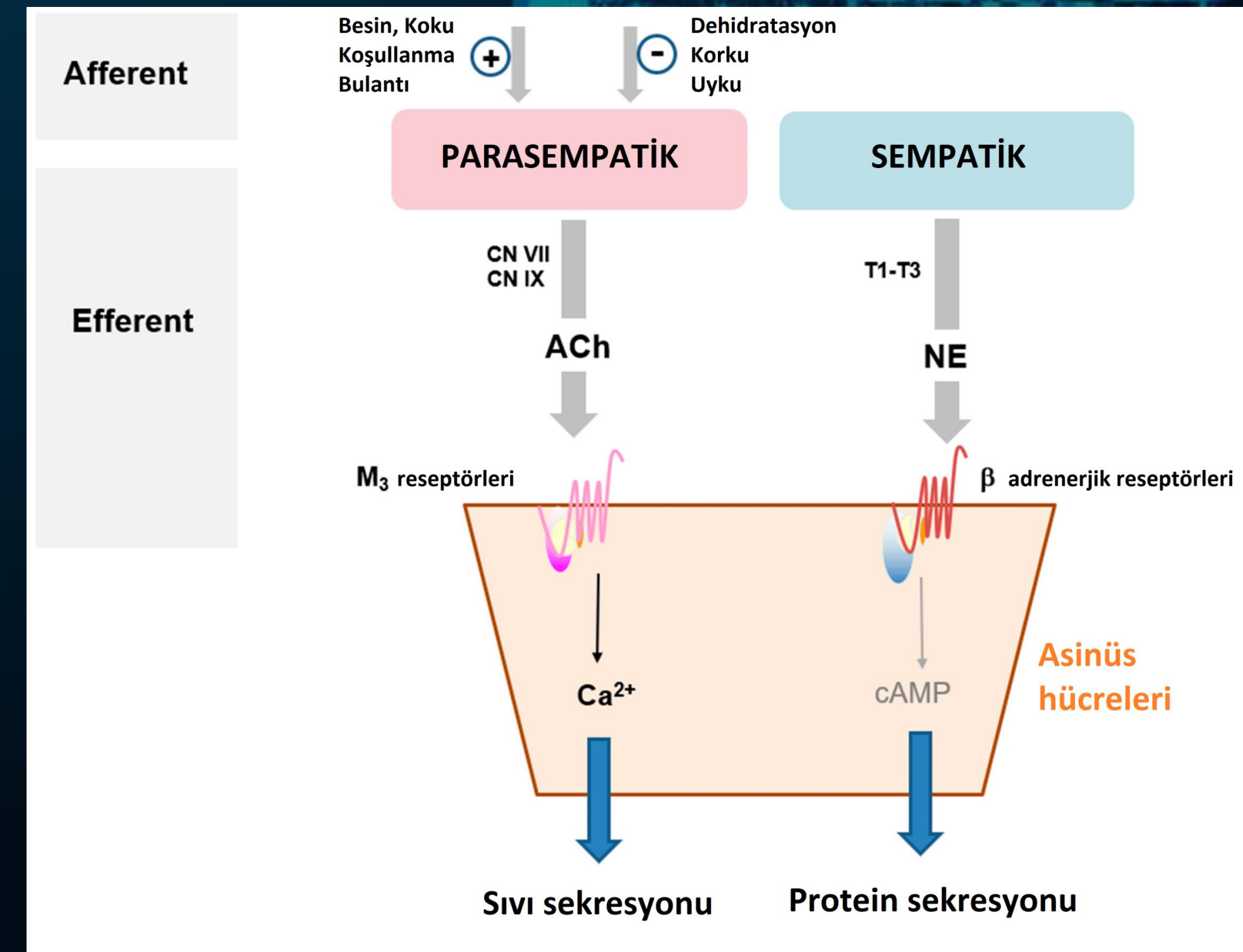
SALGI MİKTARI VE TÜKÜRÜĞÜN BİLEŞİMİ

- Tükürük üretim süreci tükürük bezlerinin iki bölgesinde şekillenir. Bezin asini denenen son bölümünde bileşimi plazmaya benzeyen primer tükürük yapılır.
- Çizgili ve interkalar kanallarında ise çeşitli modifikasyonlar sonucu (Na^+ ve Cl^- geri emilir, K^+ ve HCO_3^- sekrete edilir) sekonder tükürük denenen asıl tükürük meydana getirilir.
- HCO_3^- ağızdaki mikroorganizmaların ürettiği asitleri nötralize eder. Ruminantlarda çizgili kanallar kısmen gelişmiştir.



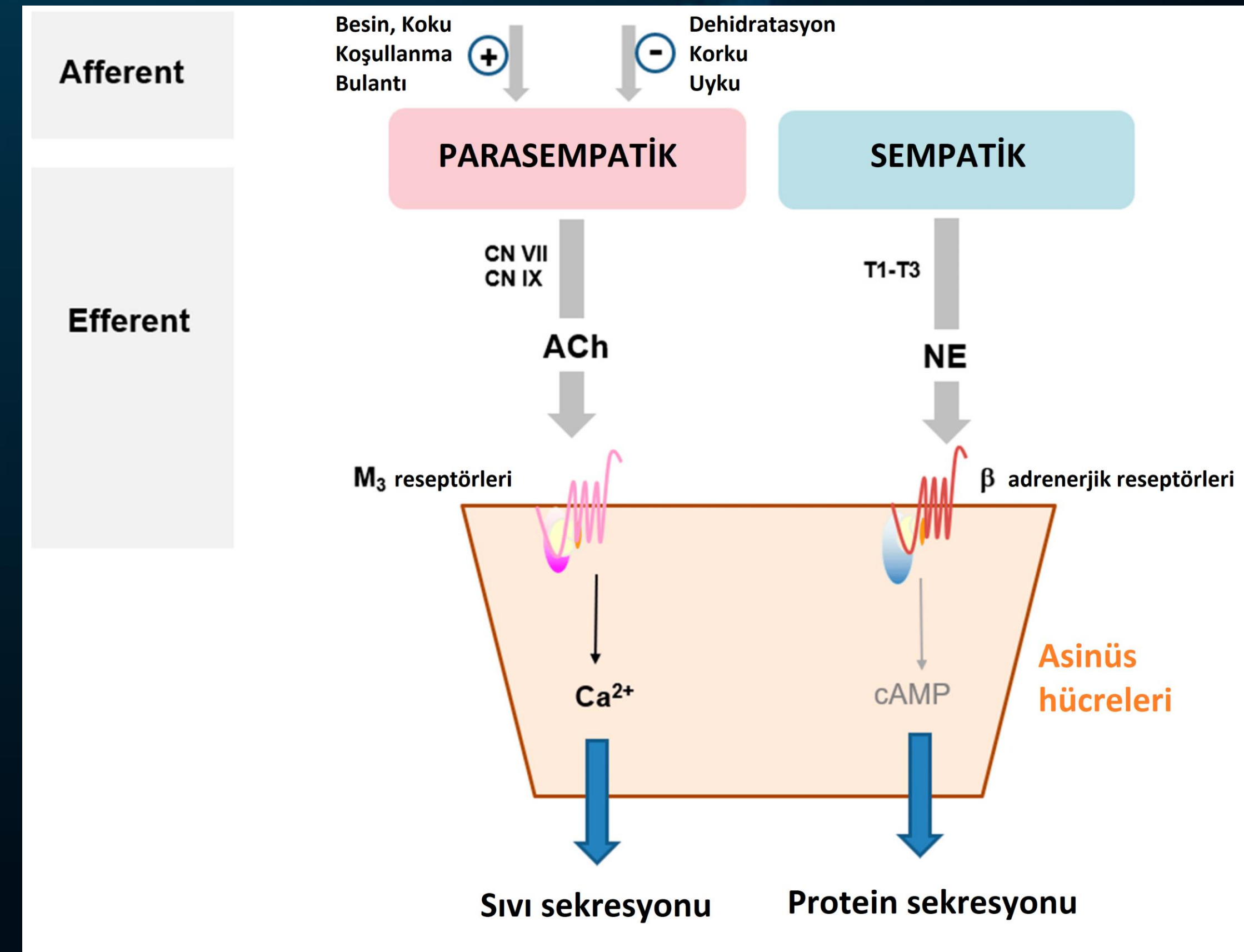
TÜKÜRÜK SALGILANMASININ KONTROLÜ

- Tükürük bezlerinin inervasyonu ve tükürük salgısı otonom sinir sistemi tarafından kontrol edilir. N. facialis ile N. glossopharyngeus'un parasempatik telleri ve ilk üç torakal segmentten çıkan sempatik sinir teller burada rol oynar.
- Kemoreseptörler ve mekanoreseptörler, beyin sapındaki superior ve inferior salivasyon çekirdeklerine sinyaller gönderir. Parasempatik etkili glossopharyngeal sinir parotis bezini, fasiyal sinir ise submandibular ve sublingual bezleri uyarır. Miyoepitel hücreleri bu uyarıya yanıt olarak kasılıp asinüslerdeki salgıyı kanallara doğru iter. Parasempatik uyarım, protein içeriği düşük, ancak daha sulu ve miktarca fazla bir salgı üretimine yol açar. Sempatik uyarım, daha az, ancak protein ve mukus açısından zengin, koyu, yapışkan ve viskoz (kıvamlı) bir tükürük salgısına yol açar (ağız kuruluğu hissi).



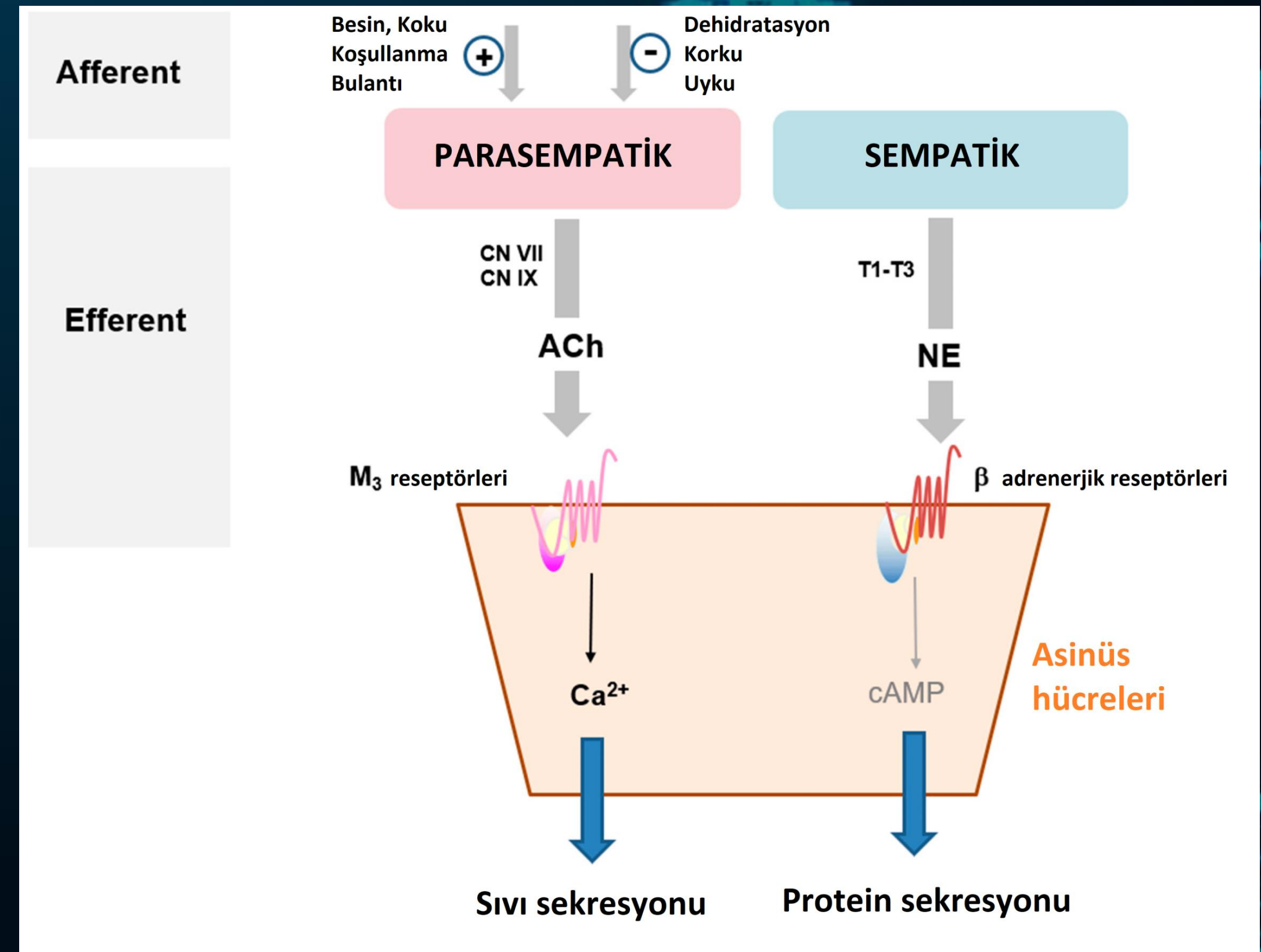
TÜKÜRÜK SALGILANMASININ KONTROLÜ

- Parasempatik tellerin stimülasyonu muskarinerjik reseptörler (M_3) aracılığıyla vazodilatasyona yol açar. Bu vazodilatasyon, kısmen direkt kısmen de indirekt olarak vazoaaktif maddeler (bradikinin) üzerinden gerçekleştirilir ve sonuçta tükürük salgılamında, özellikle de parotis bezinin sekresyonunda belirgin bir artış meydana gelir. Bu stimülasyon atropin ile baskılanabilir.



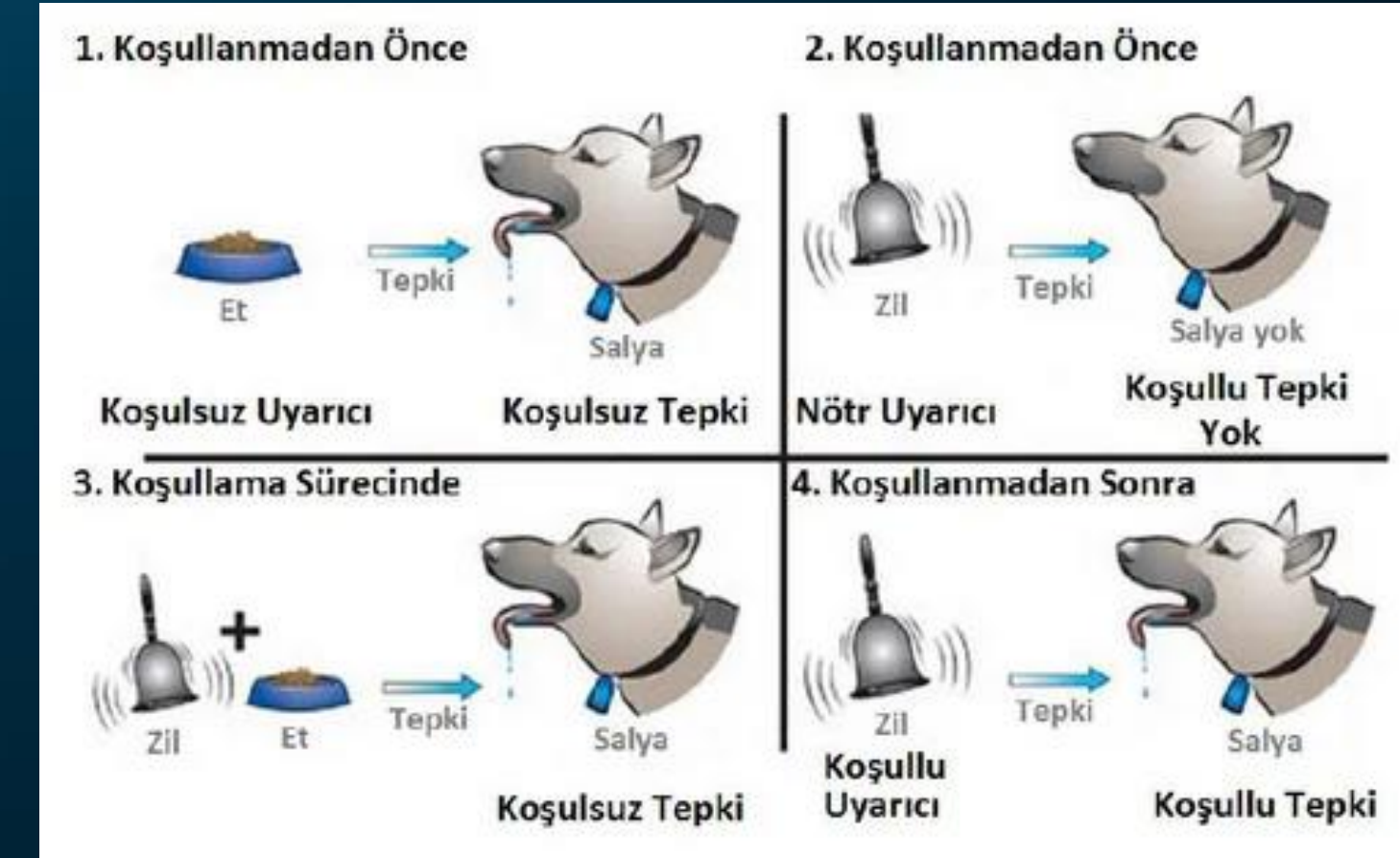
TÜKÜRÜK SALGILANMASININ KONTROLÜ

- Asetilkolinden başka örneğin VIP gibi diğer neurotransmitterlerin de önemli olabileceği düşünülmektedir. Monogastrik türler ve ruminantlarda asetilkolinin etkilerine ikincil haberci sistemi olarak sitozolik Ca^{2+} konsantrasyonundaki değişimler aracılık etmektedir.
- Sempatik uyarı vazokonstriksiyona ve miyoepitel hücrelerinde kasılmaya neden olarak tükürük sekresyonunda azalmaya yol açar. Bu etkiler β adrenerjik reseptörler ve intraselüller cAMP aracılığıyla gerçekleştirilir. Sempatik etki altında tükürüğün protein ve müsin içeriği artar.



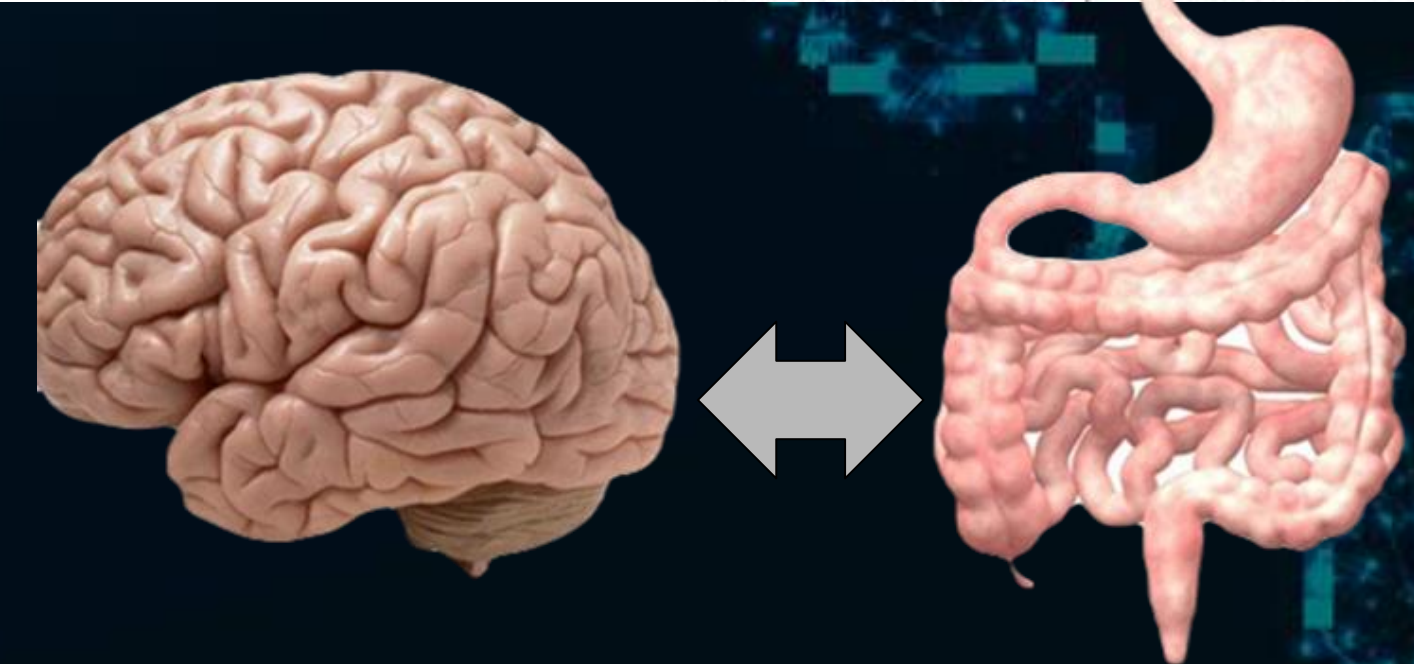
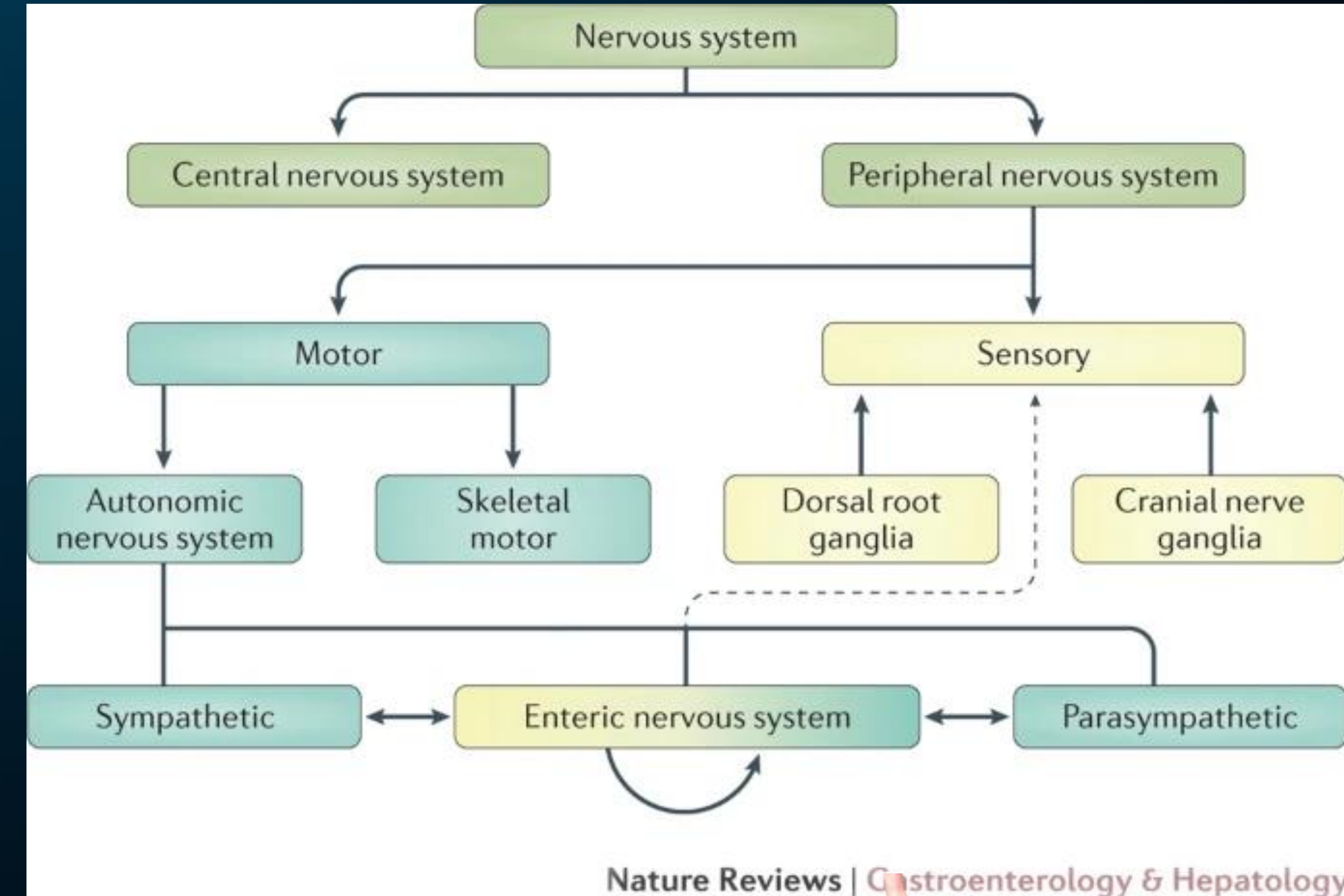
TÜKÜRÜK SALGILANMASININ KONTROLÜ

- Tükürük salgılanmasının refleksif kontrolünde **şartsız** ve **şartlı refleksler** rol oynar.
- Şartsız refleksler ağız boşluğu, özofagus ve retikülörumen bölgelerinde lokalize olan kemo- ve mekanoreseptörler yardımıyla başlatılır. Kemoreseptörler özellikle önmide içeriğindeki pH değişikliklerinden, mekanoreseptörler ise yemin yapısından etkilenir.
- Şartlı reflekslerin tükürük salgısının uyarıcısı olduğuna dair kanıt, Pavlov'un köpekler üzerinde yaptığı zil sesinden sonra besin verilmesi ile ilgili klasik koşullanma deneylerine dayandırılmaktadır. Pavlov, belli bir eğitim döneminden sonra besin verilmemesine rağmen akustik uyarıyı duyan hayvanlarda tükürük salgısının arttığını belirlemiştir. Bu araştırmalar sayesinde ilk kez merkezi sinir sisteminin refleks yolla sindirim fonksiyonlarını etkileyebildiği kanıtlanmıştır.



ENTERİK SİNİR SİSTEMİ VE GASTROİNTESTİNAL SİSTEMİN İNERVASYONU

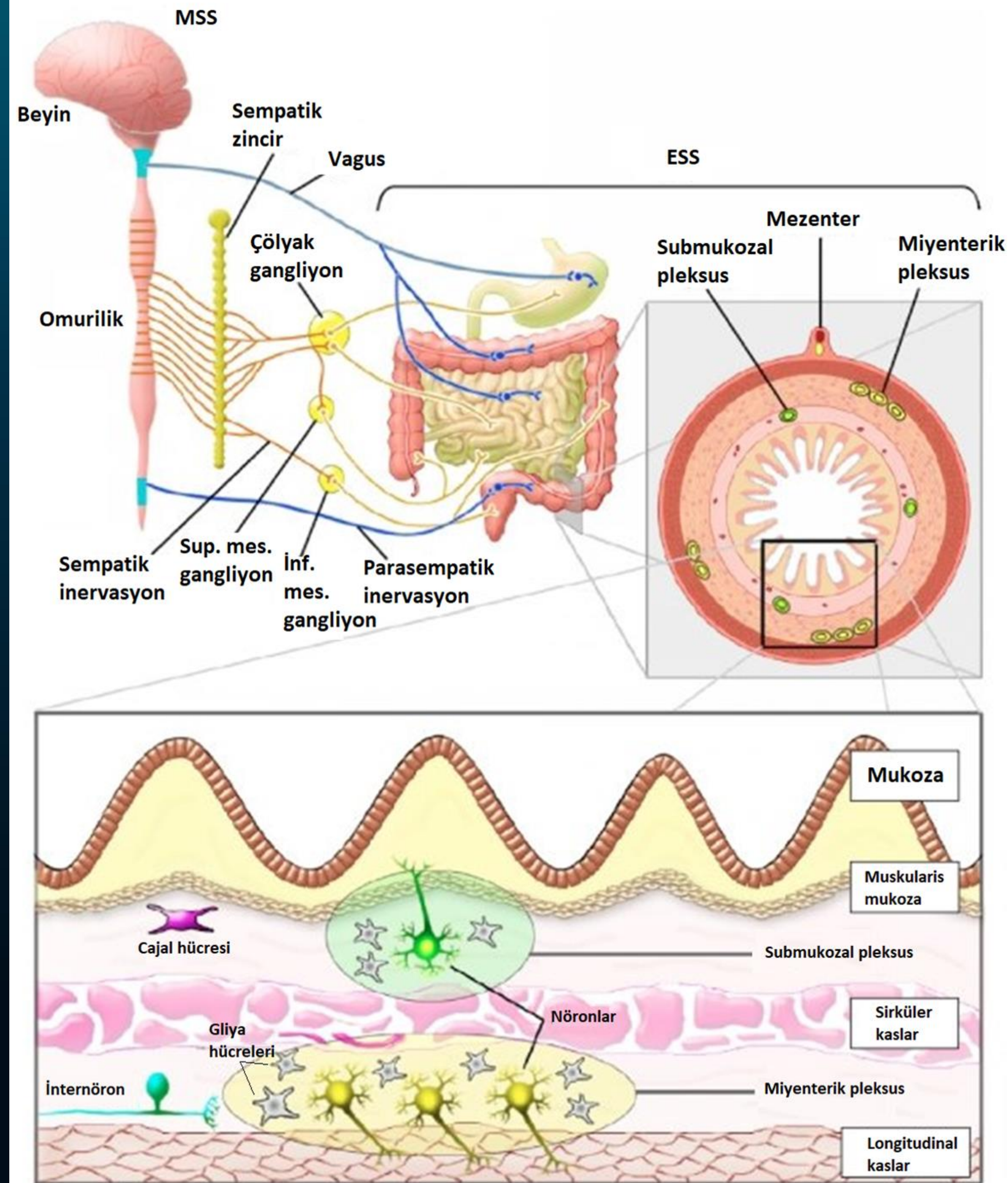
- Sindirim kanalının enterik sinir sistemi adı verilen kendi sinir sistemi vardır. Bu sistem sempatik ve parasempatik sinir sisteminin yanında otonom sinir sisteminin üçüncü bir bölümü olarak kabul edilir.
- Enterik sinir sistemi yaklaşık 100 milyon enterik sinir hücre gövdesini içerir. Bu sayı neredeyse omurilikteki sinir hücrelerinin toplamı kadardır. Bu nedenle **“bağırsak beyni”** olarak da bilinir.
- Enterik sinir sistemi refleksler oluşturabilir ve bu sayede **ekstrinsik inervasyondan yani sempatik ve parasempatik kontrolden bağımsız** olarak çoğu bağırsak fonksiyonunu kontrol eder. Otonom sinir sisteminin buradaki asıl görevi ise bağırsak bölümleri arasındaki koordinasyonu sağlamak ve sindirim kanalının aktiviteleriyle diğer organ sistemlerinin aktivitelerini birbirine uyumlu hale getirmektir.



ENTERİK SINİR SİSTEMİ

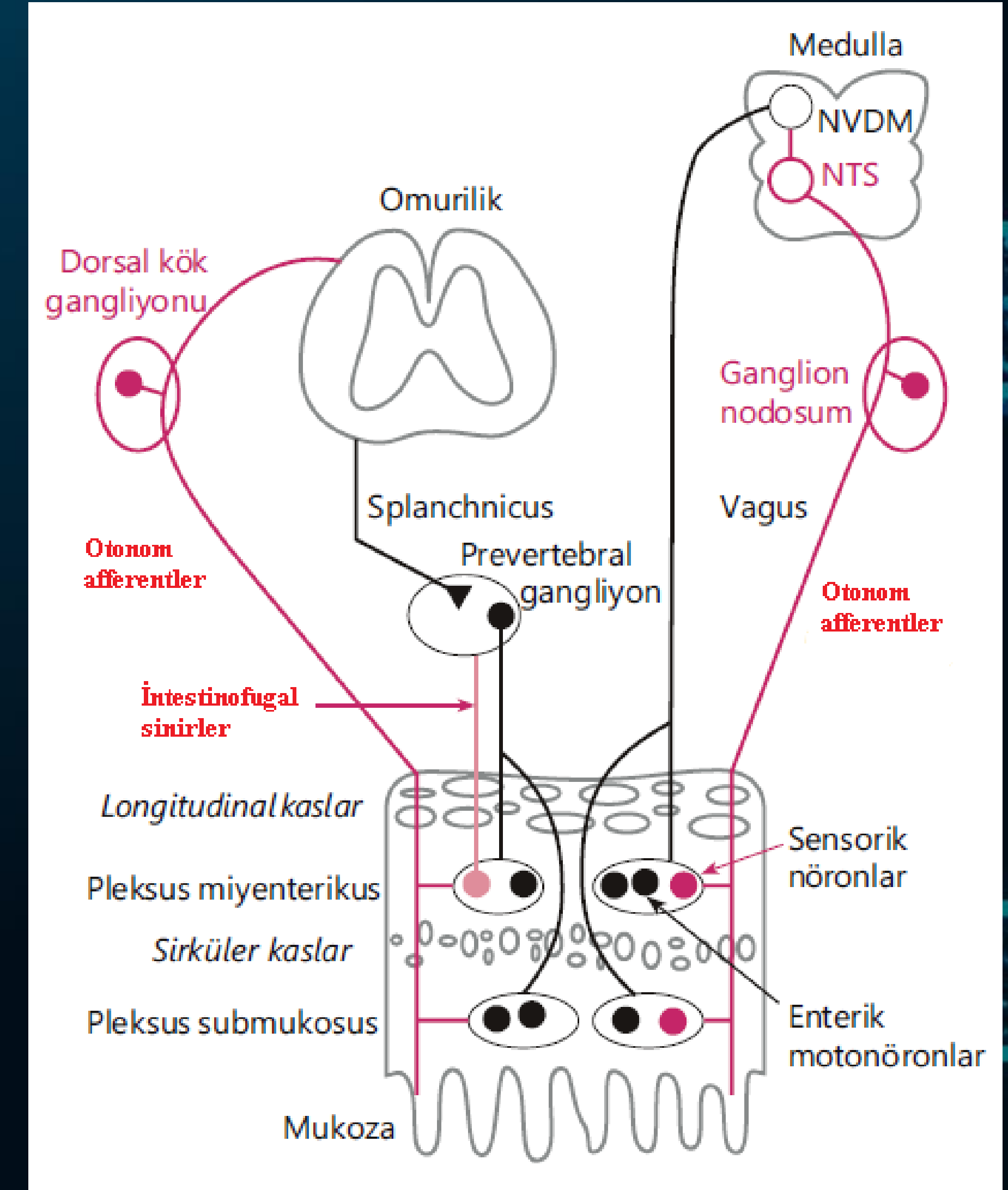
Merkezi sinir sistemi (MSS) ile enterik sinir sistemi (ESS) arasındaki etkileşim:

- **Sempatik Yolak:** Spinal korddan çıkan lifler, hedef organa ulaşmadan önce çölyak, üst mezenterik ve alt mezenterik prevertebral gangliyonlarda sinaps yapar. Bu sistem genellikle sindirim aktivitesini inhibe edici (yavaşlatıcı) etki gösterir.
- **Parasempatik Yolak:** Vagus siniri ve pelvik splanknik sinirler (Nn. splanchnici pelvici) aracılığıyla taşınır. Sempatiklerin aksine, bu lifler genellikle doğrudan bağırsak duvarındaki pleksuslarla etkileşime girerek sindirim süreçlerini stimüle eder.
- Yandaki görselin alt kısmında görüldüğü üzere; MSS'den gelen uyarılar, ESS'deki ara nöronlar (internöronlar) ve motor nöronlar aracılığıyla düz kas hücrelerine, salgı bezlerine ve Cajal hücrelerine (bağırsağın pacemaker hücreleri) iletilir. Bu entegrasyon, besinlerin parçalanması, emilimi ve ilerletilmesi süreçlerinin koordineli bir şekilde yürütülmesini sağlar.



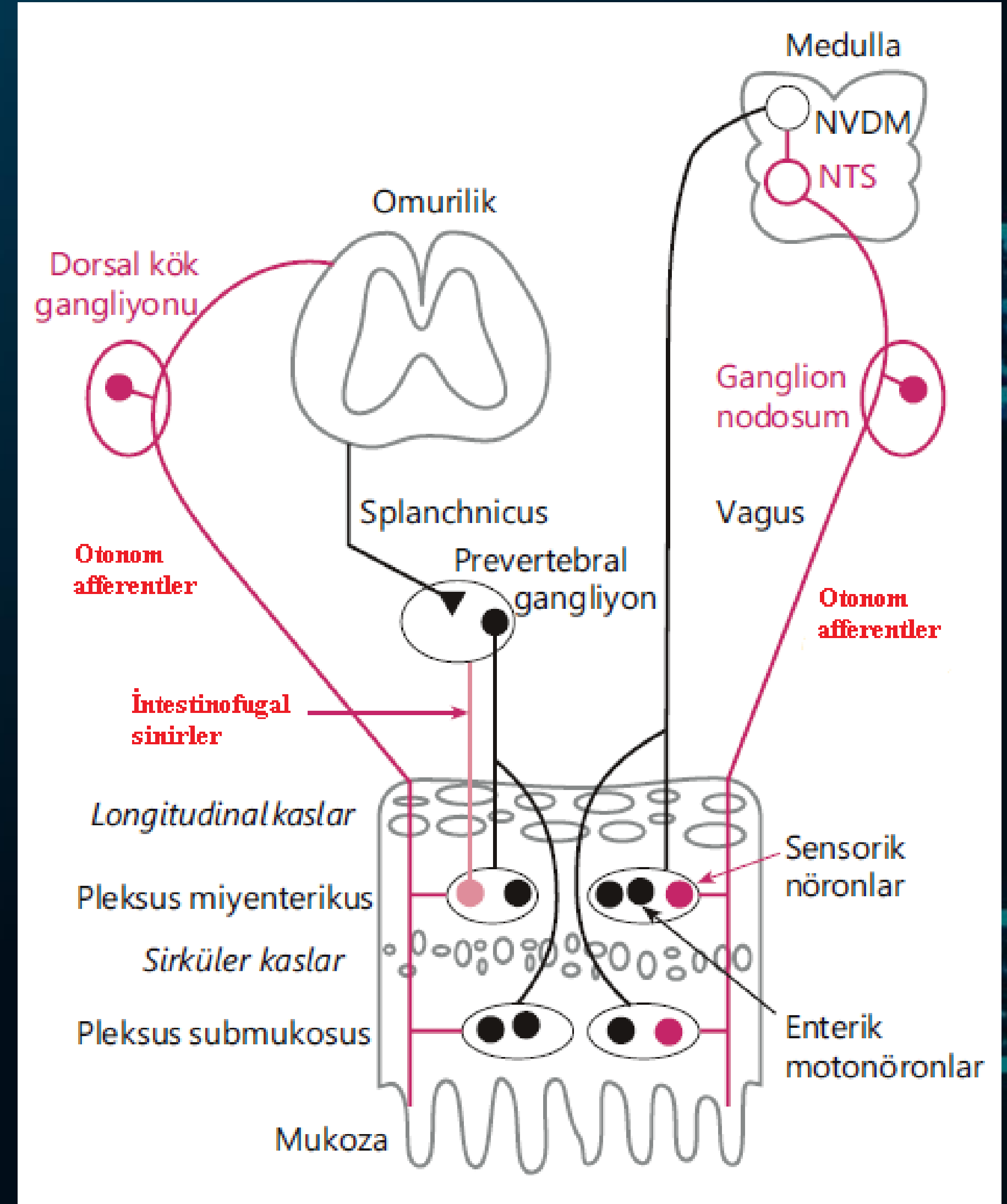
MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ VE ENTERİK SİNİR SİSTEMİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMLER

- MSS ve ESS arasındaki ilişki, vücudun en karmaşık ve dinamik iletişim ağlarından biridir. Genellikle "**Bağırsak-Beyin Aksı**" olarak adlandırılan bu etkileşim, çift yönlü bir bilgi akışına dayanır. MSS ve ESS arasındaki ilişki hem elektriksel hem de kimyasal yollarla gerçekleşir.
- **Nervus Vagus (Vagal Yol)**: İki sistem arasındaki en hızlı ve doğrudan bağlantıdır. Vagus siniri, bağırsaktaki gerilme, besin içeriği ve inflamatuvar sinyalleri beyne (afferent) taşırken; beynin sindirim salgılarını ve motilitesini düzenleyen komutlarını da bağırsağa (efferent) iletir.
- **Nörotransmitterler**: İlginç bir şekilde, beyinde bulunan serotonin ve dopamin gibi nörotransmitterlerin büyük bir kısmı aslında bağırsaklarda sentezlenir. Bu kimyasallar hem yerel sindirim işlevlerini düzenler hem de MSS üzerindeki duygu durumunu etkiler.
- **Hormonal Yol**: Bağırsaktaki enteroendokrin hücreler, kan dolaşımı yoluyla beyne ulaşan ve tokluk, iştah veya stres tepkilerini modüle eden hormonlar (örneğin kolesistokinin, ghrelin) salgılar.



MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ VE ENTERİK SİNİR SİSTEMİ ARASINDAKİ ETKİLEŞİMLER

- ESS, MSS'den bağımsız olarak refleksleri (peristaltik hareketler gibi) yönetebilme yeteneğine sahiptir. Ancak MSS, özellikle stresli durumlarda "üst yönetim" olarak müdahale eder.
- **Sempatik Etki:** "Savaş veya kaç" durumunda MSS, sindirim sistemindeki kan akışını azaltır ve motilitenin yavaşlamasına neden olur.
- **Parasempatik Etki:** "Dinlen ve sindir" modunda ise MSS, ESS üzerindeki etkisini artırarak sindirim süreçlerini hızlandırır.



MİKROBİYOTA-BAĞIRSAK-BEYİN AKSI

- Bağırsaktaki trilyonlarca mikroorganizma, sadece sindirimi düzenlemekle kalmaz; aynı zamanda ürettikleri nörotransmitterler, metabolitler ve bağışıklık sinyalleri aracılığıyla **ruh halimizi, stres tepkimizi** ve **sosyal davranışlarımızı** doğrudan etkileyebilir.
- Vücudumuzdaki serotoninin (mutluluk ve iyi oluş hali ile ilişkilendirilen hormon) yaklaşık %90-95'i bağırsaklarda üretilir. Bazı spesifik bakteri türleri (örneğin *Candida*, *Streptococcus*, *Escherichia* ve *Enterococcus*), serotonin sentezinde kritik rol oynar. Bağırsak mikrobiyotasındaki dengesizlikler, serotonin seviyelerini düşürerek **depresyon** ve **anksiyete** riskini artırabilir.

Bağırsaklarınızı sadece yemek için değil...
Duygularınız için de besleyin

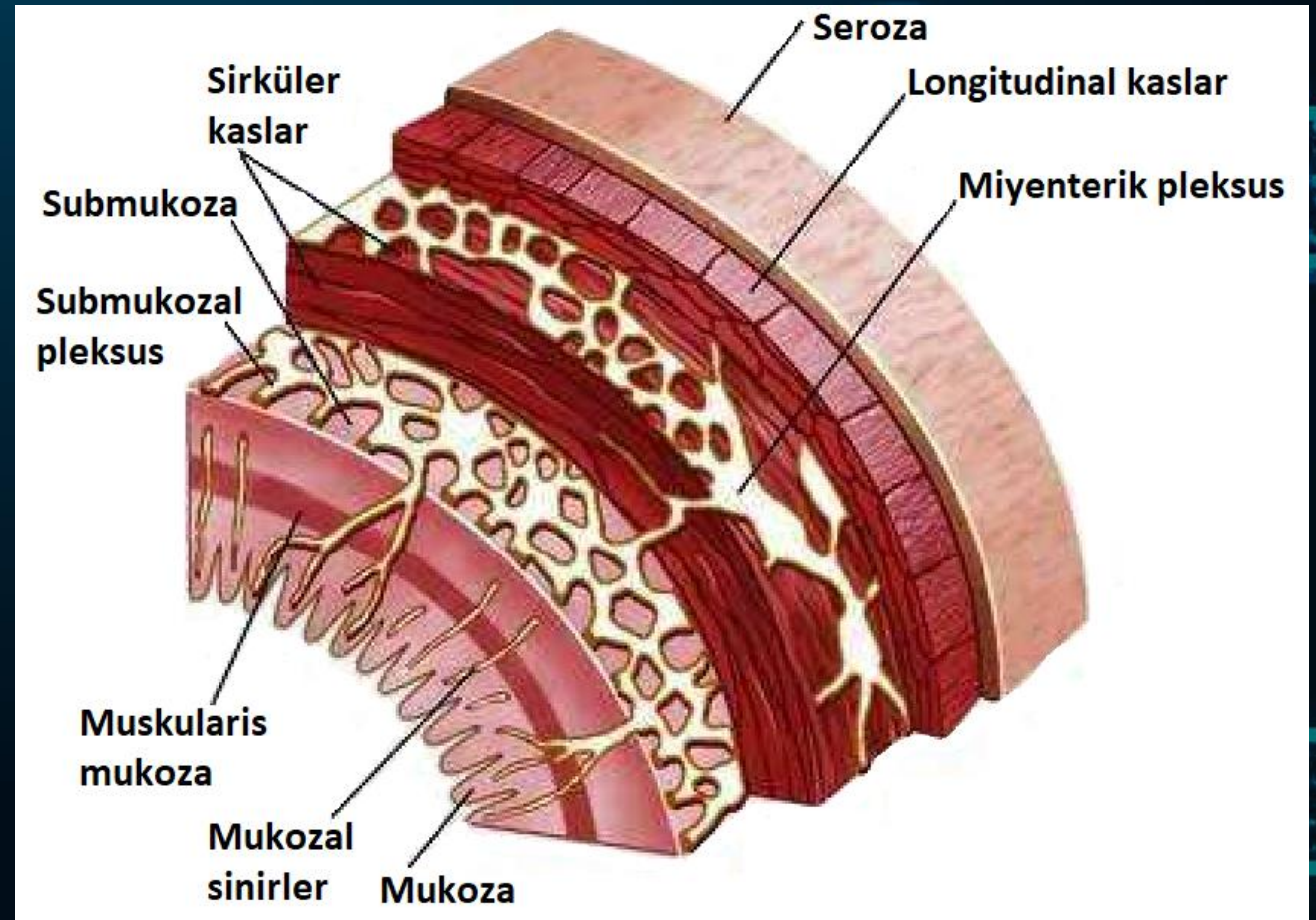


MİKROBİYOTA-BAĞIRSAK-BEYİN AKSI

- Bağırsaklardaki "faydalı" bakteriler, vücudun strese verdiği tepkiyi (HPA aksı yani Hipotalamus-Hipofiz-Adrenal aksı üzerinden) modüle eder. Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda, mikrobiyotası tamamen temizlenmiş (steril) deneklerin, normal deneklere göre strese çok daha şiddetli tepki verdiği ve daha fazla kortizol salgıladığı görülmüştür. Örneğin, *Lactobacillus rhamnosus* gibi probiyotiklerin, vagus siniri aracılığıyla beyindeki GABA (sakinleştirici nörotransmitter) reseptörlerini düzenleyerek kaygıyı azalttığı gözlemlenmiştir.
- Mikrobiyotanın sosyal etkileşimler üzerinde de etkisi olduğu düşünülmektedir. Bazı araştırmalar, otizm spektrum bozukluğu (OSB) olan bireylerin bağırsak florasında, tipik gelişim gösteren bireylere göre belirgin farklılıklar (örneğin daha düşük bakteri çeşitliliği) olduğunu saptamıştır.
- Mikrobiyota üyeleri, kendi hayatta kalma şanslarını artırmak için konakçının beslenme tercihlerini manipüle edebilir. Bu mikroorganizmalar, vagus siniri üzerinden beynin ödül mekanizmalarını etkileyerek belirli gıdalara karşı aşırı istek duyulmasına neden olabilir.

ENTERİK SINİR SİSTEMİ

- Enterik sinir sistemi tüm mide-bağırsak sisteminin duvarına yerleşmiş ve özofagustan rektuma kadar uzanan bağımsız ve karmaşık bir sinir ağıdır.
- Hem anatomik hem de fonksiyonel olarak enterik sinir sistemi iki bölüme ayrılır. Bunlardan **pleksus miyenterikus (Auerbach)** longitudinal ve sirküler kas katmanları arasında yer alırken, **pleksus submukosus (Meissner)** lumene daha yakın, mukoza ve sirküler kaslar arasında bulunur.

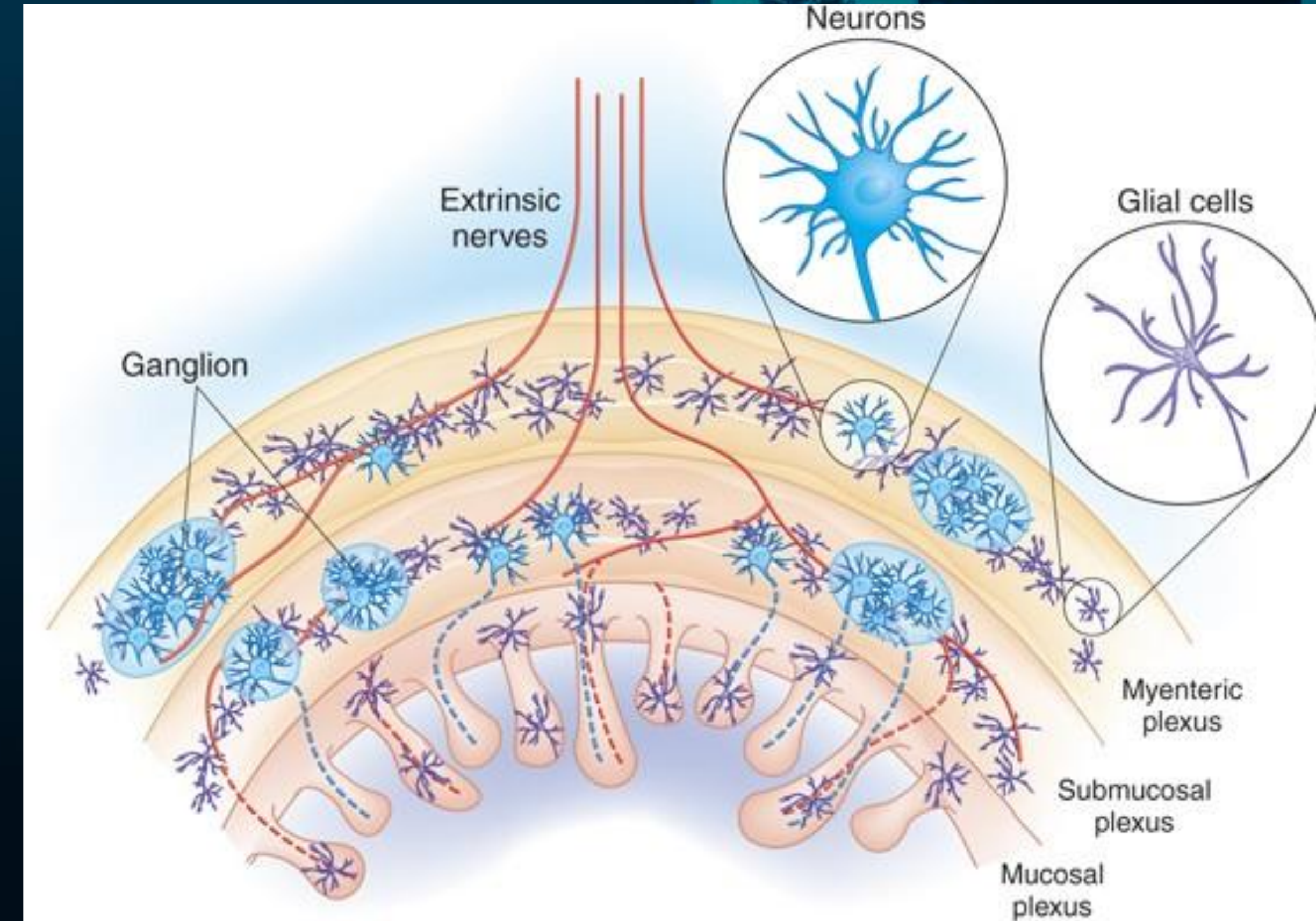


ENTERİK SİNİR SİSTEMİ

- Sindirim kanalı ekstrinsik otonom sinirlerinden (sempatik ve parasempatik) yoksun bırakılırsa (örneğin servikal vagus sinirlerinin çift taraflı kesilerek tam bir **vagotomi** oluşturulması durumunda), monogastrik türlerde enterik sinir sistemi sindirim faaliyetlerinin normale yakın bir şekilde devam etmesini sağlar.
- Ancak ruminanlarda durum biraz farklıdır. Ruminantlarda vagotomi sonrasında retikülorumen kasılmaları ortadan kalkar, içerik geçişi bozulur ve hayvan birkaç gün içinde ölür.

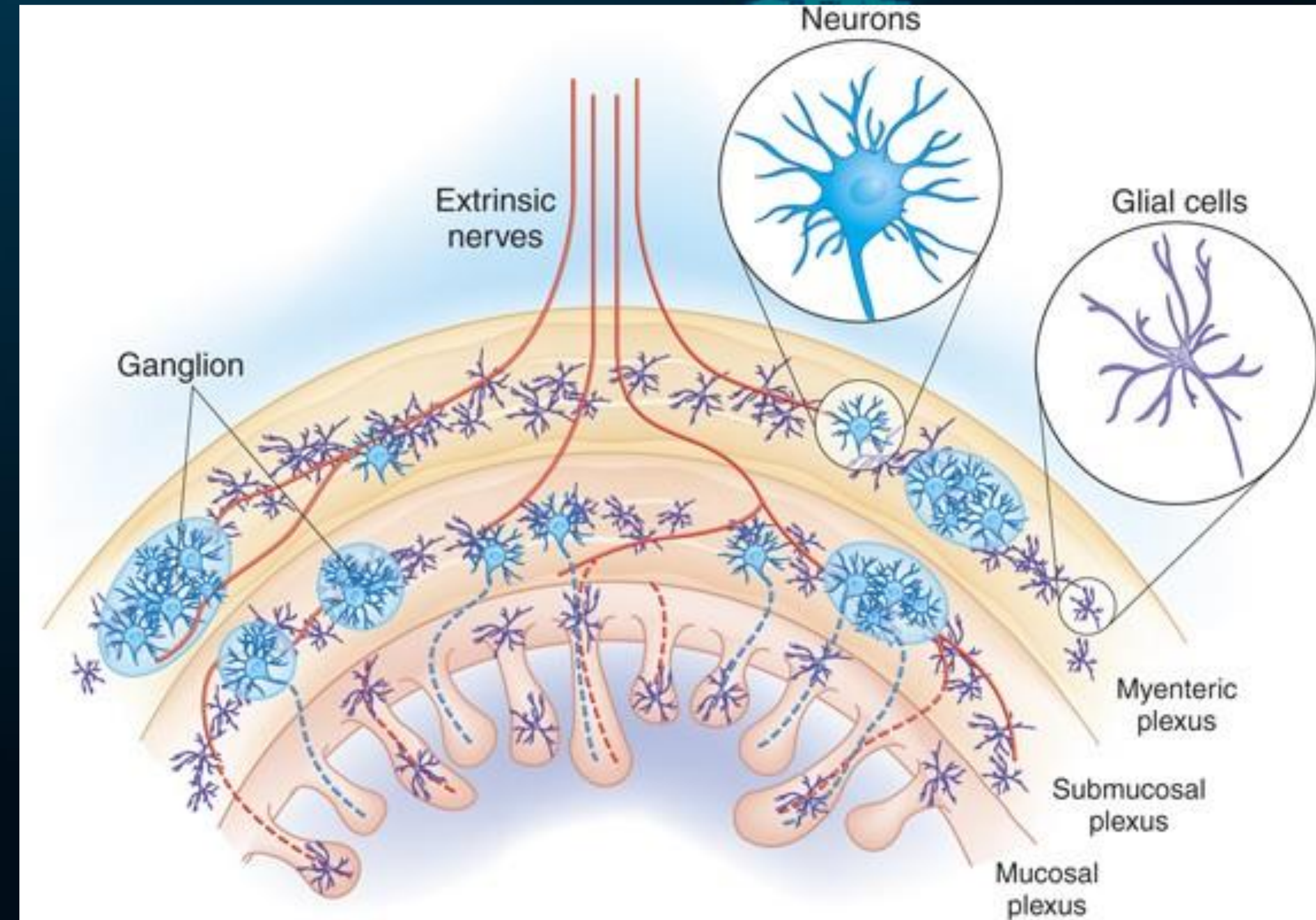
ENTERİK SINİR SİSTEMİ

- Her iki plexus da gangliyonlardan oluşmuştur. Bu gangliyonlarda sinir hücre gövdeleri ve sinir hücrelerinin aksonları olan intergangliyonik lif demetleri bulunur.
- **Pleksus miyenterikus**'un asıl görevi **kasların aktivitesini kontrol etmektir**. **Pleksus submukosus** ise temel olarak **sekresyon** ve **emilim** gibi çeşitli mukoza fonksiyonlarını düzenler. Her iki plexus da **kan akımının düzenlenmesinde** ve enterik sinir sisteminin **kendi içindeki iletişimde** rol oynar.



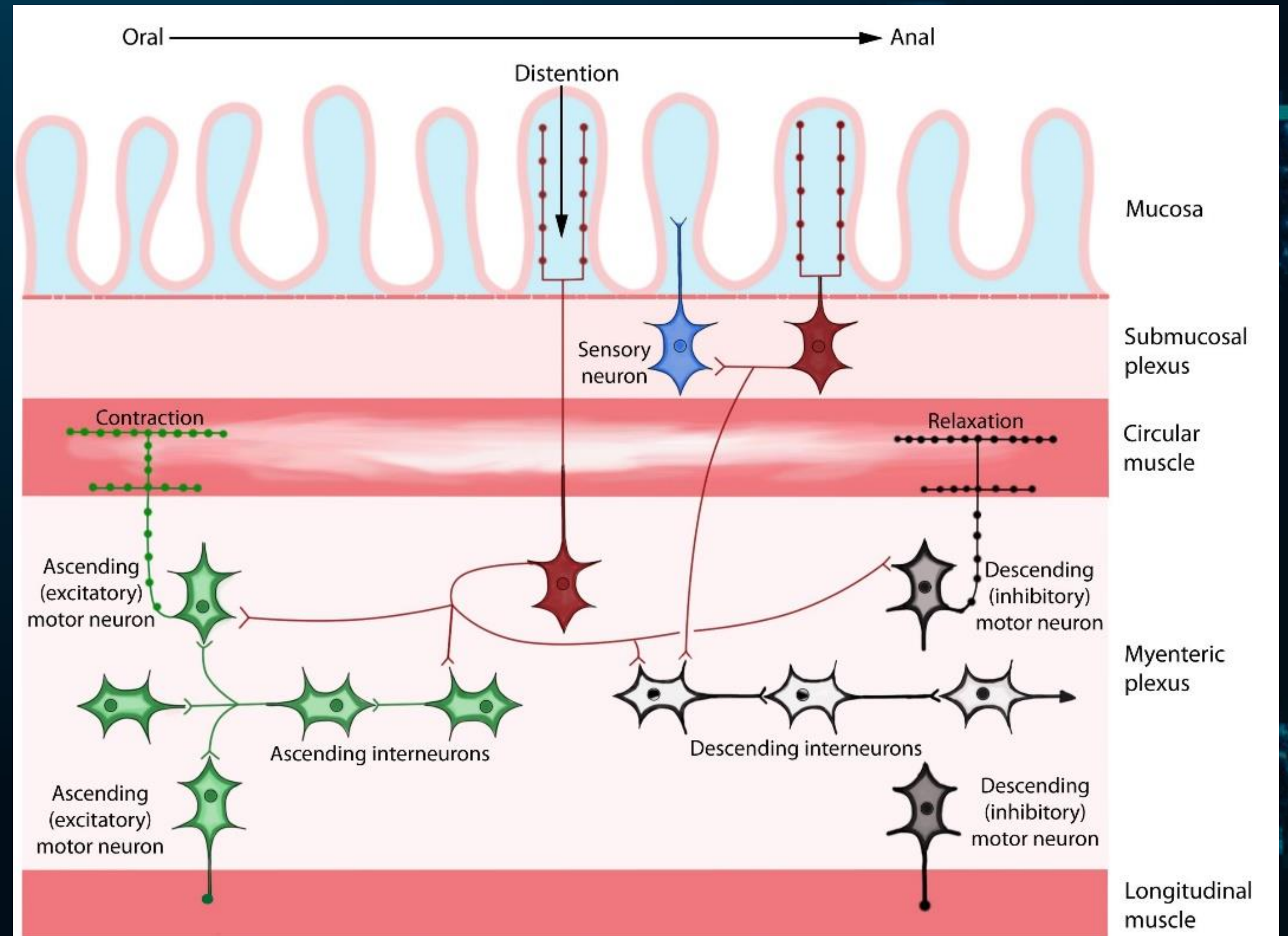
ENTERİK SINİR SİSTEMİ

- Enterik sinir sistemi ayrıca, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik dallarının aferent visseral lifleri aracılığıyla merkezi sinir sistemi ile iletişim kurar.
- Parasempatik girdi genellikle sindirim işlevlerini uyarırken, sempatik girdi bu işlevleri baskılar.
- Sinir hücreleri arasındaki iletişim ve efektörlerin kontrolü, uyarıcı ve baskılayıcı nörotransmittlerin salınımıyla sağlanır.



ENTERİK SİNİR SİSTEMİ

- Bağırsakların çeşitli fonksiyonlarını düzenleyebilmek için enterik sinir sisteminde fonksiyonel olarak farklı hücre tipleri bulunur. Merkezi sinir sistemine benzer şekilde, enterik sinir sistemi de **sensorik nöronlara**, **internöronlara** ve **motor nöronlara** sahiptir. Bu nöron tipleri bağırsağa etki eden uyarımlara uygun şekilde sabit programlarla (**refleks devreleri**) çalıştırılır.



ENTERİK SİNİR SİSTEMİ

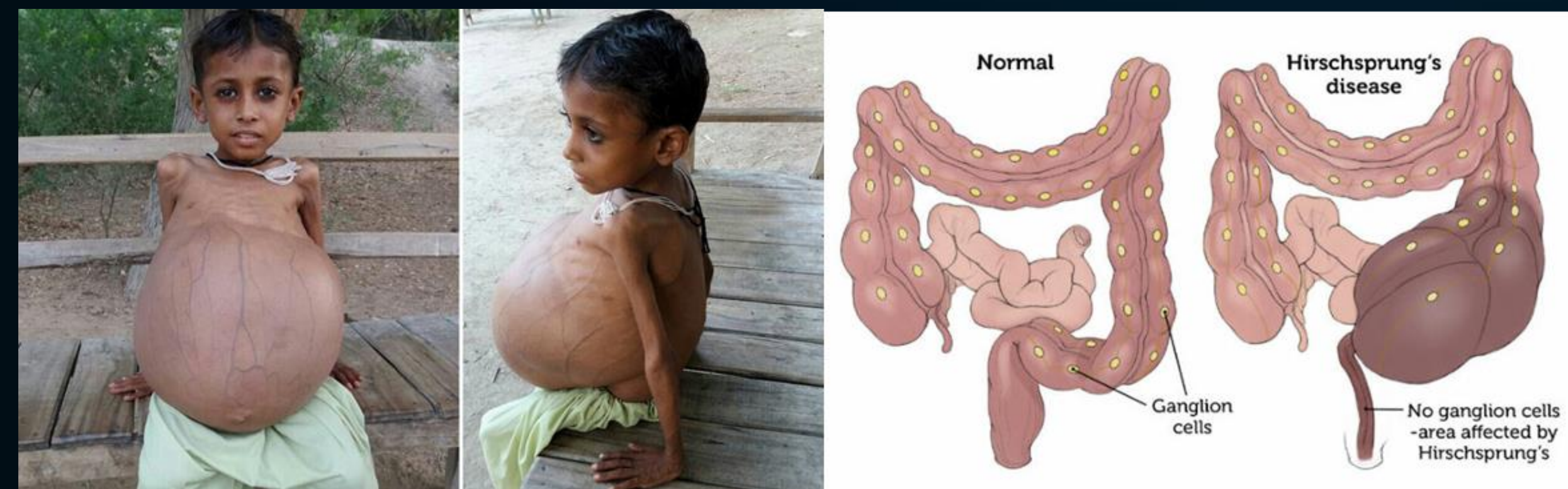
- **Ek Bilgi: Nörokimyasal Kodlama**
- Prensip olarak enterik sinir sistemi MSS'de bulunan neredeyse bütün nörotransmitterleri sentezleyebilir. Enterik sinir sisteminin kendi içindeki iletişimde ve efektör sistemlerin kontrolünde yaklaşık **25 farklı transmitter madde** görev yapar. Enterik sinir hücreleri genellikle sadece bir transmitteri değil, belirli bir **transmitter madde kombinasyonunu** sentezler. Bölgeye ve türe göre nörokimyasal kod, yani sinir hücrelerince sentezlenen transmitter kombinasyonu her bir hücre tipi için karakteristiktir. Karakteristik koda göre bugüne kadar **sensorik nöron, internöron** ve **motor nöron** olarak işlev yapan 30 farklı enterik sinir hücre popülasyonu belirlenmiştir.

KASLARIN KONTROLÜ

- Enterik sinir sistemi bağırsak kaslarının çalışmasını lokal reflekslerle düzenler. Bu olayı özellikle miyenterik pleksusun sinir hücreleri gerçekleştirir. Sindirim sistemi kendi kendine çalışabilse de, farklı bölgelerin (örneğin mide ile kolonun) birbiriyle haberleşmesi veya vücudun genel stres durumuna göre sindirimin hızlanıp yavaşlaması için dış kontrol (OSS) şarttır. Mideye yemek girdiğinde kolonun hareketlenmesi (**gastrokolik refleks**) gibi uzun mesafe refleksler otonom sinirler (n. vagus) üzerinden yürütülür. Eğer vücut bir tehlike anındaysa (sempatik aktivasyon), otonom sistem devreye girerek lokal refleksleri baskılar ve kanı sindirim sisteminden kaslara yönlendirir.
- Miyenterik pleksusun sinir hücrelerince bağırsak kaslarının lokal kontrolü, koordine bağırsak motilitesi için elzemdir. Bu durum özellikle fetal gelişim sırasında miyenterik pleksusun bir bölümünün tam olarak şekillenmediği hastalarda bariz şekilde görülmektedir. Böyle bir **aganglionez** (miyenterik pleksusta sinir hücre gövdelerinin olmaması), kimusun ileri yönlü transportunda çok ciddi bozukluklara neden olmaktadır.

KASLARIN KONTROLÜ

- **Ölümcül Beyaz Taylar (Lethal white foals):** Miyenterik pleksustaki aganglionezis yeni doğanlarda kimusun tranportunda ciddi problemlere neden olmaktadır. Bu tarz bir aganglionezis hem insanlar hem de evcil memeli hayvanlarda bilinmektedir. Bununla ilgili olarak atlarda **Ölümcül Beyaz Tay Sendromu (Lethal-White-Foal-Syndrome)** isimli bir hastalık görülür. Bu hastalık genetik bir defekt sonucu oluşmakta ve benekli bir post görünümüyle karakterize olup sonraki nesillere aktarılmaktadır. Homozigot taylar benekli olmayıp tamamen beyazdır ve doğumu izleyen birkaç gün içerisinde bağırsak tıkanması sonucu ölürlür.

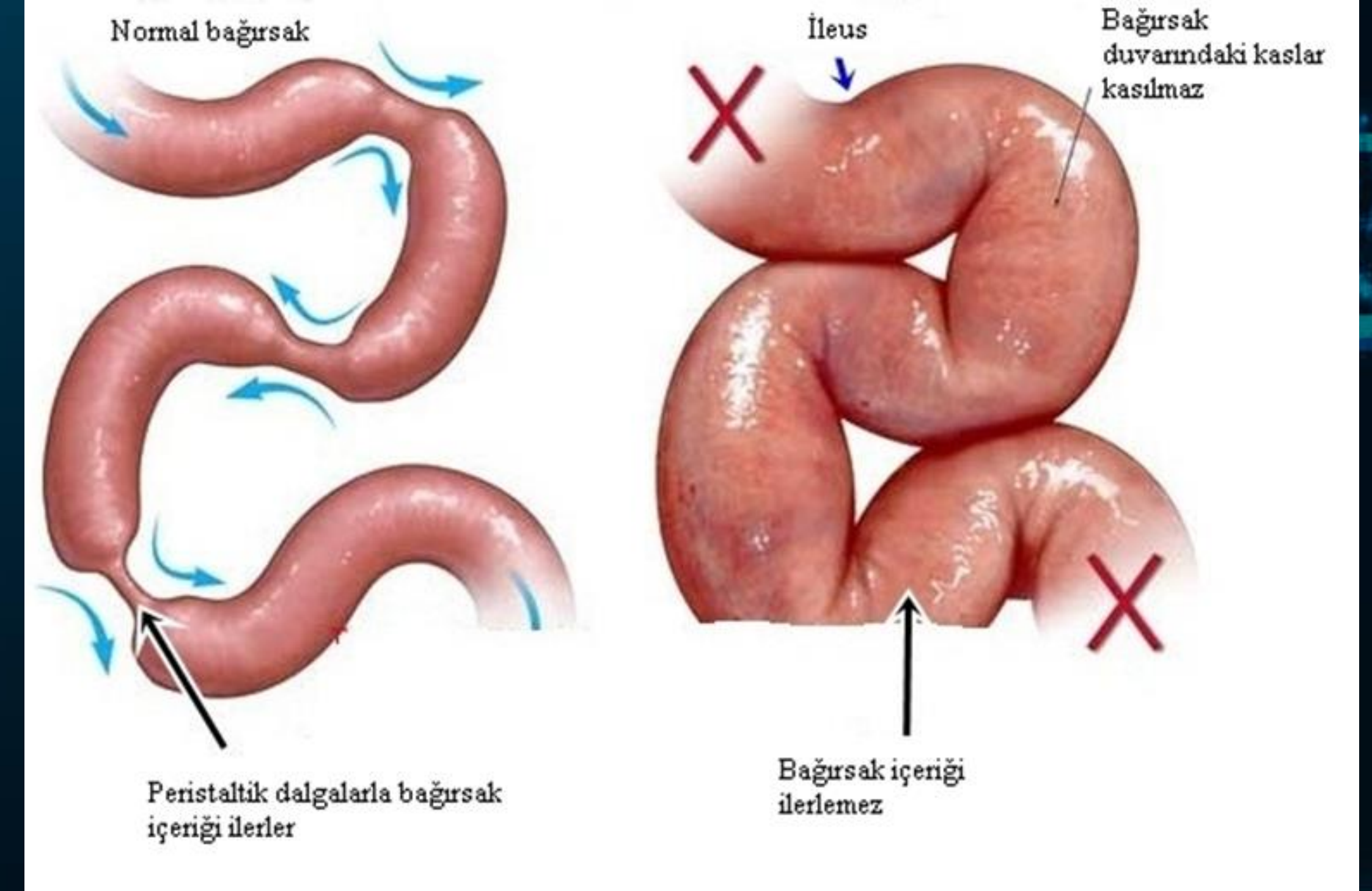


Ölümcül Beyaz Tay Sendromu insanlarda görülen **Morbus Hirschsprung** olarak bilinen aganglionezisin belirli formlarına karşılık gelir.



KASLARIN KONTROLÜ

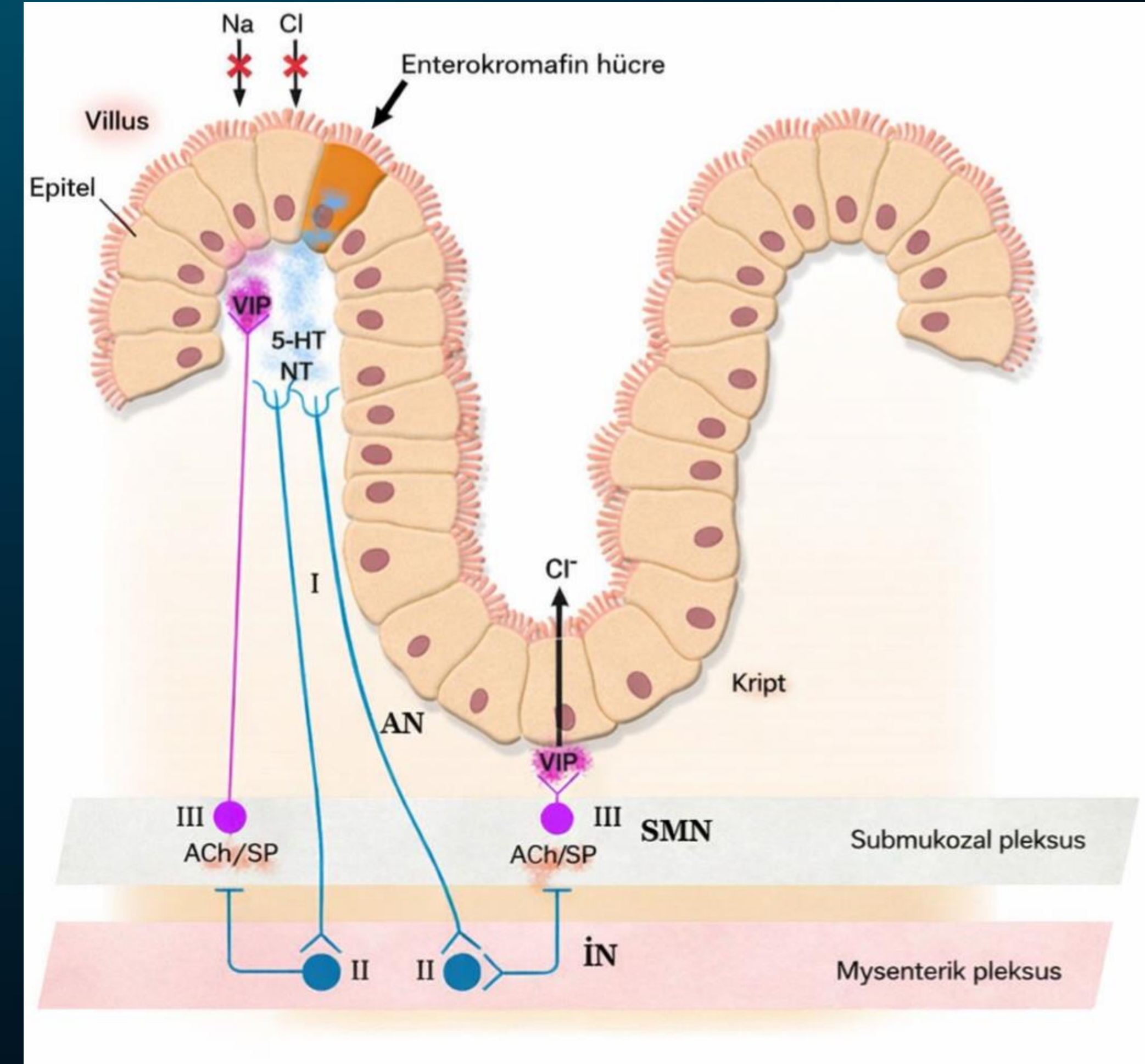
- **Postoperatif ileus:** İnhibitör enterik sinir hücrelerinin orantısız yüksek aktivitesi veya aşırı sempatik tonus nedeniyle bağırsak atonisi oluşur. İnhibitör sistemin bu şekilde aşırı aktivasyonu **cerrahi operasyonlar** sırasında bağırsağın mekanik olarak manipülasyonu nedeniyle tetiklenebilir.
- Enterik immün sistemin aktive olarak olaya eşlik etmesiyle semptomlar daha da kötüleşir.
- Diğer yandan, uyarıcı sistemin patolojik hiperaktivitesi ise hızlandırılmış transporta yol açar ve ishale sebebiyet verebilir.



- Karında gerginlik
- Bağırsak seslerinin yokluğu
- Ağrı
- 1-3 gün içinde kendiliğinden geçer

NÖRO-İMMUN ETKİLEŞİM

- Bağırsak epitelı organizmanın dış dünyayla olan en büyük temas yüzeyini oluşturur. Buna bağılı olarak yüksek bir antijen istilasına maruz kalır. Bağırsaklar muazzam bir bağışıklık sistemine sahiptir. Bu sistem enterik sinir sistemi ve otonom sinir sisteminin diğerk bölümleriyle sıkı ilişki içerisinde dir. Enterik sinir sistemi ve bağırsak immun sistemi arasındaki bu ilişki sayesinde lokal savunma mekanizması güçlendirilir ve antijen istilalarına karşı intestinal bariyerin stabilitesi korunur.
- Antijenler, bağırsak immun sistemine ait hücreleri aktive eder. Bu immun hücreler **histamin**, **prostaglandinler** veya **lökotrienler** gibi prosekretorik etki yapan medyatörleri salgılar. Bu medyatörler ise epitel hücrelerini doğrudan uyarır ya da enterik sekretomotonöronları aktive ederek direkt etkiyi güçlendirir. Bu olaylara paralel olarak miyenterik pleksustaki kas motonöronları da stimüle edilir.



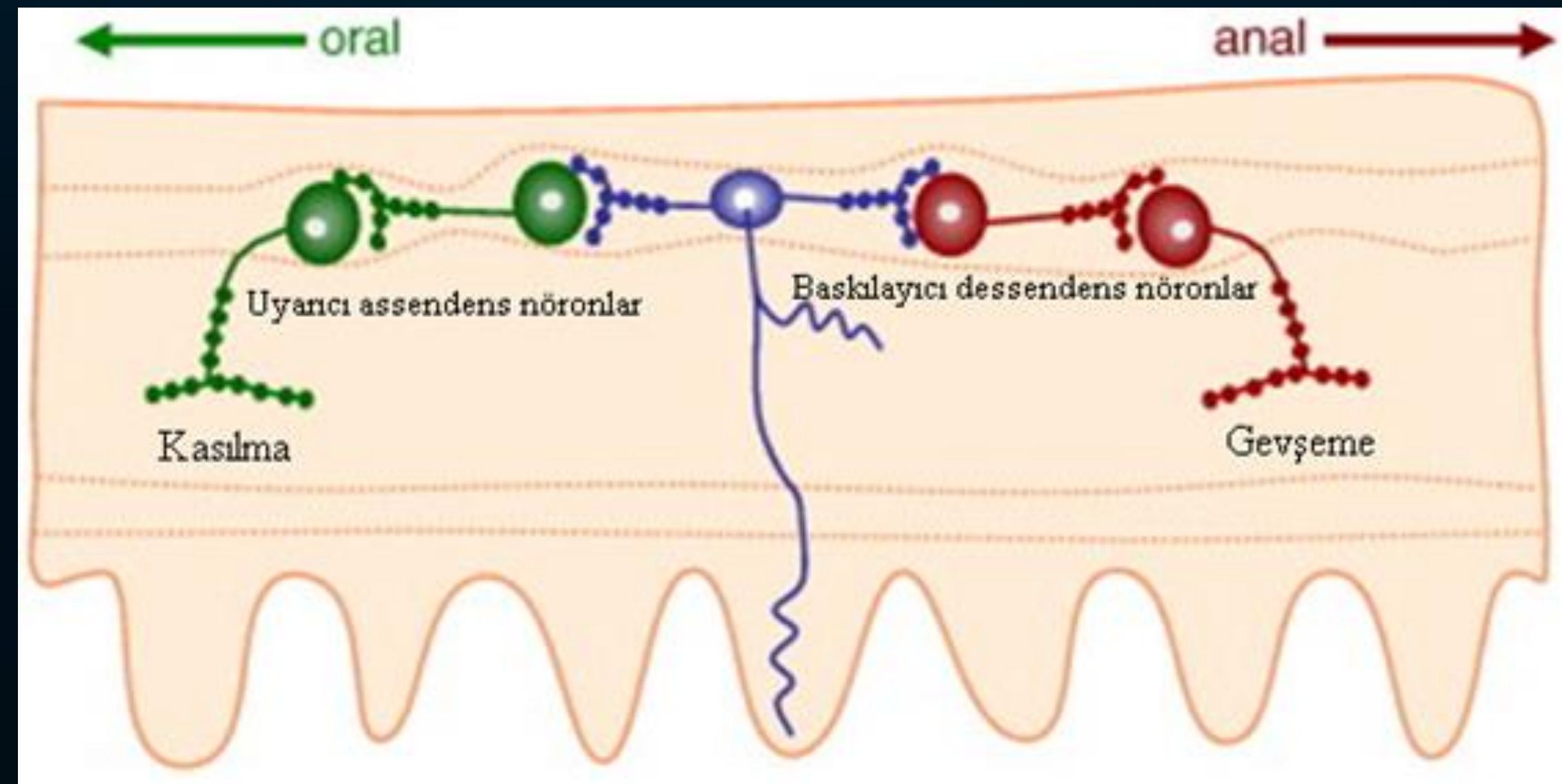
Kolera toksini, enterokromaffin hücrelere bağlanır ve bu hücrelerden serotonin (5-HT) ve nörotensin (NT) salınımına yol açar. Bu maddeler, aksonları epitelden miyenterik pleksusa kadar uzanan afferent nöronları (I: AN) aktive eder. Afferent nöronlar asetilkolin (ACh) ve / veya P maddesi (SP) salgılayan internöronlarla (II: İN) bağlantılıdır. ACh ve SP submukozal pleksusta bulunan sekretomotonöronları (III: SMN) aktive eder. Bu sekretomotonöronların aksonları hem villusta hem de kript bölgelerinde epitel yüzeyi ile temas halindedir. Sekretomotonöronlar VIP serbestler ve böylece kriptlerde sekresyonu uyarır, villuslarda besinden bağımsız tuz emilimini önlenir.

NÖRO-İMMUN ETKİLEŞİM

- Bu işlemlerin fonksiyonel önemi, antijenler tarafından tetiklenen sekresyon artışına bağlı olarak luminal toksinlerin fazlaca seyreltilmesi ve artan motiliteyle bağırsaktan hızla atılmasının sağlanmasıdır. Birçok bakteri toksininin enterotoksik etkisi nöro-immun etkileşimin aşırı aktive edilmesine dayanır.
- Kolera toksininin, *Clostridium defficile*-Toksin A'nın, *Escherichia coli* ve *Salmonella typhimurium*'un termostabil toksinlerinin prosekretorik ve motiliteyi artırıcı etkilerinin kısmen enterik sinir sistemi üzerinden olduğu iyi bilinmektedir. Bu kaskadın primer tetikleyicileri savunma mekanizması sürecinde lokal olarak salgılanan yangı medyatörleridir. Buna ilaveten bakteriyel enterotoksinler dokulardaki cAMP ve/veya cGMP düzeylerini yükselterek enterokromafin hücrelerden büyük miktarlarda serotonin salgılanmasına yol açarlar. Serotonin ise prosekretorik etkili enterik yolları aktive eder.

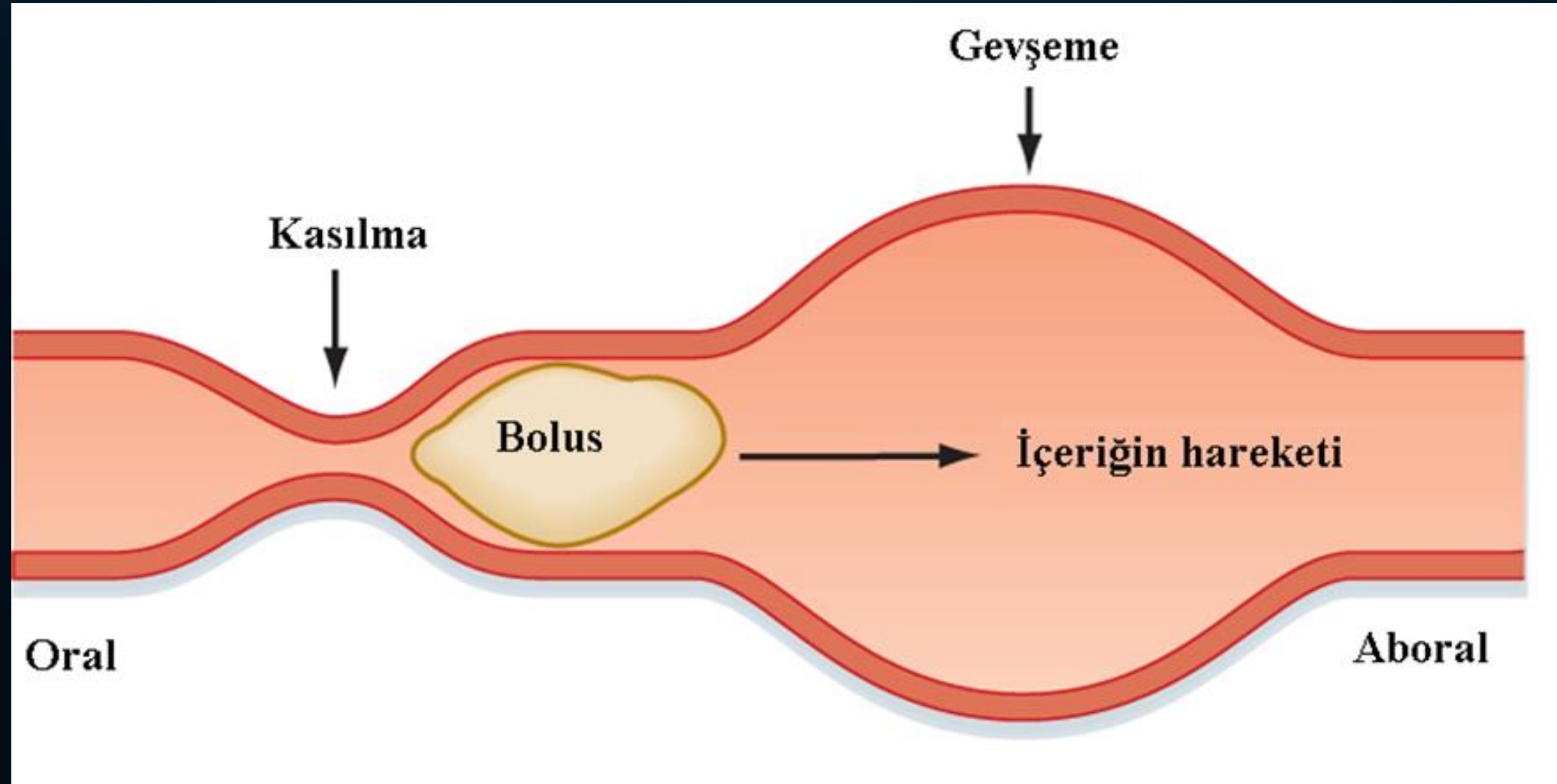
KASLARIN KONTROLÜ

- Mide-bağırsak sistemindeki sirküler kasları kontrol eden **kas motonöronları** bağırsak duvarında özel bir yerleşim sergiler. Sinir hücresi gövdeleri miyenterik pleksusta bulunurken, sinir aksonları inerve ettikleri kaslara gitmektedir. Kasları stimüle edip kasılmasına yol açan motonöronlar oral yönde uzanan aksonlara sahiptir (**assendens nöronlar**). Sirküler kasları baskılayan nöronların aksonu ise aboral (anal) yönde uzanırlar (**dessendens nöronlar**). Aksonların bu şekilde düzenlenmesi nöronların **polarize projeksiyonu** olarak adlandırılır.



KASLARIN KONTROLÜ

- Polarize projeksiyon sayesinde assendens ve dessendens nöronlar lokal bir uyarı sonrasında oral yönlü uyarılarla sirküler kasları kasılmaya, aboral yönlü uyarılarla da kasları gevşemeye sevk eder. Bunun sonucunda bağırsak içeriği aboral yönde ilerletilir.



KASLARIN KONTROLÜ

- Kas motonöronları pleksus miyenterikus'ta, sekretomotonöronlar pleksus submukosus'ta, vazomotonöronlar ise her iki pleksusta bulunur.
- Baskılayıcı veya uyarıcı motonöronların aktivasyonu;

I. Kaslar,

II. Mukoza (II) veya

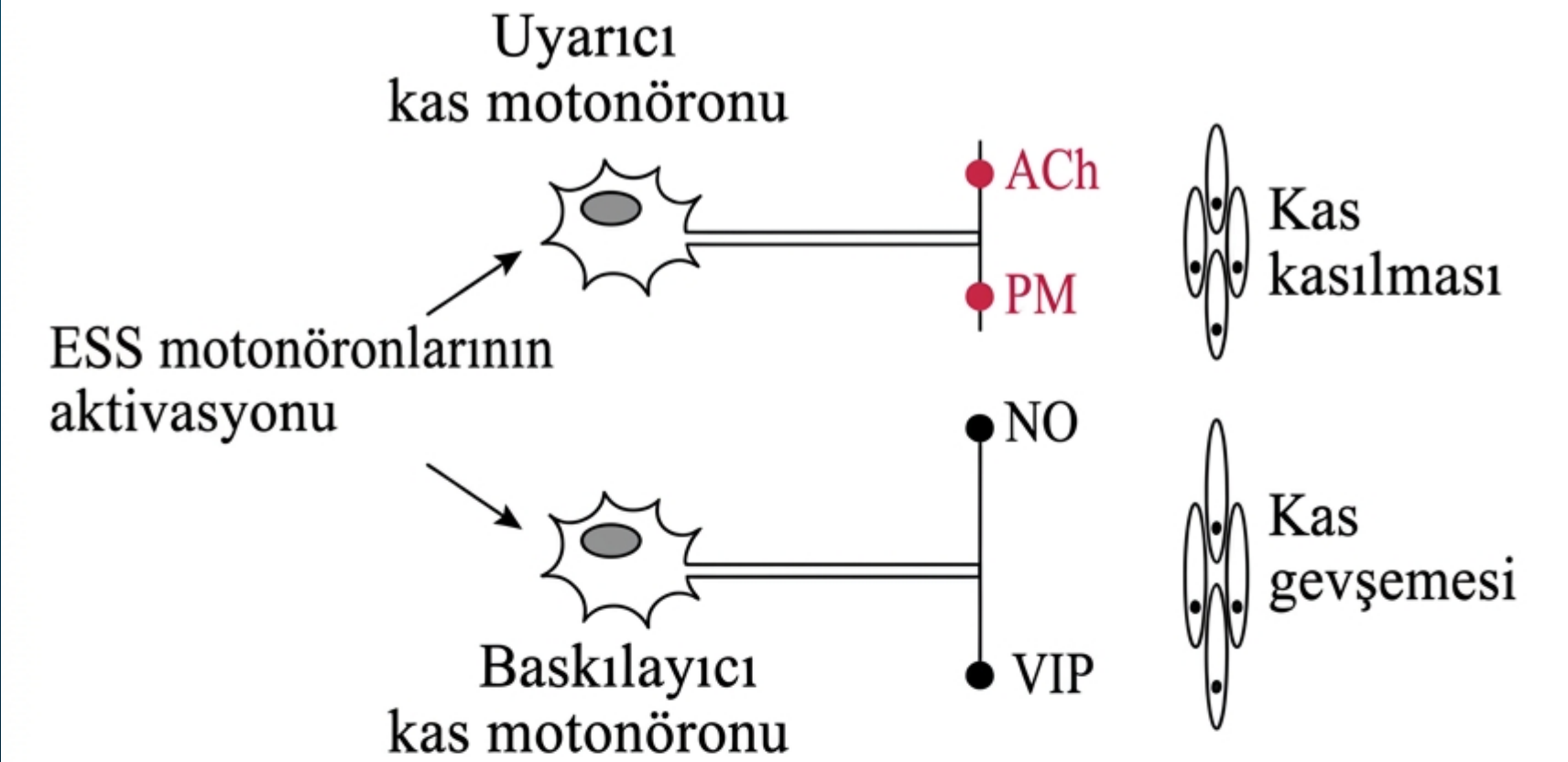
III. Kan damarları (III)

gibi efektör sistemlerde değişikliklere yol açar.

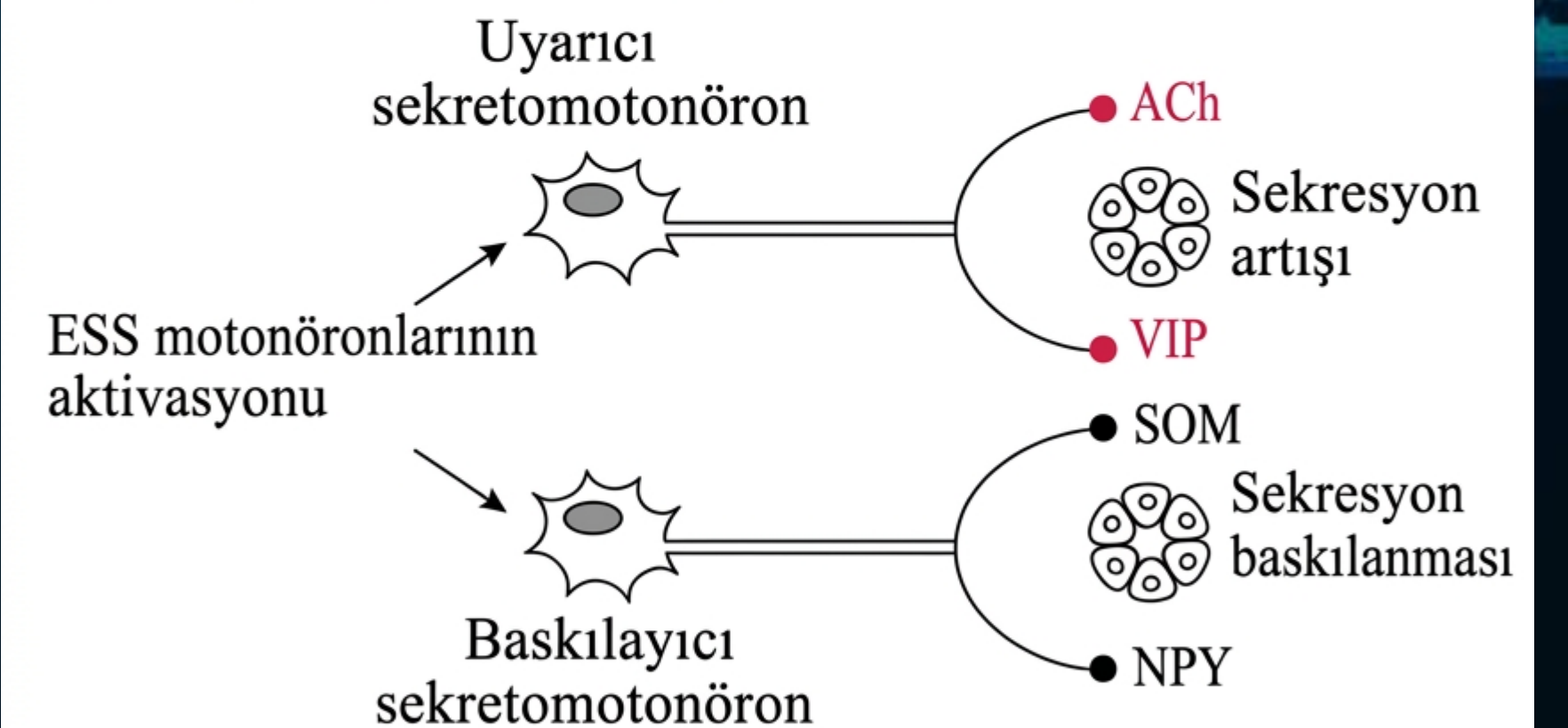
- Uyarıcı (vazokonstriktör) Etki!!!

Sempatik adrenerjik lifler → noradrenalin → $\alpha 1$ adrenerjik reseptörler → vazokonstriksiyon!

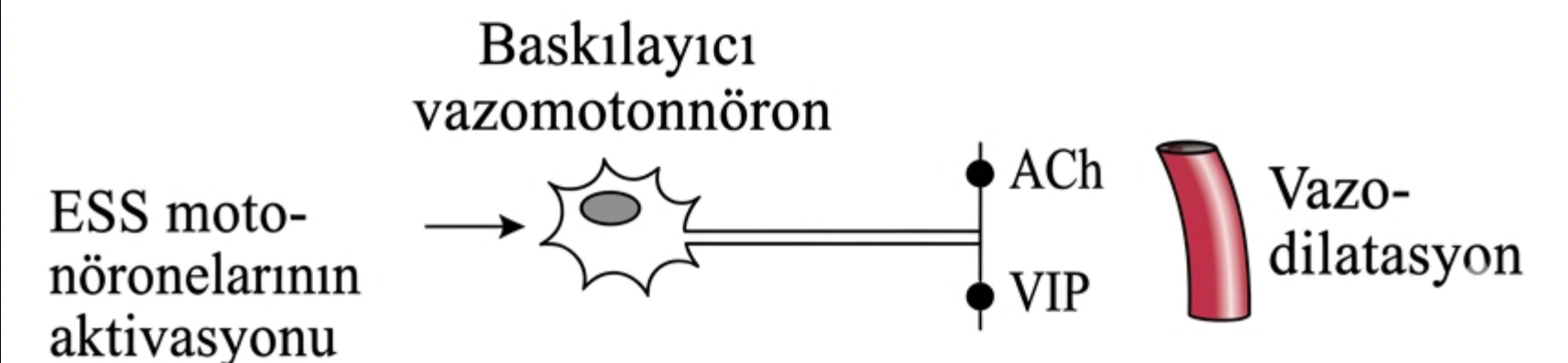
I. Motilitenin Düzenlenmesi



II. Sekresyonun Düzenlenmesi

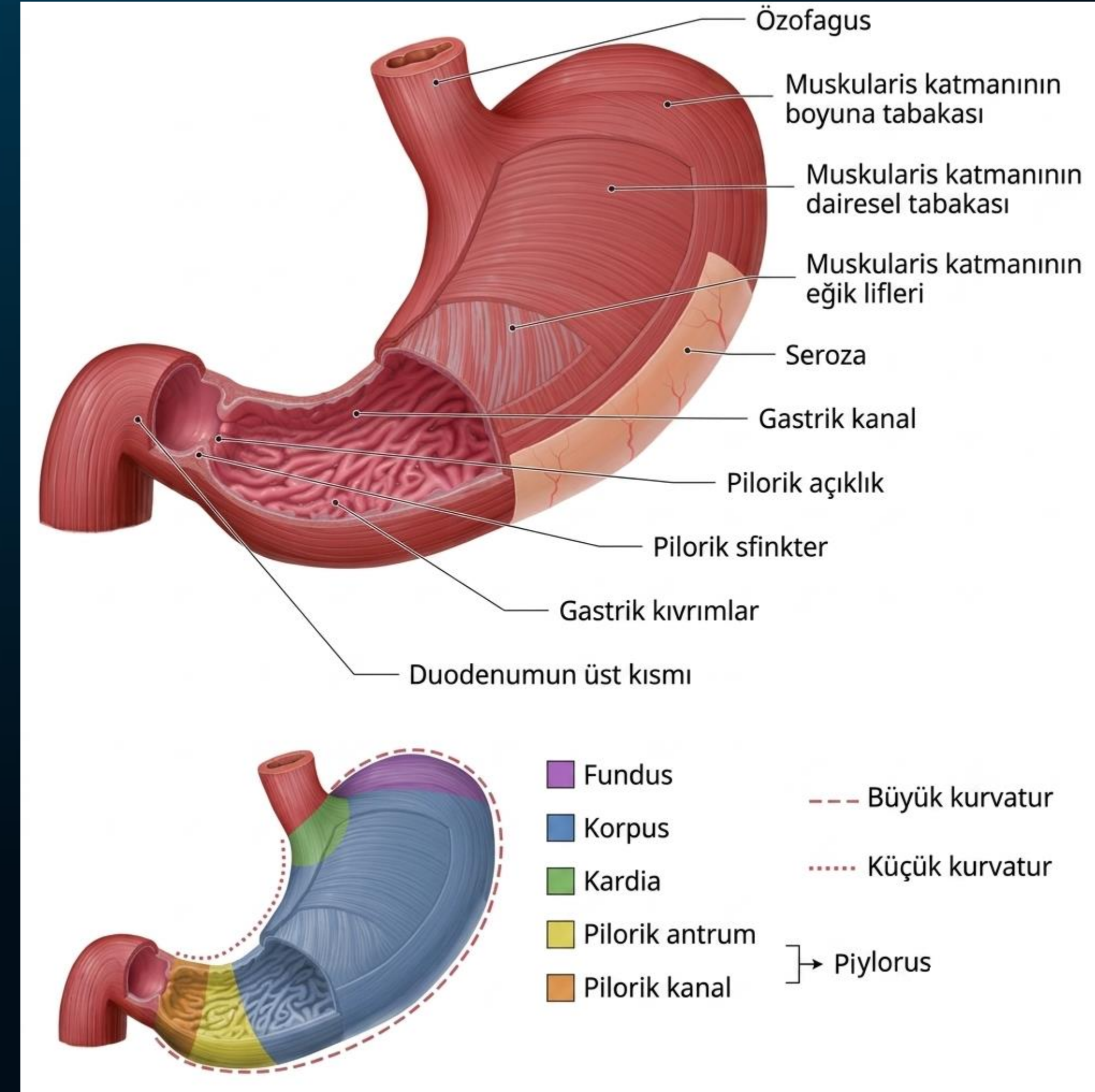


III. Kan Akımının Düzenlenmesi



MİDE

- Mide, özofagusun alt ucunda ve karın boşluğunun kranial kısmında bulunur. Medyan düzlemin solunda yer alır.
- **Midenin dört temel işlevi vardır. Bunlar:**
 1. Yenilen besinlerin depolanması,
 2. Besinlerin mekanik olarak parçalanarak kimyasal sindirim için yüzey alanının artırılması,
 3. Asit ve enzimlerin etkisiyle besinlerin kimyasal parçalanması ve
 4. B₁₂ vitamini emilimi için gerekli olan intrinsik faktörün üretimidir.



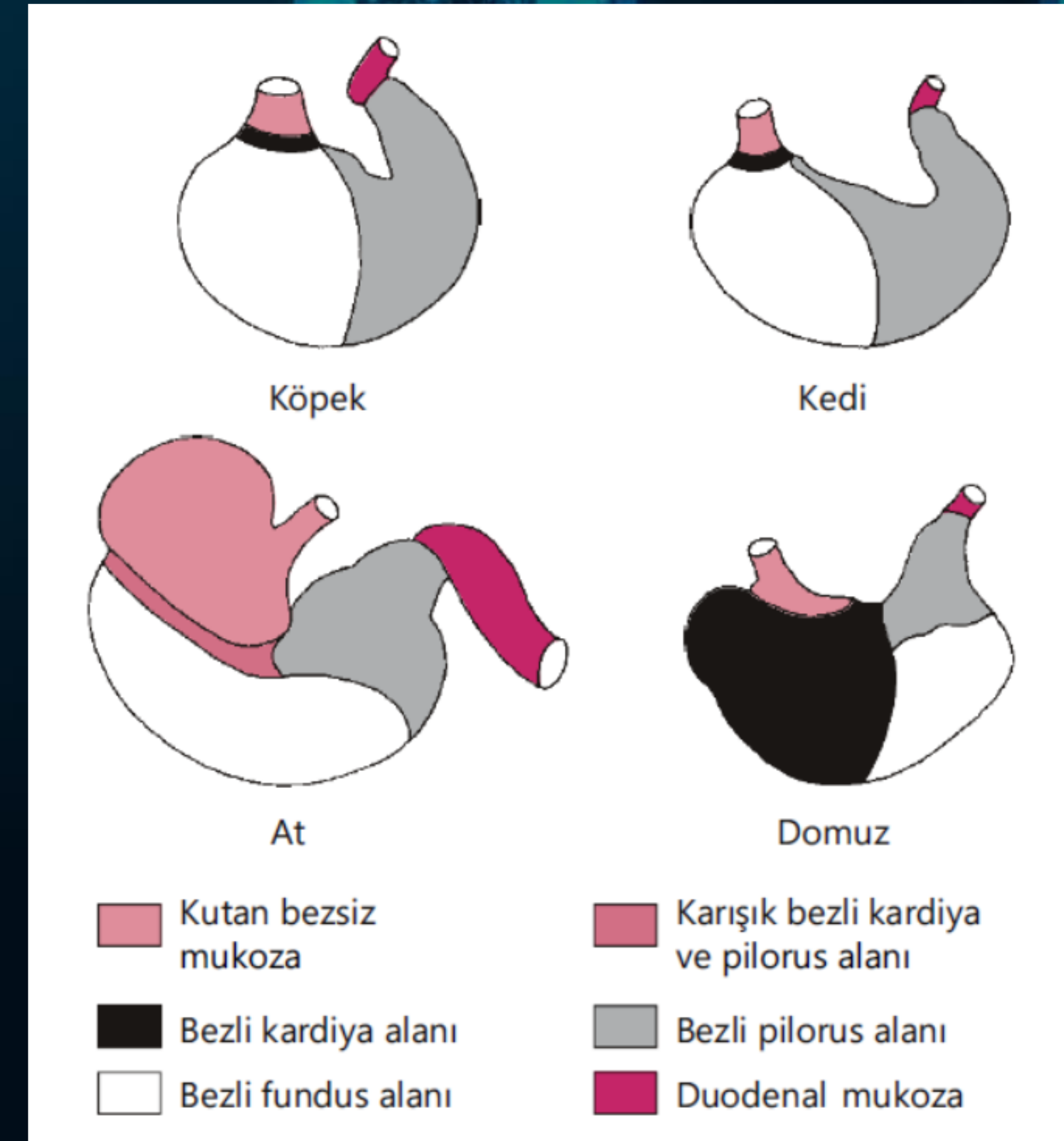
MİDE

- Hayvanlar aleminde mide yapıları, beslenme alışkanlıklarına ve gıdaların sindirilme biçimine göre temel olarak iki ana kategoriye ayrılır. Ancak bu kategoriler kendi içlerinde özelleşmiş alt gruplara bölünür.

1. Basit Mide:

Bu mide tipi tek bir bölmeden oluşur. Besinler mideye geldiğinde hidroklorik asit ve enzimlerle parçalanır.

- **Glandüler (Bezli) Mide:** Midenin tamamı veya büyük bir kısmı sindirim sıvıları salgılayan bezlerle kaplıdır. İnsanlar, köpekler ve kediler bu gruptadır.
- **Bileşik Basit Mide:** Tek bir mide boşluğu vardır ancak midenin bir kısmı bezsiz, bir kısmı ise bezli bölgeden oluşur. Atlar ve fareler bu yapıya örnektir.

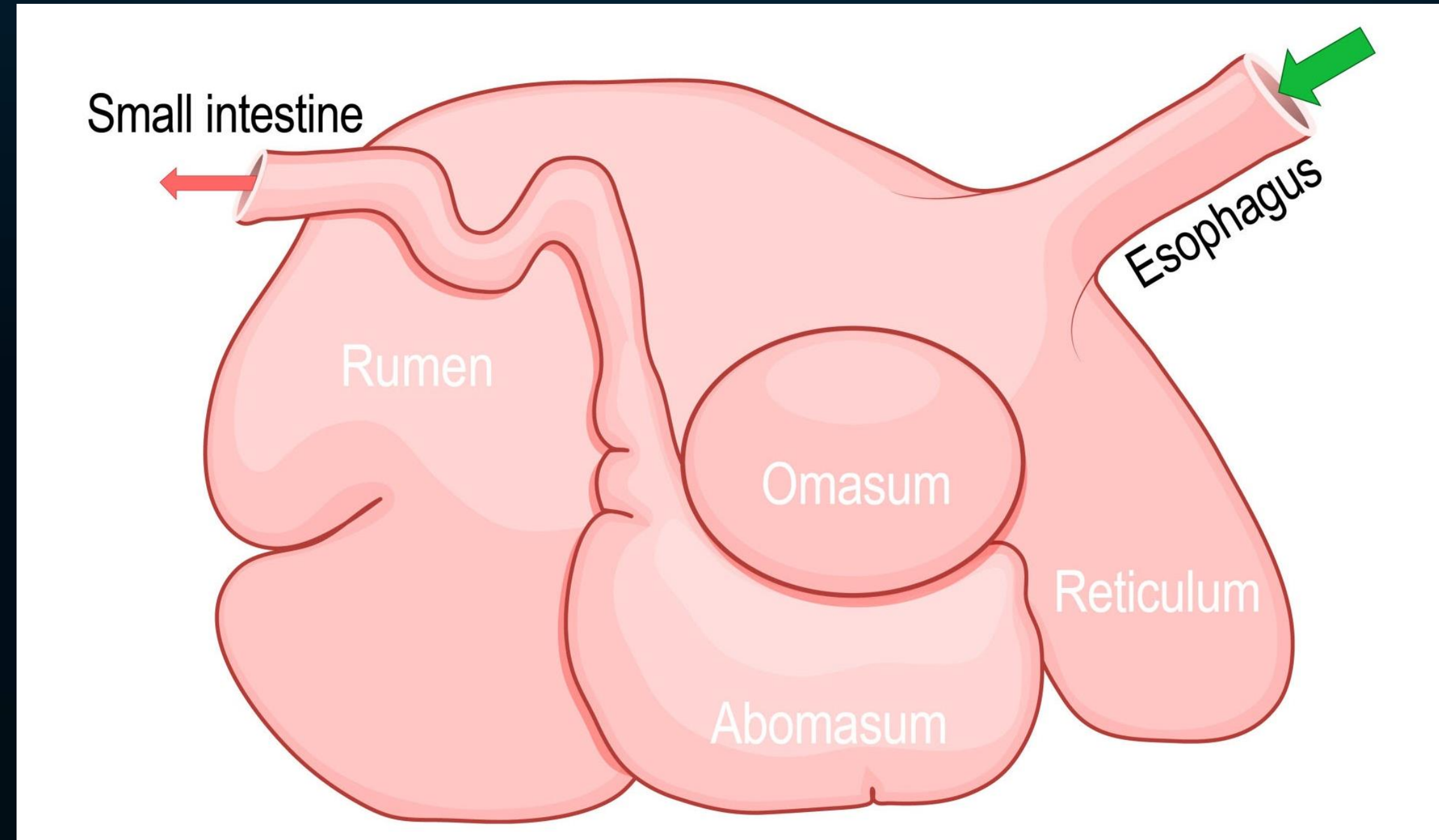


MİDE

2. Bileşik Mide (Kompleks ya da Çok Odacıklı Mide):

Özellikle otçul hayvanlarda, bitkisel liflerin sindirilebilmesi için mide birden fazla kompartımana ayrılmıştır.

- Gerçek anlamda geniş getiren hayvanlarda yani ruminantlarda (sığır, koyun, keçi gibi) bulunur. Bu mide 4 bölmeden oluşmuştur. Bunlar: rumen (işkembe), retikulum (börkenek), omasum (kırkbayır) ve abomasum (şirden)'dir. Çok odacıklı midelerde gerçek mide bölümü hidroklorik asit (HCl) üreten bölgedir (ruminantlarda şirden = abomasum)



MİDE



EK BİLGİ:

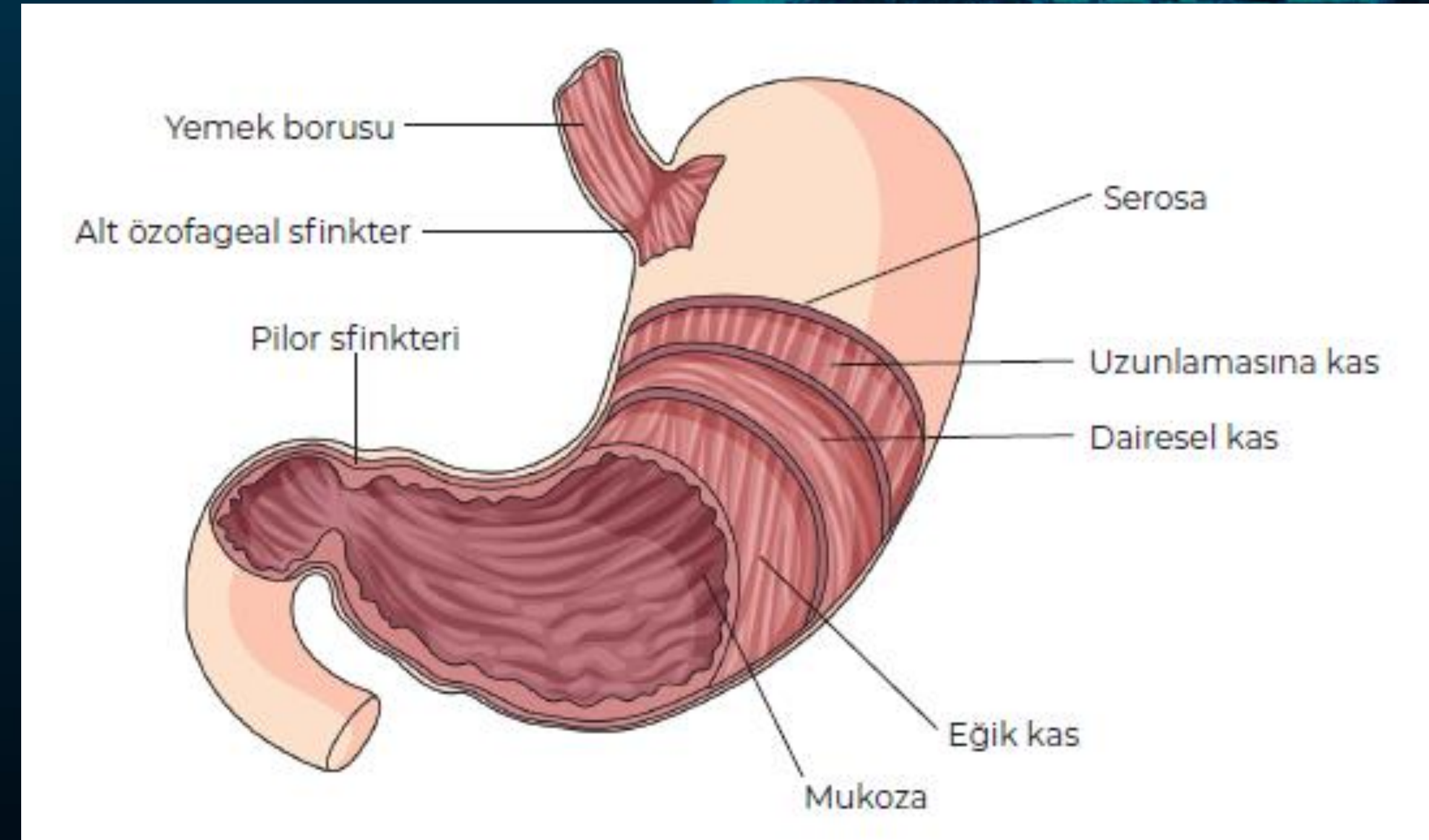
Yalancı ruminantlar (**psödoruminantlar**), sindirim fizyolojisi açısından geviş getiren hayvanlara (ruminant) çok benzeyen ancak mide anatomisi bakımından onlardan ayrılan özel bir gruptur. Bu grubun en bilinen temsilcileri **deve**, **lama**, **alpaka** ve **vikunya** gibi Kamelidae (Devegiller) familyası üyeleridir. Yalancı ruminantları gerçek ruminantlardan ayıran temel farklar şunlardır:

- 1. Mide Bölümleri:** Gerçek ruminantların midesi 4 bölmeliyken psödoruminantlar üç mide bölmesine sahiptir; bunlarda **omasum bulunmaz!!!**.
- 2. Geviş Getirme ve Sindirim:** Tıpkı sığırlar gibi, yedikleri gıdayı ağızlarına geri getirip tekrar çiğnerler ve midelerinde mikrobiyal fermantasyon gerçekleşir. Yalancı ruminantlar, özellikle devegiller, kısıtlı ve kalitesiz meralarda suyu ve besini gerçek ruminantlardan bile daha verimli kullanma yeteneğine sahiptirler.
- 3. Diğer Farklılıklar:** Gerçek ruminantların üst çenesinde ön dişler yoktur (dental pad bulunur). Yalancı ruminantlarda ise üst çenede kesici dişler mevcuttur. Yalancı ruminantlarda toynak yerine, daha yumuşak ve geniş tabanlı, iki parmaklı "yastıklı" bir ayak yapısı mevcuttur.



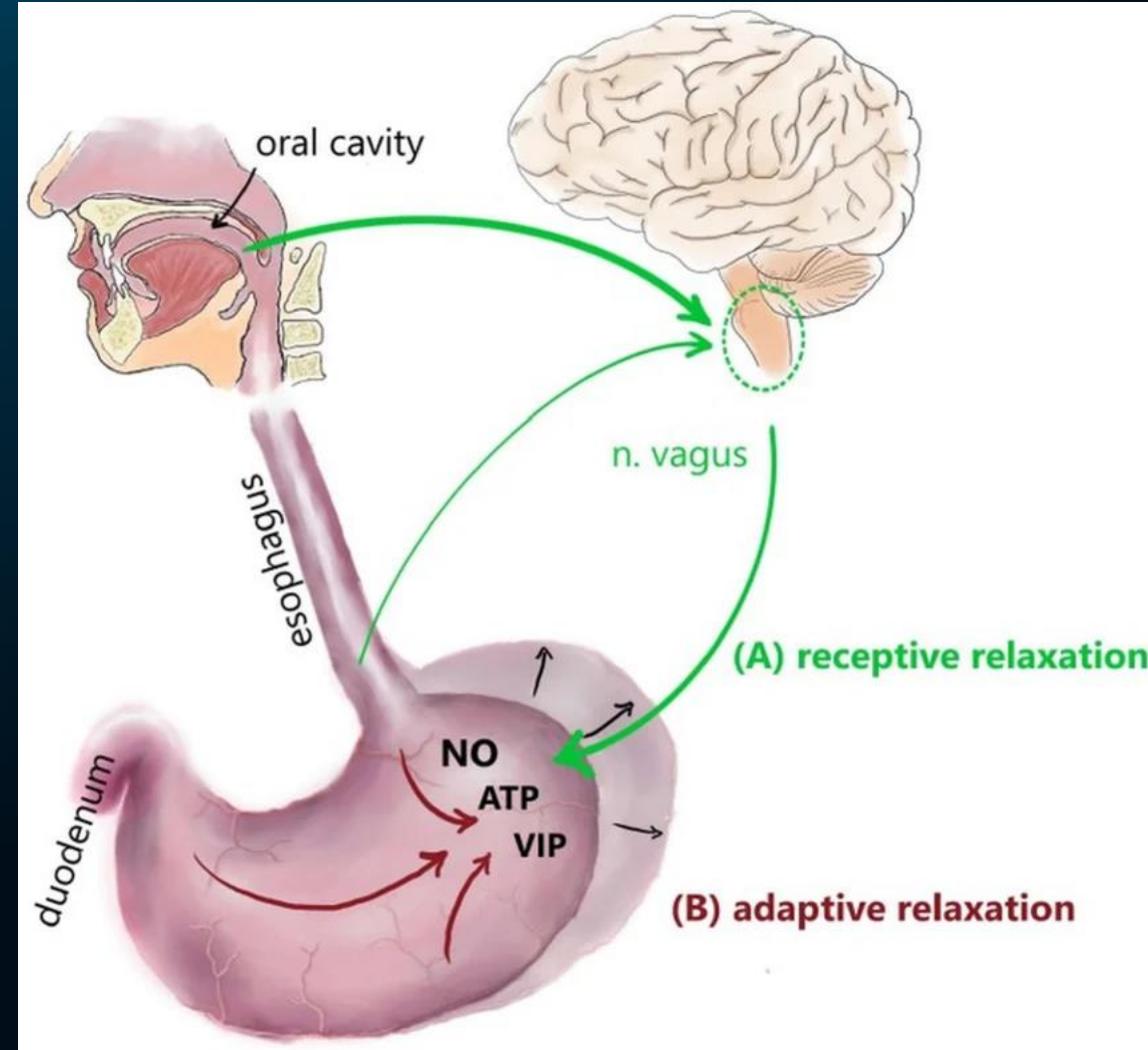
MİDE

- Sindirim kanalının duvarında bulunan longitudinal ve sirküler düz kas katmanlarına ilave olarak, mide duvarında bir de eğik (**oblik**) kas katmanı vardır. Bu ek kas katmanı, mide duvarını güçlendirmeye ve yenilen besinlerin enzimler ve asitlerle daha iyi karıştırılmasına hizmet eder. Midenin boyutu veya hacmi ne kadar dolu veya boş olduğuna göre değişir. Özellikle mide boşken göze çarpan **mukoza kıvrımları (rugalar)** midenin yiyeceklerle dolmasıyla kaybolur ve midenin genişlemesine imkân verir.



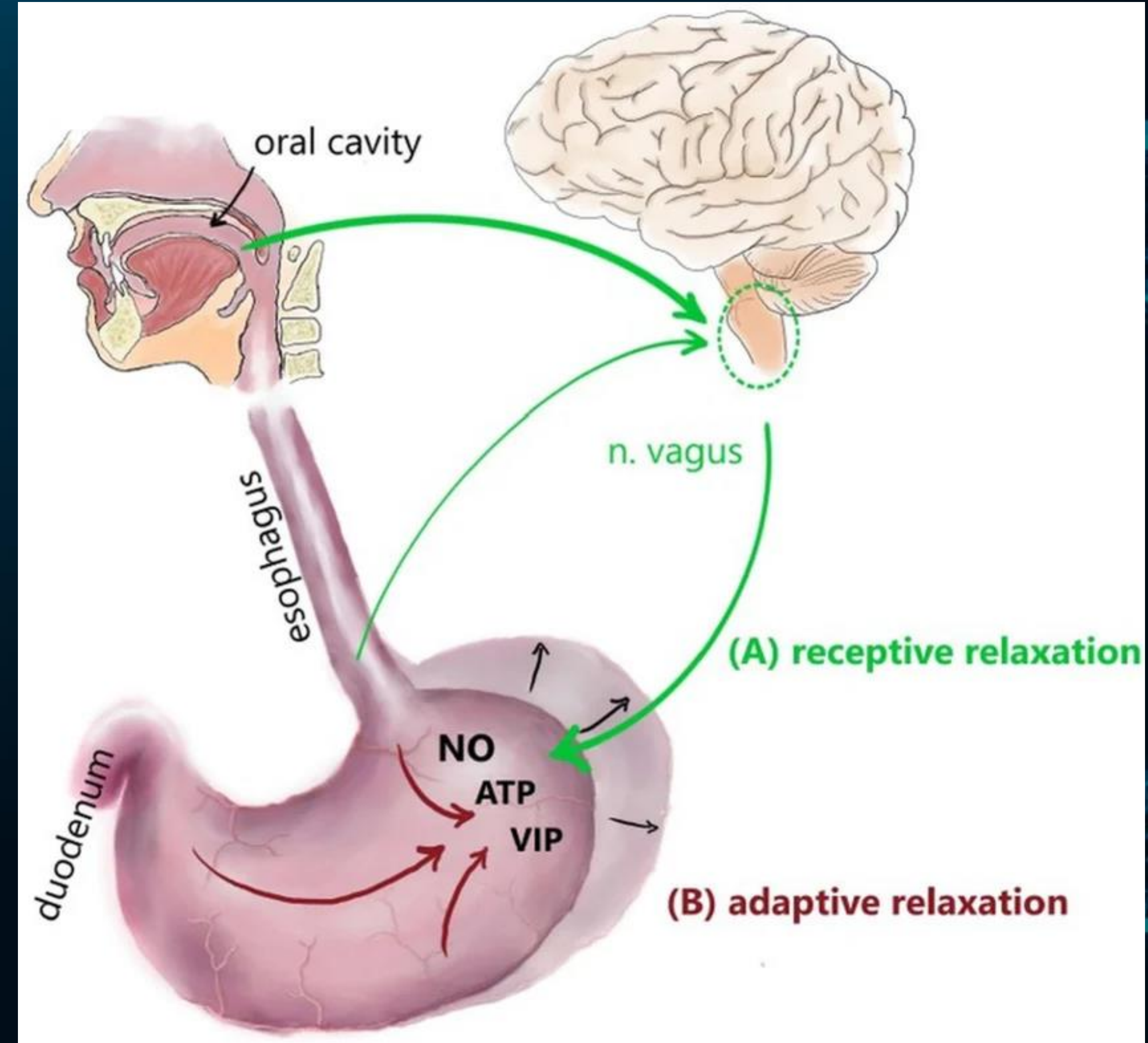
MİDE

- Mide gevşemesi **reseptif** ve **adaptif gevşemeler** şeklinde olur.
- Reseptif gevşeme, henüz gıda mideye ulaşmadan veya ulaşmak üzereyken gerçekleşen vago-vagal bir reflekstir. Yutma işlemi başladığında, farenks ve özofagustaki mekanoreseptörler uyarılır. Bu uyarılar vagus siniri aracılığıyla beyin sapındaki yutma merkezine iletilir. Buradan gelen inhibitör sinyaller, midenin fundus ve korpus (gövde) bölgesindeki düz kasları gevşetir. Mide, gıda henüz içeri girmeden "hazırlık" yaparak gevşer. Bu aşamada mide basıncı neredeyse hiç artmaz.



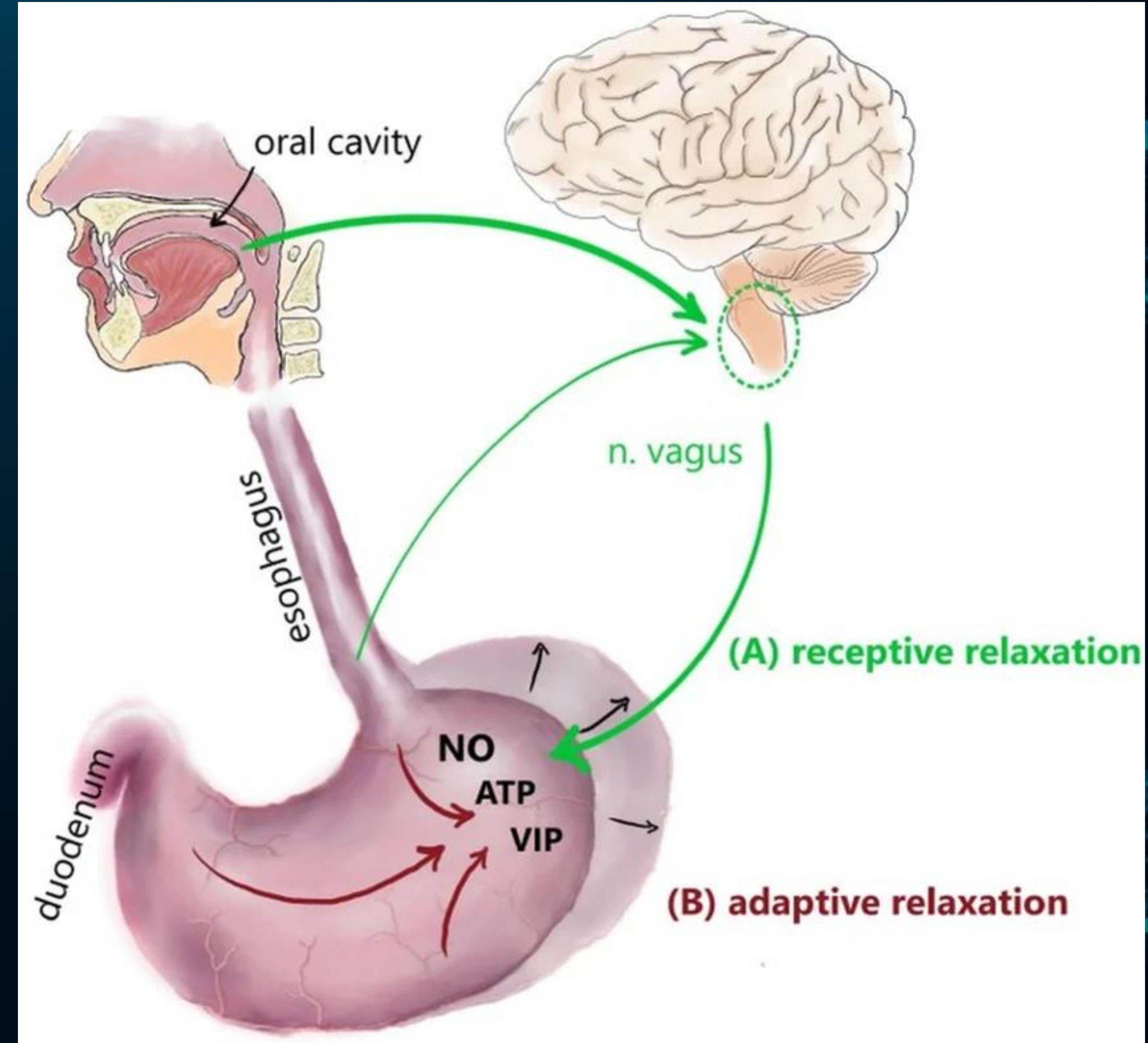
MİDE

- **Adaptif gevşeme**, besin mideye girdikten sonra midenin gerilmesine (distansiyon) bağlı olarak gelişen gevşemedir. Mide duvarındaki gerilme reseptörleri, midenin dolduğunu algılar. Vagal uçlardan ve enterik sinirlerden inhibitör non-adrenerjik non-kolinerjik (NANC) nörotransmitterler (**NO**, **ATP** ve **VIP** gibi) salınır. Bu mekanizma sayesinde büyük miktarda besin tüketildikten sonra bile mide içi basıncı tehlikeli seviyelere çıkmaz.



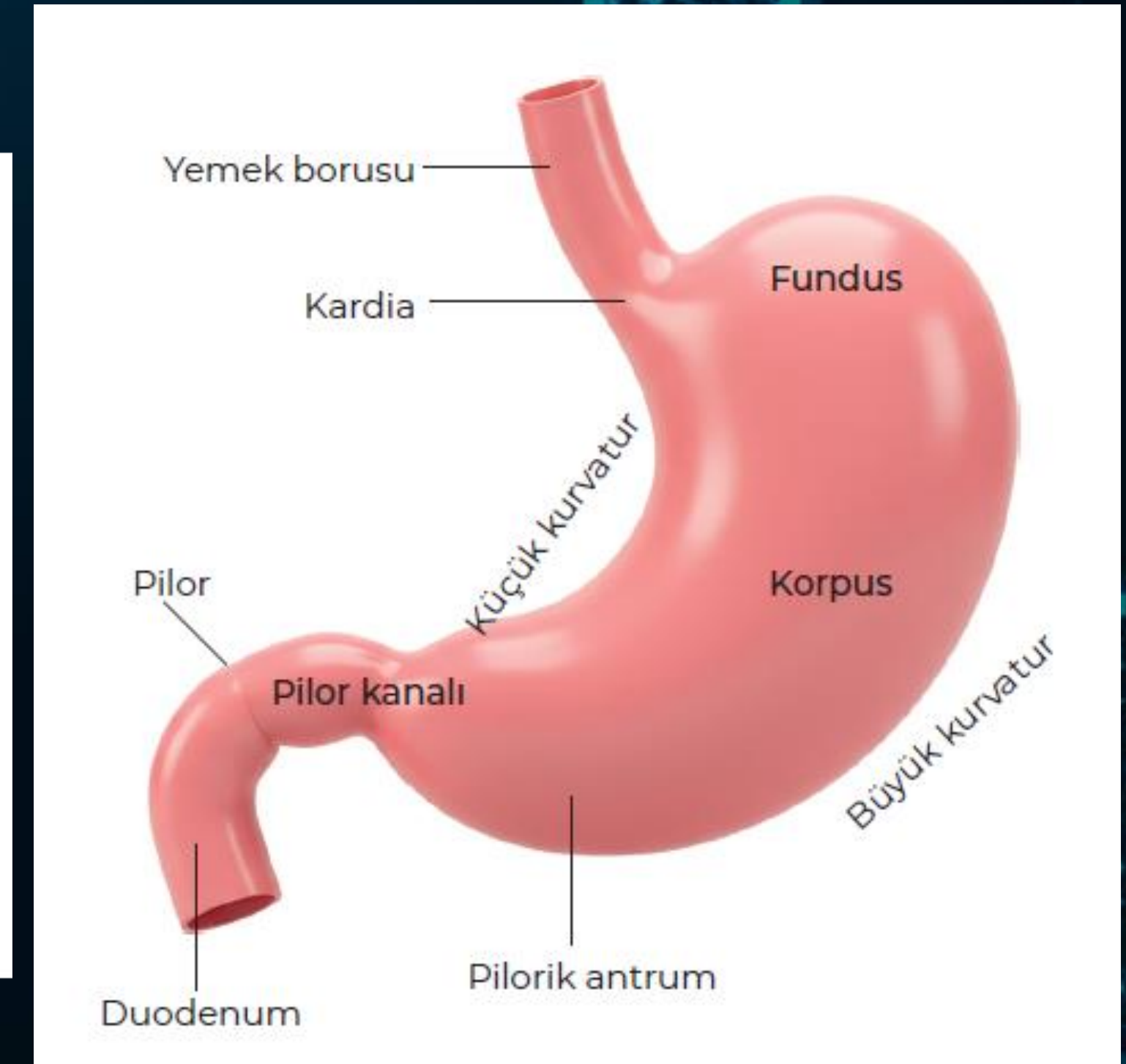
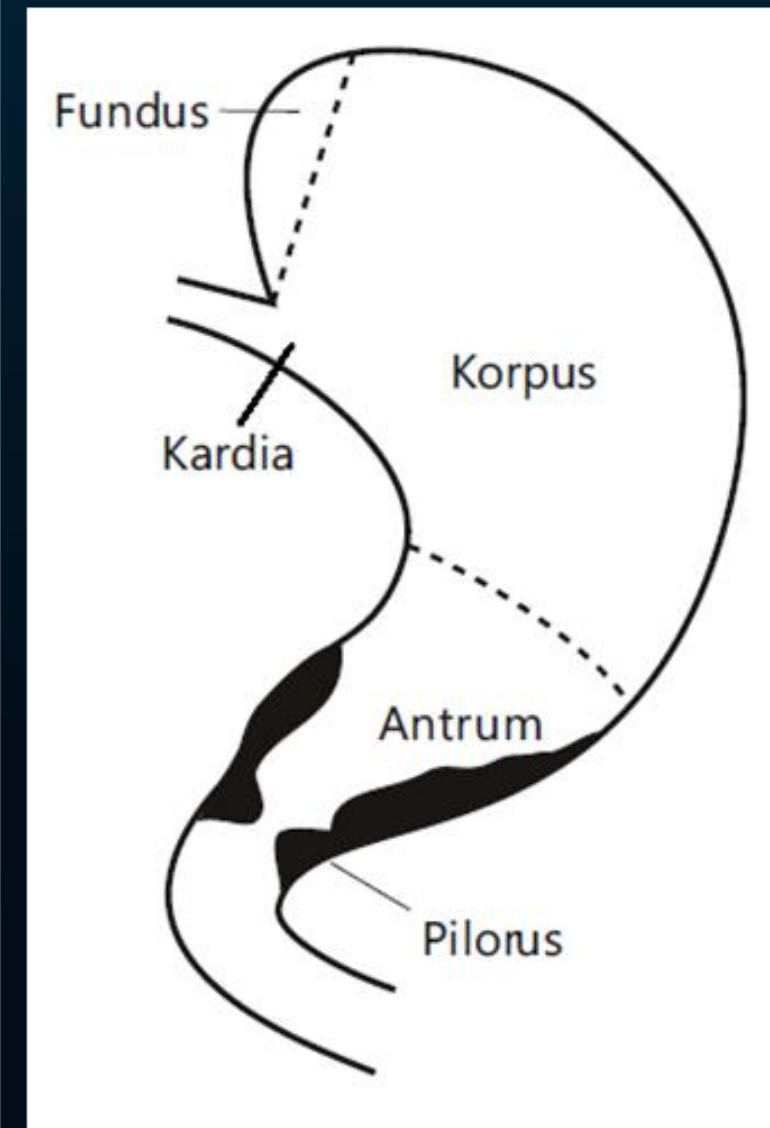
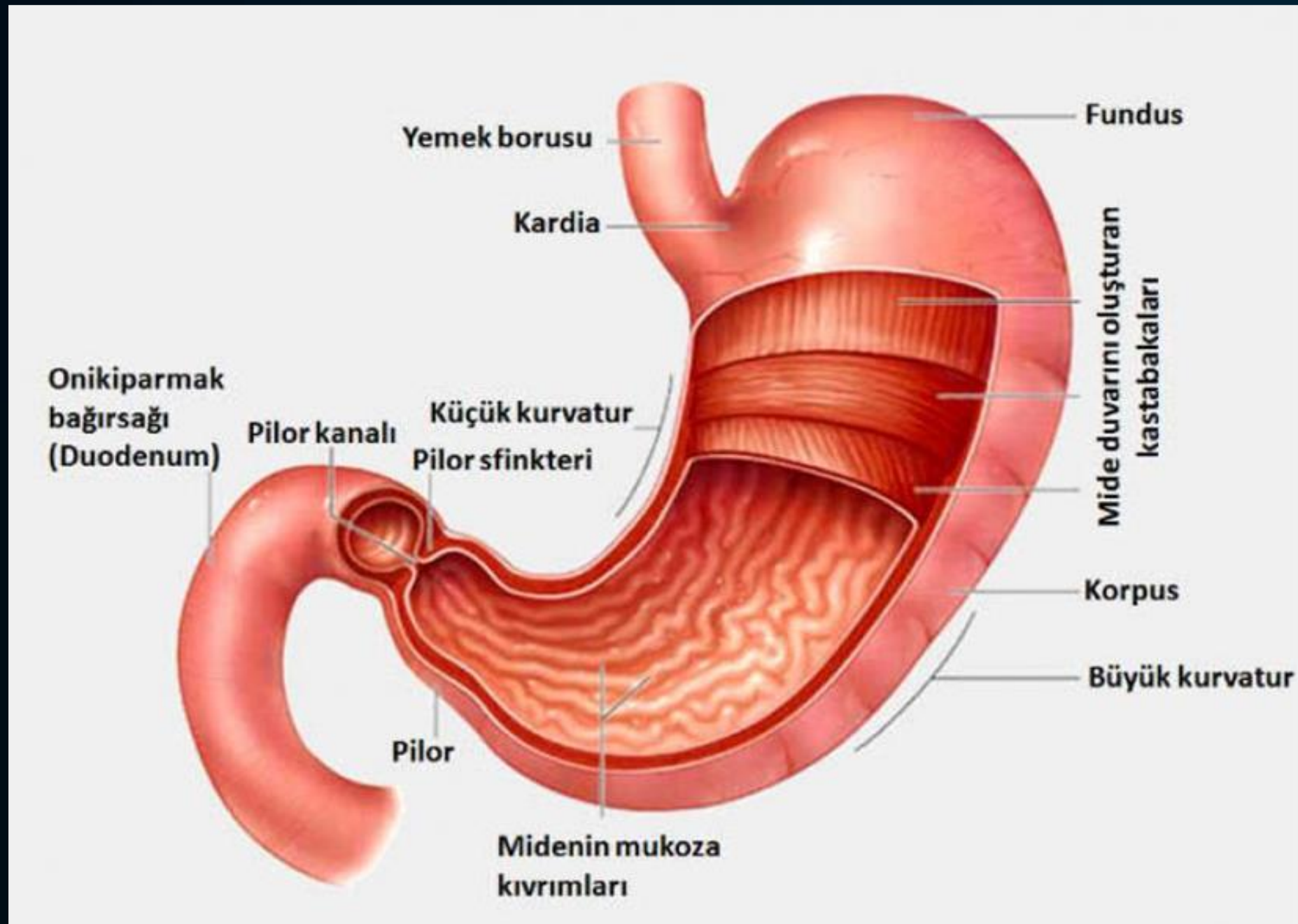
MİDE

- Midenin hacmi, doluluk durumuna ve bireyin fiziksel yapısına göre büyük değişkenlik gösterir. İstirahat halindeki bir insanda boş bir mide yaklaşık 50 ml (yaklaşık bir çay bardağı kadar) hacme sahiptir. Yemek sonrası ortalama bir yetişkinde hacim 1 – 1,5 litre civarına ulaşır. Aşırı zorlandığında veya çok büyük öğünlerde mide geçici olarak 5 litre hacme kadar genişleyebilir. Bu gevşeme mekanizmaları bozulduğunda (örneğin vagotomi operasyonları sonrası), mide genişleyemez ve kişi çok az yemek yese dahi hızla doygunluk ve şişkinlik hisseder.



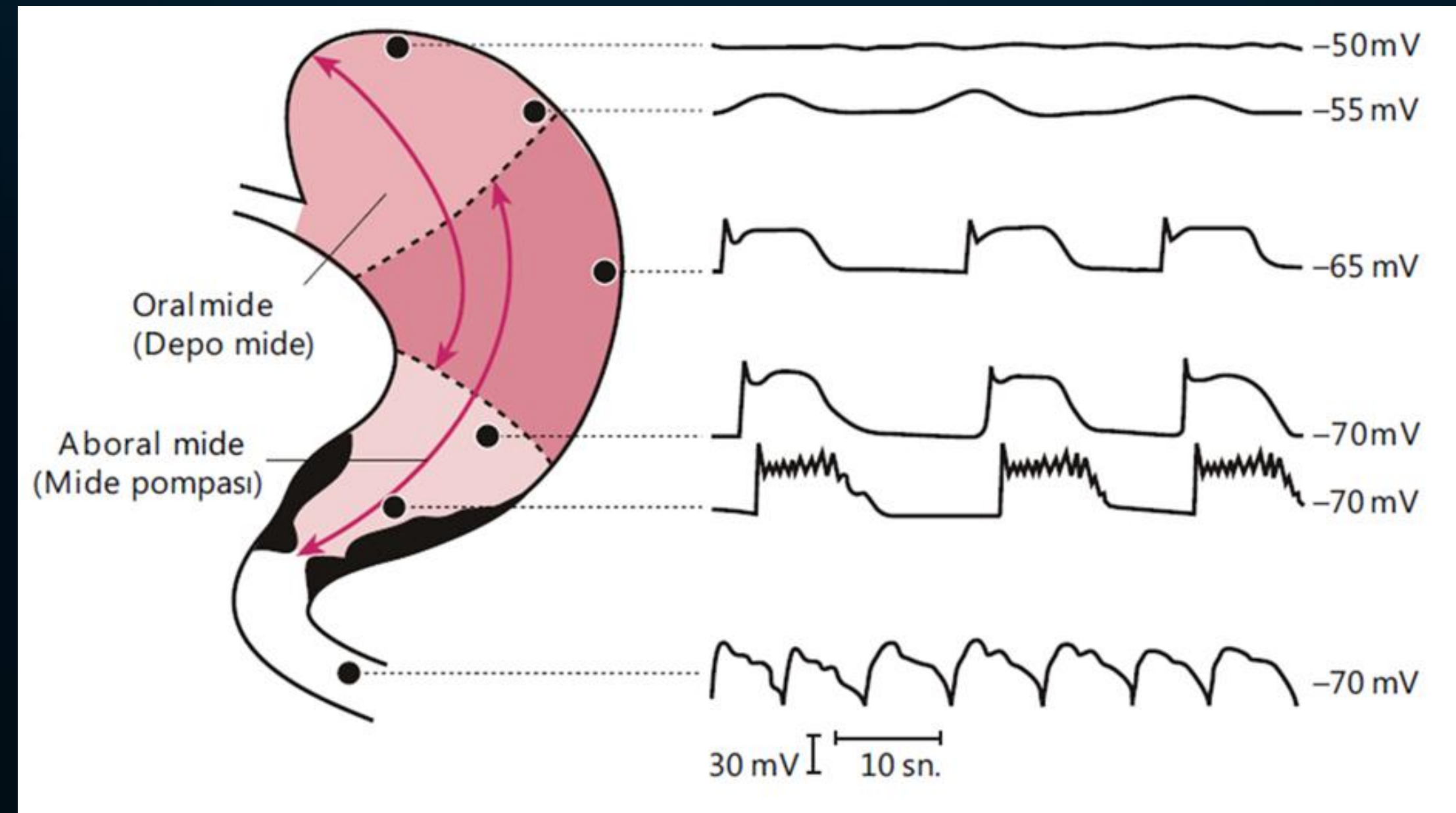
MİDE

- Mide fonksiyonel olarak **depolama** (proksimal mide) ve **kariştirme** (distal mide) görevlerini yerine getiren iki bölüme ayrılır. Proksimal mide; kardial, fundus ve korpusun üst kısmından oluşur, nispeten ince bir kas tabakasına sahiptir, peristaltik hareketler yapmaz ve besinlerin depolandığı bölgedir. Bu alanda tonik bir kas gerilimi mevcuttur ve besin alımıyla birlikte bu gerilim yukarıda açıklanan reseptif ve adaptif gevşemeler ile azalır. Distal mide ise korpusun alt kısmı ve antrum bölgelerini kapsar.



MİDE

- Distal mide, “**mide pompası**” olarak güçlü kasları sayesinde **peristaltik dalgalar** şeklinde **fazik kasılmalar** yapar. Bu kasılmalar besinlerin karıştırılıp parçalanmasına, iyice öğütülmüş besin parçacıklarının porsiyonlar şeklinde ince bağırsağa verilmesine hizmet eder. Pylorus elektriksel bir yalıtkan gibi davranır. Bu nedenle duodenumdaki fazik potansiyel dalgalanmalar midedeki potansiyel dalgalanmalardan bağımsızdır ve yaklaşık üç kat daha yüksek sıklıkta ortaya çıkar.

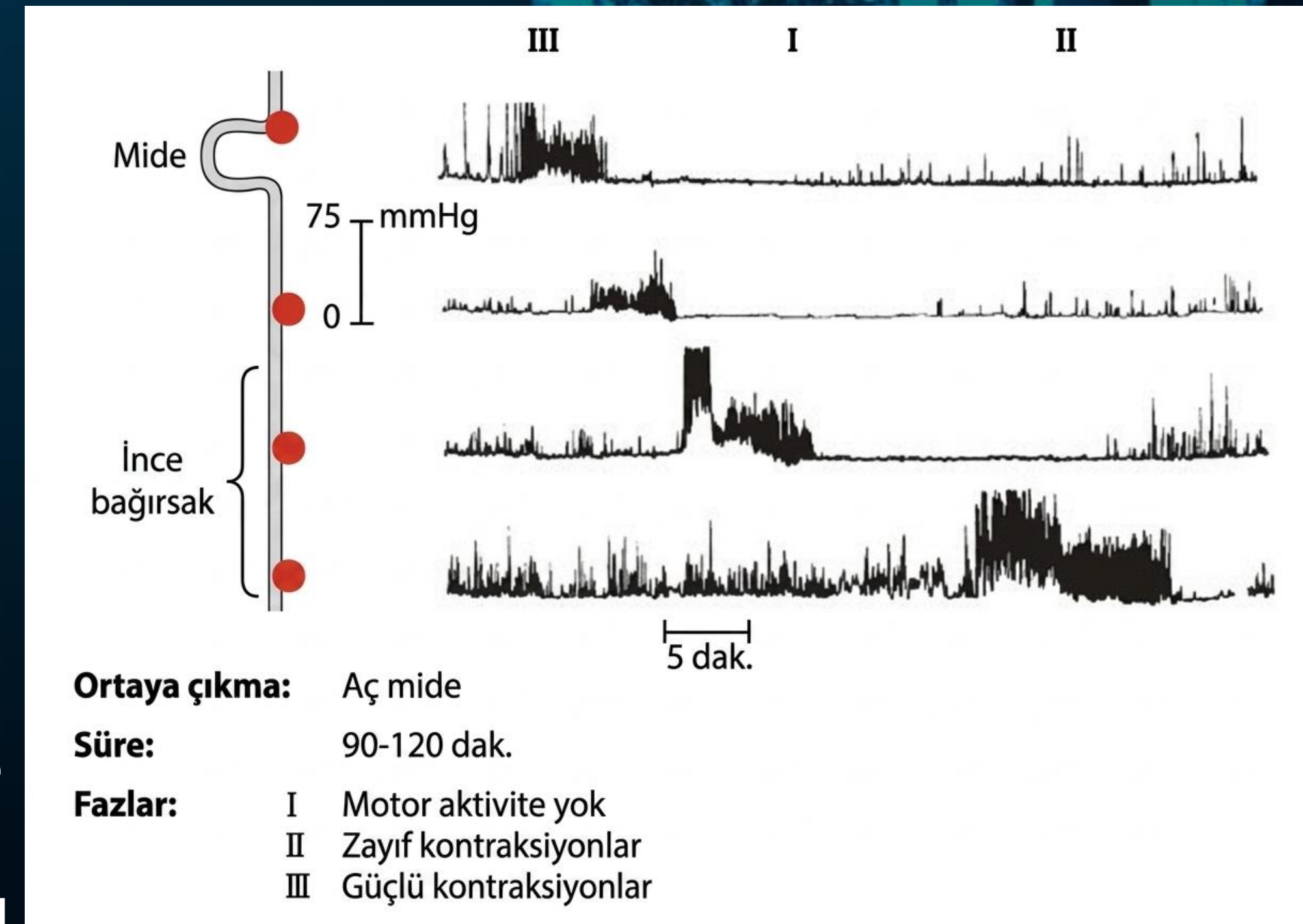


MİDE

- Mideyi sindirime uğramaya başlamış püre şeklinde terk eden parçacıklar (**kimus**), genellikle **1 mm'den daha küçük bir boyuta sahiptir**. Daha büyük bileşenler mide çıkışını kapatan pilorik sfinkter tarafından alıkonulurlar. Büyük, katı ve sindirilemeyen yapılar (örneğin kemikler, hayvanların veya küçük çocukların yuttuğu metal para veya küçük plastik top gibi yabancı cisimler) boşalma fazı sırasında mideyi terk edemez. Ancak **interdigestif fazda**, yani öğünler arasında açlık baş gösterdiği sırada mide boyunca güçlü kontraksiyon dalgaları oluşur ve bu sindirilemeyen yapılar bu sırada duodenuma geçebilir. Interdigestif fazda oluşan ve midede başlayarak tüm ince bağırsaklara yayılan kasılmalara "**Göç Eden Motor Kompleks (Migrating Motor Complex=MMC)**" denilmektedir. Eskiden **kütle hareketleri** veya **açlık kasılmaları** da denen bu güçlü kasılmalar aslında sindirim sonrası gastrointestinal kanal lümeninde kalan içeriği anal yönde ilerleten ve sindirim kanalını temizleme vazifesini gören kasılmalardır.

MİDE

- MMC'nin nedeni, sindirim kanalını bir sonraki öğüne hazırlamak için lümeni temiz tutmak ve ince bağırsaktaki bakteri dengesini korumaktır. MMC'de döngüler yaklaşık 90 ila 120 dakika sürer. Toplamda birkaç faz ayırt edilir. Faz I'de, mide hemen hemen hiçbir aktivite göstermez. Faz II'de pacemaker potansiyeli mide boyunca yayılır ve zayıf kasılmalara yol açar. **Faz III'te bu hareketler yaklaşık 5 dakika süren çok daha güçlü kasılmalara dönüşür.** Mide o kadar güçlü kasılır ki lümeni neredeyse tamamen kaybolur. Bu sırada midedeki sıvı kalıntıları ve hava nedeniyle mide gurultuları işitilir. Çok acıkıp midemiz kazındığında duyduğumuz o **gurultu seslerinin** ana sorumlusu, MMC'nin Faz III'ü sırasında hareket eden sıvı ve gazlardır.
- MMC'nin III. fazının güçlü kasılmaları önemli bir fizyolojik işleve sahiptir. **Faz III'de pilorus açıktır.** Bu sayede bu kasılmalar yardımıyla büyük parçacıklar mideden dışarı atılır. Sadece bu yolla mide motilitesiyle daha fazla küçültülemeyen büyük parçacıklar mideden tahliye edilir. Bu hareketler ince bağırsakta da devam eder.

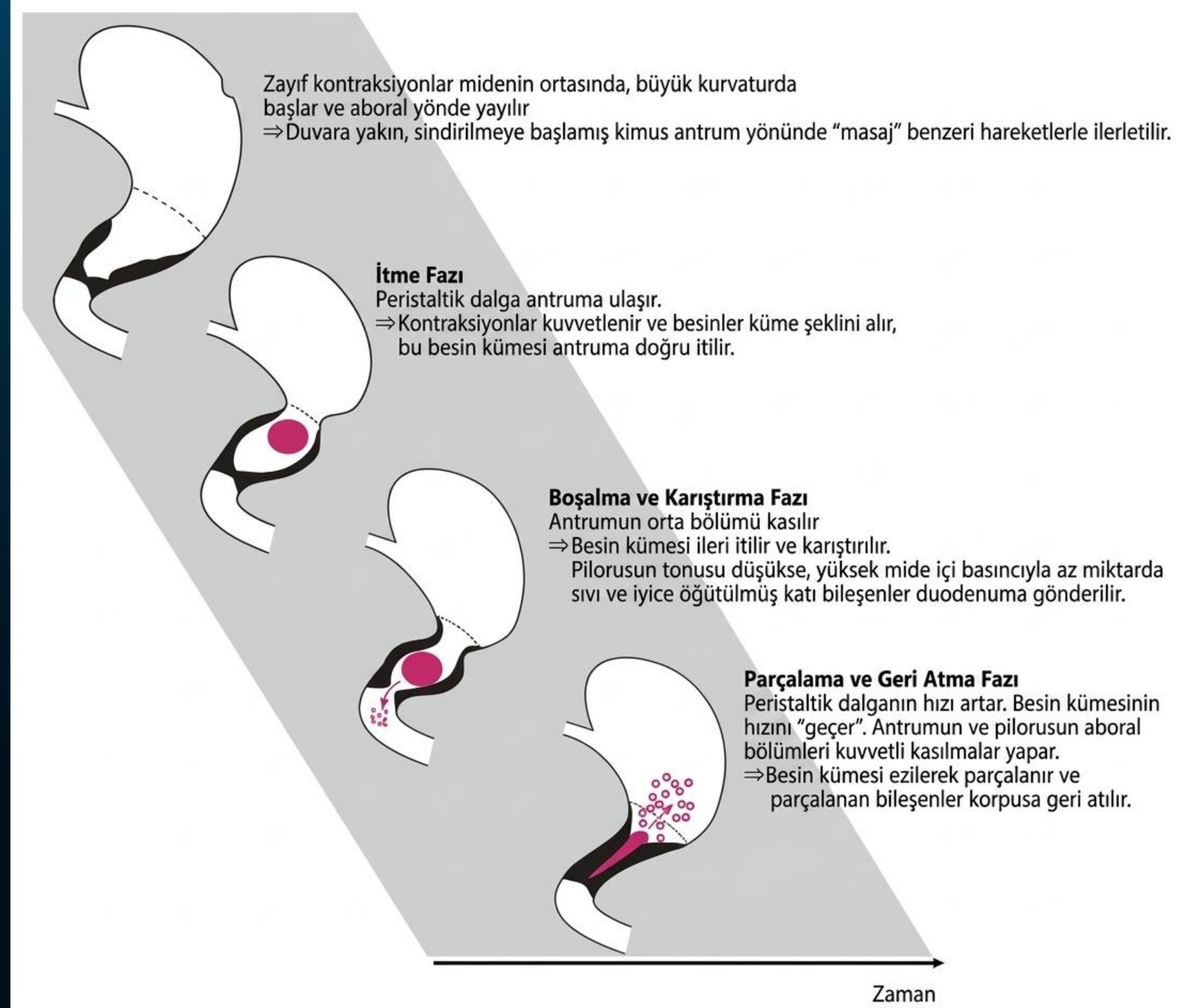


MİDE

- MMC'nin başlaması ve yürütülmesinde en önemli iki faktör şunlardır:
- **Motilin Hormonu:** MMC'nin en güçlü tetikleyicisidir. İnce bağırsağın üst kısımlarındaki **M-hücrelerinden** kan dolaşımına salınır. Plazma motilin seviyesi yükseldiğinde MMC'nin en şiddetli fazı olan Faz III başlar. Yemek yendiğinde motilin salınımı durur ve MMC yerini "beslenme paternine" bırakır.
- **Enterik Sinir Sistemi (ENS):** MMC, merkezi sinir sisteminden bağımsız olarak, bağırsak duvarındaki yerel sinir ağları tarafından koordine edilir. Ancak vagus siniri, bu kompleksin modülasyonunda ve şiddetinde rol oynar.

MİDE

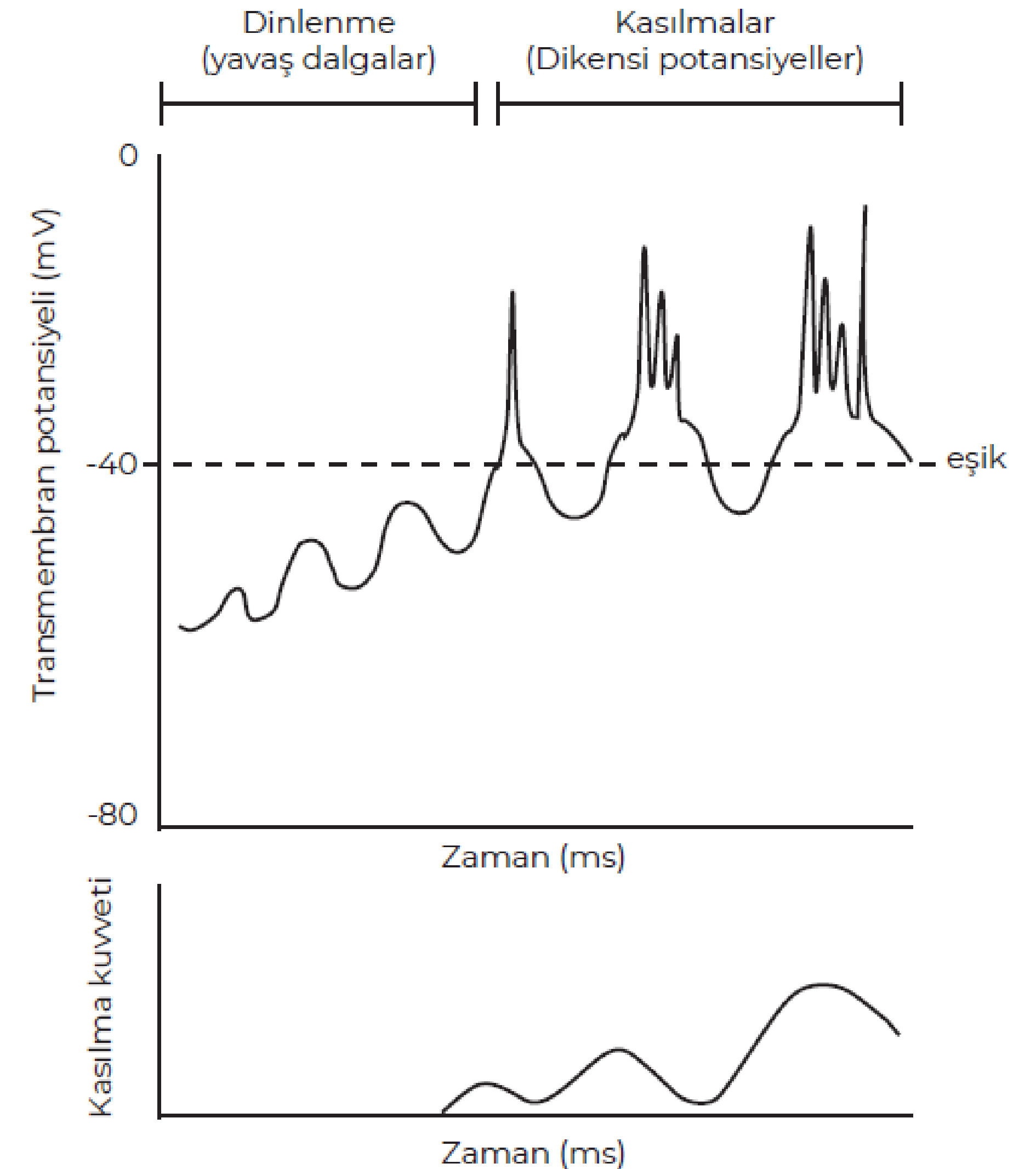
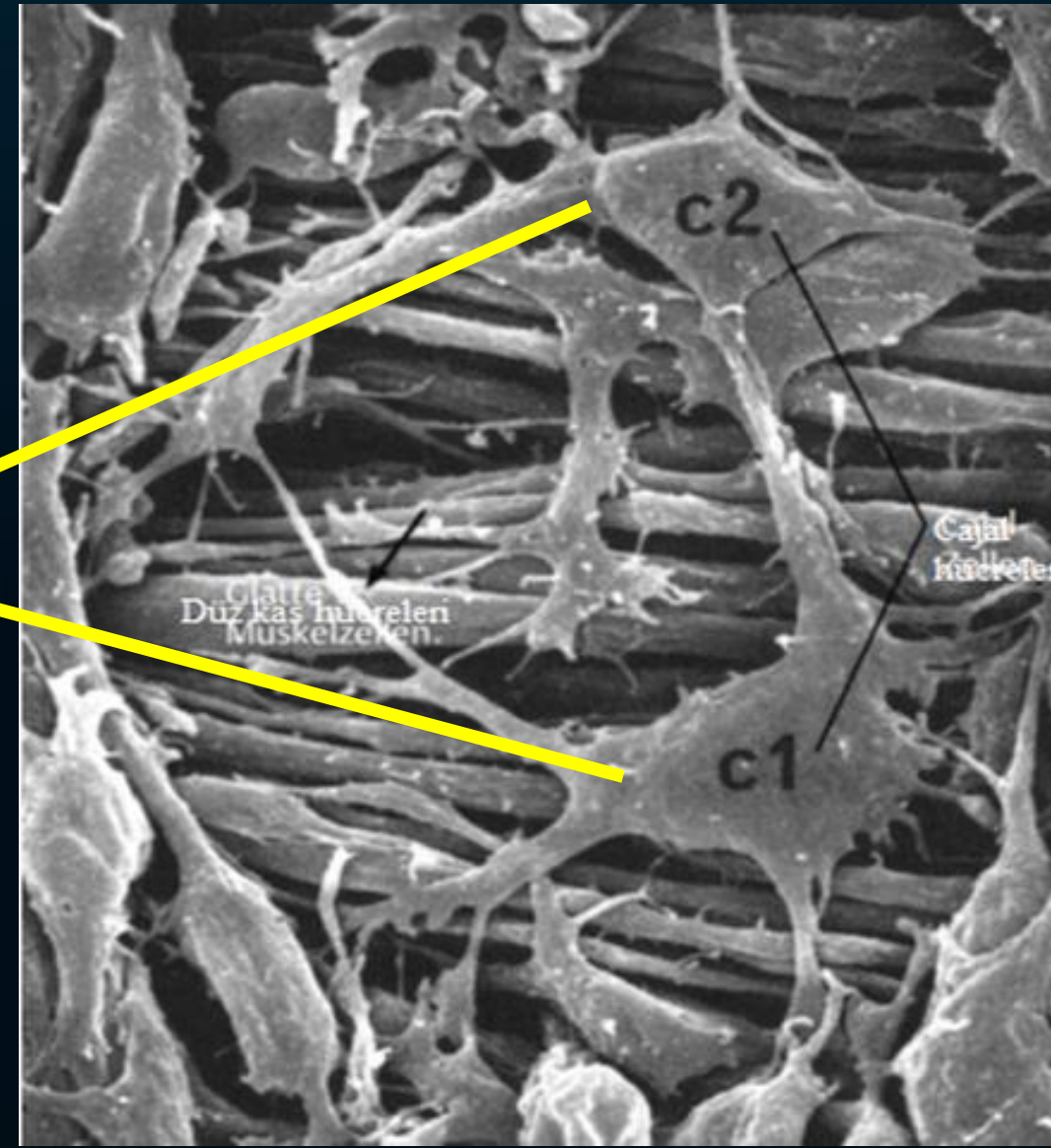
- Peristaltik dalga, midenin ortasında dairesel bir daralma ile başlar, distal mide yönüne ilerler ve pilorusa doğru yaklaştıkça güçlenir. Peristaltik ritim, longitudinal düz kas katmanında bulunan pacemaker hücrelerin (Cajal interstisyel hücreleri) spontan elektriksel aktiviteleri tarafından oluşturulur. Cajal hücrelerinde sitosolik Ca^{2+} konsantrasyonunda spontan salınımlar meydana gelir. Bu salınımlar, gap junction'lar üzerinden komşu hücreler boyunca yayılan zar potansiyellerine yol açar. Bu elektriksel potansiyeller nispeten düşük frekansları nedeniyle "yavaş dalgalar" olarak adlandırılır.



MİDE

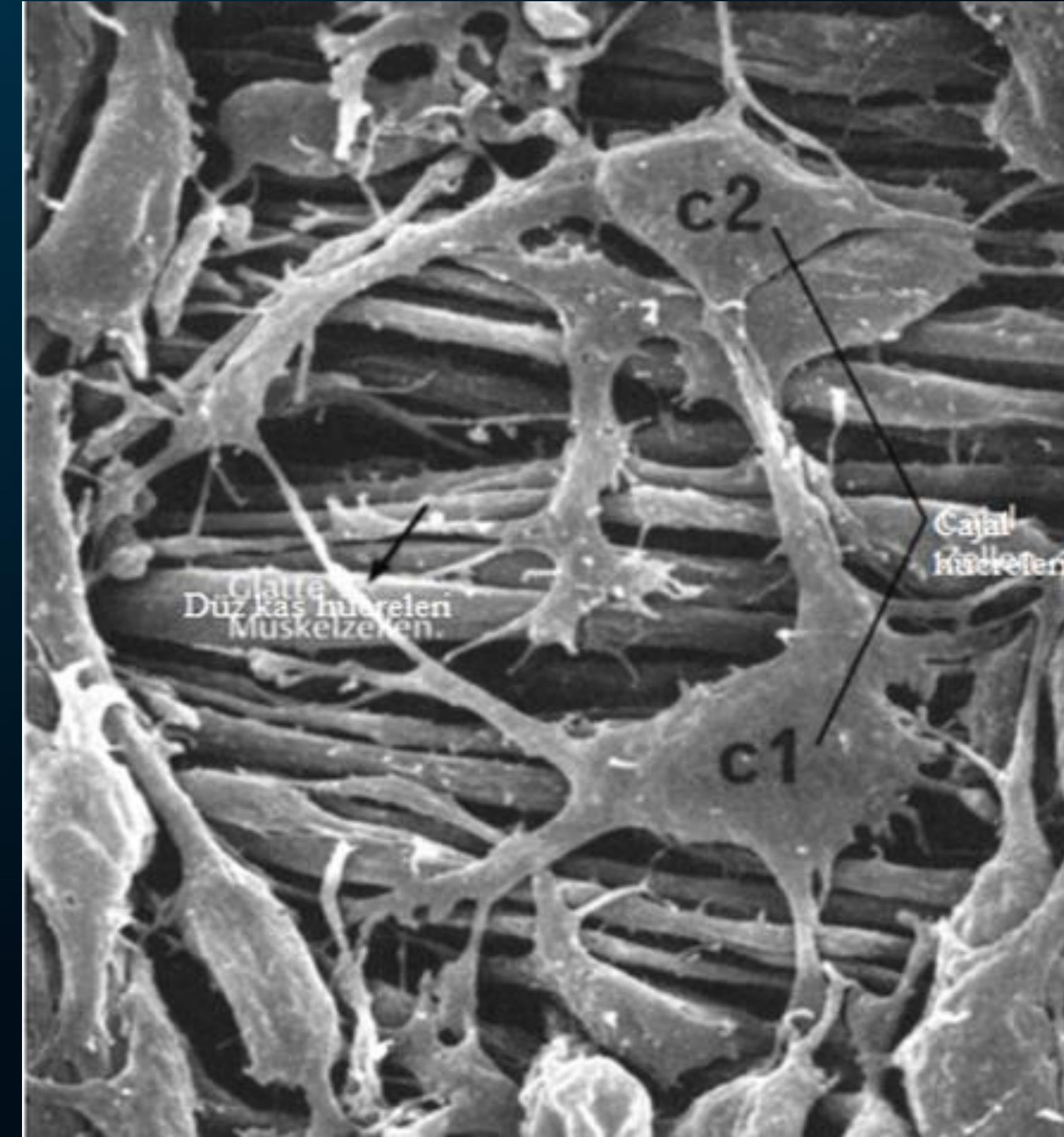
- Bu dalgalar tek başlarına düz kaslar üzerine etki ettiklerinde genellikle kasılmayı başlatamazlar. Ancak ilave bir uyarıcı etkiyle (örneğin asetilkolin gibi uyarıcı bir nörotransmitter etkisi veya sindirim sistemi duvarının besinlerle fiziksel olarak gerilmesi gibi) düz kas hücrelerinde eşik değerin üzerinde aksiyon potansiyelleri (dikensi potansiyeller) ve bunu müteakip kasılmalar ortaya çıkar.

Cajal interstisyel hücreleri



MİDE

- Cajal interstisyel hücreleri, sadece midede değil ince ve kalın bağırsaklarda da bulunurlar. Mide ve ince bağırsak arasında elektriksel bir bağlantı olmadığı için, ince bağırsakta yavaş dalgaların yeniden başlatılması gerekir. Yavaş dalgalar midede dakikada yaklaşık 3-8 kez, proksimal ince bağırsakta ise 10-20 kez oluşur. Kalın bağırsaklarda oluşum sıklığı midedekine benzerlik gösterir. Frekansın yanında, Cajal hücrelerinin elektriksel uyarımlarıyla ilerleyen dalgaların yayılım hızı da değişiklikler gösterir. Yayılma hızı, duodenumda saniyede birkaç cm iken, ileuma kadar yaklaşık 0,5 cm'ye kadar düşer.



MİDE BOŞALMASI

- Mide salgıları ve midenin boşalması, sinirsel ve hormonal mekanizmalarla düzenlenir. Vagus siniri aracılığıyla parasempatik uyarımlar mide salgılarını artırırken, sempatik uyarımlar salgıları baskılar. Bu düzenleme sefalik faz (beyin kaynaklı), gastrik faz (mide kaynaklı) ve intestinal faz (bağırsak kaynaklı) olmak üzere üç aşamada gerçekleşir.
- **Sefalik faz**, besin henüz mideye ulaşmadan başlar. Görme, koku ve tat gibi duyuşsal uyarılar vagus siniri üzerinden midayı salgıya hazırlar. Vagal uyarı sonrası müköz, parietal, esas ve G hücreleri aktive olur ve mide salgıları artar. Bu faz kısa sürer ve sempatik uyarılarla baskılanabilir.
- **Gastrik faz**, yiyecek mideye ulaştığında başlar. Midenin gerilmesi, mide lümeninde pH artışı ve protein varlığı bu fazı tetikler. Gerim reseptörlerinin aktivasyonu, miyenterik pleksusa (kısa refleks) ve vagus yoluyla medullaya (uzun refleks) sinyaller gönderir. Bu sinyaller asetil kolin salınımını uyarır. G hücreleri gastrin salgılar ve gastrin ise HCl ve pepsinojen üretimini tetikler. Lokal histamin salınımı da parietal hücreleri HCl üretimi için aktive eder. Gastrin salınımı, mide pH'sı 2'nin altına düştüğünde baskılanır.

MİDE BOŞALMASI

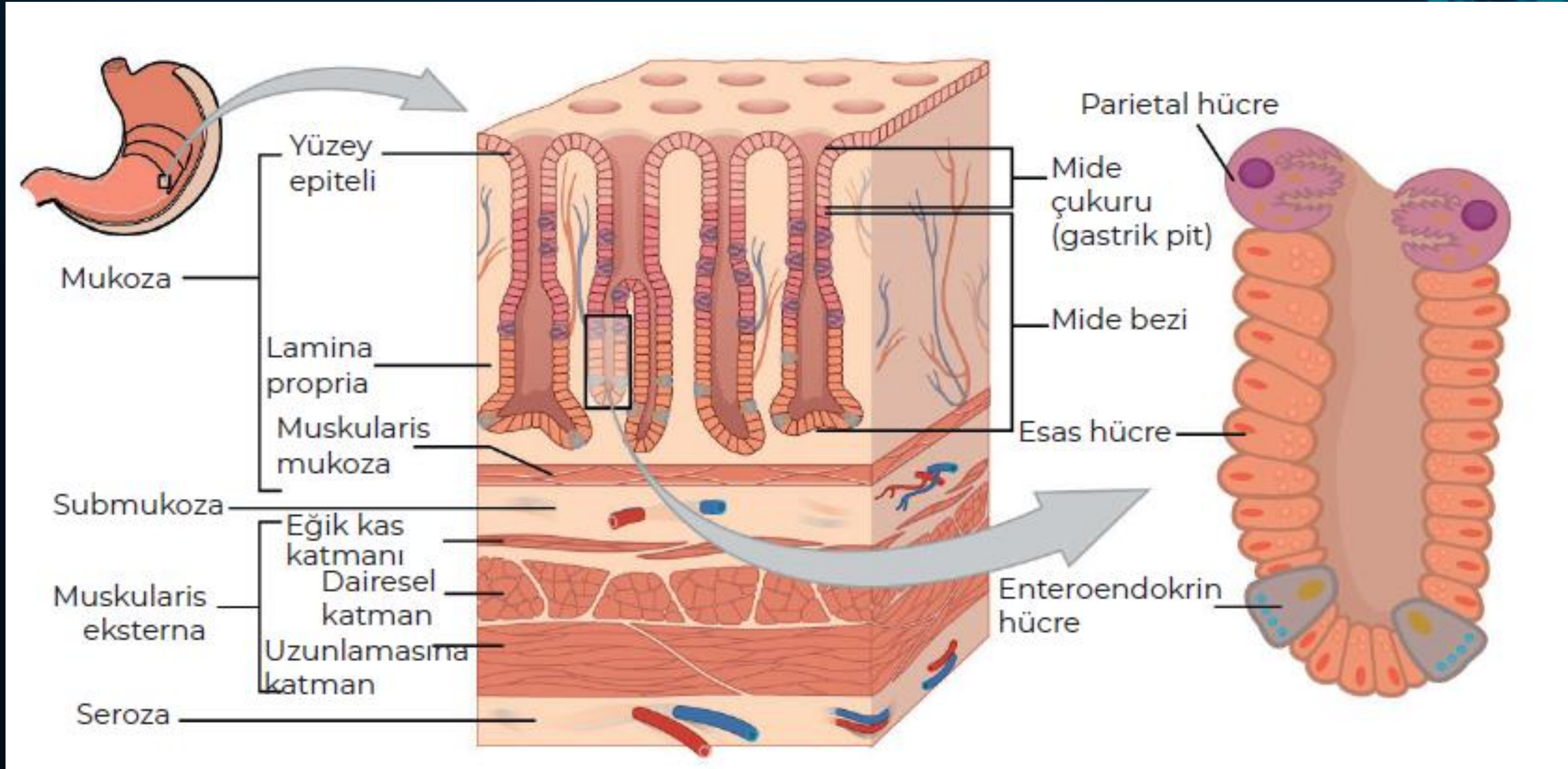
- **Intestinal faz**, mide boşalmasını ve salgılarını baskılayıcı yönde çalışır. Duodenuma geçen asidik veya yağlı mide içeriği, **enterogastrik refleksi (Sinirsel Yol)** tetikler. Duodenum duvarı gerildiğinde veya pH düştüğünde sinyaller hem yerel (enterik) sinirler hem de vagus siniri üzerinden merkeze gider. Vagus siniri inhibe edilir, sempatik aktivite artar. Bu da mide peristaltliğini zayıflatır ve pilor sfinkterini kasar. Böylece mide boşalması yavaşlatılır. Aynı zamanda **enterogastron refleksin (Hormonal Yol)** bileşenleri olan bağırsak kaynaklı hormonlar (sekretin, CCK, GIP, vazooaktif intestinal peptid (VIP), somatostatin, enteroglukagon) salgılanarak mide aktiviteleri inhibe edilir. Yağlar, mide boşalmasını en güçlü geciktiren maddedir. Bunu özellikle CCK (kolesistokinin) üzerinden yaparlar. Duodenal pH 4,5'in altına düştüğünde sekretin salınır ve HCl ile pepsinojen üretimi baskılanır.

ÖNEMLİ GASTROİNTESTİNAL HORMONLAR

Hormon	Salınım Yeri	Uyarıcıları	Ana Etkileri
Gastrin	Mide antrumundaki G hücreleri	Antrumun gerilmesi, vagal uyarı, peptitler, amino asitler	HCl ve pepsinojen salınımı
Somatostatin	Mide antrumundaki D hücreleri, pankreasın Langerhans adacıkları	Duodenumun asitleşmesi	Gastrin ve HCl salınımının baskılanması Pankreas ve mide sekresyonlarının baskılanması Gastrointestinal geçişin uzaması
GIP (Gastrik İnhibitör Peptit)	Duodenumdaki K hücreleri	Duodenumda aminoasitlerin, glikozun, asitlerin ve uzun zincirli yağ asitlerinin varlığı	Mide asit salınımının baskılanması, insülin salınımının uyarılması
CCK (Kolesistokinin)	Duodenum ve proksimal jejunumdaki I hücreleri	Amino asitler, yağ asitleri, proteinler	Safra kesesinin kasılması, Oddi sfinkterinin gevşemesi Pankreas enzimlerinin salınımı
Sekretin	Duodenum ve proksimal jejunumdaki S hücreleri	Duodenumda asitlerin, yağların ve safranin varlığı	Pankreastan su ve bikarbonat salınımı Safranin alkalileştirilmesi
VIP (Vazoaktif İntestinal Peptit)	Gastrointestinal kanal boyunca nöroendokrin hücreler	Asetilkolin (vagal aracılı) ve yağlar	İntestinal su ve elektrolit salınımının artırılması Motilitenin hızlanması Gastrin salınımının baskılanması
Motilin	Duodenum ve jejunum	Asidik ortam, vagal uyarı, bombesin	MMC'nin aktivasyonu ile motilitenin hızlanması
Ghrelin	Mide	Açlık	GH salınımının uyarılması
Bombesin (Gastrin Releasing Peptit)	Mide ve ince bağırsaklar	Post-prandial dönem	Birçok GI hormonların salınımının uyarılması Tokluğa aracılık etme

MİDE BEZLERİ

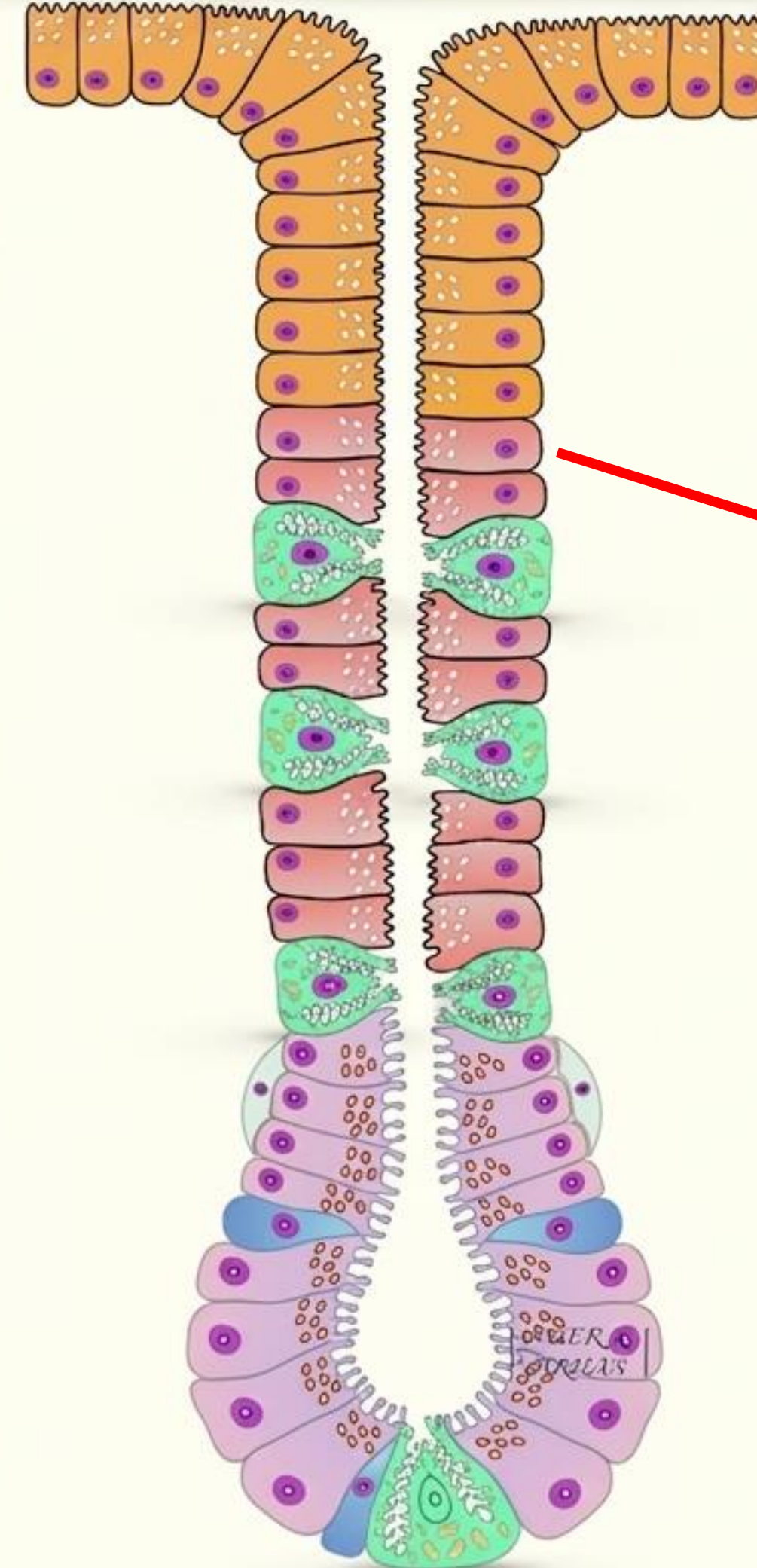
- Mide lümeni tek katlı silindirik epitel ile döşelidir. Epitel hücrelerinin arasında çok sayıda goblet hücresi de vardır. Goblet hücreleri mide mukozasını koruyan mukus tabakasını üretir. Mide mukozasında gastrik bezlerle bağlantılı çukurcuklar bulunur. Gastrik bezler, mide bölgesine bağlı olarak farklı hücrelerden oluşur. Gastrik bezlerde dört tip hücre vardır:



MİDE BEZLERİ

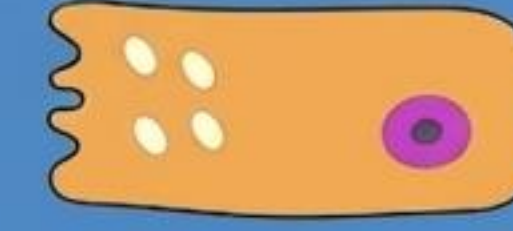
- **1. Müköz boyun hücreleri:**
Gastrik bezin üst veya boyun bölgesinde bulunurlar ve mukus üretirler.

Mide Mukozasındaki Hücreler ve Salgıları

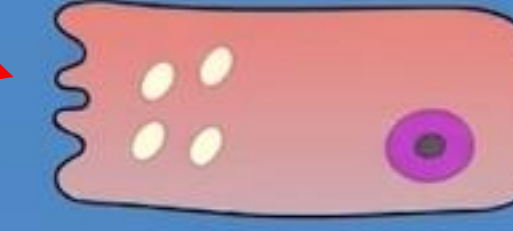


Hücre

Salgı



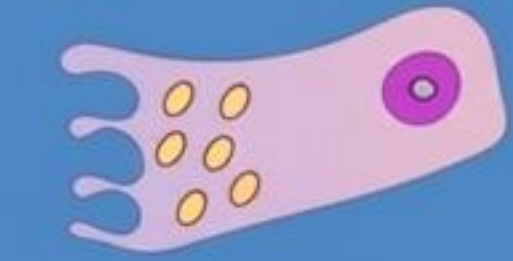
Yüzey Mukus Hücreleri (%40): Mukoza yüzeyinde bulunur ve mide bezlerine kadar uzanır. Midenin her yerinde bulunurlar, mukus ve bikarbonat salgılar, bu nedenle bu hücreler karbonik anhidraz içerir.



Mukus Boyun Hücreleri: Mide bezinin boyun kısmında bulunur. Mukus ve bikarbonat salgılar. Karbonik anhidraz içerir.



Paryetal (Oksintik) Hücreler (%13): Asit (HCl), intrinsik faktör (B12 emilimi için temel glikoprotein) üretir. Mide bezinin orta kısmında ve midenin fundus ve korpus bölgelerinde bol bulunur.



Esas (Ana, Zimojen, Peptik) Hücreler (%44): Pepsinojen ve mide lipazı salgılar. Pepsinojen pH 2.5'in altında aktifleşir (pepsin). Mide bezinin tabanında yer alır.



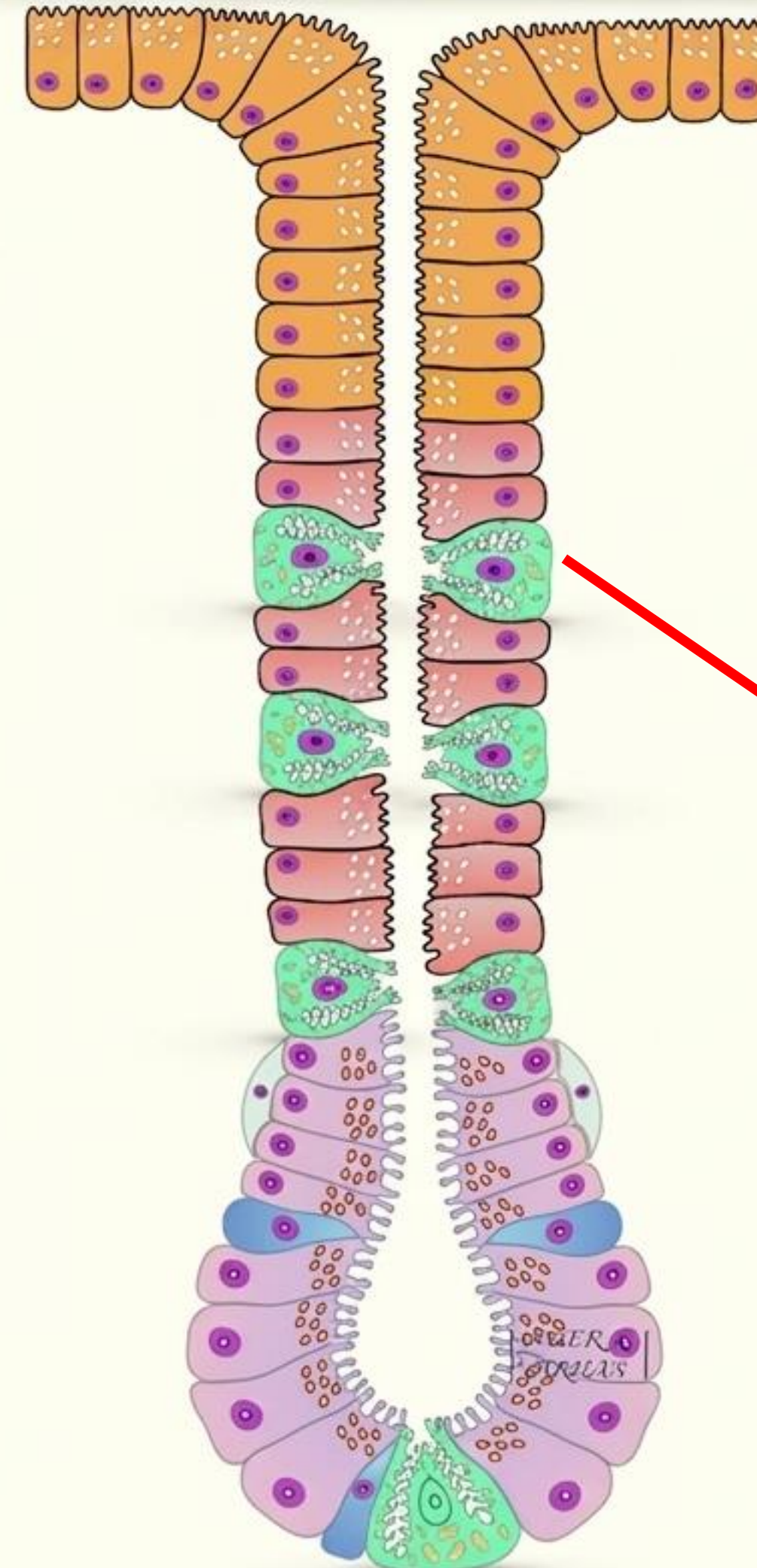
Endokrin Hücreler (%3):

- **Enterokromaffin hücreleri (EC):** Serotonin salgılar
- **Enterokromaffin benzeri hücreler (ECL):** Histamin salgılar
- **G hücreleri:** Gastrin salgılar. Antrumda bol bulunur.
- **D hücreleri:** Somatostatin salgılar.

MİDE BEZLERİ

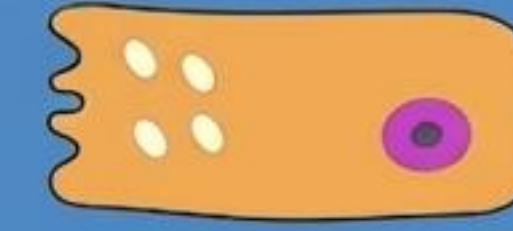
- **2. Paryetal hücreler:** Gastrik bezin orta bölgesinde bulunurlar. Mide lümenine **HCl** oluşturmak üzere hidrojen ve klor salgırlar. HCl, midenin pH'sını 1,5'e kadar düşürür. Mide lümenindeki bu düşük pH değeri özellikle inaktif formdaki pepsinojeni pepsine dönüştürme, besinlerle alınan mikroorganizmaları yıkımlama, besinlerdeki proteinleri denatüre etme, besinlerdeki enzimleri inaktive etme, bitkisel besinlerdeki hücre duvarlarını ve hayvansal besinlerdeki bağ dokusunu parçalama gibi işlevleri yerine getirir. Ayrıca ince bağırsaktan (ileumdan) B₁₂ vitamininin emilimi için gerekli olan **intrinsik faktörü** de salgırlar. Ancak kedilerde diğer türlerden farklı olarak intrinsik faktör parietal hücrelerden değil pankreastan salgılanır.

Mide Mukozasındaki Hücreler ve Salgıları

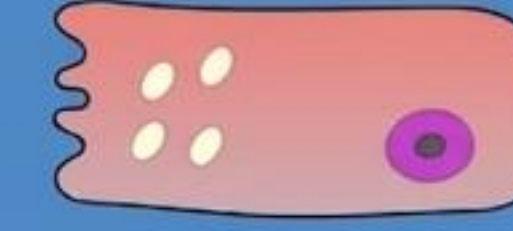


Hücre

Salgı



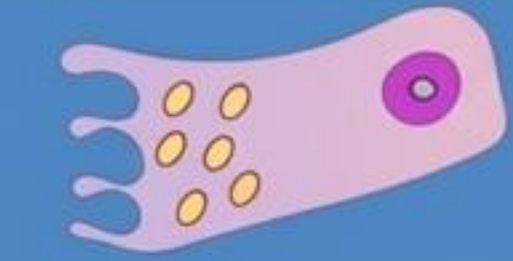
Yüzey Mukus Hücreleri (%40): Mukoza yüzeyinde bulunur ve mide bezlerine kadar uzanır. Midenin her yerinde bulunurlar, mukus ve bikarbonat salgırlar, bu nedenle bu hücreler karbonik anhidraz içerir.



Mukus Boyun Hücreleri: Mide bezinin boyun kısmında bulunur. Mukus ve bikarbonat salgırlar. Karbonik anhidraz içerir.



Paryetal (Oksintik) Hücreler (%13): Asit (HCl), intrinsik faktör (B12 emilimi için temel glikoprotein) üretir. Mide bezinin orta kısmında ve midenin fundus ve korpus bölgelerinde bol bulunur.



Esas (Ana, Zimojen, Peptik) Hücreler (%44): Pepsinojen ve mide lipazı salgırlar. Pepsinojen pH 2.5'in altında aktifleşir (pepsin). Mide bezinin tabanında yer alır.



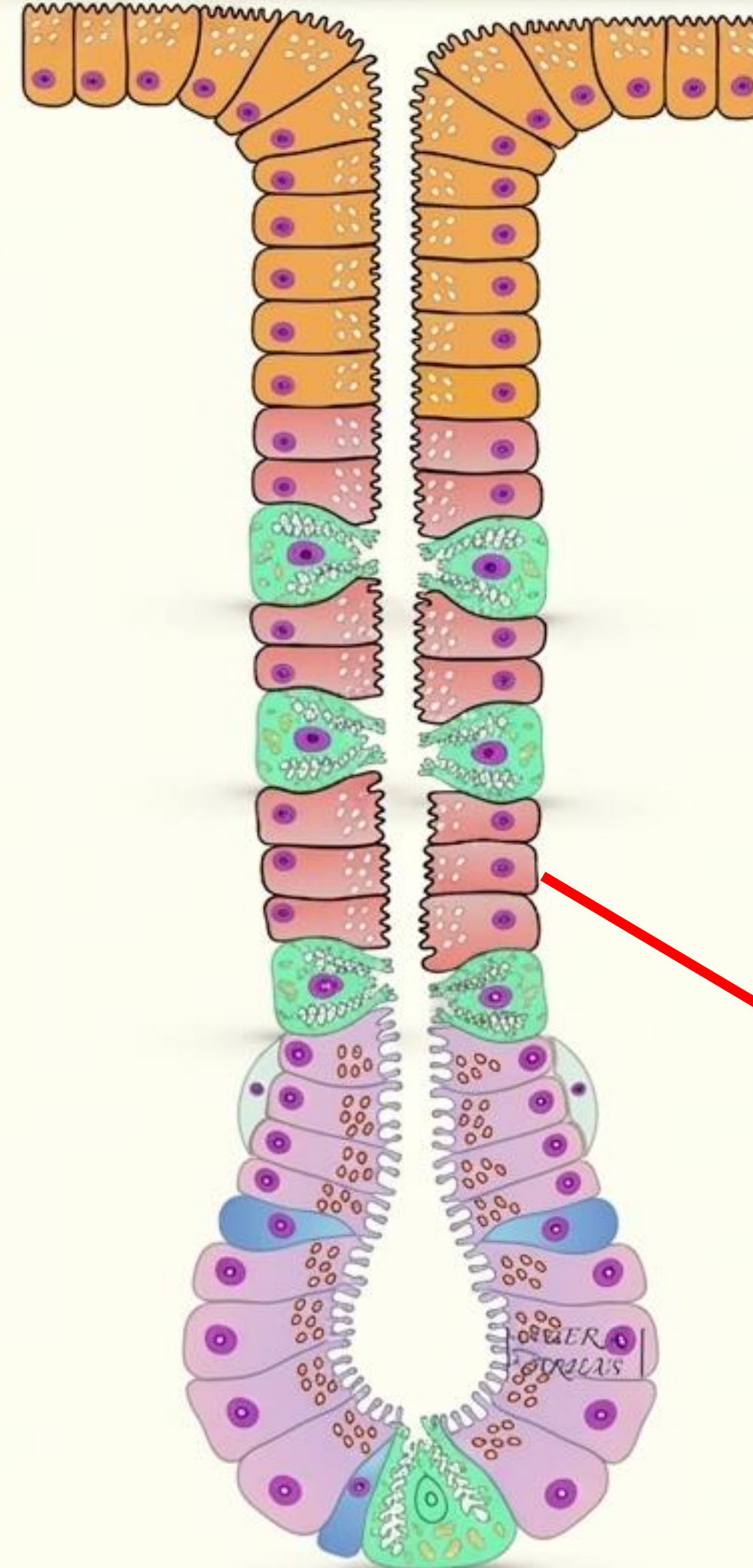
Endokrin Hücreler (%3):

- **Enterokromaffin hücreleri (EC):** Serotonin salgırlar
- **Enterokromaffin benzeri hücreler (ECL):** Histamin salgırlar
- **G hücreleri:** Gastrin salgırlar. Antrumda bol bulunur.
- **D hücreleri:** Somatostatin salgırlar.

MİDE BEZLERİ

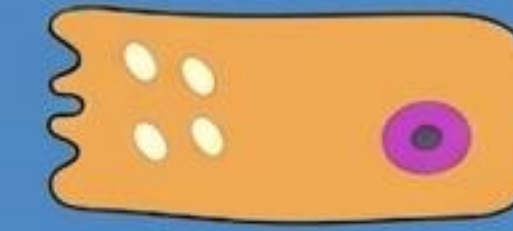
- **3. Esas (Şef) hücreler:** Bu hücreler, proteinlerin sindiriminde rol oynayan pepsin enziminin inaktif formu olan **pepsinojeni** salgırlar. Pepsinojen, midede HCl tarafından oluşturulan asidik ortamda pepsine dönüşür.

Mide Mukozasındaki Hücreler ve Salgıları



Hücre

Salgı



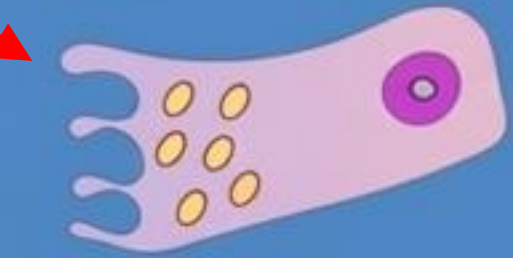
Yüzey Mukus Hücreleri (%40): Mukoza yüzeyinde bulunur ve mide bezlerine kadar uzanır. Midenin her yerinde bulunurlar, mukus ve bikarbonat salgırlar, bu nedenle bu hücreler karbonik anhidraz içerir.



Mukus Boyun Hücreleri: Mide bezinin boyun kısmında bulunur. Mukus ve bikarbonat salgırlar. Karbonik anhidraz içerir.



Paryetal (Oksintik) Hücreler (%13): Asit (HCl), intrinsik faktör (B12 emilimi için temel glikoprotein) üretir. Mide bezinin orta kısmında ve midenin fundus ve korpus bölgelerinde bol bulunur.



Esas (Ana, Zimojen, Peptik) Hücreler (%44): Pepsinojen ve mide lipazı salgırlar. Pepsinojen pH 2.5'in altında aktifleşir (pepsin). Mide bezinin tabanında yer alır.



Endokrin Hücreler (%3):

- **Enterokromaffin hücreleri (EC):** Serotonin salgırlar
- **Enterokromaffin benzeri hücreler (ECL):** Histamin salgırlar
- **G hücreleri:** Gastrin salgırlar. Antrumda bol bulunur.
- **D hücreleri:** Somatostatin salgırlar.

MİDE BEZLERİ

4. Enteroendokrin hücreler: Bu hücreler, mide içeriğini (kimyasal yapı, pH, gerilme) algılayarak kan dolaşımına veya komşu hücrelere haberci moleküller (çeşitli hormonlar veya hormon benzeri ürünler) salgırlar.

1. G Hücreleri (Gastrin): Genellikle midenin antrum bölgesinde yoğunlaşmışlardır.

Görevi: Gastrin hormonu salgırlar.

Etkisi: Gastrin hem parietal hem de esas hücrelerin salgı yapmasını uyarır ve mide duvarın kasılmalarına neden olarak lümen içeriğinin karıştırılmasını sağlar.

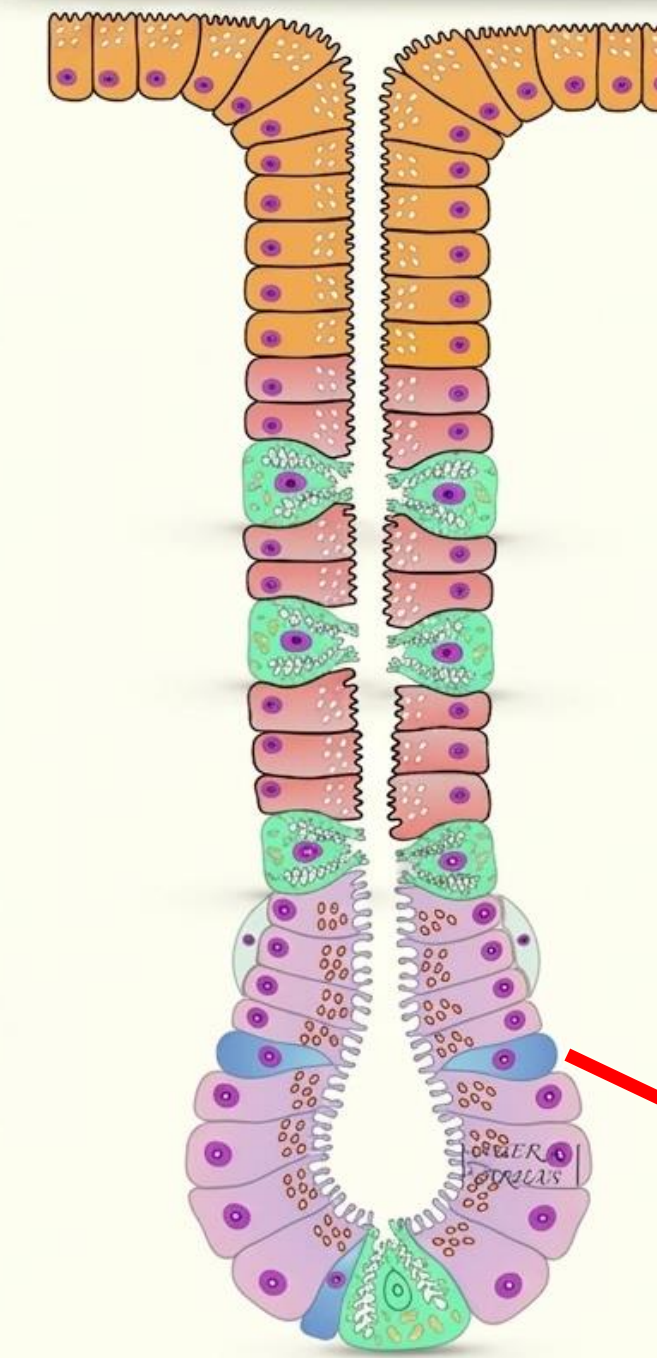
Tetikleyici: Mideye giren proteinler, midenin gerilmesi ve vagus siniri uyarımı.

2. ECL Hücreleri (Enterokromaffin Benzeri Hücreler): Mide gövdesinde (korpus), parietal hücrelerin yakınında bulunurlar.

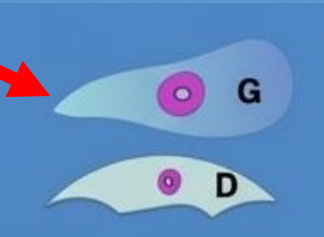
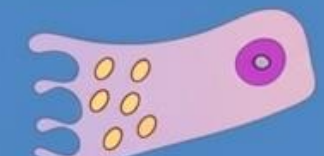
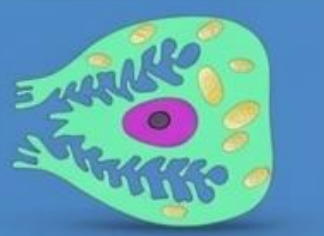
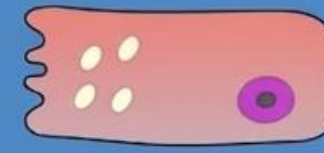
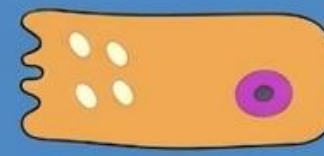
Görevi: Histamin salgırlar.

Etkisi: Gastrin ve asetilkolin (n. vagus) ile birlikte parietal hücrelerin üzerindeki H_2 reseptörlerine bağlanarak asit üretimini en güçlü şekilde tetikleyen mekanizmayı başlatırlar.

Mide Mukozasındaki Hücreler ve Salgıları



Hücre



Salgı

Yüzey Mukus Hücreleri (%40): Mukoza yüzeyinde bulunur ve mide bezlerine kadar uzanır. Midenin her yerinde bulunurlar, mukus ve bikarbonat salgırlar, bu nedenle bu hücreler karbonik anhidraz içerir.

Mukus Boyun Hücreleri: Mide bezinin boyun kısmında bulunur. Mukus ve bikarbonat salgırlar. Karbonik anhidraz içerir.

Parietal (Oksintik) Hücreler (%13): Asit (HCl), intrinsik faktör (B12 emilimi için temel glikoprotein) üretir. Mide bezinin orta kısmında ve midenin fundus ve korpus bölgelerinde bol bulunur.

Esas (Ana, Zimojen, Peptik) Hücreler (%44): Pepsinojen ve mide lipazı salgırlar. Pepsinojen pH 2.5'in altında aktiveşir (pepsin). Mide bezinin tabanında yer alır.

Endokrin Hücreler (%3):

- Enterokromaffin hücreleri (EC): Serotonin salgırlar
- Enterokromaffin benzeri hücreler (ECL): Histamin salgırlar
- G hücreleri: Gastrin salgırlar. Antrumda bol bulunur.
- D hücreleri: Somatostatin salgırlar.

MİDE BEZLERİ

3. D Hücreleri (Somatostatin): Midenin korpus ve antrum bölgelerinde yaygın olarak bulunurlar.

Görevi: Somatostatin salgırlarlar.

Etkisi: Somatostatin, gastrin hormonunun tam tersi etkiyi gösterir. Bir nevi “fren” görevi görerek mide asit üretimini ve sindirim faaliyetlerini baskılar.

Tetikleyici: Midede asitlik çok yükseldiğinde salgılanarak G hücrelerinden gastrin salınımını, parietal hücrelerden HCl salınımını ve ECL hücrelerinden histamin salınımını engeller. Bu sayede midenin korunmasına hizmet ederler.

4. EC Hücreleri (Enterokromaffin Hücreler):

Görevi: Serotonin salgırlarlar.

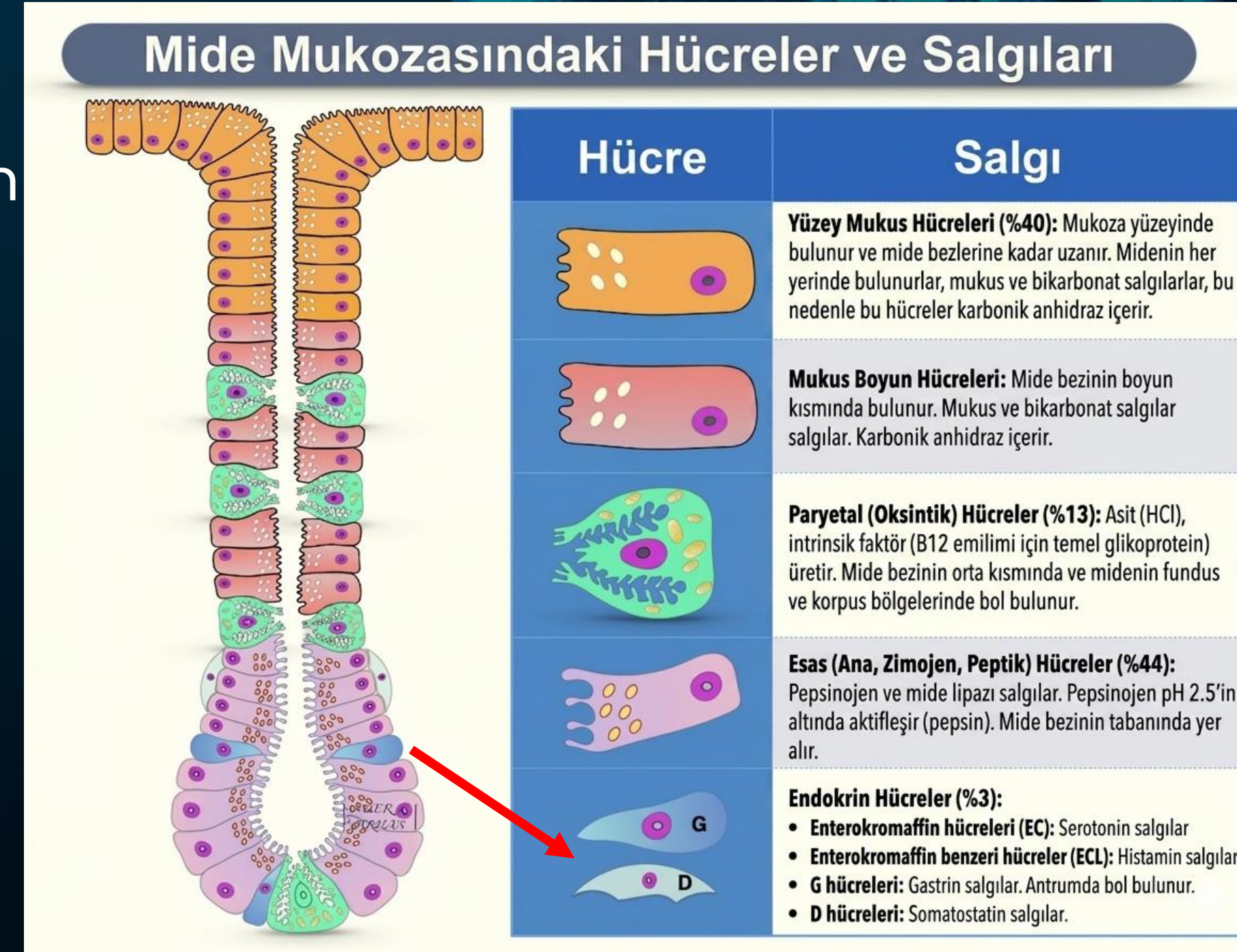
Etkisi: Mide düz kaslarının kasılmasını ve motilitesini (hareketliliğini) artırır.

Tetikleyici: Mide duvarındaki mekanik baskı.

P/D₁ Hücreleri (Grelın): Midenin fundus bölgesinde yoğunlaşmışlardır.

Görevi: Grelın (açlık hormonu) salgırlarlar.

Etkisi: Hipotalamusu uyararak iştahı artırır ve büyüme hormonu salınımını tetiklerler. Mide boşken salınımları artar, yemekten sonra azalır.



KUSMA

- Kusma, mide içeriğinin özofagustan ağız boşluğuna retrograd boşaltılmasını sağlayan bir savunma refleksidir. Kusmanın işlevi, midenin hızlıca boşaltılmasını sağlayarak zararlı maddelerin gastrointestinal sistemden emilmesini engellemektir. Kusma, medulla oblongata'da bulunan **kusma merkezi (area postrema)** tarafından kontrol edilir. Bu merkez, vücudun çeşitli bölgelerinden gelen sinyalleri değerlendirerek motor yanıtları koordine eder. Mide ve bağırsaklardan gelen vagal afferent sinyaller (örneğin gerilme, irritasyon), iç kulaktan gelen vestibüler sinyaller (örneğin hareket hastalığı), kortikal merkezlerden gelen görsel, kokusal veya emosyonel uyarılar (örneğin kötü koku, korku), kan yoluyla gelen toksik maddeler (örneğin ilaçlar, üremik toksinler), artmış kafa içi basıncı ve hormonal uyarılar (örneğin gebelik durumu) medulla oblongata'daki area postrema isimli kemoreseptör tetkik alan tarafından algılanarak kusma refleksini başlatır.

KUSMA

- Kusma refleksi başladığında, diyafram ve karın kasları güçlü şekilde kasılır, karın içi basınç artırılır. Basınç arttıkça, kardiyak sfinkter gevşer; yumuşak damak yükselerek nazofarinksi kapatır ve mide içeriği özofagus, yutak ve ağızdan yukarı doğru öğürülerek çıkarılmaya zorlanır. Kusma genellikle bulantı, solukluk, soğuk terleme, tükürük artışı ve bazen bradikardi gibi otonom belirtilerle birlikte görülür. Aşırı kusma, metabolik alkaloz, dehidrasyon ve elektrolit dengesizliklerine neden olabilir.
- Kusma, karnivor ve omnivorlarda göreceli olarak daha yaygındır, ancak herbivorlarda çok nadiren görülür. Özellikle **atların kusması neredeyse imkânsızdır**. Bunun nedeni atlarda kardiyak sfinkterin çok güçlü bir tonusa sahip olmasıdır. Ayrıca, özofagus at midesine dik bir açıyla bağlanmıştır ve bu nedenle mide doluyken özofagus mide içeriğinin basıncı ile sıkıştırılarak kapatılır. Atlarda midenin aşırı derecede dolu olması kusma yerine midenin yırtılmasına yol açar.

RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Ruminantların (geviş getirenler) taksonomik sınıflandırması, özellikle mide yapılarındaki evrimsel gelişim ve boynuz yapılarına göre şekillenmiştir. Bilimsel hiyerarşide bu grup, **Artiodactyla** (çift toynaklılar) takımı içerisinde yer alan **Ruminantia** alt takımı olarak tanımlanır.

GEVİŞ GETİRENLER RUMINANTIA

Dört bölmeli özel bir mideye sahip olmalarıyla karakterize edilen otçul memeliler. Yaklaşık 200 tür, iki infra-takıma ayrılır.

TRAGULINA 1 AİLE ve üyeleri



Tragulidae
Cüce Geyikler

PECORA

5 AİLE ve üyeleri

Cervidae



Geyikler

Bovidae



Sığırlar, Keçiler, Koyunlar ve Antiloplar

Giraffidae



Zürafa ve Okapi

Antilocapridae



Çatalı Boynuzlu Antilop

Moschidae



Misk Geyikleri

RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Ruminantlar yedikleri besinleri yeterince çiğneyip öğütmeden hızlıca yutarlar. Daha sonra tekrar ağızlarına getirip (**regürgitasyon**) yeniden çiğner (**remastikasyon**) ve tekrar yutarlar. Bu olaya geviş getirme (**ruminasyon**) denir. Ruminasyon, muhtemelen hipotalamus tarafından koordine edilen vagovagal bir refleks olup, solunum kasları, gırtlak, yutak, yemek borusu, ağız boşluğu ve retikulumun sürece dahil olduğu senkronize bir olaydır.



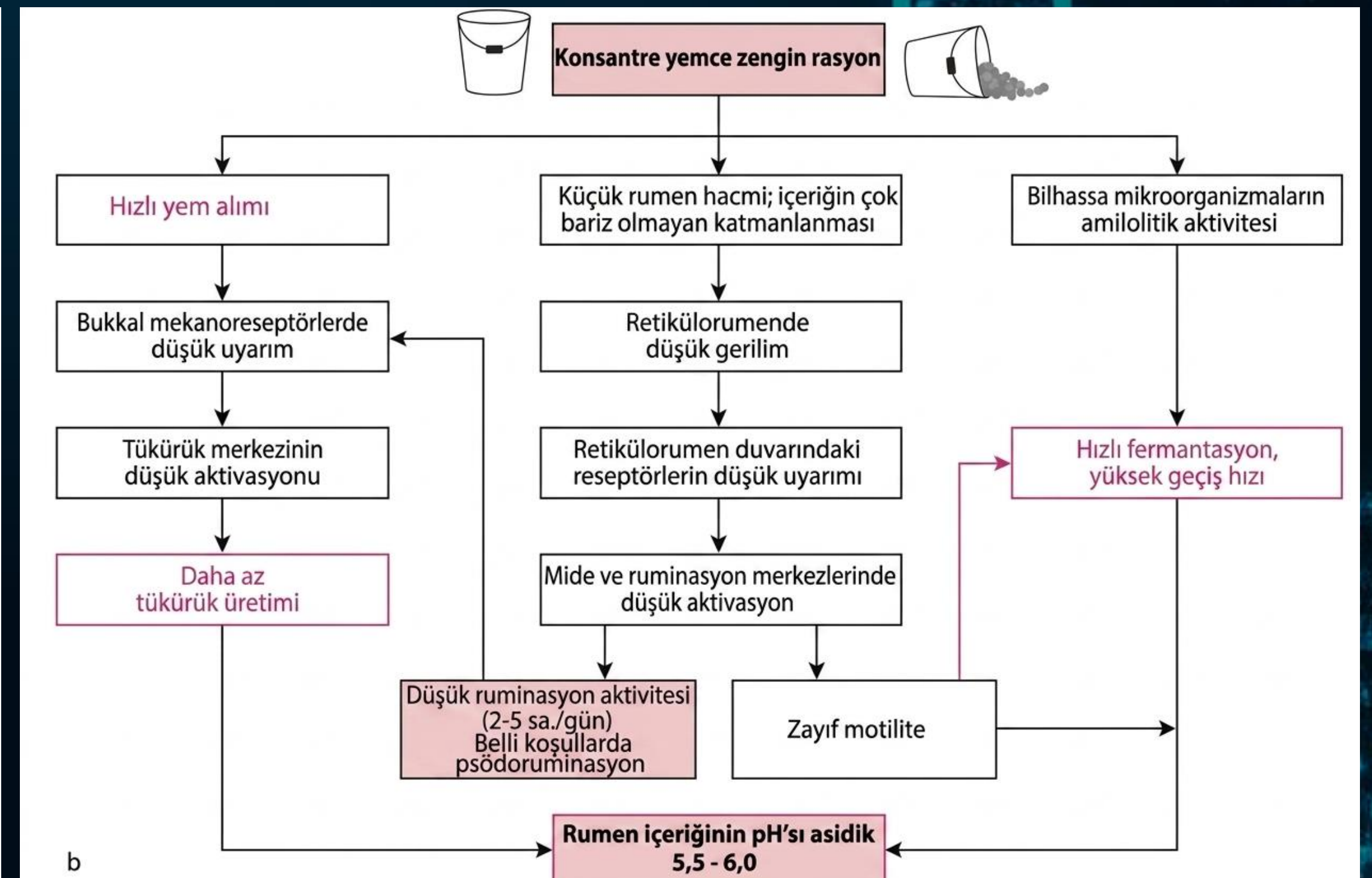
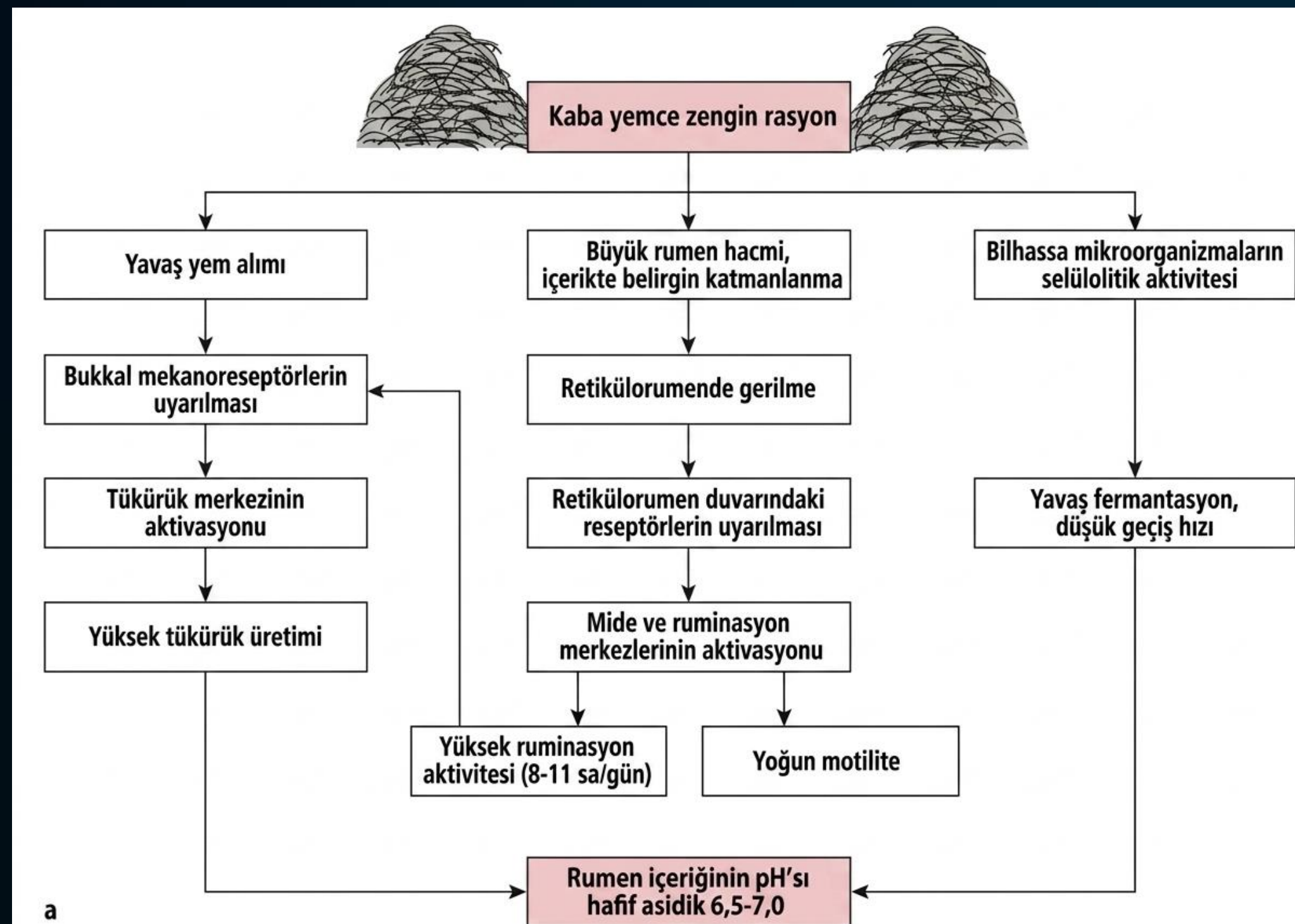
RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Ruminant, retikulum kasılmasının zirvesinde akciğerlere hava akışının engellenmesi için glottis kapalıyken nefes alır. Bu durumda göğüs kafesinde büyük bir negatif basınç oluşur. Bu negatif basıncın yemek borusuna aktarılması, bolusun özofagusa geçmesine ve özofagusun antiperistaltik hareketleriyle ağıza gelmesine yani regürgitasyona neden olur. Kusmadan farklı olarak, **regürgitasyonda karın kaslarında ve midede kasılmalar şekillenmez**. Daha sonra ağızda bolus sıkıştırılır ve süzülen sıvı yutularak tekrar rumene yollanır. Ağızda kalan katı kısım çiğnenir (yaklaşık 50 çiğneme hareketi olur), tükürük eklenir ve yutulur. Bir sonraki döngü 5-10 saniyelik kısa bir aradan sonra tekrar başlar.



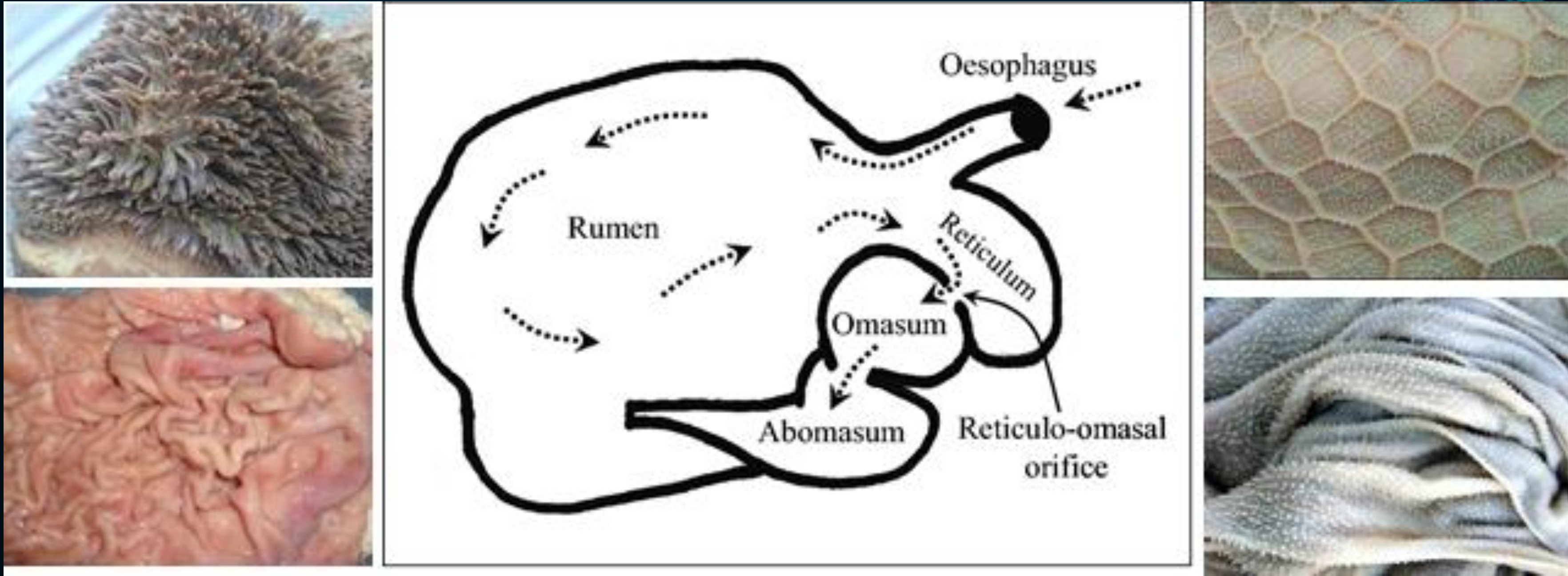
RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Geviş getirmek için harcanan süre, diyetle göre değişir. Kaba yem ağırlıklı (örneğin saman) beslemelerde, hayvanlar günde 8 ila 11 saat arasında geviş getirirken, konsantre yemce zengin veya öğütülmüş kaba yem şeklindeki rasyonlarla beslemede ruminasyon aktivitesi belirgin şekilde azalır. Ruminantlar geviş getirme faaliyetini daha çok dinlenme dönemlerinde yaparlar. Bu nedenle özellikle yerde ve uyuklayan hayvanlarda ruminasyon gözlenir. Heyecan ve stres ruminasyon üzerine belirgin baskılayıcı etkiye sahiptir. Ruminasyon için her zaman hayvanın sağlıklı olması şarttır; ağrı, ateş ve stres geviş getirme aktivitesini engeller. Bu nedenle ruminasyon hayvanın sağlık durumu için iyi bir indikatördür.



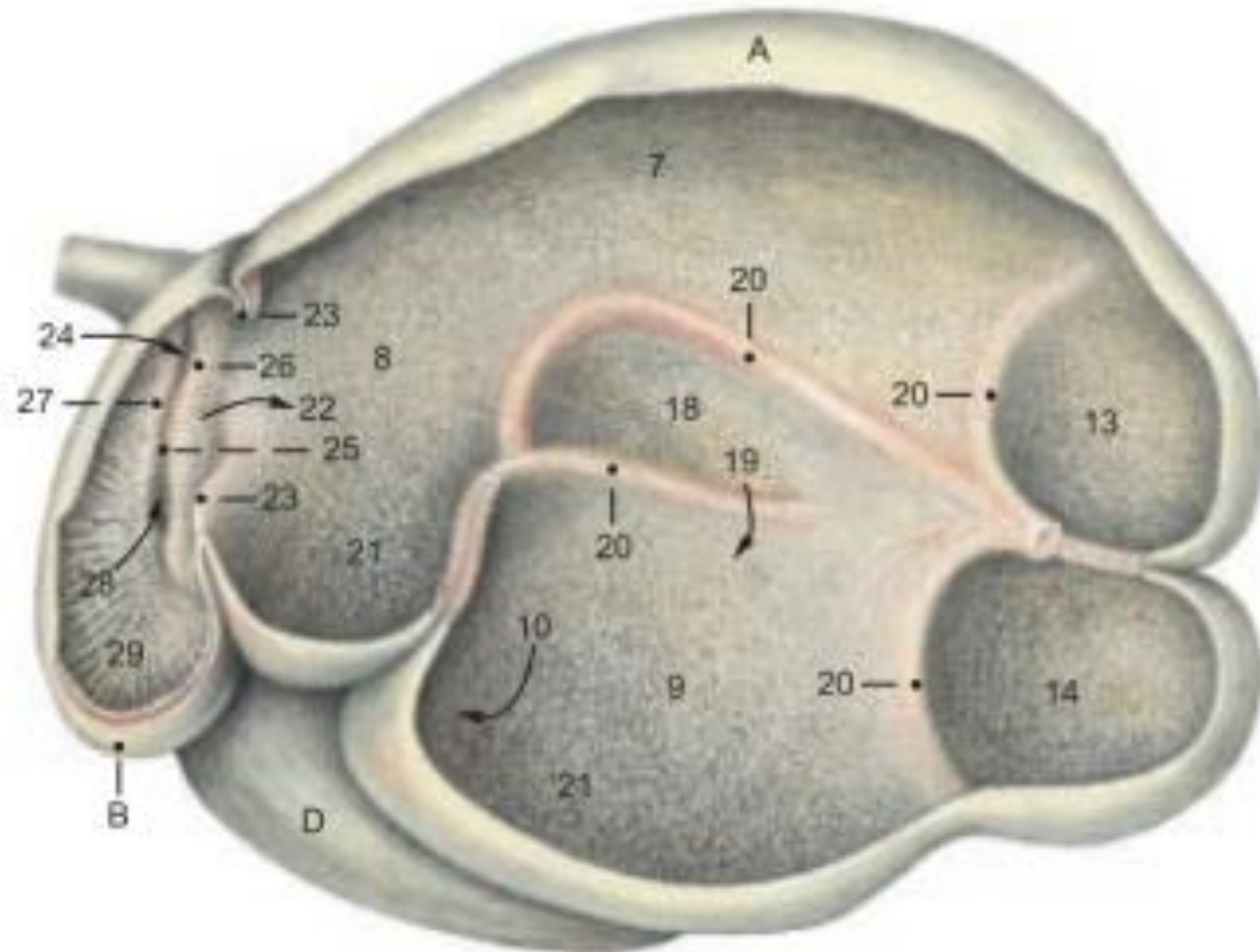
RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Ruminant midesi rumen (işkembe), retikulum (börkenek), omasum (kırkbayır) ve abomasum (şirden) olmak üzere dört bölmeden oluşur: İlk üç bölme, enzim ve asit salgılayan gerçek mide bölümü olan abomasumdan önce geldiği için önmideler olarak isimlendirilir. Önmideler, çok katlı yassı keratinize epitel ile döşeli olup salgı bezleri içermezler. Önmideler hayvanın tükettiği besinlerin anaerobik sindiriminin gerçekleştiği büyük fermantasyon odalarıdır.

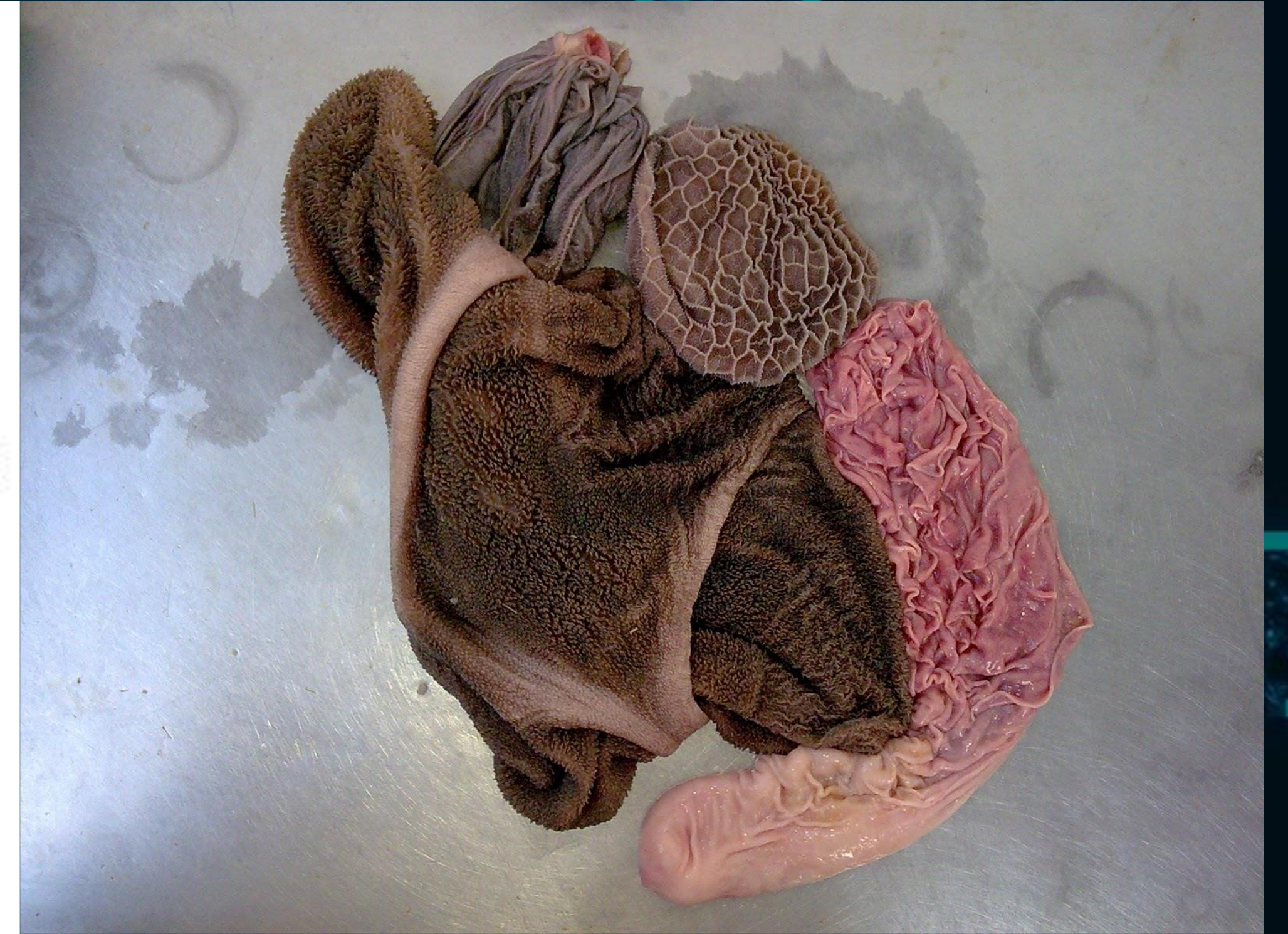


RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

- Abomasum, yeni doğmuş ruminantın midesinin en büyük bölümüdür (tüm mide sisteminin %55–60'ını oluşturur). Hayvanın kaba yemleri tüketmesiyle birlikte doğumu izleyen birkaç ay içinde önmidelerin gelişimi hızlanır. Ruminantlara özgü beslemeye uyum sürecinden sonra, önmideler tüm mide bölümlerinin yaklaşık %80– 90'ını teşkil eder.



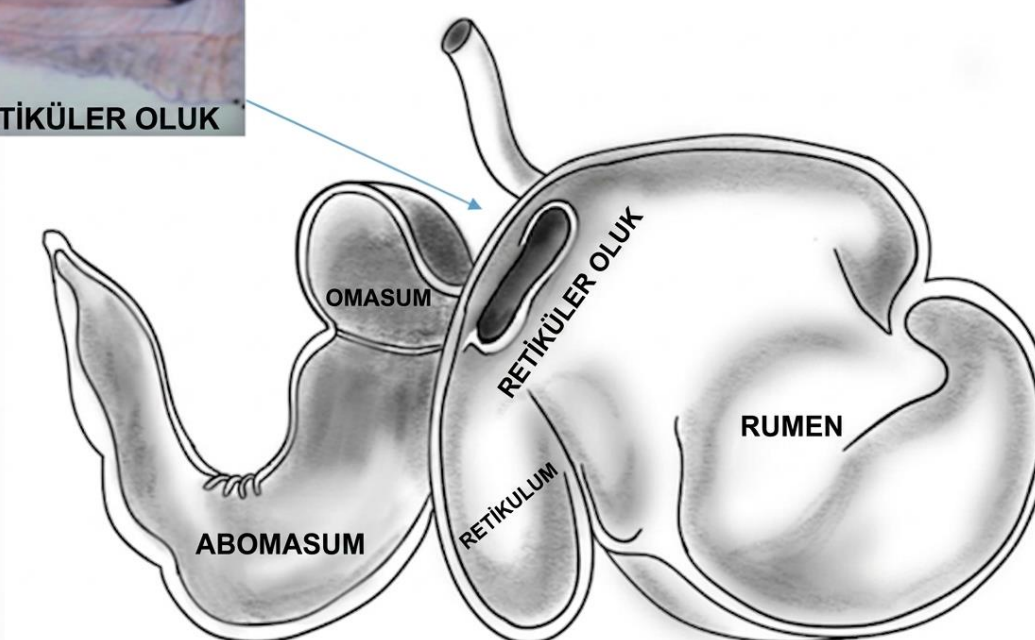
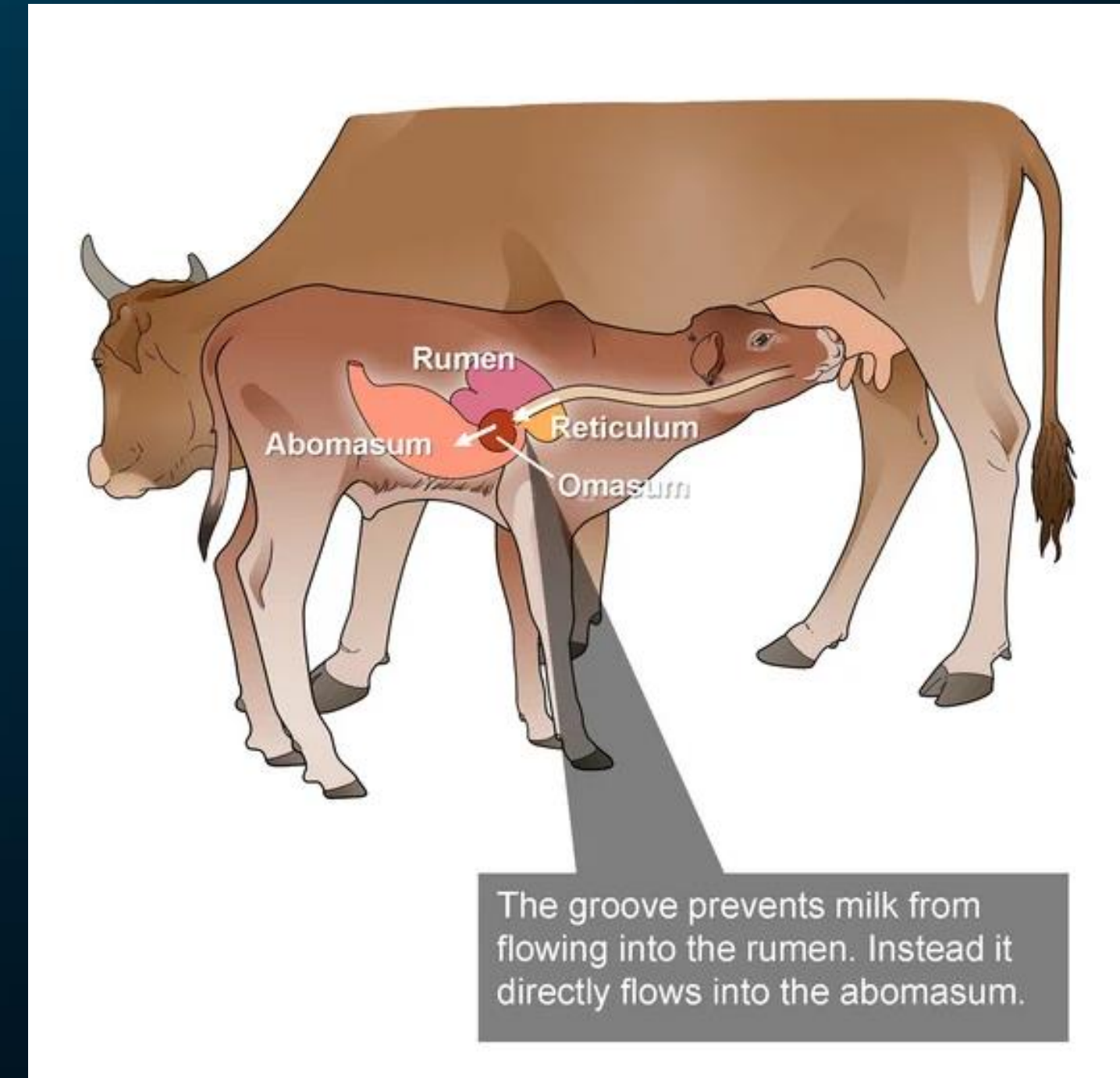
- 7: Dorsal kes
- 8: Atrium
- 9: Ventral kes
- 13: Dorsal kör kes
- 14: Ventral kör kes
- 20: Pilalar
- 22: Ruminoretiküler açıklık
- 23: Plica ruminoreticülaris
- 24: Retiküler oluk



RUMİNANT MİDESİ VE RUMİNANT SİNDİRİMİNİN ÖZELLİKLERİ

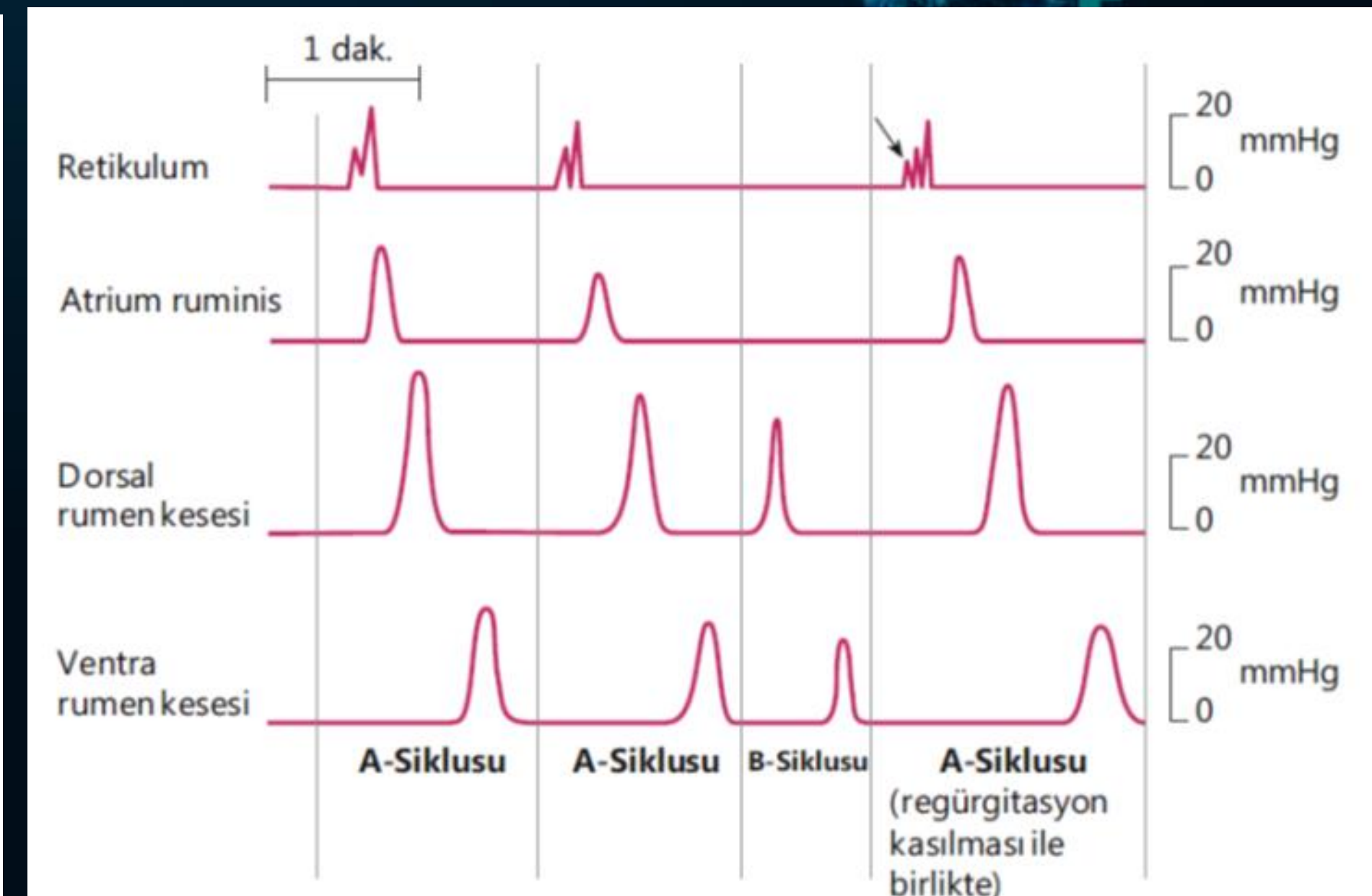
➤ Yeni doğan ruminant yaşamının ilk haftalarında besin kaynağı olarak sadece süt kullanır; önmideler başlangıçta abomasuma göre daha küçük ve mikroorganizmalarca kolonize edilmediğinden pratikte işlevsizdir. Buzağı bu nedenle fonksiyonel açıdan monogastriktir. Sütün fizyolojik sindirimi için, içilmesinden hemen sonra asıl enzimatik sindirimin olacağı abomasuma ulaştırılması çok önemlidir. Bunu “**retikulum oluk refleksi**” mümkün kılar (eskiden kullanılan “sulkus özofagikus refleksi” teriminden kaçınılmalıdır, çünkü retikulum oluğu embriyonal olarak mide sisteminden gelişmektedir). Bu refleks, özofagus ve abomasum arasında fonksiyonel bir bypass oluşmasını sağlar. Retikulum oluk refleksi sayesinde genç ruminantlarda süt retikülorume uğramadan doğrudan abomasuma geçer. Eğer bu refleks oluşmazsa, süt önmidelere geçer, burada sütün mikrobiyal fermentasyonu nedeniyle rumende yangılar (ruminitis) ve bazı olgularda şiddetli sindirim rahatsızlıkları oluşur. Refleks, yaşla birlikte duyarlılığını kaybeder. Bazı kimyasalların (koyun ve kuzularda %5-10'luk CuSO_4 , sığırlarda %10'luk NaHCO_3) yetişkin ruminantlarda retiküler oluğun kapanmasına neden olduğu gösterilmiş olsa da yetişkinlerde bir işlevi tanımlanmamıştır.

➤ **KLİNİK BİLGİ:** Ağız yoluyla verilen bazı ilaçların (örneğin anthelmintikler) rumende parçalanmadan doğrudan abomazuma geçmesi için bu oluk yetişkinlerde de ilgili kimyasallarla kapatılabilir.



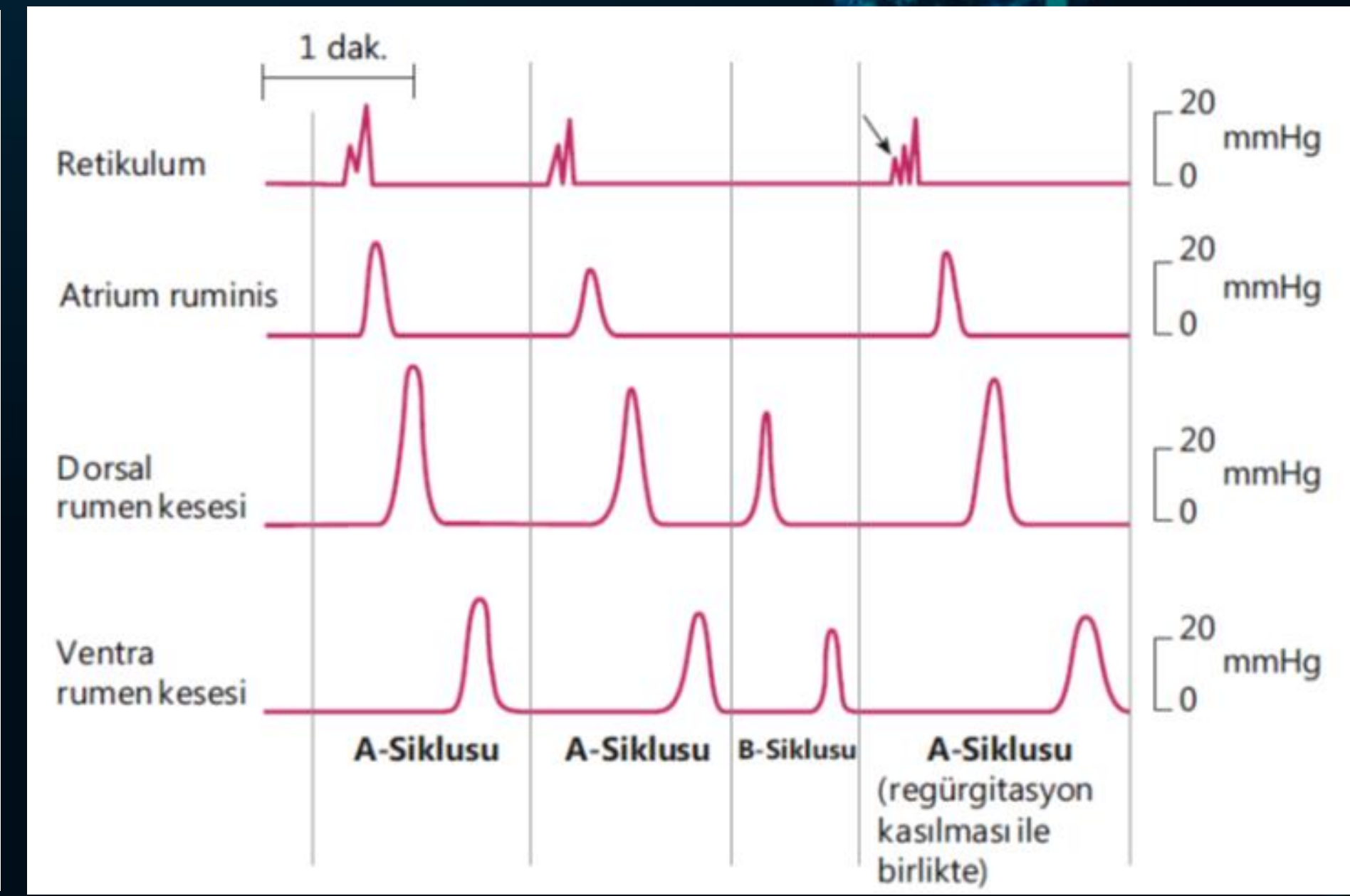
RETİKÜLORUMEN MOTİLİTESİ

- Ruminantların önmidelerinde birbirini takip eden düzenli kasılma örüntüleri meydana gelir. Bunlar, **A-dalgaları (primer kasılmalar)** ve **B-dalgaları (sekonder kasılmalar)** olmak üzere iki çeşittir. A-dalgaları rumen içeriğinin karıştırılmasına hizmet eder ve kraniyaldan kaudale doğru ilerler. Her bir A-dalgası öncelikle bifazik retikulum kasılmasıyla başlar. İlk retikulum kasılması sırasında, retikulum normal boyutunun yaklaşık yarısına kadar küçülür. Kısmi bir gevşemeden sonra ikinci retikulum kasılması oluşur. Bu ikinci kasılma ilkinden çok daha güçlüdür ve retikulumun lümeni neredeyse kaybolur. Bifazik retikulum kasılmasından sonra kasılmalar rumende "Z" harfi şeklinde yayılır. Kasılmalar rumen atriyumundan dorsal keseye, oradan dorsal kör keseye, sonrasında ventral kese ve nihayetinde ventral kör keseye ilerler. Bu süreçte rumen içeriğinin kapsamlı bir şekilde karıştırılması meydana gelir, fermantasyon gazları dorsalde toplanır, kaba yem partikülleri üste çıkarak rumen sıvısının üstünde yüzer, daha küçük parçacıklar altta asılı kalır, besinlerle alınmış toprak ve kum ise ventral bölgede toplanır.



RETİKÜLORUMEN MOTİLİTESİ

- B-dalgaları fermantasyon sırasında oluşan gazların dışarı atılmasını sağlar. Bu nedenle B-dalgalarına geğirme (ruktus) dalgaları da denir. B-dalgaları sırasında retikulum ve rumen atriyumunda kasılmalar oluşmaz. B-dalgaları öncelikle ventral kör kesenin kasılmasıyla başlar ve bunu dorsal kör, dorsal, daha sonra da ventral rumen keselerinin kasılmaları izler. Bu sayede fermantasyon gazları özofagusa doğru yönlendirilir.
- Rumen kasılmaları, dışarıdan bakıldığında sol açlık çukurundan da fark edilebilir. Sağlıklı sığırlarda, iki dakikada yaklaşık üç kasılma oluşur; A- ve B-dalgaları arasında dışarıdan ayırım yapılamaz. Besleme sırasında kasılma frekansı neredeyse iki katına yükselir.



YABANCI CİSİM HASTALIĞI (RETİKÜLOPERİTONİTİS TRAVMATİKA - RPT)

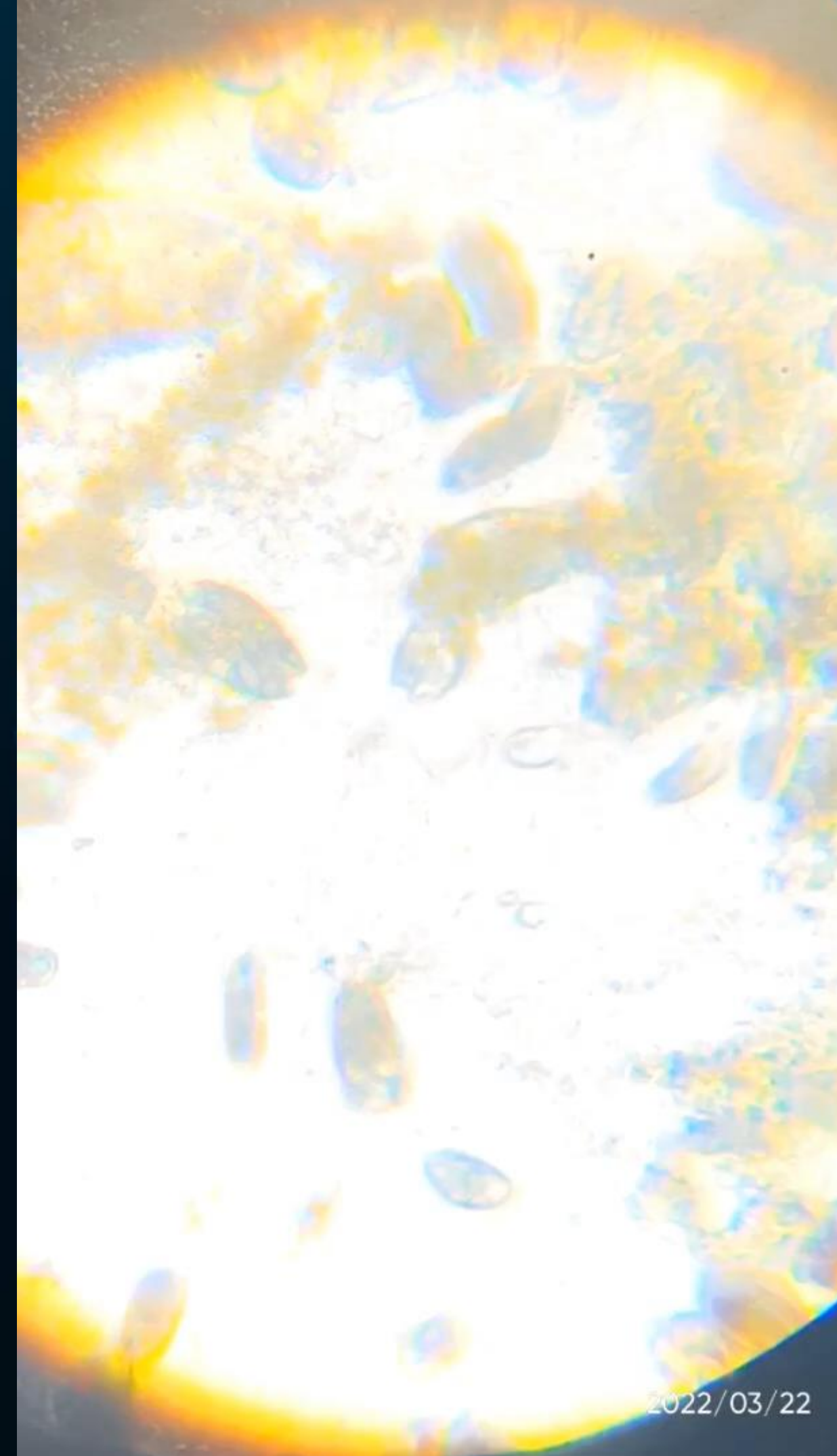
- Sığırlar genellikle az seçici yem alımları nedeniyle yemle birlikte yabancı nesneleri de (çivi, vida, tel, vb.) yutarlar. Bunlar yutulduktan sonra özgül ağırlıkları nedeniyle hemen retikuluma düşerler. Güçlü retikulum kasılmaları sırasında bu nesneler retikulum duvarını delerek lokal veya yaygın peritonite, retikuloperikardite (**Reticuloperikarditis Traumatika**), hatta septisemiye yol açarlar ki bu duruma **Yabancı Cisim Hastalığı** denir. Retikulum hareketliliği bu durumda az ya da çok kısıtlanır, bu nedenle yem parçacıkların ayrımı artık gerçekleştirilemez. Büyük yem parçacıkları da retikülorumeni terk eder, dışkıda büyük yem parçacıklarının fazlaca görülmesi bu hastalarda tipik bir semptom olarak değerlendirilir. Hayvanda ani iştahsızlık, süt veriminde düşüş ve kambur duruş görülür. Cisim diyaframı geçerek perikarda ulaşırsa tablo ağırlaşır. Jugular ven dolgunluğu ve çalkantılı kalp sesleri duyulur.

Typical Traumatic
Reticuloperitonitis in
Cattle



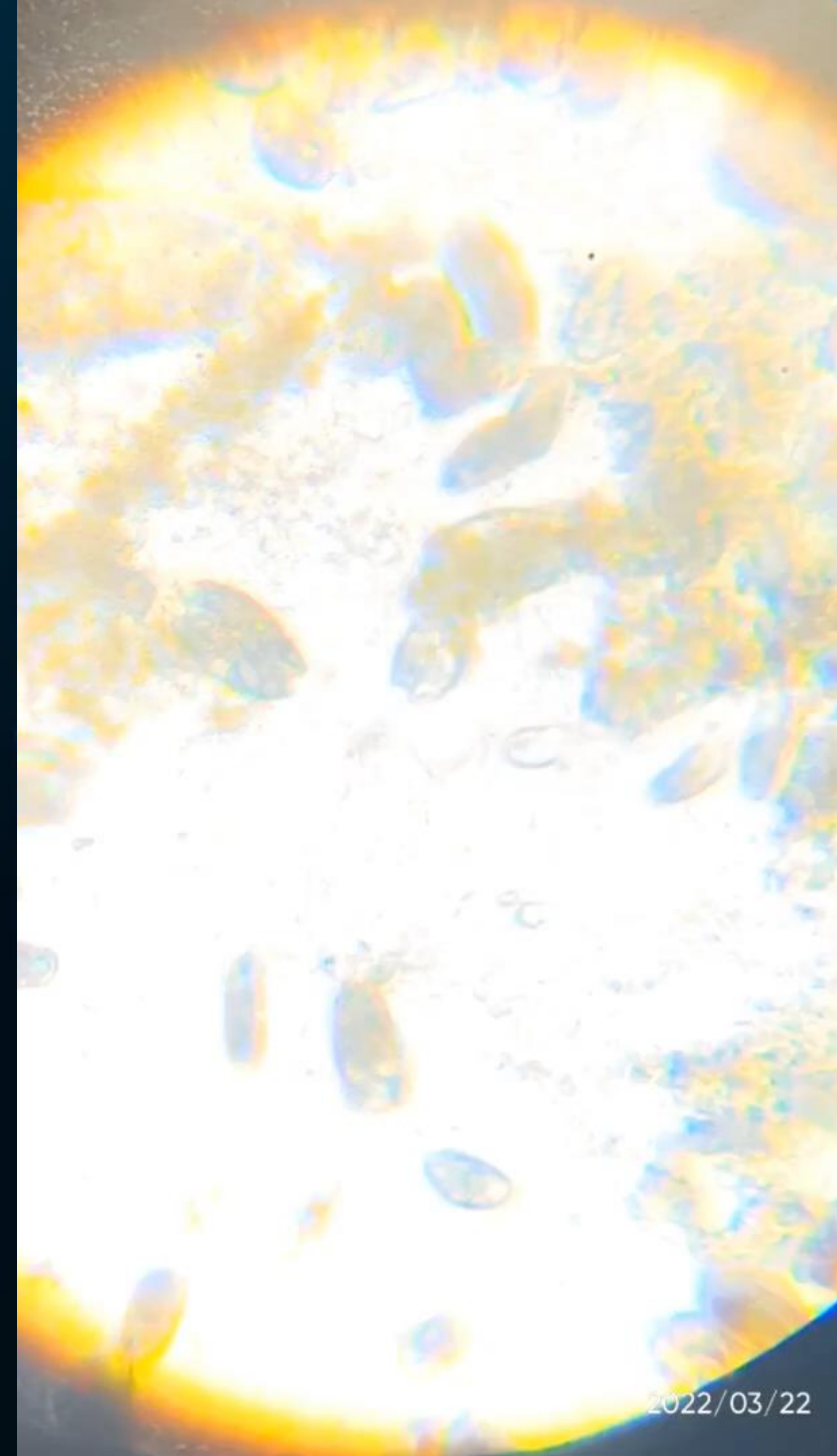
RUMİNAL SİNDİRİM

- Ruminantların besinini çoğunlukla bitkiler teşkil eder. Bitkisel besinlerin bileşimini ise çoğunlukla selüloz gibi memelilerin sindiremediği lifli maddeler oluşturur. Dünya üzerindeki memeli hayvanlar kendi selüloz enzimini üretemediğinden selülozu sindiremezler. Ancak, evrim sürecinde bazı hayvan türlerinin sindirim sistemine yerleşen mikroorganizmalar (bakteriler, protozoonlar, mantarlar, vs.) konakçı hayvan ile iş birliği yaparak (simbiyoz ya da mutualizm) sahip oldukları selüloz enzimi yardımıyla hayvanın tükettiği lifli besinleri fermentasyon ile parçalatıp hayvanın kullanabileceği besin maddelerini üretirler. Buradaki iş birliğinde, konakçı hayvan mikroorganizmalar için uygun yaşam ortamını, mikroorganizmalar ise hayvana değerlendirebileceği besin maddelerini temin eder. Ruminantın yediği besinleri mikroorganizmalar fermentatif olarak sindirerek üreyip çoğalırlar ve fermentasyon ürünü olarak **asetik**, **propiyonik** ve **bütirik asitler** gibi **uçucu yağ asitleri (UYA)** oluştururlar. Rumen epitelinden emilen UYA'lar ruminantların toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %70 ile %80'ini karşılayan en temel enerji kaynağıdır.



RUMİNAL SİNDİRİM

- Rumende üreyip çoğalan mikroorganizmalar ise kimusla abomasuma ve ince bağırsaklara gelerek ruminantın kendi sindirim enzimleri ile parçalanıp hayvan için **protein kaynağı** olurlar. Yetişkin bir sığırda, önmidelerden abomasum ve duodenuma geçen günlük mikrobiyal taze ağırlık tahmini olarak 10–20 kg (2,5–4 kg KM) kadardır.
- Yine önvide mikroorganizmaları sentez yetenekleri sayesinde konakçı hayvana önemli düzeyde vitamin katkısında bulunurlar. Bu vitaminler suda çözünen **B-kompleksi vitaminler** ile **yağda çözünen K vitamini**dir. Mikroorganizmalar sayesinde yetişkin ruminantlarda B vitamini eksiklikleri gözlenmez. Ancak ruminant besinleriyle yeterince kobalt (bir iz mineral) alamazsa B₁₂ vitamini eksikliği oluşabilir. Çünkü B₁₂ vitamininin sentezi için kobalt gereklidir.
- Ön midelerde kolonize olmuş mikroorganizmalar **detoksifikasyon** faaliyetleriyle de ruminanta fayda sağlar. Ruminantın besinlerle aldığı bazı toksik maddeler rumende fermantasyonla toksik olmayan hale getirilebilir ve böylece ince bağırsak tarafından toksinin emilimi önlenmiş olur.

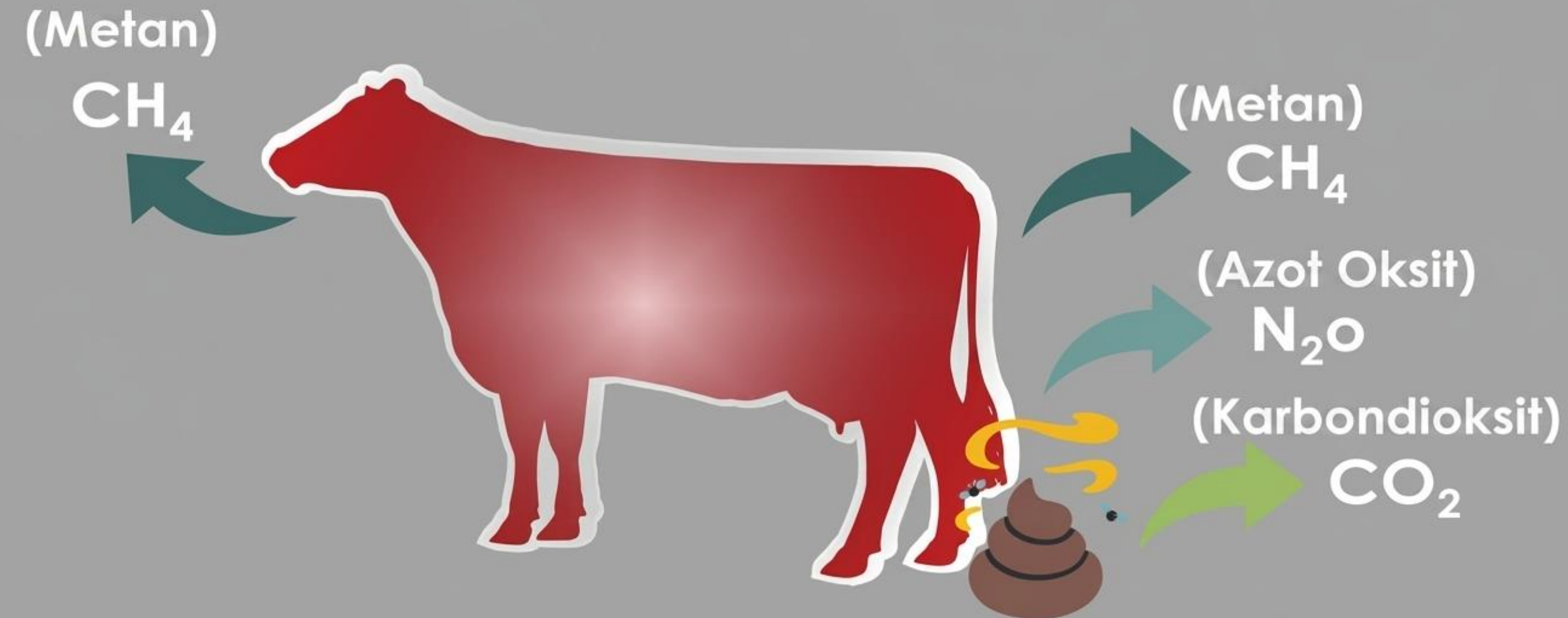


RUMİNAL SİNDİRİM

- Bununla birlikte ruminantların önmidelerindeki mikrobiyal sindirimin bazı olumsuz yönleri de vardır. Örneğin besinlerle alınan **brüt enerjinin %2-18 kadarı** önmidelerdeki fermantasyon esnasında metanojenik arkeler tarafından **metan gazına** dönüşerek ruktus yoluyla atmosfere atılır. Metan ile kaybedilen enerji hem ekonomik hem de ekolojik açıdan sorun teşkil eder. Çünkü metan gazı üretimi bir yandan hayvanın yaşama ve verim özellikleri için kullanabileceği yem enerjisinin kaybedilmesi, diğer yandan da küresel ısınmaya yol açan sera gazı salınımı anlamına gelmektedir.

Özellik	Metan (CH ₄)	Azot Oksit (N ₂ O)
Atmosferik Ömür	~12 Yıl	~110-120 Yıl
Isı Tutma Kapasitesi (CO ₂ 'nin katı)	~28 Kat	~298 Kat

Geviş Getiren Hayvan Emisyonları



RUMİNAL SİNDİRİM

- Ruminantların önmidelerinde meydana gelen fermantasyon esasen bakteriler, protozoonlar, mantarlar ve arkeler tarafından gerçekleştirilir. Rumen metabolizmasında bakterilerin payı yaklaşık %80, protozoonların payı ise %20 civarındadır. Bir mililitre rumen sıvısında yaklaşık 10^{11} bakteri, 10^6 protozoon vardır. Ruminal bakteriler ve protozoonlar, hayvanın tükettiği karbonhidratları fermente ederek UYA'lar ve CO_2 üretirler.
- Ruminal fermantasyon sonucu oluşan major UYA'lar asetik, propiyonik ve bütirik asitlerdir. Bunlar, rumen duvarından hızla kana emilerek hayvanın enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılarlar. **Hayvanın tükettiği rasyonun karbonhidrat içeriğine göre UYA profili değişir.**

UYA (%)	Selülozca Zengin Rasyon (Ot)	Niştaca Zengin Rasyon (Konsantre Yem)
Asetik Asit	60-70	40-50
Propiyonik Asit	15-20	30-40
Bütirik Asit	10-15	10-15

RUMEN EKOSİSTEMİ

- Rumen ekosistemi, simbiyotik bir yaşam süren ve yemlerin fermantasyonundan sorumlu olan son derece karmaşık bir mikroorganizma topluluğuna ev sahipliği yapar. Ruminant fizyolojisindeki temel taş olan bu mikroorganizmalar dört ana grupta sınıflandırabilir:

1. Rumen Bakterileri:

Rumen içeriğinin en kalabalık ve metabolik olarak en aktif grubudur (10^{10} – 10^{11} hücre/ml). Görevlerine göre şu alt gruplara ayrılırlar:

Selülitik Bakteriler: Bitki hücre duvarını (selüloz) parçalarlar (örneğin *Fibrobacter succinogenes*).

Amilolitik Bakteriler: Nişastayı sindirirler (örneğin *Streptococcus bovis*).

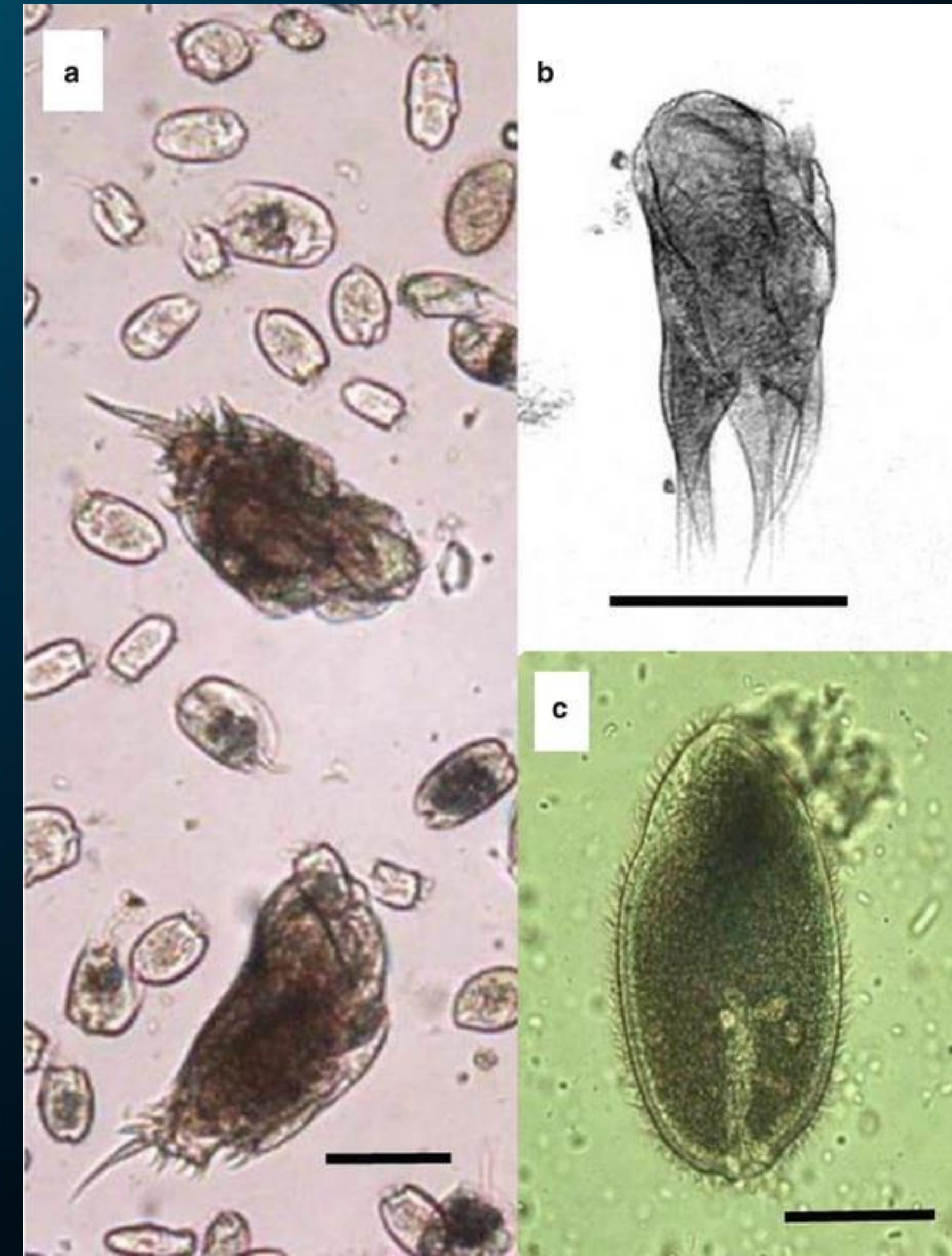
Proteolitik Bakteriler: Proteinleri hidroliz ederek amino asit ve amonyak açığa çıkarırlar.

RUMEN EKOSİSTEMİ

2. Rumen Protozoonları:

Sayıda bakterilerden az olmalarına rağmen (10^5 – 10^6 hücre/ml), iri cüsseleri nedeniyle toplam mikrobiyal kütlenin yaklaşık yarısını oluştururlar. Nişasta tanelerini yutarak aşırı asitlenmeyi (laktik asidoz) önlerler ve bakterileri yiyerek populasyon dengesini sağlarlar.

- **Ophryoscolecidae Familyası (Oligotrichler):** Rumen protozoonlarının en büyük ve en çeşitli grubudur (**entodinium**, diplodinium **ophryoscolex**, **epidinium**). Sadece ağız ve diğer belirli bölgelerinde silleri vardır.
- **Isotrichidae Familyası (Holotrichler):** Vücutlarının tamamı düzenli sillerle (kirpiklerle) kaplıdır (**isotricha**, dasytricha).



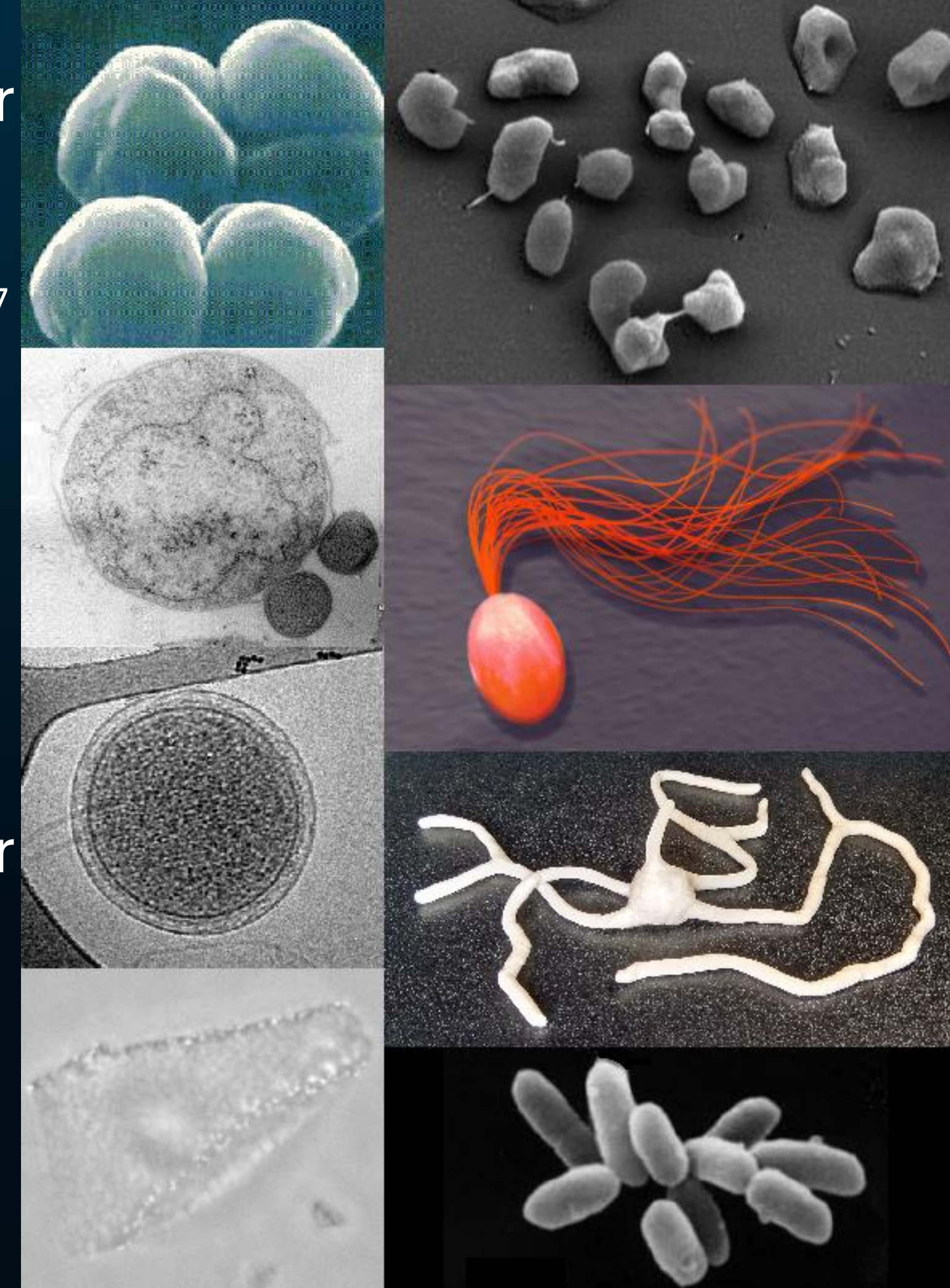
a) Çeşitli Entodinium türleri ile birlikte bir Ophryoscolex caudatum
b) Epidinium cattanei
c) Isotricha prostoma

RUMEN EKOSİSTEMİ

3. Rumen Metanojenik Arkeleri:

Metanojenik arkeler, rumen mikrobiyotasının sayısal olarak küçük bir kısmını oluştursalar da (toplam mikrobiyal kütlenin yaklaşık %1-3'ü), metabolik etkileri bu oranla kıyaslanamayacak kadar büyüktür. Sağlıklı bir ruminantta, rumen içeriğinin her mililitresinde yaklaşık 10^7 ile 10^9 arasında metanojenik arke bulunur.

Arkelerin en dikkat çekici özelliği, diğer mikroorganizmalarla kurdukları **sintropik** (**beraber beslenme**) ilişkidir. Metanojenlerin yaklaşık %25'i protozoaların (özellikle siliyatların) hücre yüzeyine tutunmuş veya hücre içine (endosimbiyoz) yerleşmiş halde yaşar. Protozoalar, hidrojen üreten organellere (hidrojenozom) sahiptir. Arkeler, bu hidrojeni kaynağından alarak hem kendi enerjilerini üretir hem de protozoanın metabolik atığını temizler. Selüloz parçalayan (selülitik) bakteriler ve anaerobik mantarlar, fermantasyon sırasında sürekli hidrojen salgırlar. Arkeler, ortamdaki hidrojen basıncını düşürerek bu mikroorganizmaların daha verimli (termodinamik olarak avantajlı) çalışmasını sağlar.



RUMEN EKOSİSTEMİ

3. Rumen Metanojenik Arkeleri:

Arkelerin varlığı, evrimsel süreçte ruminantın hayatta kalması için bir gereklilik olarak ortaya çıkmıştır; ancak modern hayvancılıkta ciddi bir ekonomik kayıp olarak görülür. Eğer arkeler ortamdaki hidrojeni uzaklaştırmasaydı, rumende NADH molekülleri okside edilemezdi. Bu durum fermantasyonun durmasına ve uçucu yağ asidi üretiminin (yani hayvanın ana enerji kaynağının) kesilmesine neden olurdu.

Arkelerin ürettiği metan, hayvan için hiçbir besleyici değeri olmayan bir gazdır ve ruktus ile dışarı atılır. Bu süreç, hayvanın aldığı toplam enerjinin %2-12'sinin kaybına neden olur.

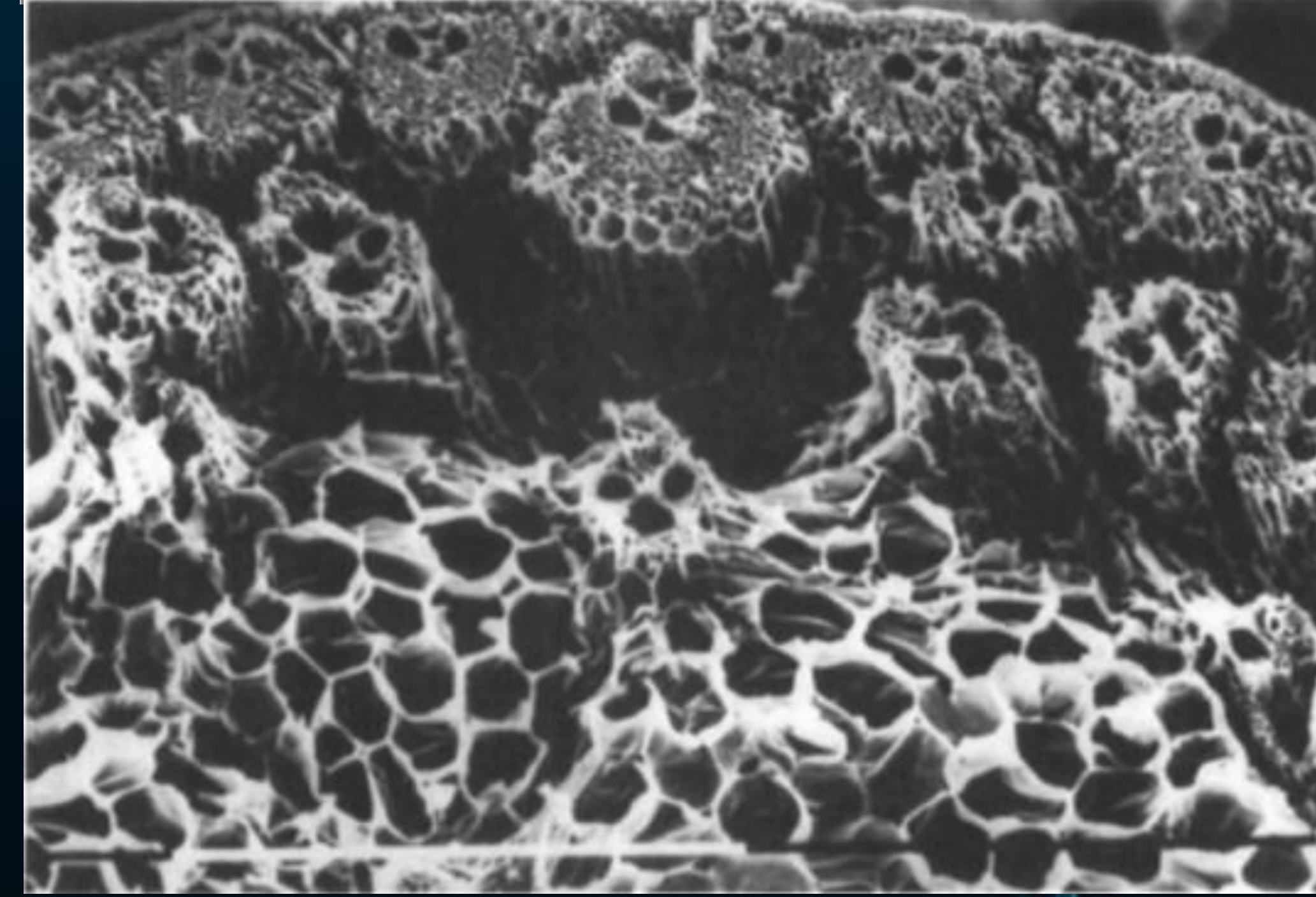
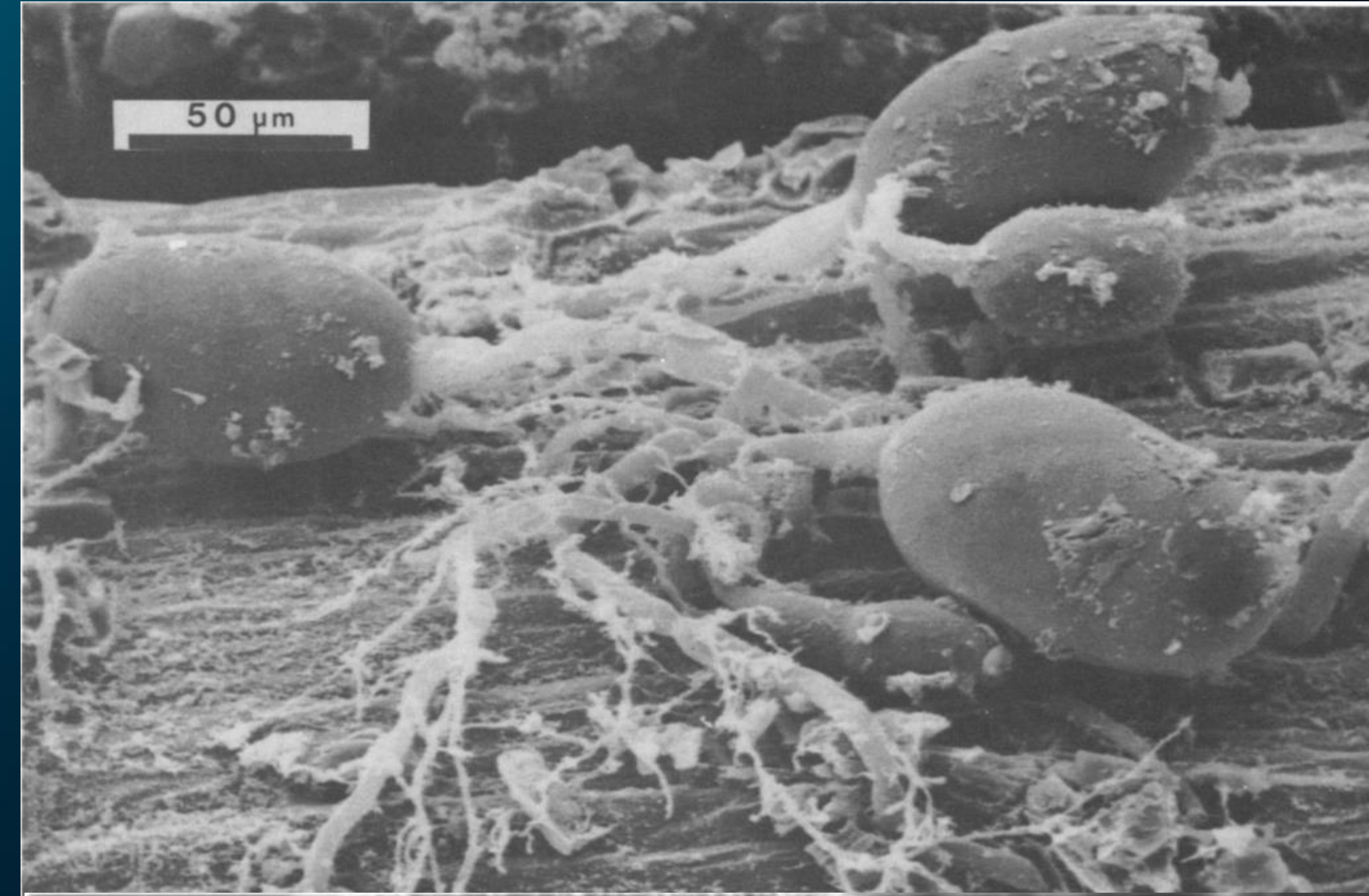
Metan, karbondioksite göre yaklaşık 25-28 kat daha güçlü bir sera gazıdır. Ruminantlar, küresel metan emisyonunun önemli bir kaynağıdır.

Dünya genelindeki yıllık toplam metan emisyonu miktarı yaklaşık 570-600 milyon ton arasındadır. Bunun yaklaşık %60'ı insan faaliyetlerinden (antropojenik), %40'ı ise doğal kaynaklardan gelmektedir. Ruminantlar, küresel antropojenik metan emisyonlarının yaklaşık %27 ile %30'undan sorumludur. Yani ruminantlar dünya genelinde yıllık yaklaşık 90 ile 110 milyon ton metan gazı üretmektedir.

RUMEN EKOSİSTEMİ

4. Rumen Mantarları:

Sayıları daha düşüktür (10^3 – 10^5 hücre/ml) ancak özellikle kaba yemlerin sindiriminde kritik rol oynarlar. Rizoidleri (kök benzeri yapıları) ile ligninleşmiş bitki dokularını fiziksel olarak delerek bakterilerin iç kısımlara ulaşmasını sağlarlar. Selüloz, ksilanaz ve esteraz gibi geniş bir enzim yelpazesi salgılayarak, bakterilerin tek başına parçalayamadığı dirençli bitki komplekslerini hidrolize ederler. Düşük kaliteli, odunsu yemlerle beslenen hayvanlarda sayıları artar. Mantarlar, fermantasyon sırasında hidrojen (H_2) açığa çıkarırlar. Bu hidrojen, mantarların çevresinde kümelenen metanojenik arkeler tarafından metan gazına dönüştürülür.



RUMEN EKOSİSTEMİ

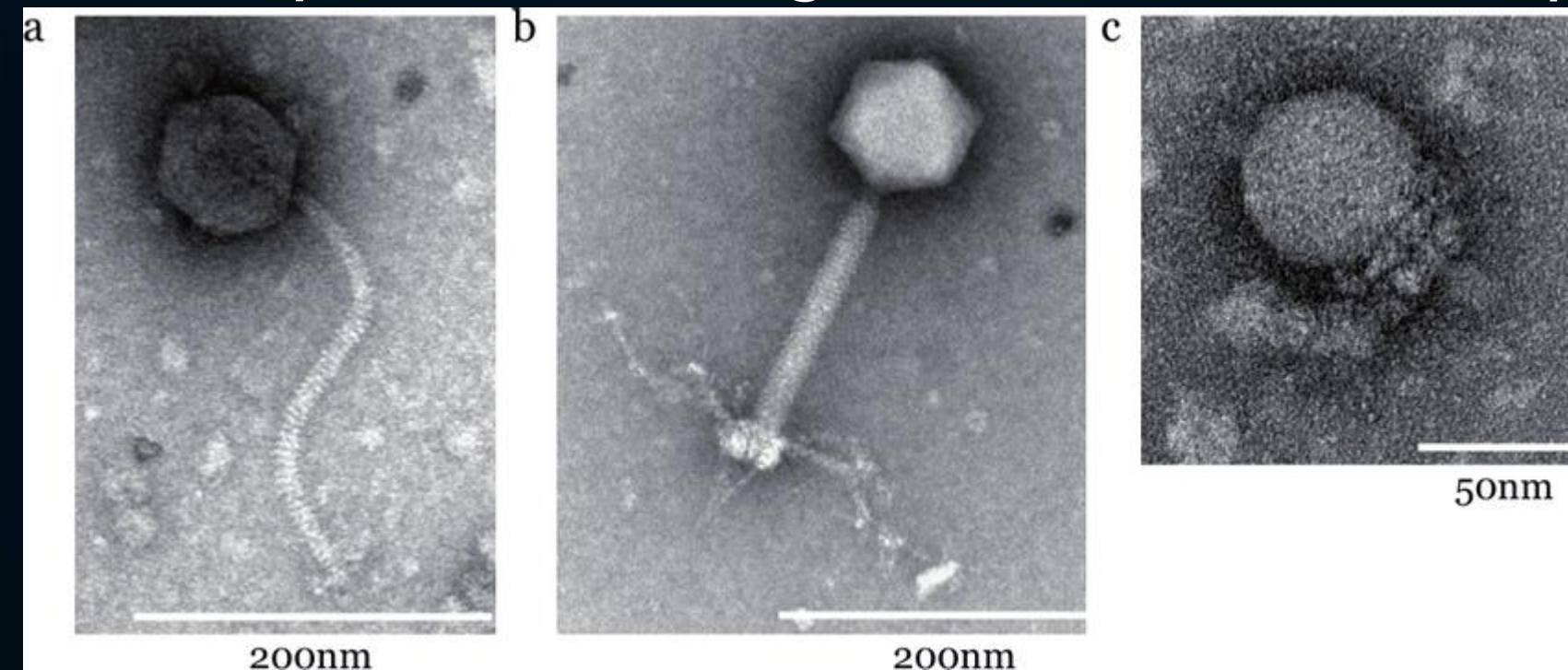
5. Rumen Virüsleri (Bakteriyofajlar):

Rumen ekosisteminin en az anlaşılan ancak sayıca en kalabalık üyeleri olan rumen virüsleri, büyük oranda bakterileri enfekte eden bakteriyofajlardan oluşur. Rumen mikrobiyal dengesinin korunmasında "gizli bir düzenleyici" rolü üstlenirler. Rumen virüsleri, sayısal olarak işkembedeki tüm canlılardan daha fazladır. Rumen sıvısının her mililitresinde yaklaşık 10^9 ila 10^{10} (1 milyar ile 10 milyar arası) virüs bulunur. Genellikle bakteri sayısından 10 ile 100 kat daha fazla virüs olduğu kabul edilir.

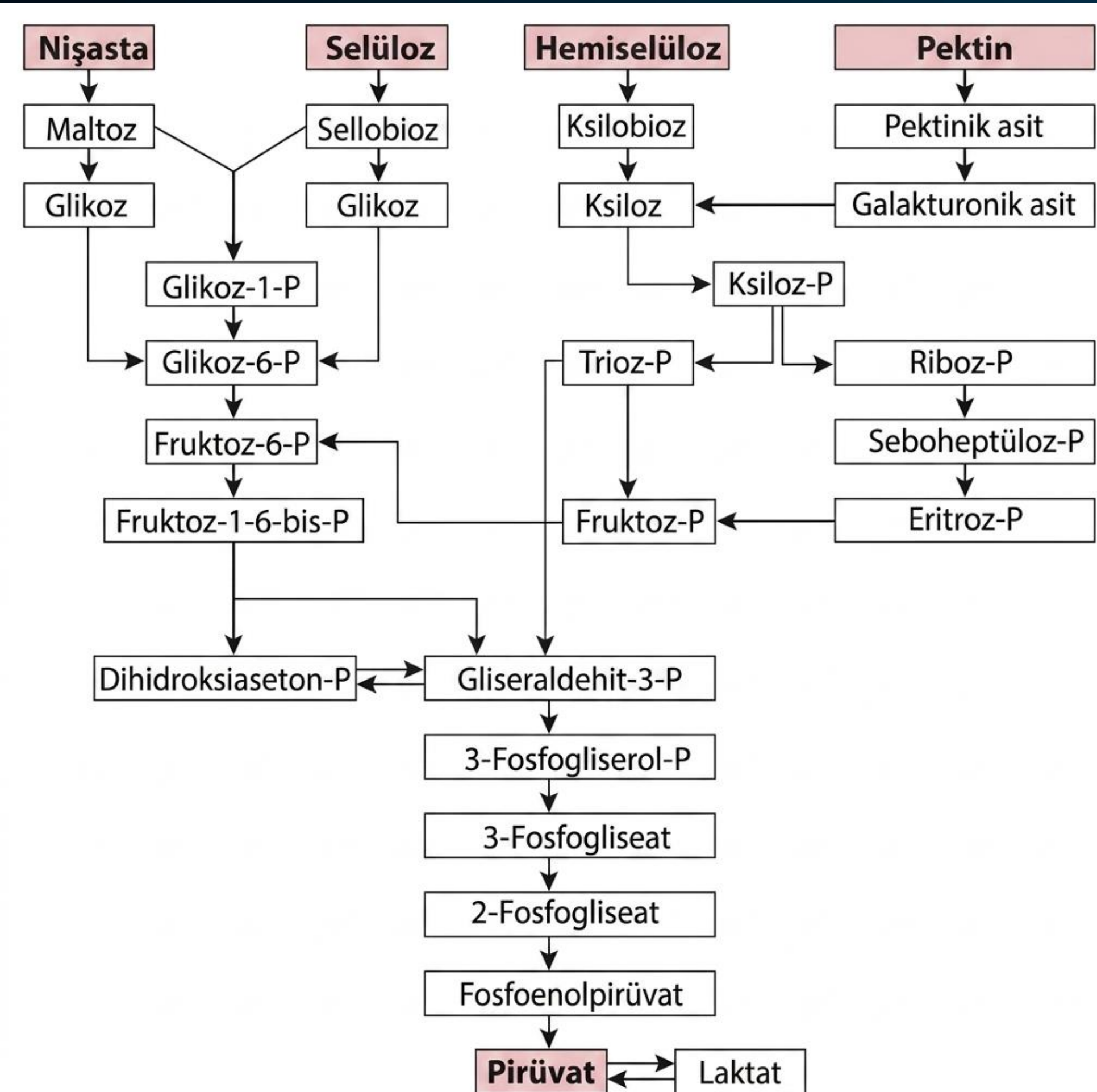
Hızlı çoğalan bakteri türlerini enfekte ederek (lisis yoluyla) sayılarını dengelerler. Bu, hiçbir bakteri türünün ekosistemi tek başına domine etmemesini sağlar.

Bakterileri parçalayarak onların içindeki protein ve azotun tekrar rumen sıvısına salınmasına neden olurlar. Bu durum, azotun diğer mikroorganizmalar tarafından yeniden kullanılmasına (turnover) yardımcı olur.

Virüsler, bir bakteriden aldıkları genetik materyali diğerine aktarabilirler (transdüksiyon). Bu, bakterilerin değişen rasyon koşullarına veya antibiyotik direnci gibi durumlara adaptasyonunu hızlandırabilir.

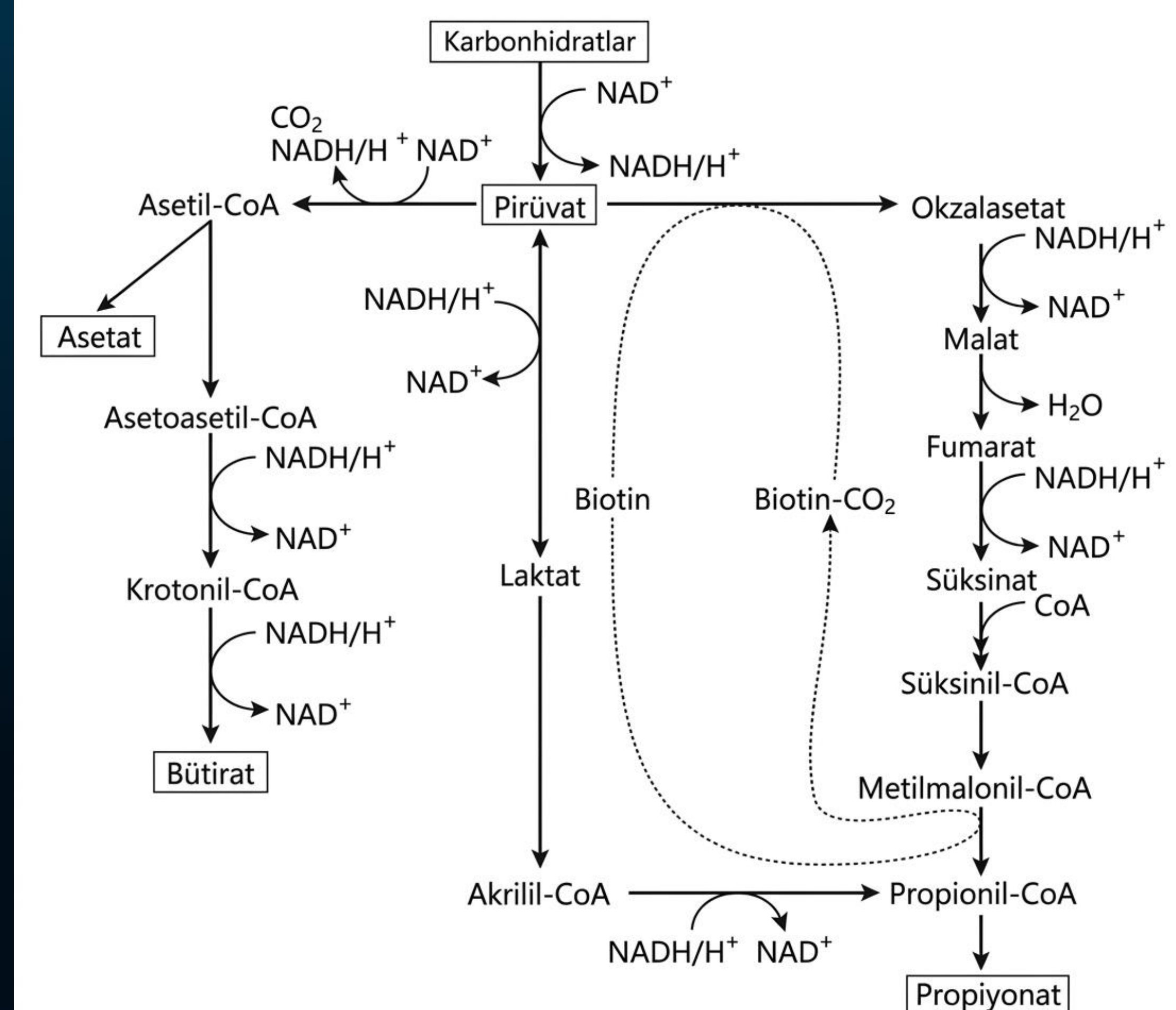


RUMİNAL KARBONHİDRAT METABOLİZMASI



Bitki hücre duvarı pektinler, hemiselülozlar, selüloz ve ligninden oluşur. Bu maddeler sadece mikrobiyal enzimlerce yıkımlanabilir. Yıkılmanın merkezi ara ürünü pirüvattır.

Pirüvattan kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) veya diğer ismiyle UYA'lar olan asetat, propiyonat ve bütirat ile rumen gazları olan CO_2 ve CH_4 oluşturulur. Yemin türü UYA üretimini belirler.



RUMİNAL STEKİYOMETRİ

➤ Ana Fermantasyon Reaksiyonları

Asetat Oluşumu (Yüksek Kaba Yem Rasyonu):



(Bu reaksiyon net hidrojen üreticisidir ve metan üretimini artırır)

Propiyonat Oluşumu (Yüksek Kesif Yem Rasyonu):



(Bu reaksiyon hidrojen tüketicidir; metan üretimiyle rekabet ederek enerji verimliliğini artırır)

Bütirat Oluşumu:



➤ Metanogenez Reaksiyonu (Son Ürün)

Metanojenik arkeler, diğer mikroorganizmaların atık olarak ürettiği H₂ ve CO₂'yi birleştirerek metan sentezler. Bu, rumendeki hidrojen basıncını düşük tutarak fermantasyonun devam etmesini sağlar.



RUMİNAL UÇUCU YAĞ ASİTLERİNİN AKİBETİ

➤ 1. Asetat (Sirke Asidi):

Ruminal UYA'lar arasında en yüksek oranda üretilen asetat, rumen epitelinden büyük oranda değişmeden kana geçerek karaciğere ulaşır ve büyük kısmı işlenmeden yine karaciğerden kan dolaşımına verilir. Başta meme bezi olmak üzere süt yağı sentezi için ana prekürsör olarak kullanılır. Ayrıca çoğu dokuda, özellikle kas dokusunda oksidasyon yoluyla ATP üretiminde ve vücut yağ depolarının (lipogenez) oluşturulmasında kullanılır. Asetatın aşırı azalması süt yağı depresyonuna yol açabilir.

➤ 2. Propiyonat (Propionik Asit):

Ruminantlar için en kritik enerji kaynağıdır çünkü glikozun ana öncülüdür. Rumen epitelinden büyük oranda değişmeden geçer. Karaciğerde neredeyse tamamen tutulur ve glikoneogenez (yeni glikoz sentezi) için ana substrattır. Ruminantlar glukozu bağırsaklardan çok az emdikleri için, kan şekeri ihtiyacının neredeyse tamamı bu yolla propiyonattan karşılanır (*Sığırlarda kan glikoz seviyesi: 40–60 mg/dL !!!*). Süt şekeri (laktoz) sentezinde önemlidir. Süt miktarının belirlenmesinde laktoz sentezi en önemli faktördür.

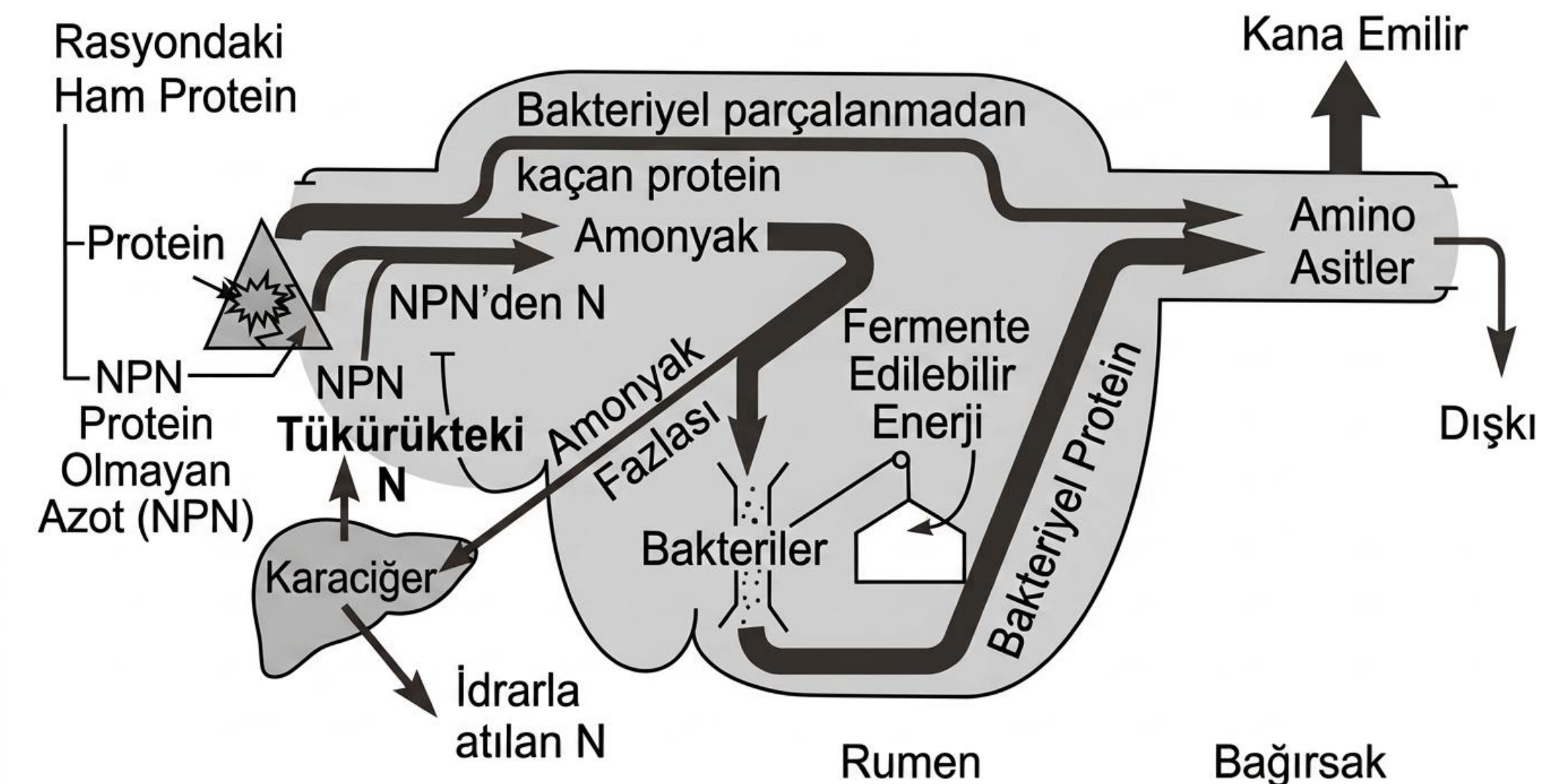
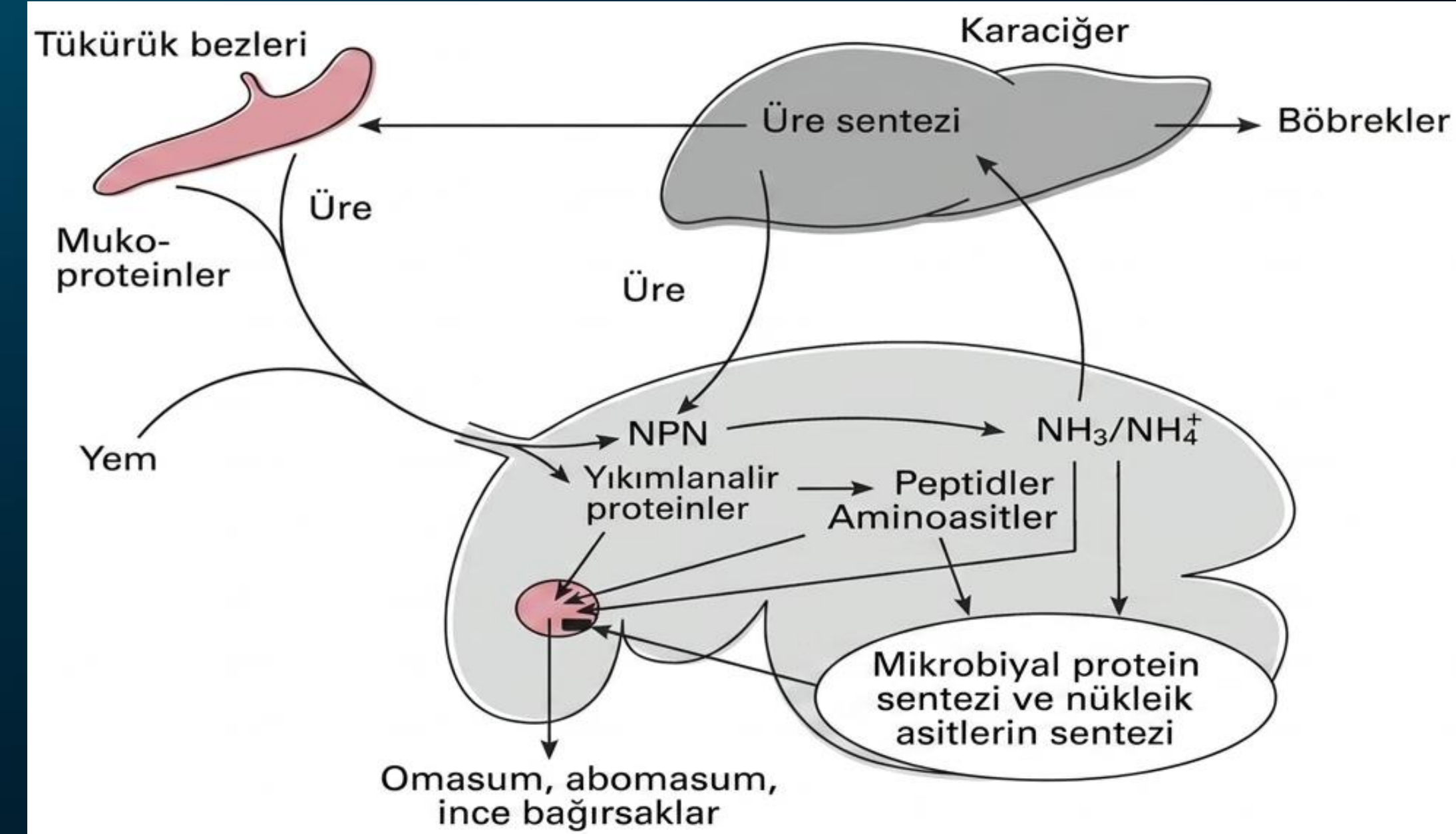
RUMİNAL UÇUCU YAĞ ASİTLERİNİN AKİBETİ

➤ 3. Bütirat (Tereyağı Asidi):

Ruminal üç ana asit arasında en az üretilen ancak epitel sağlığı için en kritik olanıdır. Büyük kısmı epitel hücreleri için doğrudan enerji kaynağı olarak kullanılır. Epitel hücreleri bütirarı enerji elde etmek için metabolize eder ve beta-hidroksibütirik asit (bir keton cismi) oluştururlar. Portal kanda bütirat seviyesi çok düşüktür. Epitel hücrelerinin ürettiği ketonlar periferik dokularda (kalp kası, iskelet kası, böbrekler, vb.) enerji için kullanılır. Bütirat, rumen papilla gelişimini uyarır, arta kalan fazla kısmı ise yağ dokusunda yağ asidi sentezine katılır. Ayrıca meme bezlerinde süt yağını oluşturan kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin sentezinde (de novo sentez) karbon kaynağı olarak kullanılır.

RUMİNAL AZOT METABOLİZMASI

- Rumen mikroorganizmaları, besinlerle alınan proteinleri peptitlere ve amino asitlere hidrolize eder. Oluşan serbest amino asitlerden deaminasyon ile CO_2 , amonyak (NH_3) ve UYA'lar üretilir. Bazı peptitler ve amino asitler doğrudan bakteri hücrelerine geçebilirken, çoğu rumen bakterisi amonyağı azot kaynağı olarak kullanıp kendi aminoasitlerini, proteinlerini ve azotlu bileşiklerini sentezleyebilir.
- Rumen mikroorganizmaları üreaz aktivitesine sahiptir. Bu nedenle rumen sıvısındaki amonyak, besinsel proteinlerin mikrobiyal fermantasyonu yanında, tükürükle ve rumen duvarından (kandaki) difüzyonla rumen lümenine ulaşan üreden de oluşturulabilmektedir. Yem proteinleri özellikle bakteriler tarafından rumende %30-100'e kadar yıkımlanır. Son ürün olan amonyak mikrobiyal protein sentezinde kullanılır veya rumen duvarından kana emilmesi sonrasında karaciğerde üreye dönüştürülür. Üre tükürük bezleri ve önmide duvarından difüzyonla tekrar önmidelere gelir ki bu olaya **ruminohepatik azot döngüsü** denir. Böylece azot ihtiyaç durumunda yine rumende mikroorganizmaların kullanımına sunulur.



RUMİNAL YAĞ METABOLİZMASI

- Rumende yağ metabolizması, diyetle alınan lipitlerin mikroorganizmalar tarafından yoğun bir şekilde modifiye edildiği iki temel aşamadan oluşur: **Hidroliz** ve **Biyo-hidrojenasyon**. Bu süreçler, ruminantın bağırsaklarına ulaşan yağ asitlerinin kompozisyonunu diyetten tamamen farklı hale getirir.
- Yemlerle alınan lipitler (genellikle trigliseritler, galaktolipidler ve fosfolipidler), rumen bakterileri tarafından salgılanan lipaz enzimleri ile hızla parçalanarak gliserol ve serbest yağ asitlerine dönüştürülür. Açığa çıkan gliserol, mikroorganizmalar tarafından hızla fermente edilerek propiyonata dönüştürülür ve enerji döngüsüne katılır. Yağ asitleri ise duodenuma geçer ve buradan emilir. Ancak açığa çıkan serbest yağ asitlerinin büyük bir kısmı doymamış yapıdadır (linoleik ve linolenik asit gibi). Bu doymamış yağ asitleri rumen mikroorganizmaları için toksiktir. Mikroorganizmalar kendilerini korumak için bu doymamış yağ asitlerine hidrojen ekleyerek onları doymuş hale getirirler. Biyo-hidrojenasyonun nihai ürünü genellikle tam doymuş bir yağ asidi olan stearik asittir (C18:0). Biyo-hidrojenasyon nedeniyle duodenuma geçen serbest yağ asitlerinin yaklaşık %80-90'ı doymuş formdadır.

FERMANTASYON GAZLARI

- Fermantasyon sonucu rumende üretilen gazlar esas olarak karbondioksit ve metandır. Azot, oksijen ve hidrojen eser miktarda bulunabilir, ancak bunlar diğer reaksiyonlar için ara maddeler olduklarından sadece kısa bir süre rumende bulunurlar. Sığırlarda, fermantasyon gazının yaklaşık %60–70'i CO_2 , yaklaşık %30–40'ı ise CH_4 'ten oluşur. Mikrobiyal fermantasyon sırasında üretilen gazlar özgül ağırlıkları nedeniyle dorsal rumen kesesinde birikirler. Yetişkin bir sığırın iškembesinde günde 500 ile 1500 L gaz üretilmektedir.

RUKTUS (GEĞİRME)

- Oluşan muazzam miktardaki bu ruminal gazın düzenli olarak ruktusla dışarı atılması zorunludur. Medulla oblongata'da, rumenin dorsal kesesi ve kardiya çevresinde bulunan mekanoreseptörlerden afferent lifler alan bir geğirme merkezi vardır. Ruktus, vagovagal refleks olarak dakikada 1-2 kez gerçekleşir. Öncelikle dorsalde biriken gaz kitle, B-dalgası sırasında (A-dalgası sırasında çok nadiren) dorsal rumen kesesinin kasılmasıyla kranial yönde kardiyanın önüne doğru itilir. Kardiyaadaki reseptörlerin aktive olmasıyla kardiya sfinkteri refleks olarak açılır ve gaz özofagusa akar. Antiperistaltik kasılmayla gaz ağıza gönderilir.

RUKTUS (GEĞİRME)

- Bununla birlikte, gaz hemen dışarıya bırakılmaz, çünkü bu sırada nazofarenks gergin ve yükseltilmiş yumuşak damak ile kapalı durumdadır. Hayvanın ağzı da ruktus sırasında kapalıdır, bundan dolayı gaz ilk önce akciğerlere gider sonrasında ekspirasyon ile atmosfere salınır. Ruktus refleksinin düzenli seyri için en önemli koşul, dorsal rumen kesesinin kasılması sırasında kardiyanın ingesta ile işgal edilmemiş olmasıdır. Kardiya, sıvı rumen içeriğiyle temas ettiğinde refleks olarak kapanır. Ruminant yan veya sırt üstü yatar pozisyondayken ruktusun olması zor veya imkânsızdır. Bu nedenle, sığır ameliyatları ayakta ve lokal anestezi altında yapılmalıdır.

PRİMER TİMPANİ

- Fermantasyon gazlarının dışarı atılamaması durumuna şişkinlik (timpani) denir. Timpani, özofagusun fiziksel olarak tıkanmasından, sindirim sisteminin sinirsel inervasyonunun bozulmasından veya belirli yem maddelerinin tüketilmesinden kaynaklanabilir.
- Baklagil yeşil yemlerinin (taze yonca ve üçgül gibi) aşırı tüketilmesi sonrasında **primer timpani** oluşur. Yonca veya üçgül gibi baklagillerin fazlaca tüketilmesi rumende **köpüklü bir şişkinliğe** yol açar, köpüğün içerdiği gaz dışarı atılamaz (köpüklü fermantasyon) ve primer timpani şekillenir (**baklagil şişkinliği**).

SEKONDER TİMPANİ

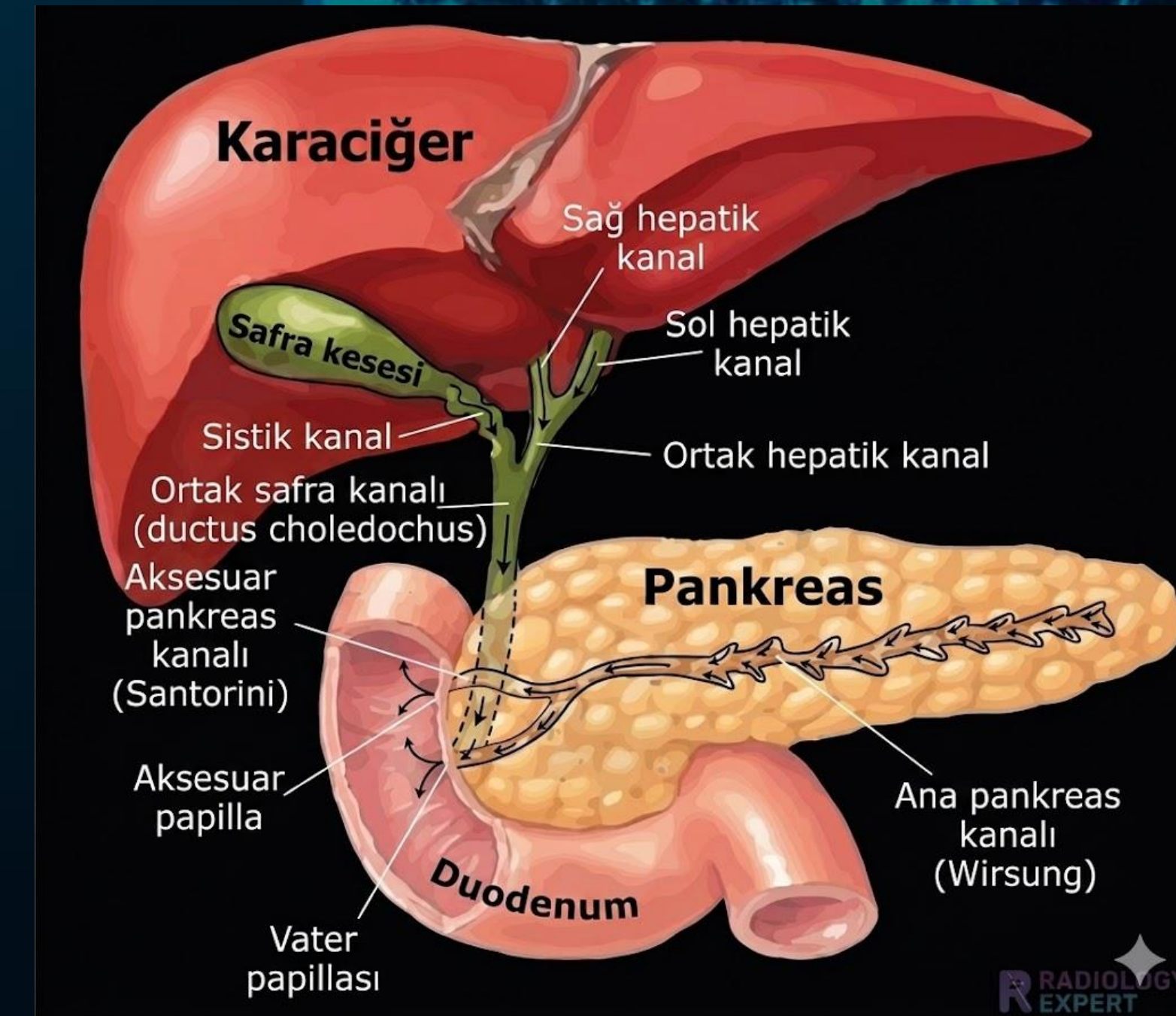
- Burada rumen içeriği normaldir ve gaz serbest haldedir, ancak gazın vücuttan atılmasını engelleyen fiziksel veya nörolojik bir engel söz konusudur. Sığırlar besinlerini fazla çiğnemedenden hızlıca yuttuklarından, bazen iri bir besin lokmasının (örneğin elma, pancar veya patates gibi) yemek borusunu tıkaması gibi durumlar meydana gelebilmektedir. Bu durumda rumen gazları atılamaz ve birkaç saat içinde özellikle diyaframın kraniyale bastırılmasına bağlı olarak hayatı tehdit eden ciddi solunum ve dolaşım bozukluklarının şekillendiği ölümcül timpani vakaları meydana gelir. Yemek borusunun yabancı bir cismin ile **fiziksel tıkanması** dışında aşağıdaki durumlar da timpaniye yol açabilir:
- **Dıştan Bası:** Yemek borusu çevresindeki lenf yumrularının şişmesi (tüberküloz veya lökoz gibi durumlarda) sonucu yemek borusu lümeninin daralması ve/veya kapanması.
- **Vagus Siniri Hasarı:** Nervus Vagus hasarına bağlı olarak rumen hareketlerinin ve geğirme refleksinin durması (**Hoflund Sendromu**).
- **Yatış Pozisyonu:** Hayvanın uzun süre sırt üstü veya uygunsuz pozisyonda kalması sonucu kardianın (mide girişi) sıvı ile kapanması.

RUMEN ASİDOZU/TAHİL ŞİŞKİNLİĞİ

- Ruminantlar konsantre yemleri (tahıllar gibi) çok severler. Kısa süre içinde çok fazla konsantre yem tüketilmesi “**rumen asidozu**” denen fizyopatolojik durum yanında timpaniye de yol açabilir ki buna “**tahıl şişkinliği**” denir.
- Rumen asidozunda sorun kimyasaldır. Hızlı fermente olan karbonhidratların tüketilmesiyle rumende önce UYA’lar sonrasında laktik asit birikir ve pH düşer (**normal rumen pH’sı 5,5–7,0**, SARA’da 5,0–5,5, akut rumen asidozunda $<5,0$). Akut rumen asidozu rumen duvarında hasara, sistemik metabolik asidoza ve karaciğer apselerine yol açar. Hayvan genellikle toksemi, dehidrasyon, rumen duvarının delinmesi veya sistemik asidozun organlar üzerindeki tahribatı nedeniyle ölür. Eğer hayvan kurtarılabilirse, asidozun bıraktığı hasarlar (rumen duvarında yanıklar, ayaklarda topallık/laminitis) günlerce devam eder.
- Tahıl şişkinliğinde sorun fiziksel/mekaniktir. Aslında çoğu tahıl şişkinliği vakası, bir asidoz komplikasyonudur. Asidoz sürecinde çoğalan bazı bakterilerin salgıladığı yapışkan maddeler (slime) nedeniyle gazlar bir köpük tabakasına hapsolür. Hayvan geçiremez ve rumen visküz köpüklü bir gazla aşırı gerilir. Hayvan akut rumen asidozuna kıyasla çok daha hızlı bir şekilde asfiksi (boğulma) nedeniyle ölür. Genişleyen rumen akciğerlere baskı yapar ve kalp durur.

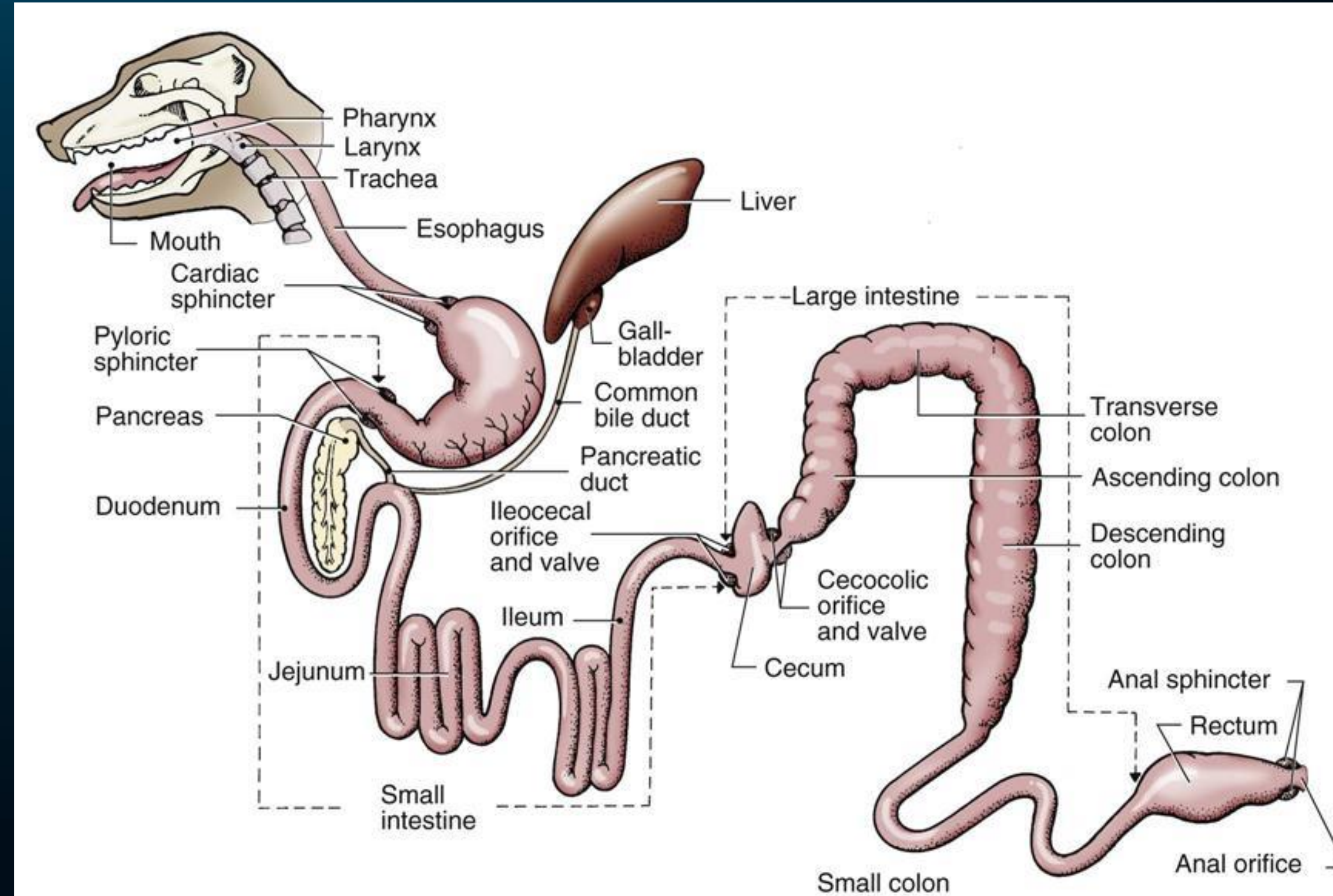
İNCE BAĞIRSAKLAR

- İnce bağırsaklar, gastrointestinal sistem organları arasında besinlerin sindirim sürecine en büyük katkıyı sağlayan ve yapı taşlarına kadar parçalanmış **besinlerin yaklaşık %90'ının emildiği** sindirim sistemi bölümüdür. İnce bağırsaklar, pilorustan kalın bağırsağa kadar uzanır ve **duodenum**, **jejunum** ve **ileum** olmak üzere 3 kısımdan oluşur.
- Duodenum, mideden sonraki ilk bölüm olup, mideden gelen kimusun pankreas ve karaciğerden gelen salgılarla karıştırıldığı alandır. Pankreasın ana boşaltım kanalı olan **ductus pancreaticus (Wirsung kanalı)** ve karaciğer ve safra kesesinden gelen safrayı taşıyan **ductus choledochus** (ortak safra kanalı) duodenumun inen kısmına (pars descendens) papilla duodeni major (**Vater papillası**) denen yerde birleşerek açılır. Açılma noktasında **Oddi sfinkteri** bulunur. Bu sfinkter, salgıların akışını düzenler. Bazı insanlarda ve hayvan türlerinde (köpek, at, domuz) pankreasın aksesuar kanalı (**ductus pancreaticus accessorius**) veya diğer ismiyle **Santorini kanalı** da bulunabilir ve bu kanal papilla duodeni minor üzerinden duodenuma ayrı bir noktadan boşalabilir.



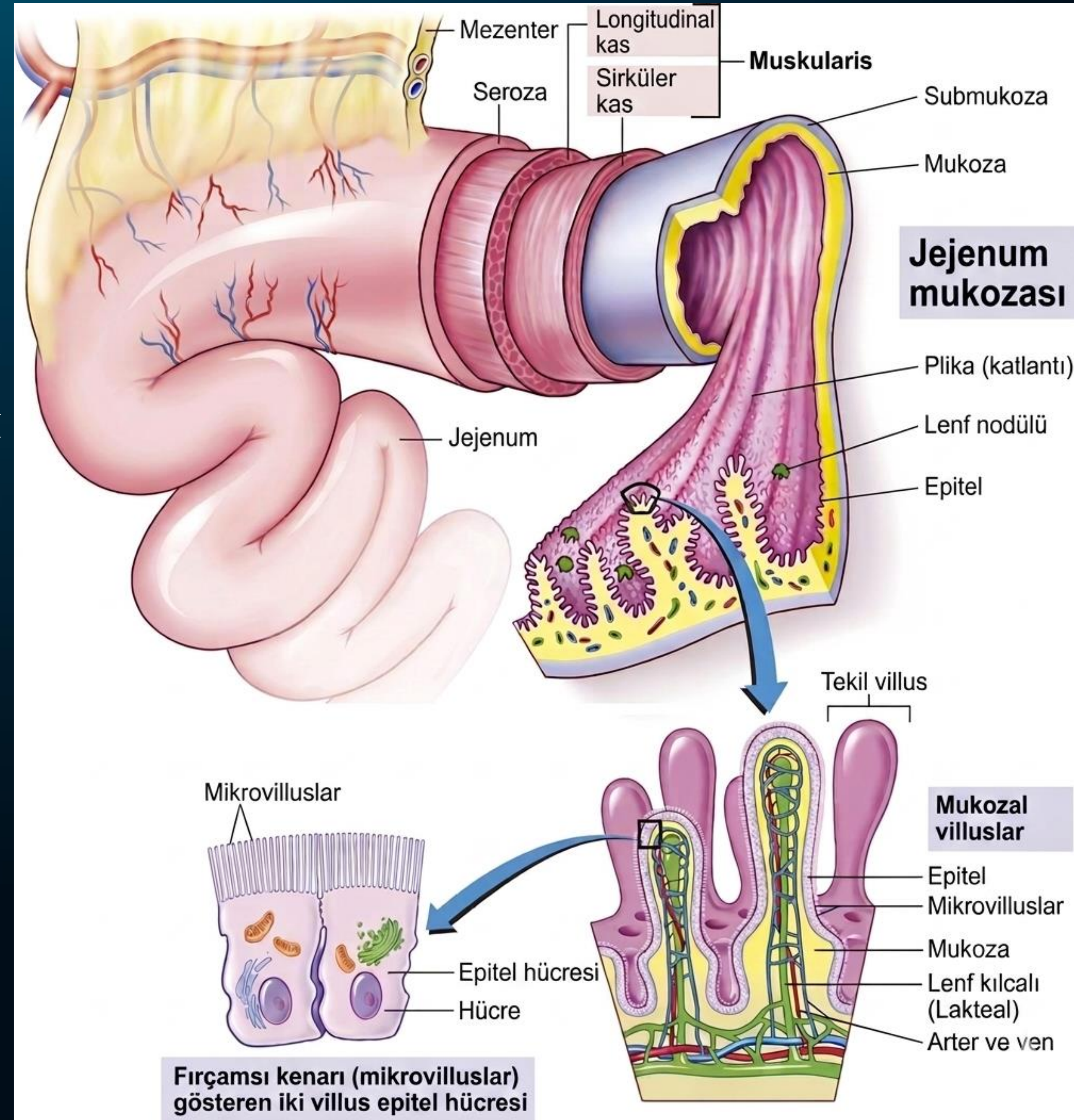
İNCE BAĞIRSAKLAR

- Duodenumdan sonra ince bağırsağın en uzun kısmı olan jejunum gelir. Jejunum, karın boşluğunda ventral ve kaudal olarak uzanır, birçok döngü ve kıvrım oluşturur. Bu sayede kimyasal sindirim ve emilimin büyük kısmı jejunumda gerçekleşir. İleum, ince bağırsağın en kısa olan son kısmıdır. İleumun sekuma bağlandığı noktada sindirilmiş içeriğin ileumdan sekuma geçişini kontrol eden ileosekal sfinkter bulunur.



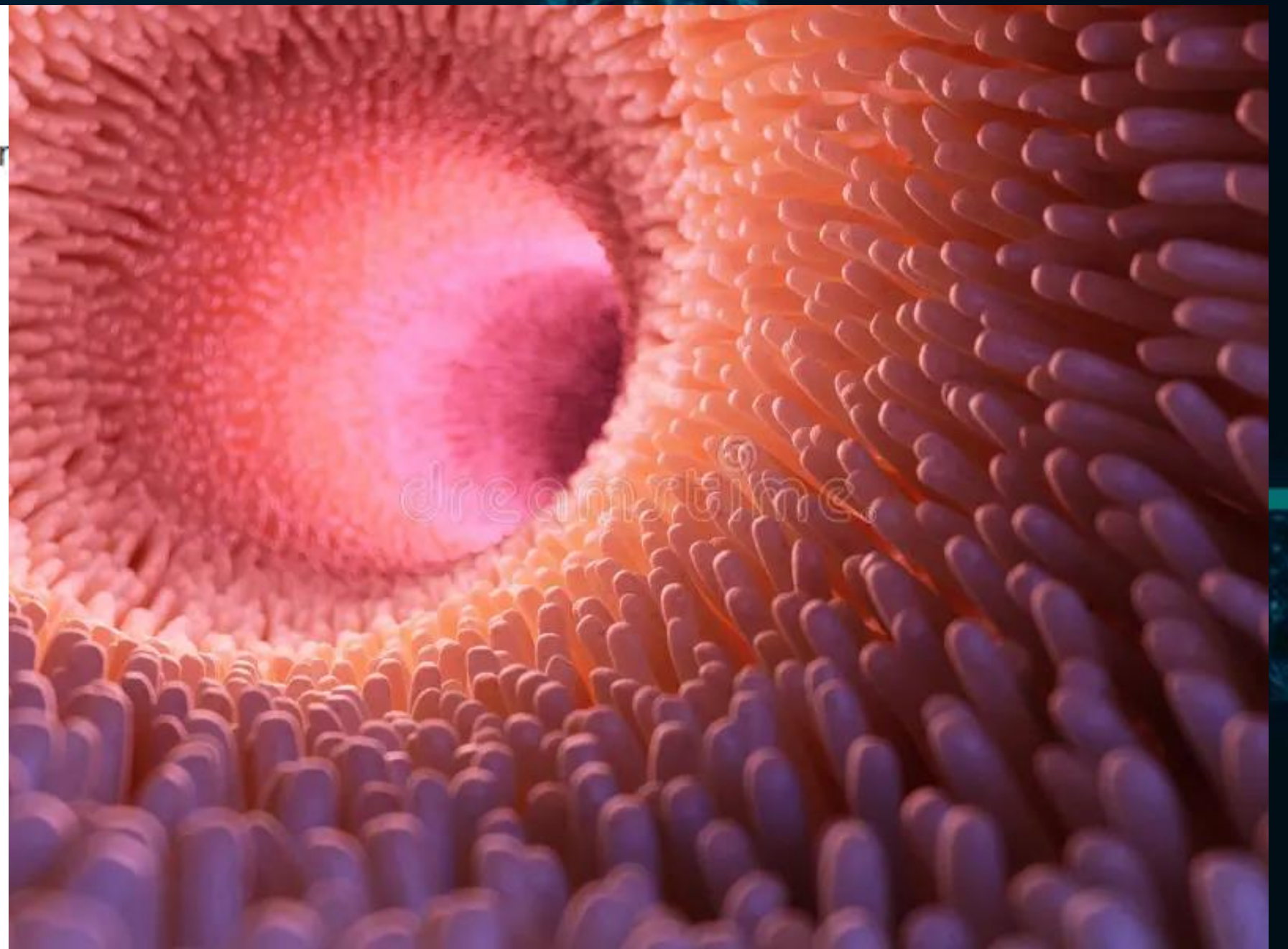
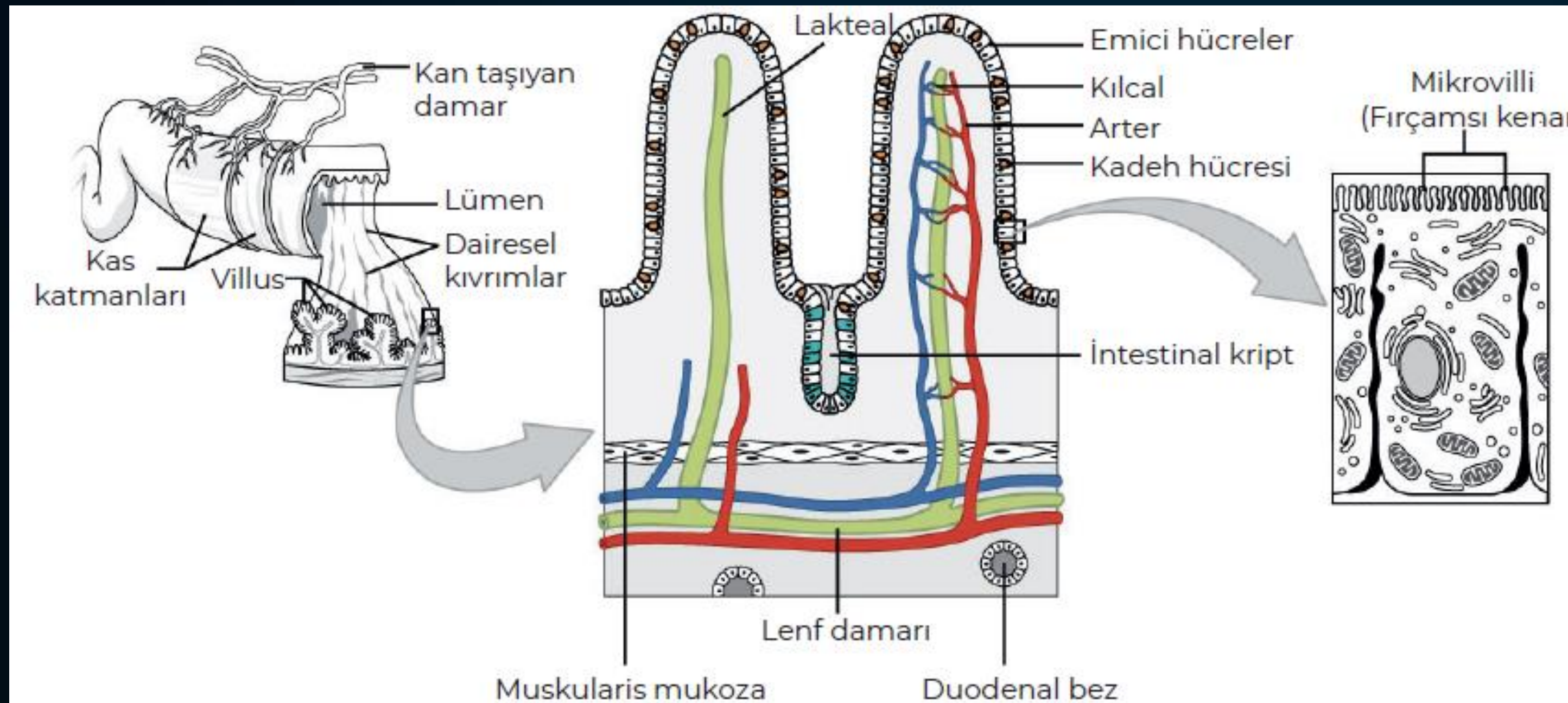
İNCE BAĞIRSAKLAR

- İnce bağırsağın iç yüzeyinde **plicae circulares** isimli dairesel mukoza kıvrımları vardır. Midenin iç yüzeyindeki mukoza kıvrımları (rugalar) lümendeki gerilime bağlı olarak düzleşip kaybolsa da ince bağırsaktaki plikalar kalıcıdır. İnce bağırsak mukozasında **villus** adı verilen milyonlarca parmak benzeri çıkıntı da vardır. Villusların yüzeyinde ise basit silindirik epitel hücreleri ile döşeli **mikrovilluslar** bulunur. Mikrovillusların tümü bir araya gelerek **fırçamsı kenarı** oluştururlar. Sindirim enzimleri mikrovillusların plazma zarlarının duvarlarına gömülüdür. Bu enzimler, karbonhidratların ve proteinlerin mukozal sindiriminde rol oynar. Plikalar, villuslar ve fırçamsı kenarlar sayesinde ince bağırsağın yüzey alanını yaklaşık 600 kat artırır ve sindirim ile emilim için büyük bir yüzey alanı oluşur (insanda ~300 m² yani bir tenis kortunun yüzey alanı kadar).



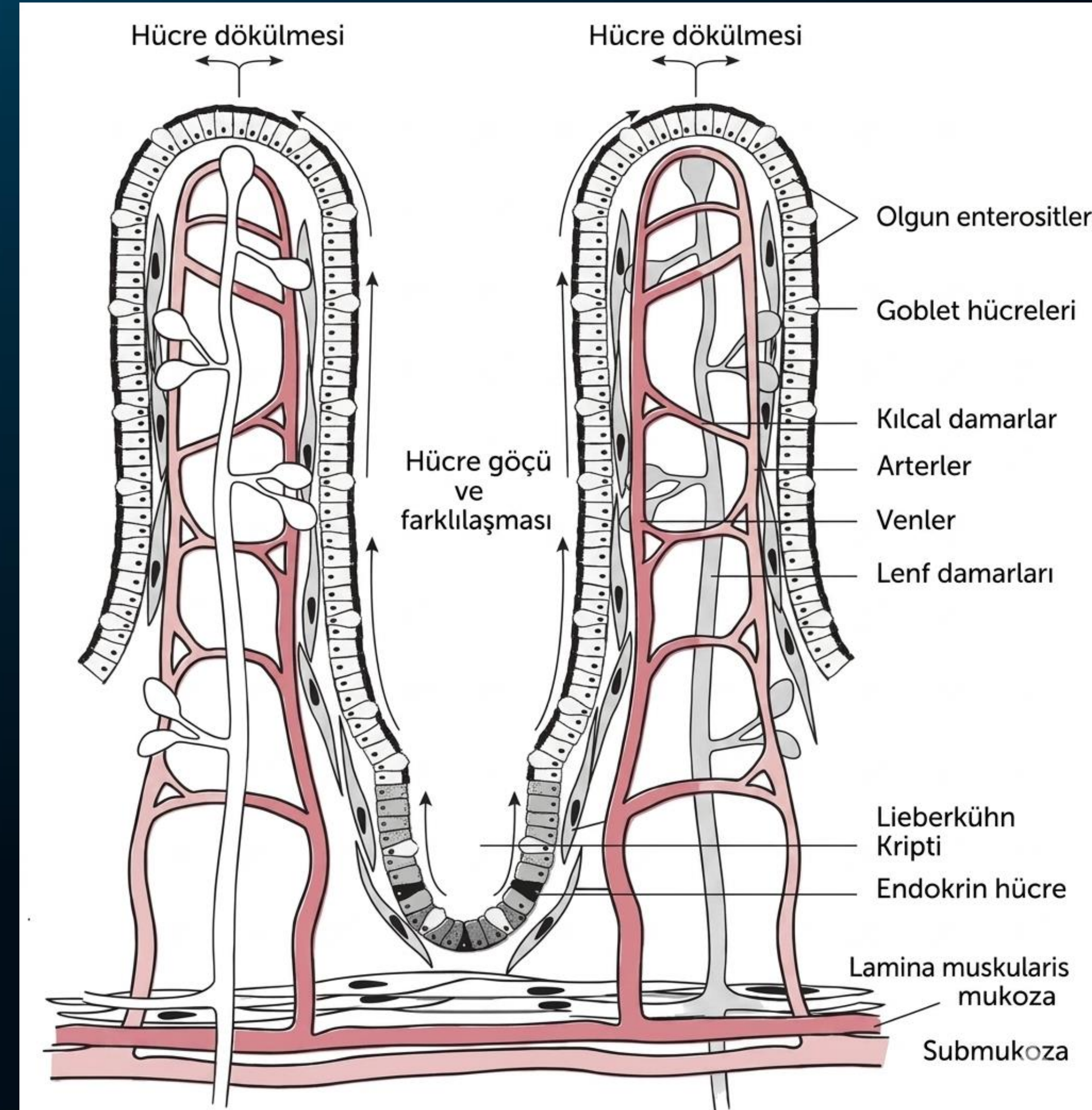
İNCE BAĞIRSAKLAR

- Her bir villusun içindeki lamina propria, submukozadan kaynaklanan geniş bir kılcal damar ağına sahiptir. Bu kılcal damarlar, emilen besinlerin vena porta aracılığıyla karaciğere taşınmasını sağlar. Ayrıca, villuslarda **lakteal** adı verilen lenf kılcalları da vardır. Laktealler, şilomikron adı verilen lipid-protein karışımlarını ana lenf damarı olan duktus torasikus'a taşır.
- İnce bağırsakların muskularis mukoza katmanındaki düz kasların kasılması, bağırsak villuslarının ileri geri hareket etmesini sağlar (**villus pompası**). Bu villus hareketleri, kimusun mukoza ile temas etmesine yardımcı olarak sindirim ve emilimi kolaylaştırır. Villus pompası denen bu hareketler aynı zamanda lenfin lakteale doğru itilmesine ve böylece lenf damarlarına geçmesine de hizmet eder.



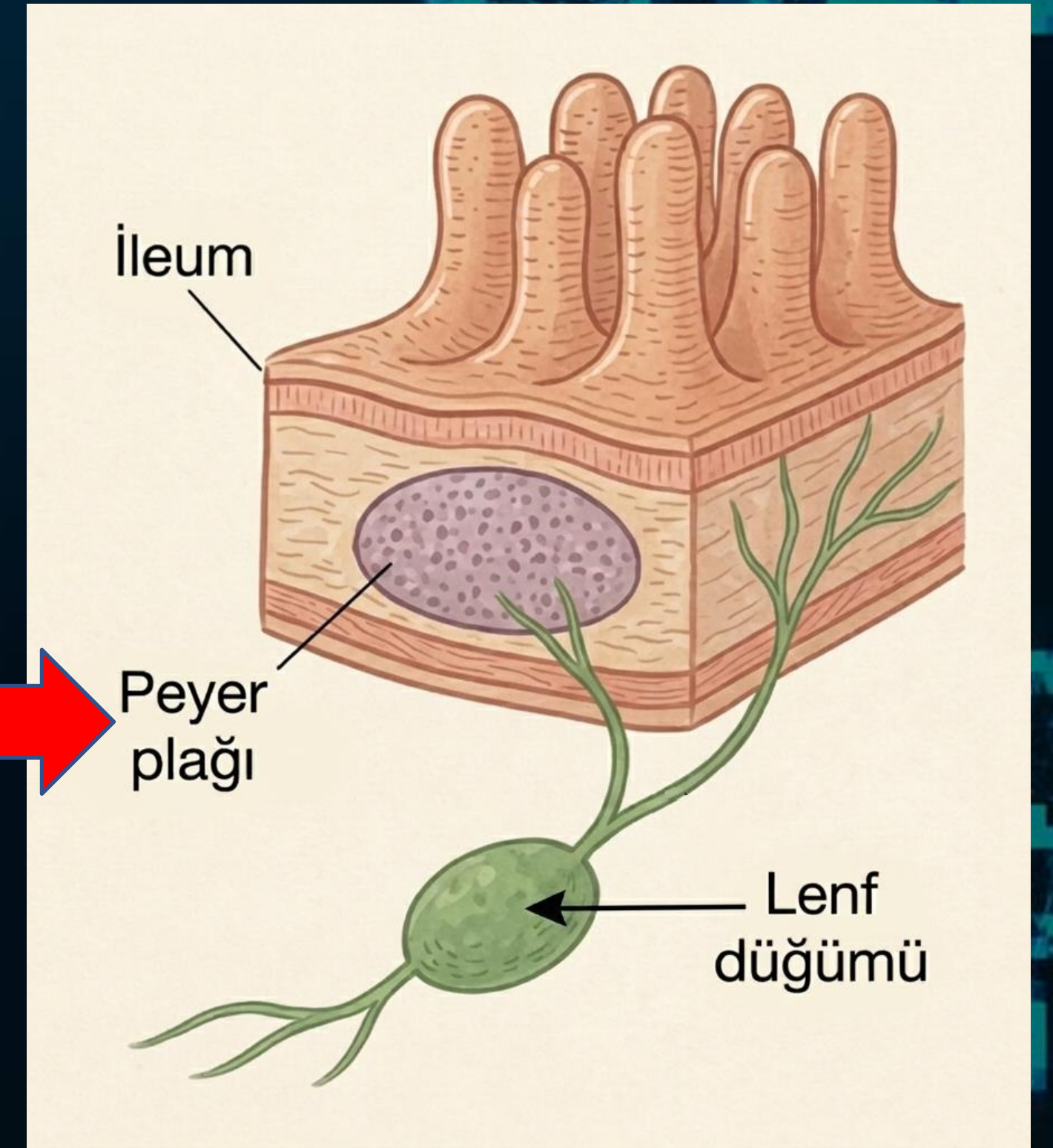
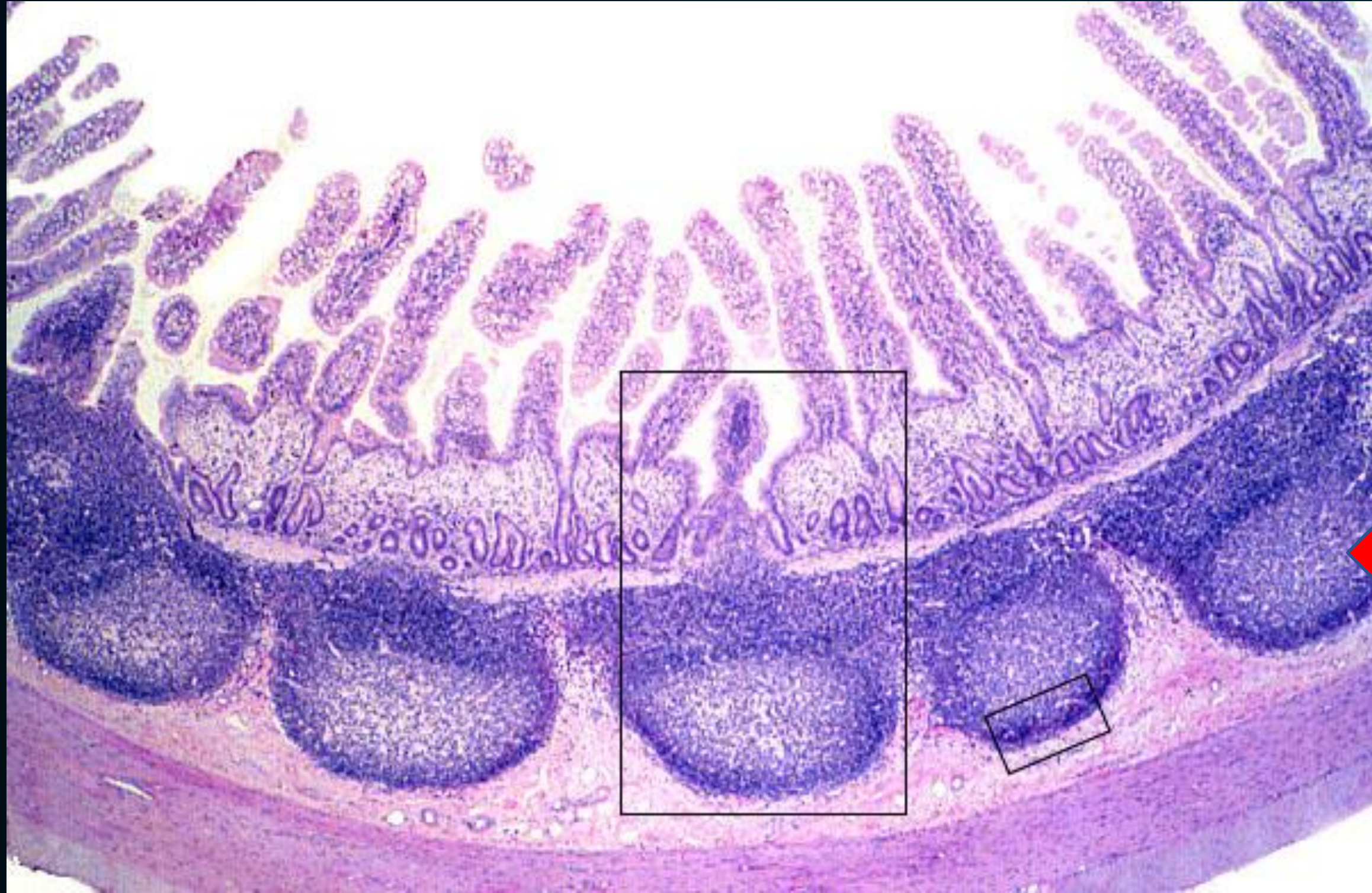
İNCE BAĞIRSAKLAR

- Mukozanın parmak şeklindeki uzantıları (villuslar) arasında, villusların tabanında mukoza invaginasyonları şeklinde **Lieberkühn kriptleri** denen tübüler bezler bulunur. Bağırsak epitelinin rejenerasyonu (2-3 gün) kriptlerde sürekli olan hücre bölünmesiyle sağlanır. Hücre bölünmesi her bezin tabanında, villuslara doğru göç eden yeni epitel hücreleri üreten **kök hücreler** sayesinde olur. Bu hücreler, villus uçlarına yakın dökülen hücrelerin yerini alır ve sürekli olarak fırçamsı kenar enzimlerini yeniler. Olgunlaşmamış kript hücreleri (kök hücreler) villusun tepe noktasına göç ederken sindirim ve emilim fonksiyonları olan olgun enterositlere dönüşürler ve nihayetinde villusun tepe noktasından bağırsak lumenine dökülürler. Bu bezler, besinlerin emilimine yardımcı olan sulu, mukus içeren bağırsak sıvısı salgılar. Salgılama için uyarı, bağırsak mukozasının gerilmesi veya irritasyonur. Ayrıca kriptlerin içinde, lizozim salgılayan ve bağışıklık sisteminin bir parçası olan **Paneth hücreleri** de vardır. Villusları kaplayan silindirik epitel hücreleri arasında **kadeh hücreleri (goblet hücreleri)** bulunur. Bu hücreler lümene mukus salgılar.



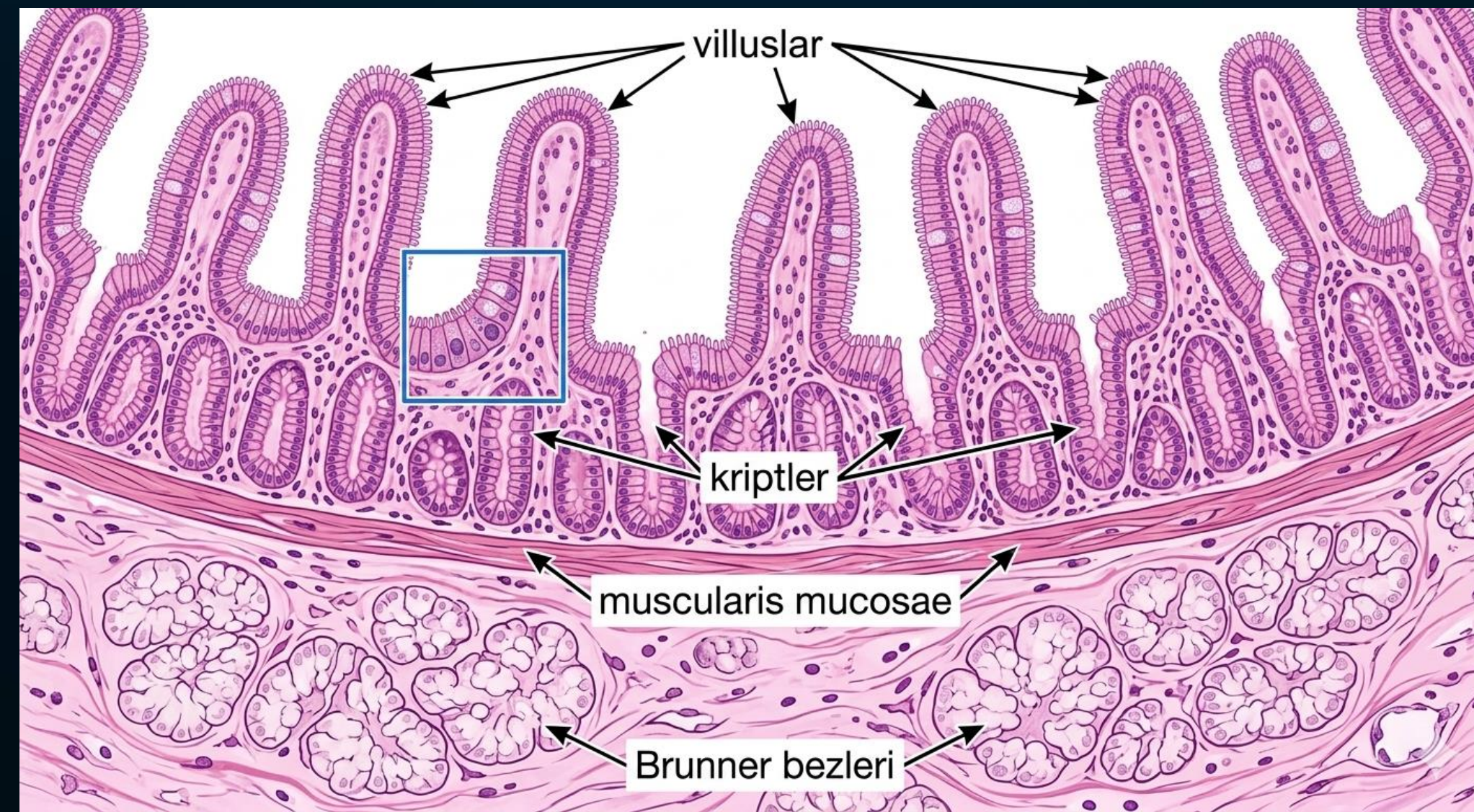
İNCE BAĞIRSAKLAR

- İnce bağırsakların submukoza katmanında **Peyer plakları** adı verilen lenfoid doku kümeleri bulunur. Peyer plakları özellikle ileuma doğru daha da yoğunlaşır. Bunlar, bakterilerin kan dolaşımına girmesini önleyen bağışıklık sisteminin önemli bir bölümüdür.



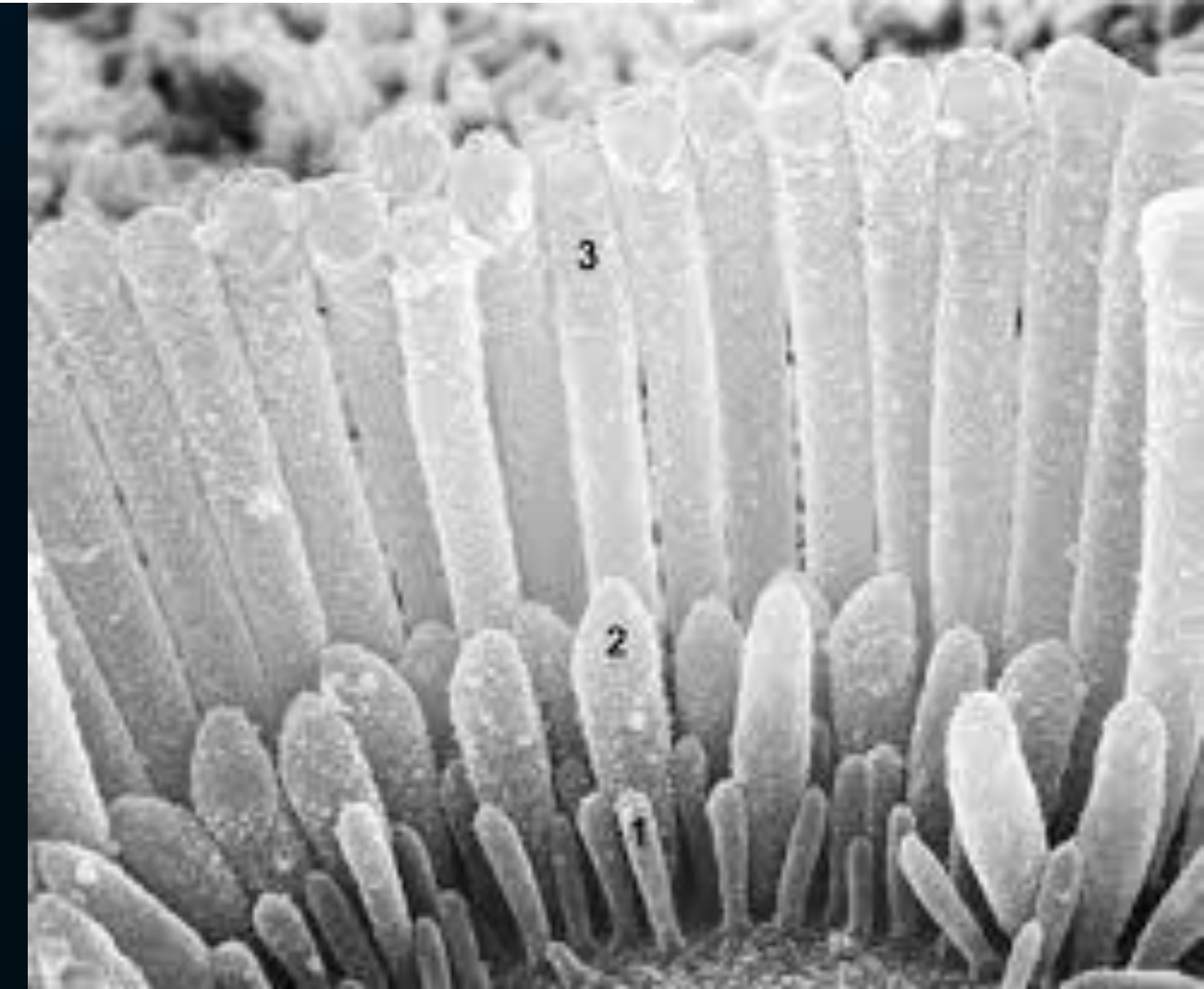
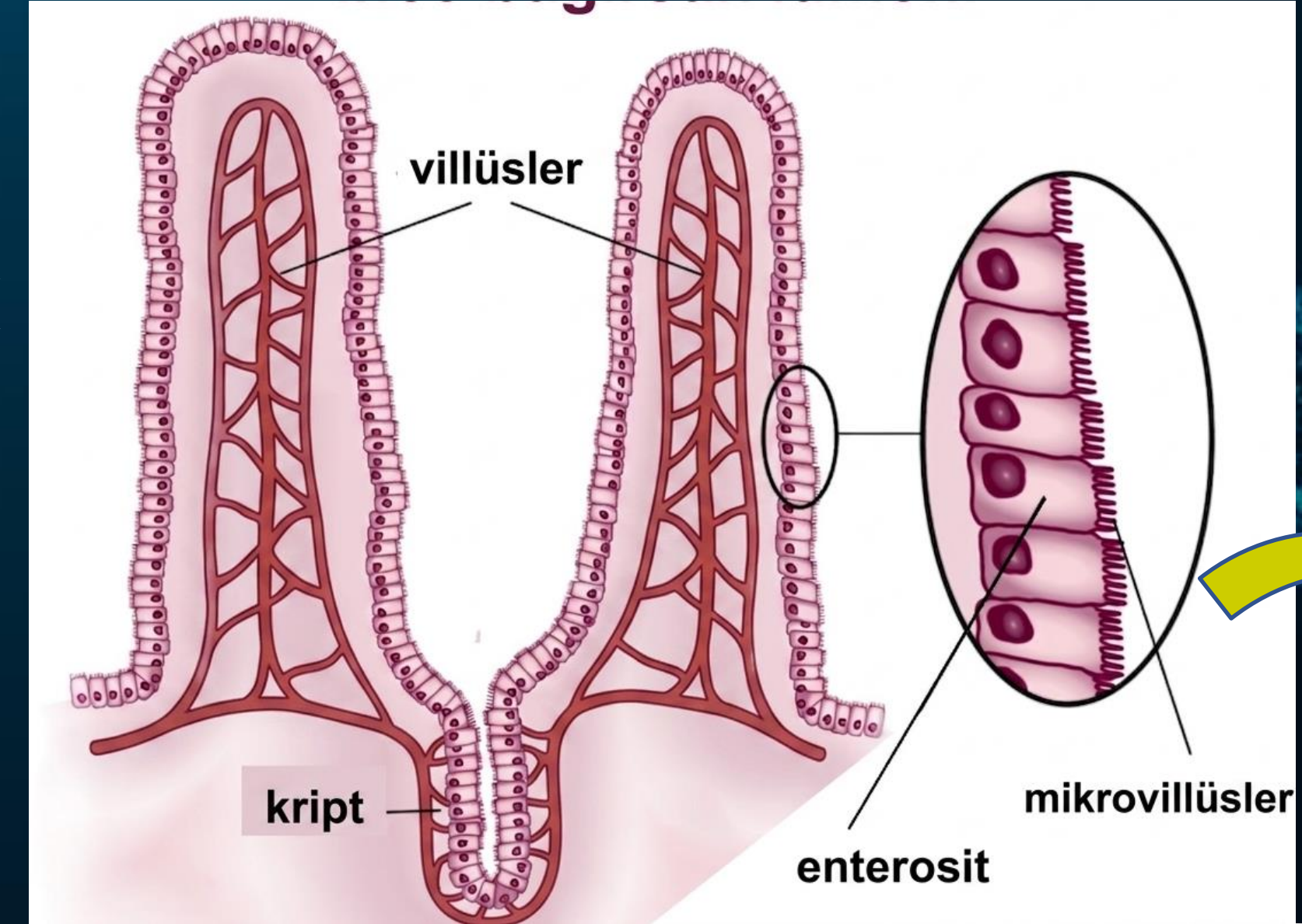
İNCE BAĞIRSAKLAR

- İnce bağırsakların ilk kısmı olan duodenumun submukozasında **Brunner bezleri** denen bezler vardır. Bu bezlerinin temel görevi, duodenuma geçen asidik mide içeriğini nötralize etmektir. Mideden duodenuma geçen kimus, son derece asidik (pH 2 civarında) bir özelliğindedir. İnce bağırsağın hassas mukozasında zarar oluşmaması için Brunner bezleri alkali bir mukus salgılar. Bu mukus, mide asidini nötralize ederek duodenal mukozayı korur. Nötralizasyon sayesinde, pankreas ve safra kesesinden salgılanan sindirim enzimlerinin en iyi şekilde çalışabileceği hafif alkali bir ortam da sağlanmış olur. Brunner bezlerinden salgılanan mukus, kimusun bağırsak lümeninde daha kolay hareket etmesine yardımcı olan kayganlaştırma işlevini de yerine getirir.



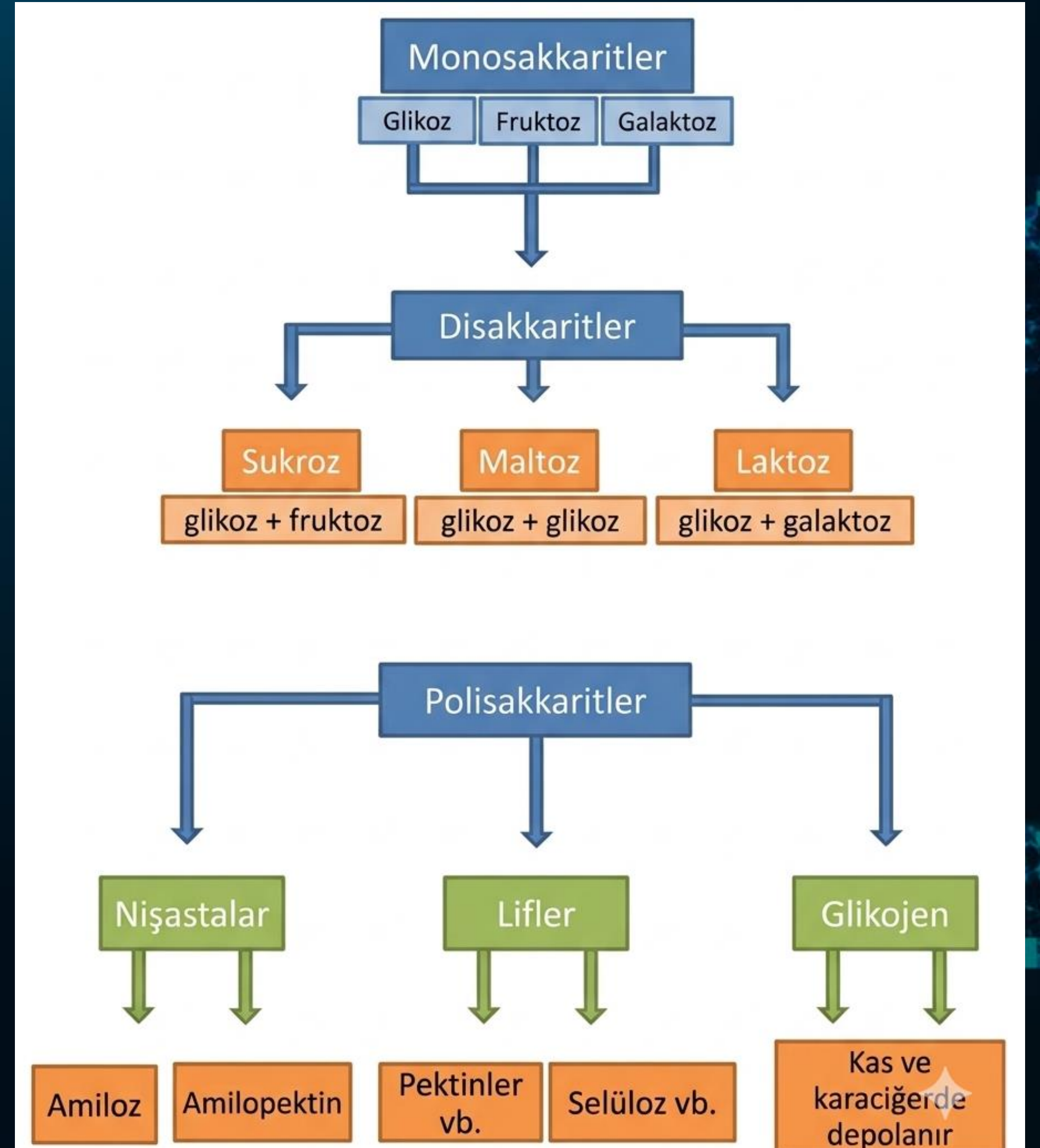
İNCE BAĞIRSAKLAR

- Bağırsak salgıları, ince bağırsağın mukozasından salgılanır. Bu salgılar, su ve mukus içerir, hafif alkalidir (pH 7,6). Bağırsak salgıları, sindirim kanalı lümeninden maddelerin emilimine yardımcı olur.
- İnce bağırsak mukozasındaki epitel hücrelerinin mikrovilluslarında **fırçamsı kenar enzimleri** adı verilen enzimler bulunur. Bu enzimler arasında karbonhidratları sindiren **α -dekstrinaz, maltaz, sükröz ve laktaz**, proteinleri sindiren **aminopeptidaz, dipeptidaz, tripeptidaz**, nükleotitleri sindiren **nükleozidazlar** ve **fosfatazlar** ile tripsinojeni aktive eden **enterokinaz** enzimi vardır.



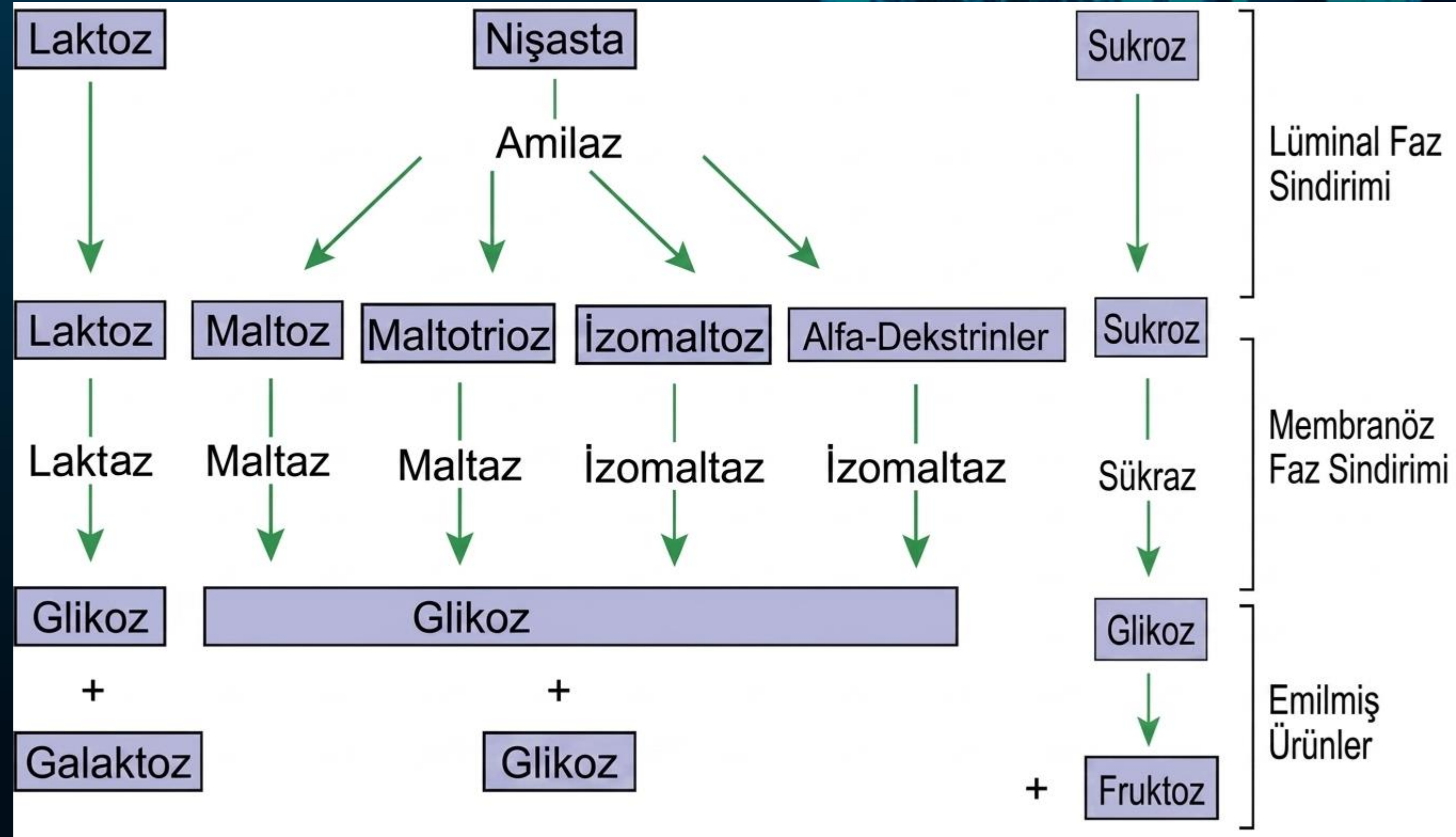
İNCE BAĞIRSAKLARDA KARBONHİDRATLARIN SİNDİRİMİ

- Besinlerle alınan başlıca karbonhidrat kaynakları, polisakkaritler olarak nişasta ve glikojen, disakkaritler olarak sükroz ve laktozdur. Ancak tüm bu karbonhidratların monosakkaritlere kadar parçalanmasından sonra bağırsak mukozasından emilmesi mümkün olur.



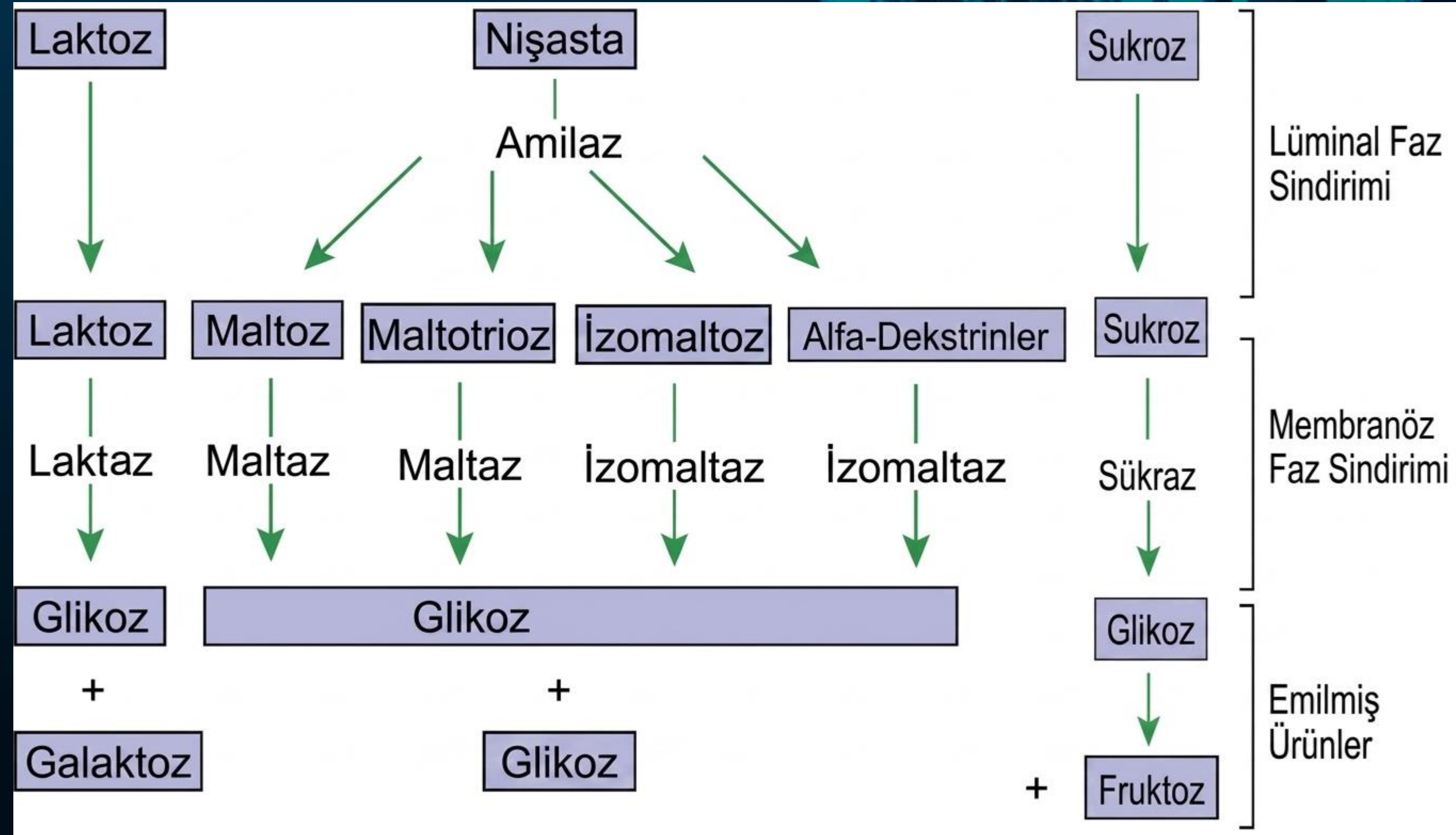
İNCE BAĞIRSAKLARDA KARBONHİDRATLARIN SİNDİRİMİ

- Yiyecekler ağızda sadece kısa bir süre kaldığı için, bazı hayvan türlerinin tükürüğünde bulunan α -amilaz enzimi nişastanın tamamını sindirilmez. Bunun yerine, pankreatik amilaz bu süreci büyük ölçüde tamamlar. Nişasta ve glikojen, kısmen tükürük amilazı, ancak büyük ölçüde pankreatik amilaz tarafından **maltoz, maltotrioz, izomaltoz** ve **α -dekstrinlere** yıkımlanır. Di-, tri- ve oligosakkaritler daha sonrasında bağırsak epitel hücrelerinin fırçamsı kenar enzimleri tarafından (**maltaz, izomaltaz, laktaz** ve **sakkaraz(sükraz)** gibi) monosakkaritlere kadar (glikoz, galaktoz ve früktoz gibi) yıkımlanır ve enterositler tarafından emilerek vücuda kazandırılır.



İNCE BAĞIRSAKLARDA KARBONHİDRATLARIN SİNDİRİMİ

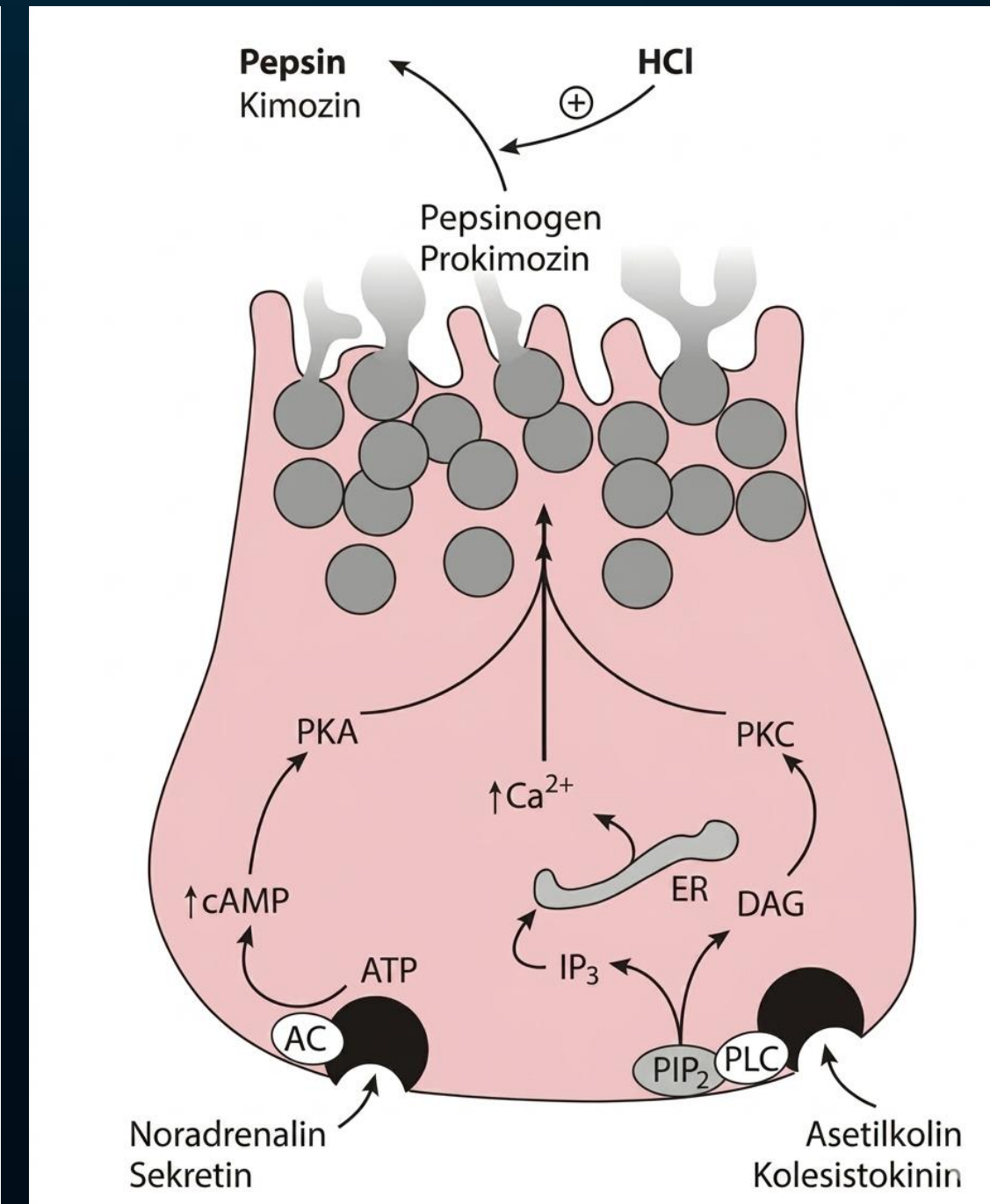
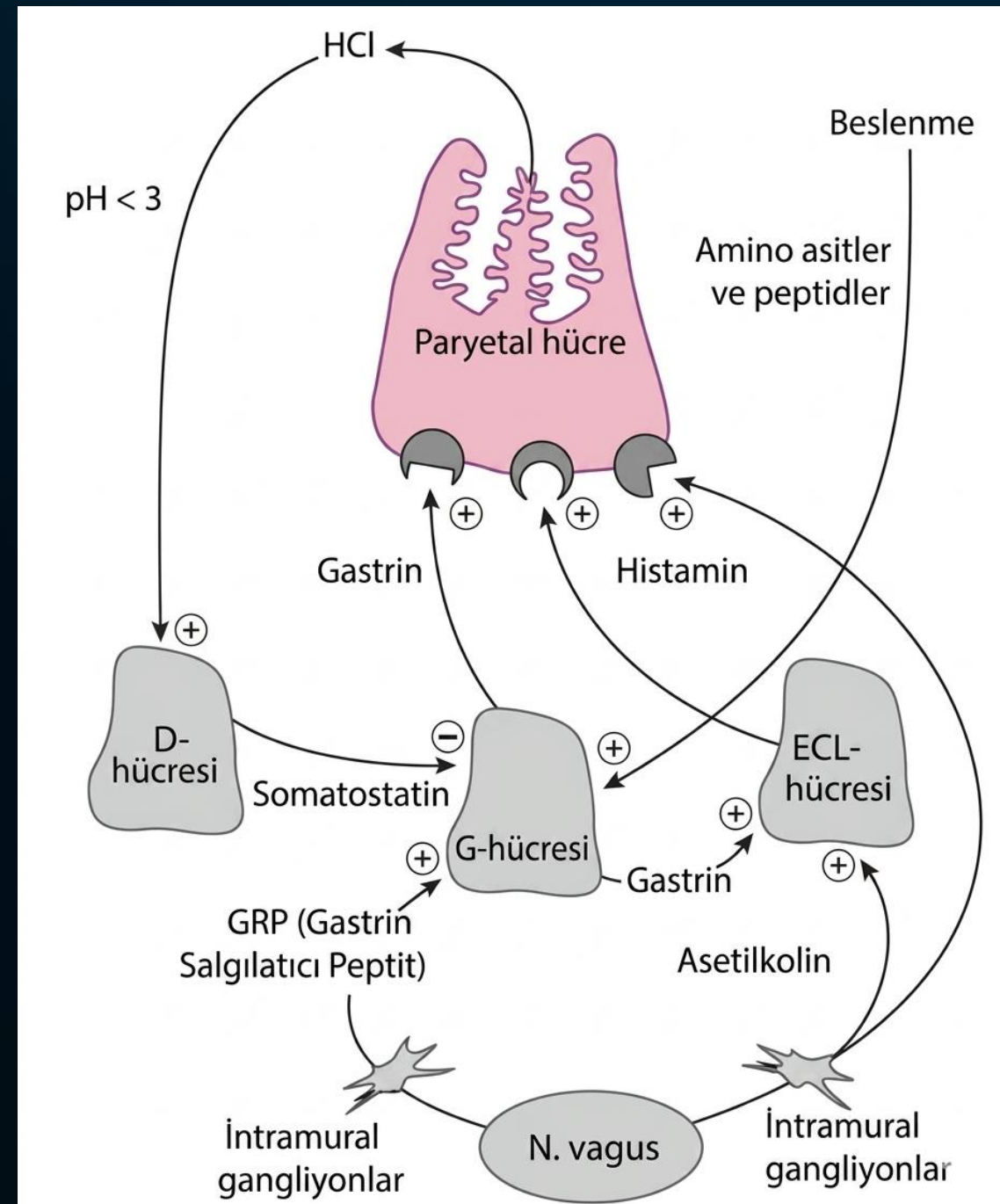
- **Früktoz, kolaylaştırılmış difüzyonla** emilir ve bu nedenle yalnızca konsantrasyon gradyanı boyunca hareket edebilir. **Glikoz ve galaktoz** ise **sekonder aktif transport** yoluyla emilir. Hücrenin içine girdikten sonra, monosakkaritler bazolateral zardan kolaylaştırılmış difüzyonla hücreden çıkar ve hepatik portal vene geçer.
- Bitki hücre duvarı bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve pektin gibi yapısal karbonhidratlar ise fırçamsı kenar enzimleri tarafından yıkımlanamazlar. Bunlar önmidelerde ya da kalın bağırsaklarda mikroorganizmalar tarafından fermentatif sindirim ile yıkımlanırlar.



İNCE BAĞIRSAKLARDA PROTEİN SİNDİRİMİ

- Protein sindirimi midede başlar; burada proteinler **HCl** etkisiyle denatüre edilir ve **pepsin** tarafından enzimatik olarak parçalanmaya başlar. Yıkım ürünleri olarak küçük peptitler (proteoz ve peptonlar), hatta amino asitler ortaya çıkar. Pepsin bir endopeptidaz olarak sadece protein molekülünün orta bölgesindeki peptid bağlarına saldırır, aynı zamanda terminal amino asitleri de sınırlı düzeyde koparır. pH 1,5–2,5'te en iyi çalışan pepsin, tirozin, fenilalanin ve triptofan içeren bağları koparır. Pepsin, ince bağırsağın lümeninde inaktif olmadan önce diyet proteininin yaklaşık %10–15'ini sindirir. Yani kantitatif açıdan pepsinin protein sindirimindeki önemi çok büyük değildir, çünkü mide pepsininin olmadığı durumlarda (midenin operatif olarak çıkarılmasından sonra) sindirim sisteminde proteinlerin sindirimi önemli ölçüde azalmaz. Pankreas endopeptidazları pepsinin yokluğunu telafi eder.

Pilorus bölgesindeki G hücreleri tarafından yapılan gastrointestinal hormon **gastrin**, **HCl** sekresyonunun uyarılmasında merkezi bir rol oynar. Gastrin sekresyonu hem luminal faktörler hem de vagus siniri (transmitterler: **asetilkolin** ve **GRP**) ile uyarılır. Gastrinin etkisi büyük ölçüde **ECL** hücreleri (enterochromaffin-like) tarafından salınan parakrin etki yapan **histaminden** kaynaklanır. HCl salınımının baskılanması gastrik içeriğin pH'sı üzerinden otomatik olarak düzenlenir: pH'nın düşmesi **D hücreleri** tarafından artan miktarlarda **somatostatinin** salınmasına yol açar ve gastrin sekresyonu parakrin yolla baskılanır.



Asetilkolin ve **noradrenalinin** dışında, duodenal mukozadan salgılanan gastrointestinal peptit hormonlar **sekretin** ve **kolesistokinin** de düzenlemede rol oynar. Sinyal iletimi ikincil haberciler olan cAMP ve Ca^{2+} üzerinden sağlanır. **Esas hücrenin** aktive edilmesi **pepsinojen** ve **prokimozinin** ekzositozuna yol açar. Bunlar ise mide lümenindeki HCl sayesinde aktif formları olan **pepsine** veya **kimozine** dönüşürler.

AC = adenilat siklaz; DAG = diaçilgliserol; ER = endoplazmik retikulum; IP_3 = inositol trisfosfat; PIP_2 = fosfatidilinositol difosfat; PKA = protein kinaz A; PKC = protein kinaz C; PLC = fosfolipaz C

İNCE BAĞIRSAKLARDA PROTEİN SİNDİRİMİ

- Kardiya ve pilorus bezlerinin hücreleri büyük ölçüde fundus bezlerinin boyun hücrelerine benzer ve yüzeysel epitel hücreleri gibi ekzositozla **mukus** salgırlar. Mukus büyük moleküllü bir glikoproteindir (**müsin**) ve ilgili hücrede salgı granülleri şeklinde bulunur. Aynı hücreler mukusun dışında apikal membranlarında bulunan $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ değiştiricisi aracılığıyla HCO_3^- de salgırlar. Böylece mide mukozasının üzerinde 0,5–1 mm kalınlığında mukus tabakası oluşur, mide içeriğinin asidik pH'sına rağmen (pH 1–4) epitel hücrelerinin yüzeyinde nötr pH koşulları sağlanır.
- Midedeki düşük pH mukus salgılanmasının ana uyarıcısıdır. Düşük pH vagovagal refleks aracılığıyla mide duvarındaki parasempatik nöronların asetilkolin sekresyonunu aktive eder ve **prostaglandin E'**nin oluşumunu uyarır. Steroidal yapıda olmayan anti-enflamatuar ajanlar örneğin asetilsalisilik asit (**aspirin**), prostaglandin oluşumunu inhibe eder ve böylece mide iç yüzeyini kaplayan mukus tabakasının koruyucu işlevine zarar verir. Stres hormonları olarak işlev yapan **glikokortikoidler** (böbrek üstü bezi hormonları) de aynı zamanda yüksek konsantrasyonlarda benzer etkiler oluşturur.
- Gastrik HCO_3^- sekresyonunun regülasyonu büyük ölçüde mukus sekresyonuna benzer şekilde gerçekteřtirilir.

İNCE BAĞIRSAKLARDA PROTEİN SİNDİRİMİ

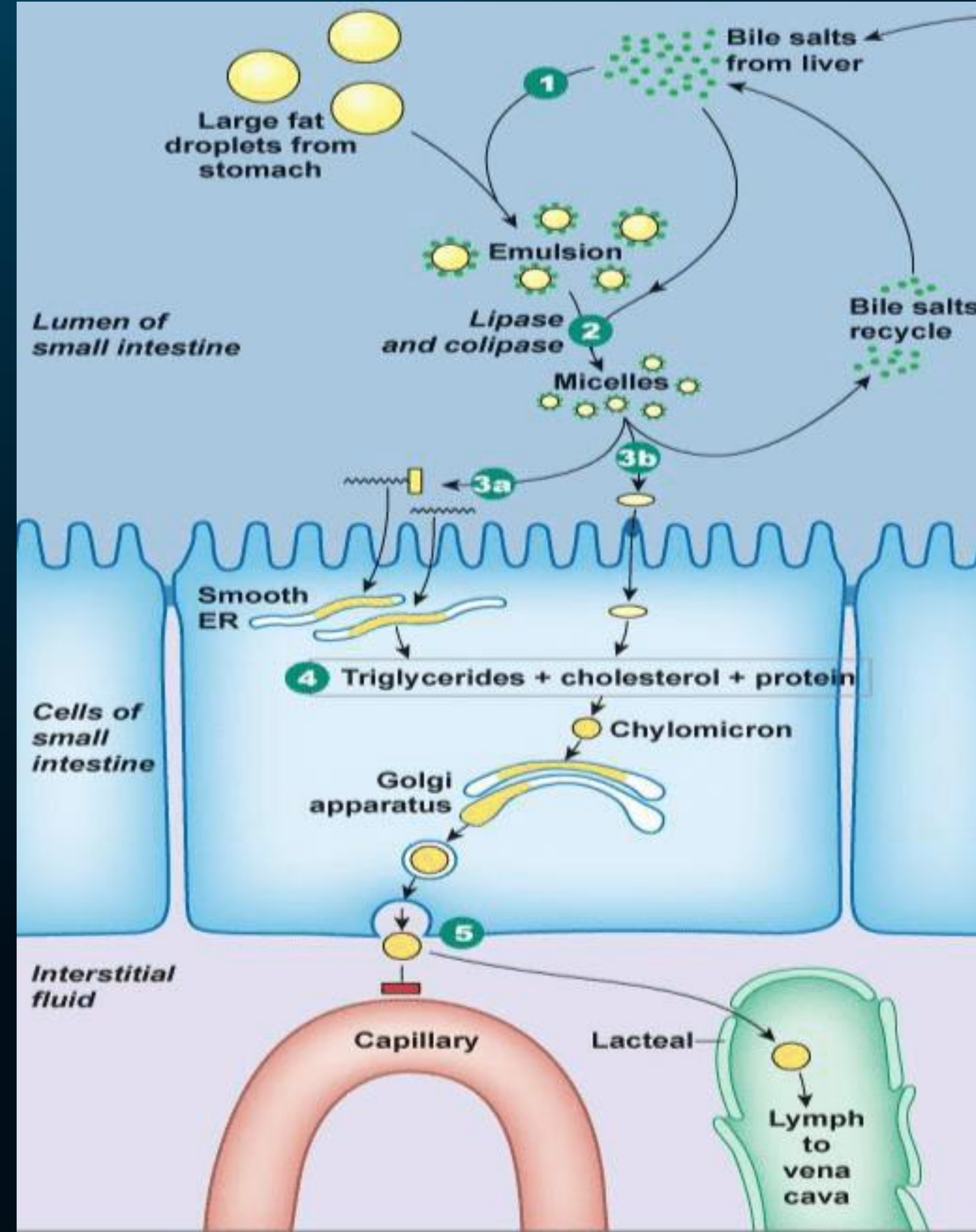
- Proteinler ince bağırsağa girdiğinde, pH değeri burada oldukça yüksek olduğundan pepsin inaktive olur. Pankreas tarafından salgılanan ve pH optimumu 7–8 olan proteazlar (**tripsin, kimotripsin, elestaz, karboksipeptidaz ve aminopeptidaz**) proteinleri peptitlere kadar sindirmeye başlar. Bu enzimler proteinleri en fazla 8 aminoasit içeren oligopeptitlere parçalar. Bu oligopeptitler ise fırçamsı kenarda bulunan enzimler aracılığıyla daha küçük dipeptit, tripeptit veya serbest aminoasitlere kadar hidrolize edilir. Böylece ince bağırsaklarda protein sindiriminin artık emilebilir özellikteki son ürünleri olan di- ve tripeptitler ile amino asitler ortaya çıkar.
- Di- ve tripeptit formundaki emilimle elde edilen amino asit miktarı serbest amino asitlerin emilmesiyle elde edilenden yaklaşık iki kat daha fazladır. Bazı amino asitler, glikoz ve galaktoz için yukarıda açıklanan sisteme benzer şekilde **sekonder aktif taşıma sistemi** ile epitel hücrelerine emilirler. Dipeptitler ve tripeptitler gibi küçük peptitler ise bir sekonder aktif taşıyıcı olan **hidrojen kotransport sistemi** ile birlikte enterositlere alınırlar. Enterositlerin içine girdikten sonra, bu küçük peptitler hücre içi peptidazlar tarafından tamamen amino asitlere parçalanır. Enterosit içindeki amino asitler daha sonrasında bazolateral zardan difüzyonla portal kana geçerler.

İNCE BAĞIRSAKLARDA YAĞLARIN SİNDİRİMİ

- Besinlerle alınan yağların yaklaşık %90'ını uzun zincirli yağ asitlerini içeren **trigliseritler** oluşur. Geri kalan %10'luk kısım ise **kolesterol, kolesterol esterleri, fosfo- veya sfingolipitler** ve **yağda çözünen vitaminlerden (A, D, E ve K)** meydana gelir. Yağlar, suda zayıf çözünürlükleri nedeniyle emilimleri için özel mekanizmalara ihtiyaç duyarlar. Yağ sindirimi midede başlar.
- Midenin peristaltik kasılmalarıyla, büyük yağ parçaları mekanik olarak emülsifiye edilerek daha küçük yağ damlacıklarına (0,5–2 μm çapında) parçalanırlar. Midedeki asit ortama dayanıklı olan ve dil kökündeki bezlerden salgılanan lingual lipaz ile midedeki esas hücrelerden salgılanan gastrik lipaz etkisiyle, besinlerle alınan trigliseritlerin küçük bir bölümü monogliseritlere ve yağ asitlerine kadar hidrolize edilir. Sadece yeni doğanlarda (yaşamın ilk haftalarında), besinlerle alınan yağların midedeki lipolizi miktar olarak önemli seviyededir.

İNCE BAĞIRSAKLARDA YAĞLARIN SİNDİRİMİ

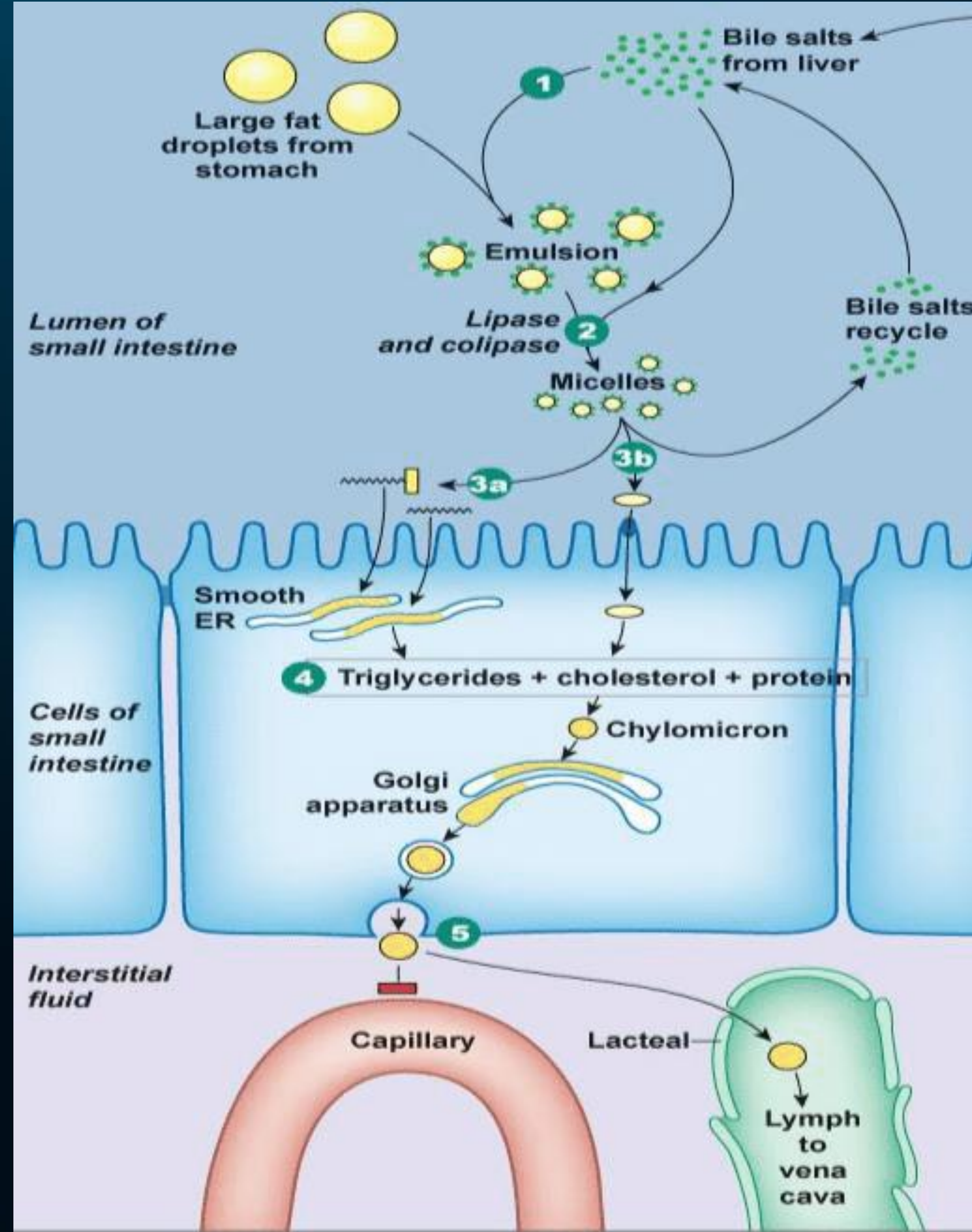
- İlerleyen süreçte ve yetişkin bireylerde ise yağların sindirimi büyük ölçüde ince bağırsaklarda gerçekleşir. Mideden gelen yarı sindirilmiş besinler (kimus), ince bağırsağa ulaştığında **safra asitleri** ile karşılaşır. Safra asitleri, büyük yağ damlacıklarını daha da küçük parçalara ayırarak ince bir **emülsiyon** oluşturur. Bu süreçte damlacık boyutunun küçültülmesiyle oluşturulan yüzey alanı artışı sayesinde, pankreastan gelen **pankreatik lipaz** enzimi ve **kolipaz**, yağları çok daha etkili bir şekilde sindirir. Kolipazın görevi, lipazın yağ damlacıklarının yüzeyine tutunmasını kolaylaştırmak ve safra tuzlarının lipazı uzaklaştırmasını engellemektir. Böylece pankreatik lipaz, yağları (trigliseritleri) **monogliseritlere** ve **serbest yağ asitlerine** hidrolize eder. Yağ sindirim ürünleri (monogliseritler ve yağ asitleri), safra asitleri ile birleşerek suda çözünebilen küçük kürecikler olan **miselleri** (3-5 nm çapında) oluşturur. Bu miseller, yağ parçalanma ürünlerini bağırsak duvarındaki enterositlere taşır.



- 1 Bile salts from liver coat fat droplets.
- 2 Pancreatic lipase and colipase break down fats into monoglycerides and fatty acids stored in micelles.
- 3a Monoglycerides and fatty acids move out of micelles and enter cells by diffusion.
- 3b Cholesterol is transported into cells by a membrane transporter.
- 4 Absorbed fats combine with cholesterol and proteins in the intestinal cells to form chylomicrons.
- 5 Chylomicrons are released into the lymphatic system.

İNCE BAĞIRSAKLARDA YAĞLARIN SİNDİRİMİ

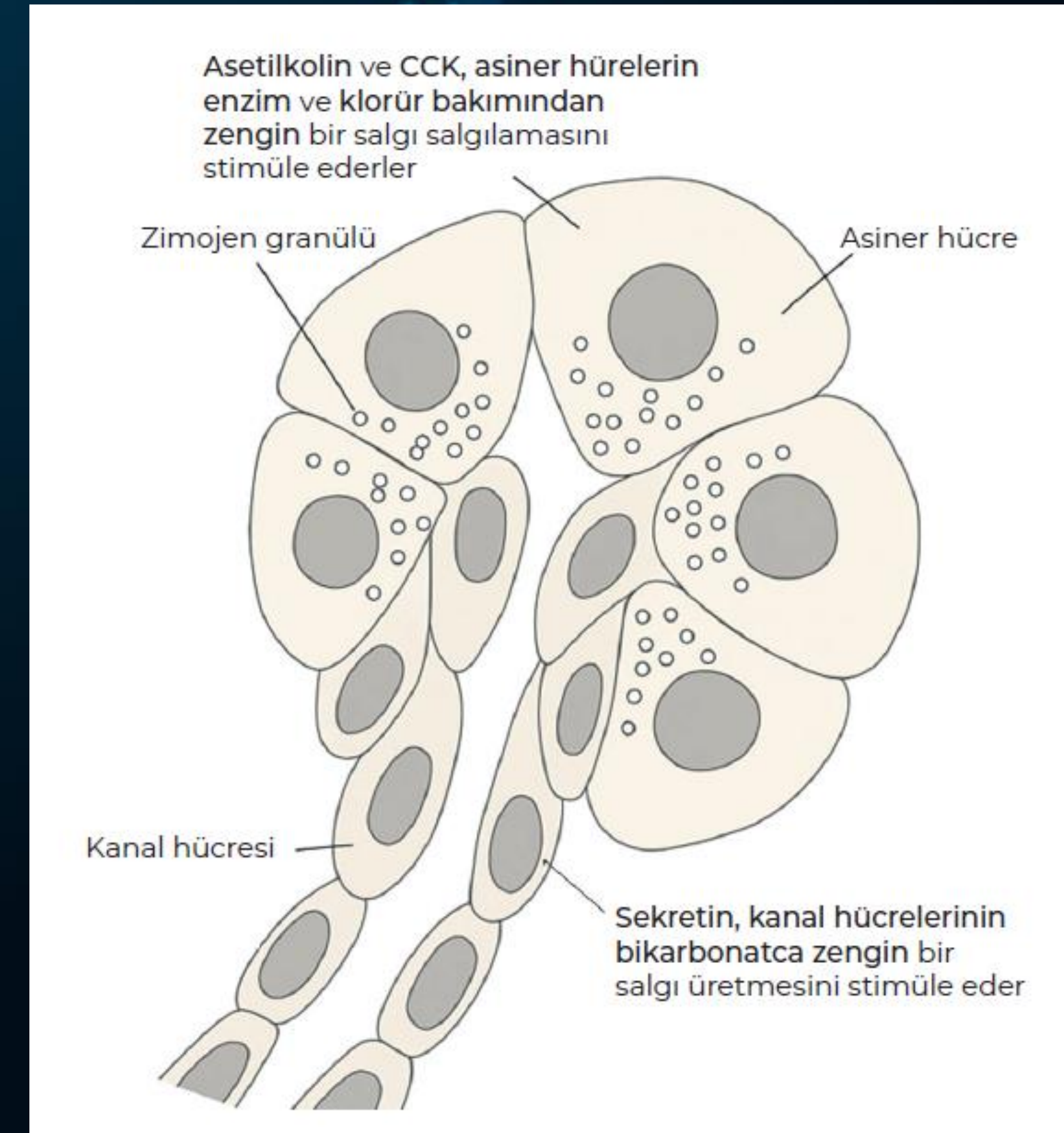
- Yağ asitleri ve monogliseritler fırçamsı kenar membranına ulaştığında, enzim yardımıyla parçalanmalarına gerek kalmadan hücre içine **pasif difüzyon** yoluyla geçerler. Normal koşullar altında besinlerle alınan yağların yaklaşık %97'si ince bağırsaktan emilir. Yağ sindirimi en geç jejunumun sonunda tamamlanmış olur.
- Emilim sonrası lümende kalan safra tuzları "boş" miseller şeklinde taşınarak terminal ileumdan emilir ve tekrar tekrar yağ sindiriminde kullanılır (**safra tuzlarının enterohepatik döngüsü**).
- Enterositlerin içinde, emilen monogliseritler ve serbest yağ asitleri yeniden birleştirilerek trigliseritlere dönüştürülür. Bu yeniden sentezlenen yağlar, proteinlerle birleştirilerek **şilomikron** adı verilen lipoprotein paketlerini oluşturur. Şilomikronlar, enterositlerin bazolateral membranından **ekzositozla** hücreler arası boşluğa verilir ve buradan büyüklükleri nedeniyle (75-1200 nm) doğrudan kan dolaşımına değil, lenfatik sisteme (**lakteallere**) geçerler. Lenf sistemi aracılığıyla taşınan şilomikronlar, daha sonra torasik kanal (ductus thoracicus) yoluyla kan dolaşımına (vena kavaya) ulaşırlar. Yani bu süreçte, yağlar karaciğeri atlayarak doğrudan kan dolaşımına geçmiş olurlar.



- 1 Bile salts from liver coat fat droplets.
- 2 Pancreatic lipase and colipase break down fats into monoglycerides and fatty acids stored in micelles.
- 3a Monoglycerides and fatty acids move out of micelles and enter cells by diffusion.
- 3b Cholesterol is transported into cells by a membrane transporter.
- 4 Absorbed fats combine with cholesterol and proteins in the intestinal cells to form chylomicrons.
- 5 Chylomicrons are released into the lymphatic system.

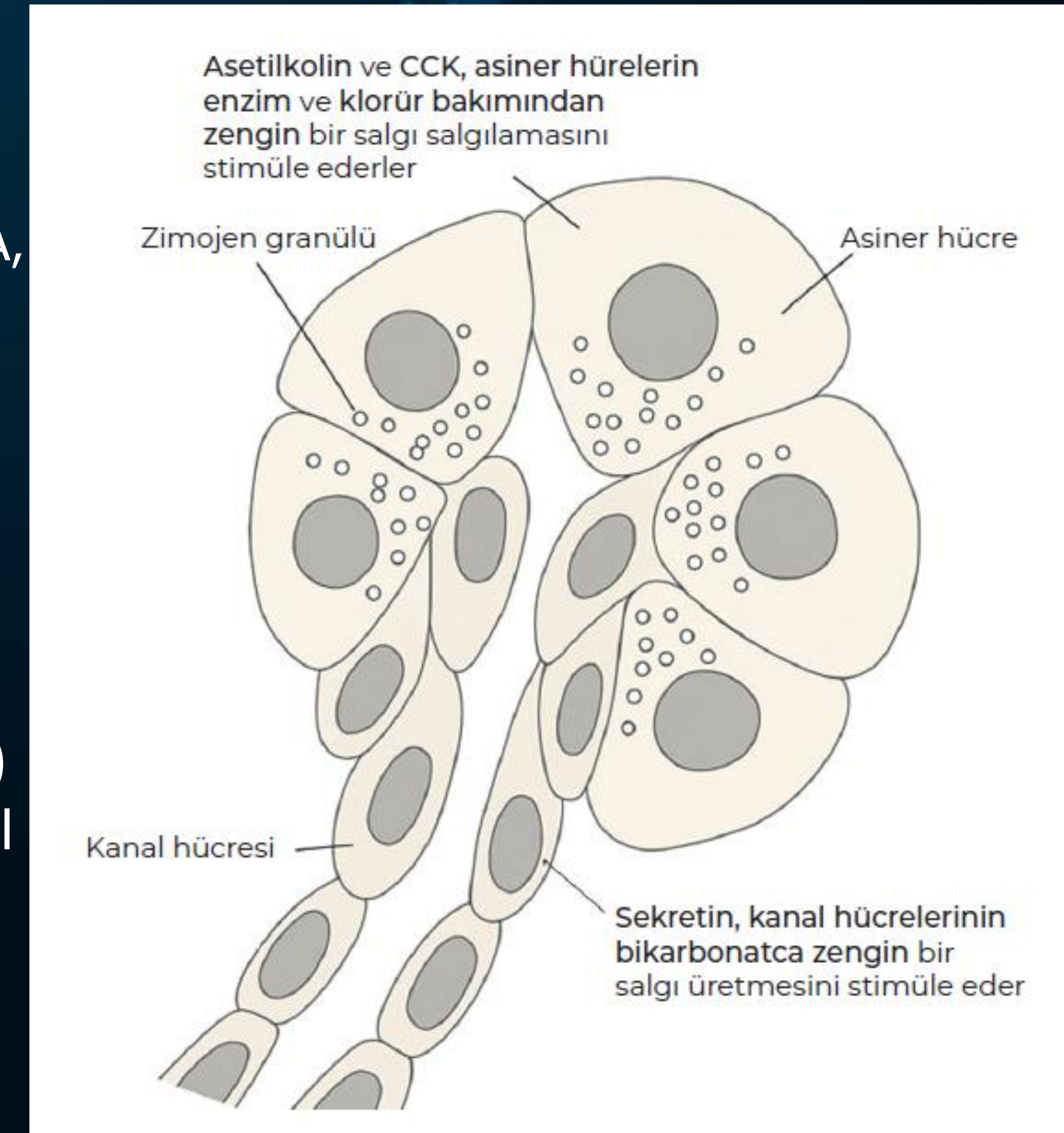
EKZOKRİN PANKREAS

- Ekzokrin pankreas tübüloalveolar yapıda bileşik bir bezdir, bu bezin kanal sistemindeki hücreleri bikarbonat açısından zengin bir çözelti salgılamak, asiner hücreleri sindirim enzimleri ve sodyum klorür bakımından zengin bir çözeltiyi salgılayarak lümene verir. Bu salgı, sonrasında ductus pancreaticus aracılığıyla duodenuma gönderilir.
- İnsanlarda günde 1-2 L kadar pankreas salgısı salgılanır. Köpekte günde 0,2-0,4 L, domuzda 1-2 L ve sığırdan 10-15 L kadar pankreas sıvısının salgılandığı tahmin edilmektedir. Buna karşın atlarda çok daha fazla miktarda pankreas salgısı üretilir (30-35 L/gün).
- Pankreas salgısının üretimi sinirsel ve hormonal yollarla kontrol edilir. Parasempatik sistemin transmitteri olan asetilkolin ve duodenum mukozasından salgılanan peptid hormonlar sekretin ile CCK bu düzenlemede rol oynar. **Asetilkolin ve CCK, pankreasın bez lobüllerindeki asiner hücrelerin enzim ve klorür bakımından zengin bir salgı yapmasını uyarırken, sekretin kanal hücrelerinden bikarbonatça zengin bir salgı yapılmasına yol açar.** Pankreas salgısı, Nn. splanchnici (sempatik sinirler), somatostatin, glukagon ve pankreatik polipeptid (PP) tarafından inhibe edilir.



EKZOKRİN PANKREAS

- Pankreastan her bir besin maddesi grubu için, büyük molekülleri ince bağırsakta emilebilir yapı taşlarına kadar parçalayan farklı enzimler salgılanır.
- Pankreasın kendi kendini sindirmesini önlemek amacıyla, proteolitik enzimler (tripsinojen, kimotripsinojen, proelastaz, prokarboksipeptidaz A, prokarboksipeptidaz B) ve kolipaz ile fosfolipaz A enzimleri **inaktif öncül formlar şeklinde** salgılanır. Ayrıca, bir tripsin inhibitörü, proteazların henüz pankreasın içindeyken erken aktivasyonunu engeller. Lipaz, amilaz ve nükleazlar ise aktif formda salgılanır. Bu durum sorun teşkil etmez, çünkü lipaz yalnızca kolipazlar ve safra etkisi altında ince bağırsak lümeninde aktif hale gelir. Yine amilazın substratı olan nişasta yalnızca besinlerde bulunur, pankreasın boşaltım kanallarının duvar yapısında bulunmaz. Boşaltım kanallarına RNA (ribonükleazın substratı) da salgılanmadığı için nükleazların aktif olarak salgılanması sorun teşkil etmez.
- Aktif olmayan formda salgılanan pankreatik enzimlerin aktivasyonu ince bağırsakta gerçekleşir. Fırçamsı kenar zarında bulunan enteropeptidaz (**enterokinaz**) enzimi tripsinojeni tripsine aktive eder. Bu tripsin, diğer enzim öncüllerinin tamamını aktive eder.



KARACİĞER VE SAFRA KESESİ

- **Karaciğer** ve **safra kesesi**, sindirim sisteminin yardımcı organları arasında yer alır. Karaciğer, vücudun en büyük bezidir. Safra oluşumu, karaciğer hücreleri (hepatositler) ve hepatik safra kanallarının epitel hücreleri tarafından gerçekleştirilir.
- Safra, safra kesesinde depolanır. Safra kesesinde safradaki elektrolitlerin ve suyun geri emilimiyle safranın organik bileşenleri (safra tuzları, safra asitleri, safra pigmentleri, fosfolipitler, kolesterol) konsantre edilir. Bu nedenle karaciğerde üretilen safra, safra kesesindeki safradan farklı bir bileşime sahiptir. Safra kesesinde depolanan ve yoğunlaştırılan safra, yağ sindirimine yardımcı olmak için proksimal ince bağırsağa gönderilir. Safra kesesi olmayan türlerde (örneğin at, deve, sıçan, güvercin) ise karaciğer safrası ductus choledochus ile doğrudan proksimal ince bağırsağa ulaşır. Ductus choledochus ile bir günde ince bağırsağa gelen safra miktarı insanda ve domuzda 0,5–1 L, köpekte 0,1–0,2 L, koyunda 0,5–0,7 L, sığırlarda 3–5 L ve atta 7–10 L kadardır.

KARACİĞER VE SAFRA KESESİ

- **Safra tuzları**, çoğunlukla **kolik asit** ve **kenodeoksikolik asit** olmak üzere safra asitlerinin sodyum ve potasyum tuzlarını içerir. Bu tuzlar, ince bağırsak lümenindeki **lipitlerin emülsifikasyonuna** yardımcı olur. Daha önce pankreas sekresyonunun regülasyonunda bahsedildiği üzere, ince bağırsaklarda yağ (özellikle orta ve uzun zincirli yağ asitleri) ve protein (amino asitler) sindiriminin yıkım ürünleri CCK salınmasına neden olur. Bu hormon safra kesesinin düz kaslarının kasılmasına, Oddi sfinkterinin gevşemesine ve böylece besin alımını takiben safra kesesinin boşaltılmasına yol açar. Buna ilaveten vagus siniri boyunca ilerleyen parasempatik sinyaller de karaciğerde safra üretimini ve safra kesesinin kasılarak depoladığı safrayı proksimal ince bağırsağa göndermesini tetikler.

KARACİĞER VE SAFRA KESESİ

- Yaşlanan alyuvarlar başta dalak, ardından karaciğer ve kemik iliği gibi retiküloendotelyal sistem (RES) organlarında parçalandığında, demir, globin ve bilirubin serbest kalır. **Bilirubin, Hem** yıkımının ana atık ürünüdür. Globin ve demir vücutta tekrar kullanılır, ancak bilirubin hepatositler tarafından kan dolaşımından alınır ve glukuronik asitle konjuge edilerek safraya verilir. Konjuge (direk) bilirubin, ince bağırsakta bakteriler tarafından metabolize edilir. Yıkım ürünlerinden biri olan **sterkobilin, dışkıya koyu kahverengi rengini verir**. Yukarıda da bahsedildiği üzere safra tuzlarının büyük kısmı ileumda aktif taşıma yoluyla yeniden emilir, hepatik portal kana girer ve karaciğere geri döner (**enterohepatik döngü**).

KARACİĞER VE SAFRA KESESİ

- Karaciğer, metabolik dengeyi koruyan hayati bir organdır. Karbonhidrat metabolizmasında, kan glikoz düzeyleri yüksek olduğunda glikozu glikojen ve trigliseride dönüştürerek depolar; düşük olduğunda ise glikojen yıkımı (glikojenoliz) ve glukoneogenez yoluyla glikoz üretir. Yağ metabolizmasında, karaciğer hücreleri trigliseritleri depolayabilir ve ATP sentezlemek için yağ asitlerini kullanabilir. Vücutta yağ asitleri ve kolesterol taşıyan lipoproteinleri sentezler. Aynı zamanda, safra tuzlarının yapımında kullanılan kolesterolü de üretirler. Protein metabolizmasında, hepatositler amino asitlerin amin gruplarını uzaklaştırarak ATP üretebilirler ve enerji üretimine katkı sağlarlar; bazı amino asitlerden karbonhidrat ve yağ sentezleyebilirler. Ayrıca albümin, protrombin, fibrinojen ve globulin gibi plazma proteinlerini de üretirler. Karaciğer alkol, antibiyotik ve steroid hormonları detoksifiye ederek, amonyağı üreye çevirip böbrekler yoluyla atılmasını sağlayarak atık ürünlerin uzaklaştırılmasında önemli rol oynar. Yine alyuvar yıkımı sonucu oluşan bilirubin, yukarıda da açıklandığı üzere karaciğer tarafından işlenip safraya verilerek uzaklaştırılır. Karaciğer ayrıca safra tuzu sentezi, A, D, E, K ve B₁₂ vitaminleri ile demir ve bakır gibi minerallerin depolanması, Kupffer hücreleri aracılığıyla fagositoz ve D vitamini aktivasyonu gibi görevleri de üstlenir.

KALIN BAĞIRSAK

- Kalın bağırsak, sindirim kanalının son kısmıdır. İleumun bitiminden anüse kadar uzanır ve sekum, kolon (çıkan, enine ve inen kolon), rektum ve anal kanaldan oluşur.
- Kalın bağırsağın başlıca görevleri, elektrolit ve su Emilimi, mikrobiyal sindirim ve vitaminlerin üretimi, dışkı oluşumu, depolanması ve atılmasıdır.
- İnce bağırsağın aksine, kalın bağırsağın mukozasında villuslar ve plikalar bulunmaz. Kalın bağırsak mukozasında sindirim enzimleri salgılayan hücrelerde de olmadığından, sindirim sisteminin bu son bölümünde kimyasal sindirim gerçekleşmez.
- Sindirim sisteminin bu son bölümünün görevleri önemli miktarda zaman gerektirir, bu nedenle kalın bağırsakta içeriğin alıkonma süresi uzun ve içerik geçişi yavaştır. Bu amaca yönelik olarak kalın bağırsak fermantasyonu yapan hayvan türlerinde kalın bağırsağın bazı bölümleri (örneğin atların çıkan kolonu, tavşanların sekumu gibi) aşırı büyüyerek devasa fermantasyon odalarına dönüşmüştür. Bu sayede memeli organizmasının yapısal karbonhidratları sindirecek kendi enzimleri olmasa da bu karbonhidratların değerlendirilmesi mikroorganizmaların fermantatif faaliyetleri ile mümkün olabilmiştir.

KALIN BAĞIRSAK

- İnce bağırsak içeriği, çoğu türde (ruminantlarda, kedi ve köpeklerde) **ostium ileale**'nin oryantasyonu nedeniyle **ileokolik sfinkter** (valf) adı verilen kaslı bir kapakçık aracılığıyla çıkan kolona geçer, sonrasında antiperistaltik hareketlerle sekuma getirilir. At, domuz, tavşan, fil ve fare gibi bazı türlerde ise ileum içeriği doğrudan kolona değil, ilk olarak **ileosekal sfinkter** (valf) aracılığıyla sekuma boşaltılır. Bahsi geçen bu sfinkter veya valfler, kimusun ince bağırsaktan kalın bağırsağa geçişini kontrol eder. Normalde kapalı olan bu valfler, yemek yendikten hemen sonra başlatılan **gastroileal refleks** ile açılır. Böylece kimus peristaltik hareketlerle ileumdan kalın bağırsağa geçebilir. **Gastrin hormonu** da bu valflerin gevşemesini sağlar.

KALIN BAĞIRSAK

- Kalın bağırsakta, peristaltik hareketler, segmentasyonlar (haustrasyonlar), sarkaç hareketleri ve antiperistaltik hareketler gözlenir. Bu hareketler, bir yandan dışkının anüse doğru ilerlemesini sağlarken, diğer yandan sekum, çıkan kolon ve rektumda depolanmasına hizmet eder.
- İnce bağırsağın aksine kalın bağırsaktaki antiperistaltik dalgalar fizyolojiktir ve öncelikle ruminantların, kemirgenlerin ve kedilerin proksimal kolonunda ortaya çıkar; distal kolonda ise ağırlıklı olarak peristaltik dalgalar oluşur.
- Proksimal kolon ve sekumda sırayla oluşan peristaltik ve antiperistaltik dalgalar düşük frekanslıdır (koyun ve tavşanlarda dakikada yaklaşık 1-2 kez) ve zayıf kasılma amplitütüne sahiptir. Bu nedenle öncelikle karıştırmaya hizmet ederler ve kimusun uzun süre kalmasını sağlarlar.

KALIN BAĞIRSAK

- Kalın bağırsak içeriğinin uzun kalış süresine ve yoğun bir şekilde karıştırılmasına birçok hayvan türünde **haustralar** (torba şeklindeki çıkıntılar) sebep olur. Kalın bağırsağın dış yüzeyinde, tenya koli (**tenia coli**) adı verilen üç adet şerit şeklinde uzunlamasına kas bandı bulunur. Haustralar, bu tenyalar üzerinde sıralanmış bağırsak duvarındaki torba benzeri genişlemelerdir. **Haustralar sabit yapılar değildir**. Kalın bağırsağın sirküler kasları sürekli olarak kasılıp gevşediği için, haustraların şekli ve konumu da sürekli değişir. Bu hareket, "**haustral hareket**" olarak adlandırılır.
- Haustral hareketler, aslında segmentasyon hareketlerinin özel bir formudur ve bu hareketlerle bağırsak içeriği karıştırılır. Haustralı bağırsak yapısı bilhassa yoğun kolonik sindirimin olduğu otçul hayvanlarda gözlenir.
- Bazı hayvan türlerinde (**örneğin kobaylar ve tavşanalar**) haustralar özellikle sekumda yoğunlaşmıştır ve bu hayvan türlerine **sekum sindiricileri** denir. Bazı türlerde (**örneğin atlar, gergedanlar ve filler**) ise haustralar daha çok kolonda lokalize olmuştur. Bu hayvan türlerine **kolon sindiricileri** denir. Haustra yapısına sahip olmayan hayvan türlerinde (örneğin karnivorlar) ve haustra yapısına sahip olmakla birlikte distal kolon gibi haustrasız kalın bağırsak bölgelerinde, haustra hareketlerinin yerini klasik segmentasyon hareketleri alır.

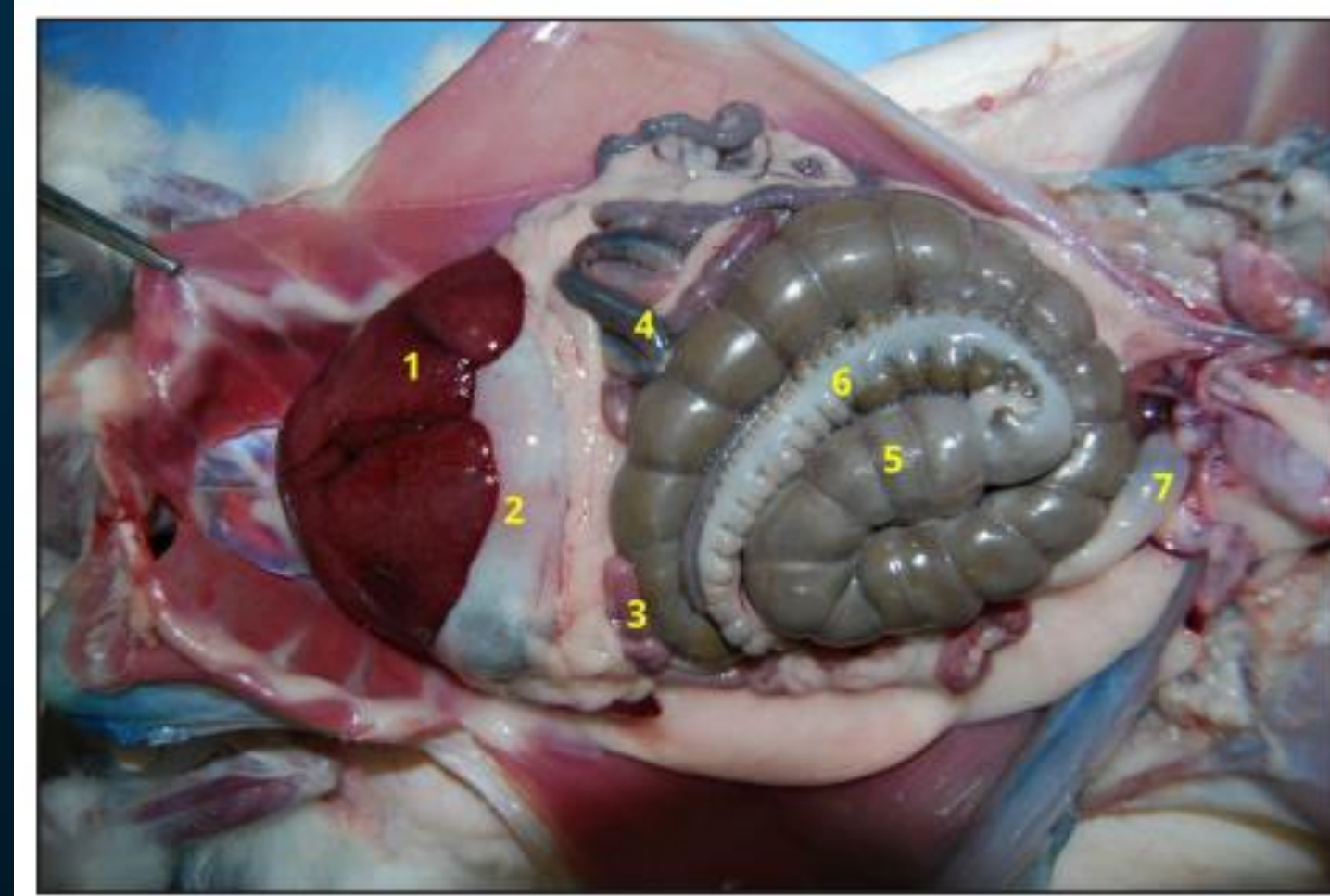
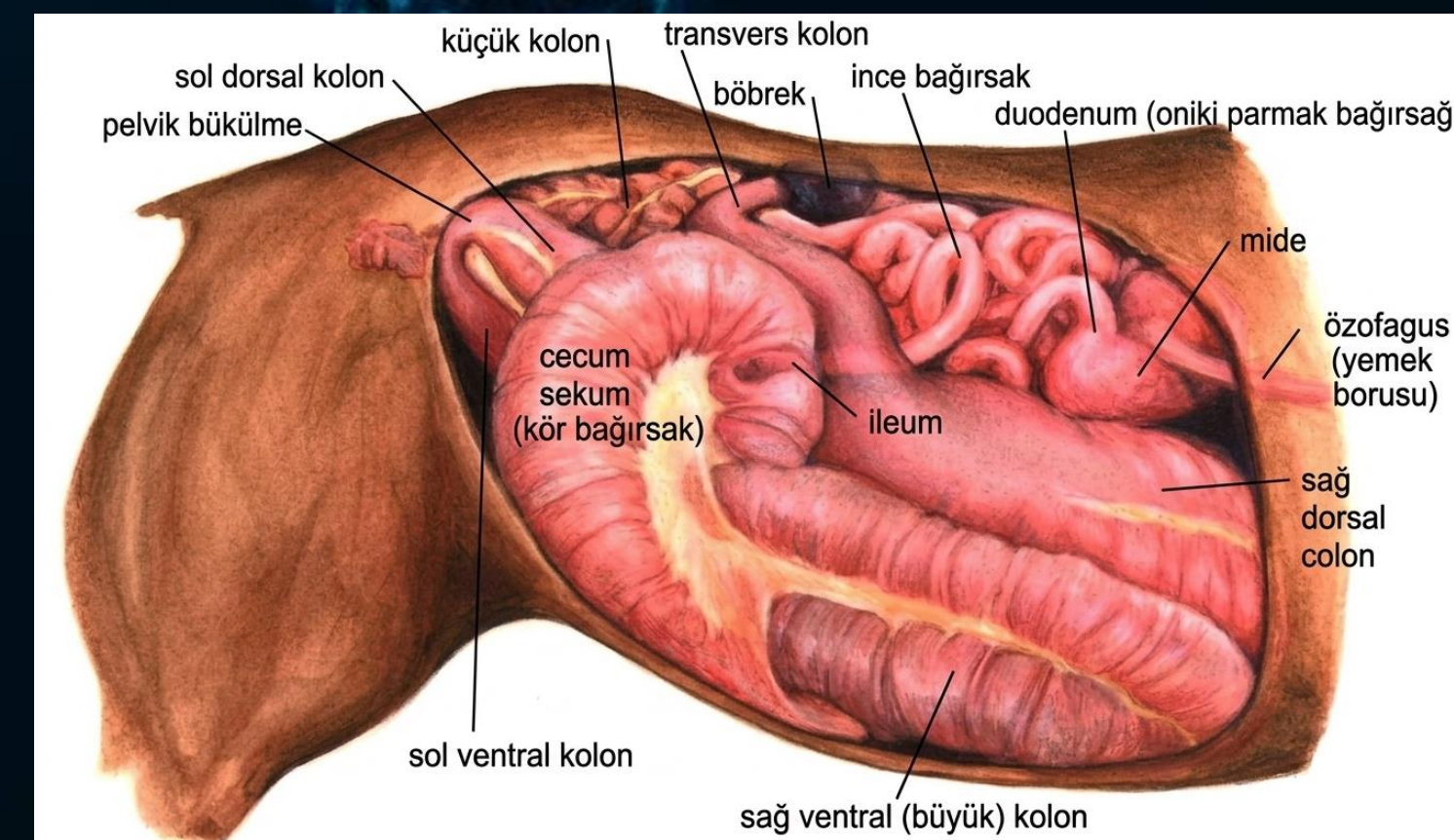


Fig. 1 Topography of digestive abdominal organs in the rabbit. 1-left lobe of the liver; 2-stomach; 3-duodenum; 4-ileum; 5-base of the cecum; 6-proximal ansa of ascending colon; 7-descending colon



KALIN BAĞIRSAK

- Son olarak, kalın bağırsakta “**kütle hareketleri** ya da **kütle peristaltizmi**” adı verilen enine kolonun ortasına yakın bir yerde güçlü peristaltik dalgalar şeklinde başlayan ve içeriği hızla rektuma doğru iten hareketler meydana gelir. Bu hareketler sırasında haustralar kaybolur ve tenya koli adı verilen kas bantları gevşer. Bu gevşeme sonucunda, bağırsağın başlangıcından sonuna doğru ilerleyen ve bağırsak içeriğini önünde iten halka şeklinde bir kasılma bandı oluşur.

KALIN BAĞIRSAK

- Arka bağırsak fermantasyonum yapan hayvan türlerinde (örneğin tek tırnaklılar, kobay ve tavşan gibi) ruminantların önmidelerindeki benzer şekilde, ancak kalın bağırsakta yerleşmiş mikroorganizmalar tarafından önemli miktarda fermantatif sindirim olayları meydana gelir. Mikroorganizmalar, mide ve ince bağırsaklarda konakçının kendi sindirim enzimleri ile sindirilemeyen yapısal karbonhidratları fermente ederek UYA'lar (asetik, propiyonik ve bütirik asitler gibi), hidrojen, karbondioksit ve metan gibi metabolitler üretirler. Kalın bağırsak mikroorganizmaları önmidelerde olduğu gibi B grubu vitaminleri ve K vitaminini de sentezlerler. Tek tırnaklılar, yedikleri besinlere, özellikle de yemdeki lif (selüloz) miktarına bağlı olarak günlük enerji ihtiyacının büyük bir kısmını (%30-70) bu UYA'lardan karşılarlar.

KALIN BAĞIRSAK

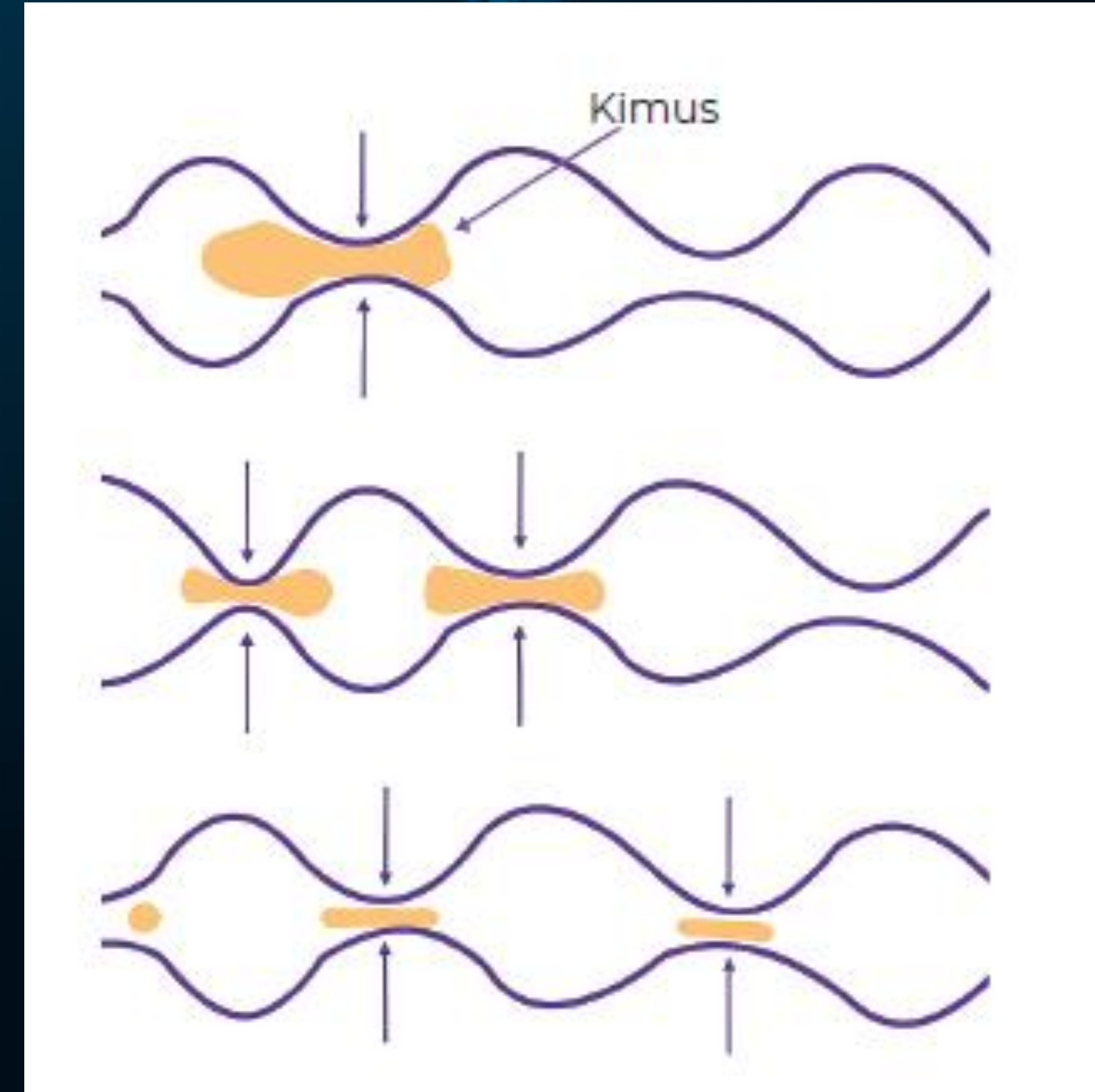
- Ruminantlarda rumende gelişip üreyen mikroorganizmalar, daha sonra abomasum ve ince bağırsakta konakçının kendi enzimleri ile sindirilerek hayvan için amino asit kaynağı olurken, kalın bağırsakta fermantatif sindirime katılan mikroorganizmalar dışkı ile dışarı atılırlar. Bu durum aslında arka bağırsak sindirimi yapan türlerde biyolojik değeri yüksek proteinlerin kaybedilmesi anlamına da gelir. Ancak tavşan ve kobay gibi bazı türler, dışkılarını yeme davranışı (koprofaji) sergileyerek bu mikroorganizma proteinlerinin ve sentezledikleri vitaminlerin tekrar vücuda kazandırılmasını sağlarlar. Koprofaji davranışı sergileyen türlerde yenilen dışkı peletleri ince bağırsakta enzimatik sindirime uğrayarak konakçı için önemli besin takviyesi olur.

KALIN BAĞIRSAK

- **Dışkılama**, gastrointestinal sistemin motilite işlevlerinin nihai aşamasıdır ve sindirilemeyen besin artıklarının vücuttan atılmasını sağlar. Dışkı oluşumu sürekli bir süreç olsa da dışkılama periyodik ve istemli kontrol edilebilir bir eylemdir. Süreç, rektumun dışkıyla dolmasıyla başlar. Rektumdaki gerim reseptörlerinin uyarılması, enterik sinir sistemi üzerinden miyenterik plexusu harekete geçirir ve rektokolik refleks yoluyla kolonun peristaltik dalgaları rektuma daha fazla dışkı gönderir. Bu aynı zamanda düz kaslardan oluşmuş iç anal sfinkterin gevşemesine neden olur. Rektumun dolması ve iç anal sfinkterin gevşemesi, istemli kontrol edilebilen çizgili kaslarından oluşmuş dış anal sfinkter üzerine baskı uygular. Bu basınç, N. pudentalis aracılığıyla sakral omurilik segmentindeki motonöronlara iletilir ve dış anal sfinkterin istemli olarak kasılmasını sağlar. Bu refleks döngüsü, rektumun kademeli dolmasıyla tekrarlanır ve bu olaya “**fazik rektosfinkter refleks**i” olarak adlandırılır. Rektumdaki gerilme bilgileri, beyindeki (medulla oblongata’da) defekasyon merkezine iletilir ve bu merkez, dışkılama kararını verir. Eğer dışkılama için uygun ortam varsa, dış anal sfinkteri kasan motonöronlar inhibe edilir ve dış sfinkter gevşer. Herbivorlarda bu refleks zinciri genellikle dışkılamayı başlatmak için yeterlidir. Ancak karnivorlar ve domuzlar gibi seyrek dışkılayan türlerde ek olarak karın içi basıncın artırılması gerekir. Bu genellikle sırtın kamburlaştırılması gibi postüral değişikliklerle sağlanır. Dışkılama sıklığı, tüketilen besinlerin sindirilebilirliğine bağlıdır; yüksek sindirilebilirliğe sahip besinlerle beslenen hayvanlarda dışkılama sayısı azken, düşük sindirilebilirliği olan besinlerle beslenenlerde bu sayı daha fazladır.

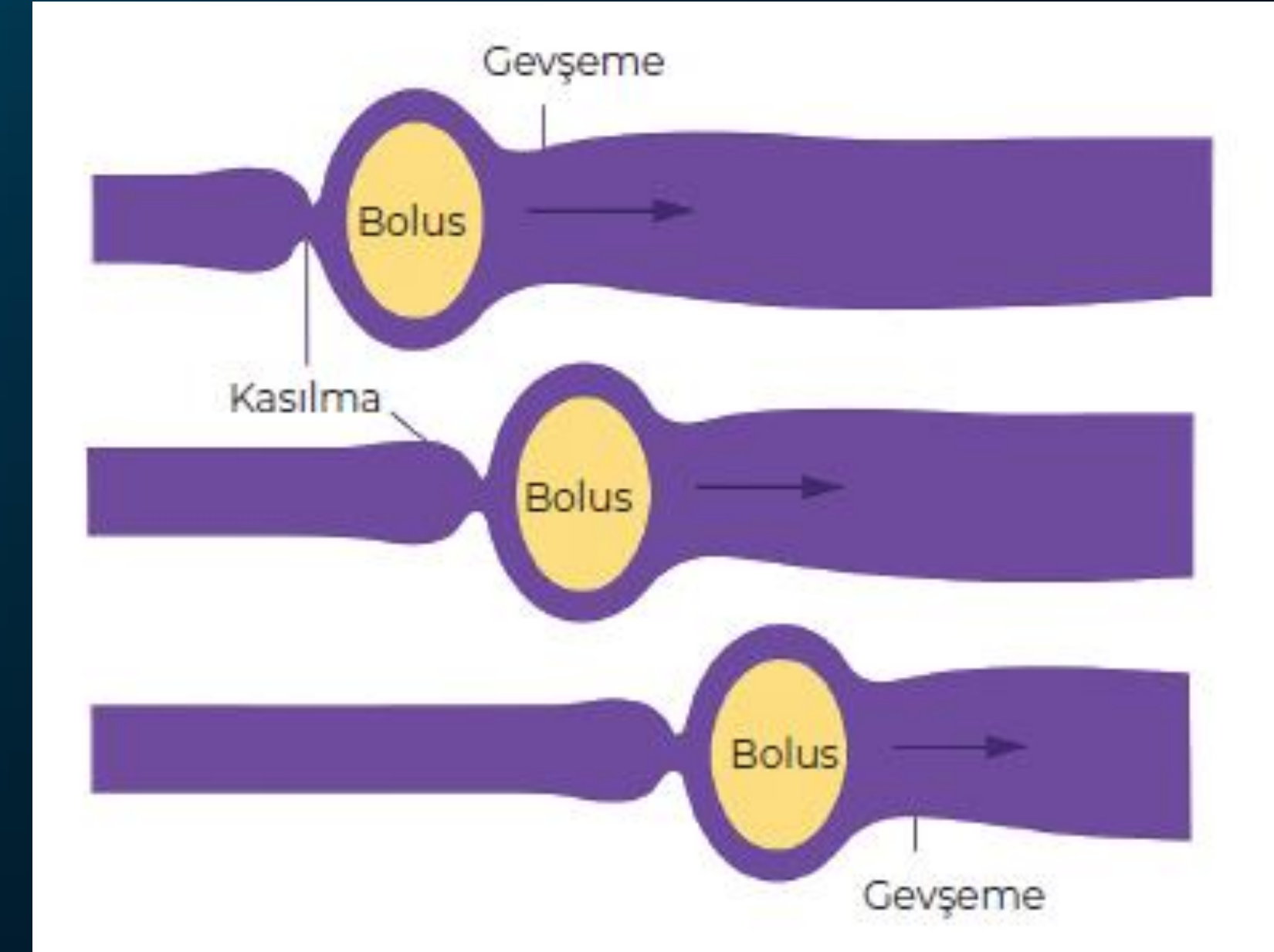
BAĞIRSAK HAREKETLİLİĞİ

- İnce bağırsak hareketliliği, esas olarak bağırsak lümenindeki maddelerin varlığına cevaben oluşan enterik refleks tarafından düzenlenir. Yemek yeme sonrasında (postprandial dönem), ince bağırsakta segmentasyon ve peristaltik olmak üzere birbirini tamamlayan iki temel hareket türü gözlenir.
- **Segmentasyon kasılmaları**, lümen içeriğinin sindirim salgıları ile karıştırılmasına ve bağırsak mukozası ile temas etmesine neden olan ilerletici olmayan bir hareket türüdür. Segmentasyon kasılmalarında bağırsağın komşu bölgelerindeki dairesel kas tabakaları kasılır ve sıklıkla bu bölgelerde bağırsak lümeni tamamen kapanır. İnce bağırsağın uzunluğu boyunca bu kasılma halkalarının sürekli oluşumu ve ardından gevşemesi **hamur yoğurma** gibi bir karıştırma işlemiyle sonuçlanır. Bu sayede bağırsak içeriği iyice yoğurulur ve bağırsakta ilerleme geciktirilir. Böylece sindirim ve emilime daha fazla zaman ayrılmış olur. Segmentasyon kasılmalarını destekleyen, kimusu karıştırma işlevi gören ve yine ilerletici olmayan bir diğer ince bağırsak hareket türü ise **sarkaç hareketleridir**. Sarkaç hareketleri, uzunlamasına kas tabakasının ritmik kasılmalarıyla tetiklenir, bu sırada bağırsak adeta kimus sütununun üzerinden kayarak hareket eder.

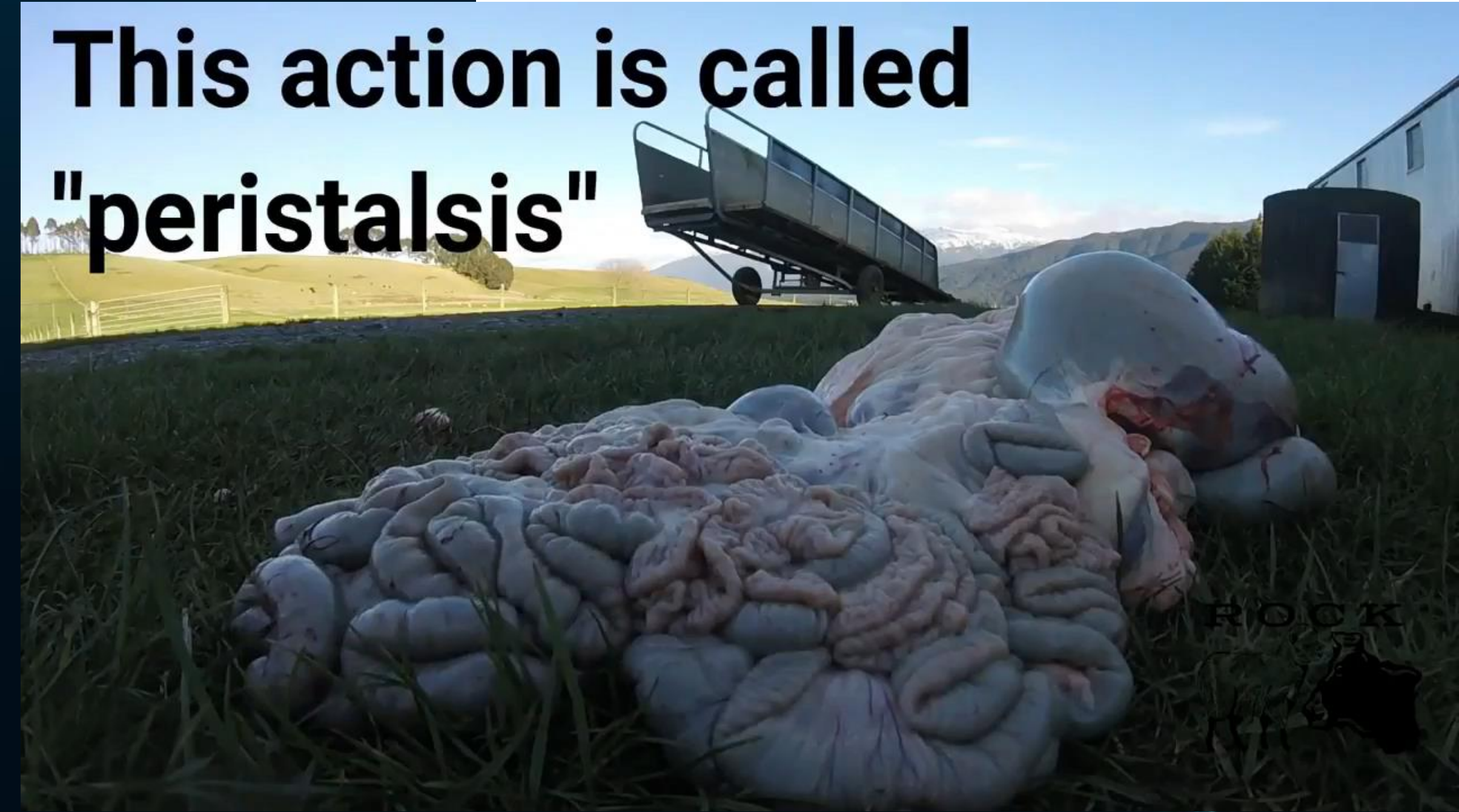


BAĞIRSAK HAREKETLİLİĞİ

- İnce bağırsak lümenindeki besinlerin çoğunun emildiği intestinal fazın sonlarında segmentasyon kasılmaların yerini peristaltik kasılmalar alır. **Peristaltik kasılmalar**, kimusu sindirim kanalının uzunluğu boyunca ilerletir. Peristaltik kasılmalar bağırsak duvarının gerilmesiyle tetiklenir. Bu gerilme, mekanik uyarılara duyarlı miyenterik sinir hücreleri tarafından algılanır. Gerilen yerin oral kısmındaki uzunlamasına kaslar gevşer, dairesel kaslarda ise kasılma oluşurken (assendens kontraksiyon), gerilmiş yerin aboral kısmındaki uzunlamasına kaslar kasılır, dairesel kaslar gevşer (dessendens gevşeme). Bağırsak içeriğinin ilerlemesi, refleks merkezini ileriye doğru kaydırır, bu da içeriği daha da iter ve sonuçta aboral (anal) yönde bir taşıma meydana gelir.

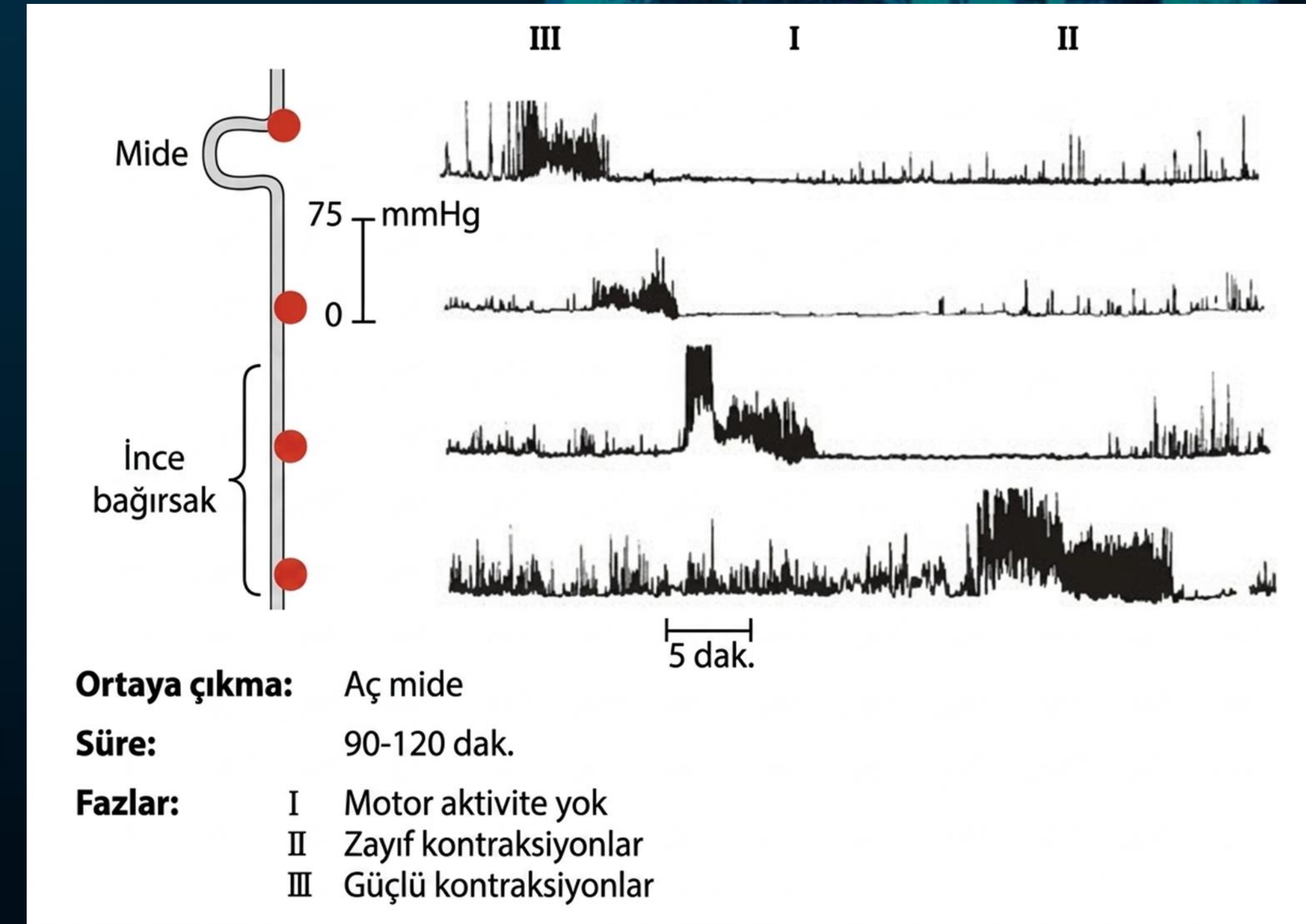


This action is called
"peristalsis"



BAĞIRSAK HAREKETLİLİĞİ

- **Sindirimler arası (interdigestif) dönemlerde** ise ince bağırsaklarda **MMC**'ler görülür. Interdigestif denmesinin nedeni, bu örüntünün karnivor ve omnivorlarda öğünler arasında yani açlık sırasında meydana gelmesinden dolayıdır, örneğin köpeklerde yaklaşık altı saat açlıktan sonra oluşur. Bundan önceki zaman sürecinde (postprandial dönem) sadece segmentasyon ve peristaltik hareket formları hâkimdir. Çok güçlü devasa kasılmalar olan MMC'ler, midede ya da proksimal ince bağırsakta başlar ve genellikle kalın bağırsaktan önce kaybolur. MMC'ler sırasında bağırsak lümeni tamamen kapanır ve bağırsak içeriği bu dalgaların önünde uzun mesafelere kadar itilir. MMC'lerin, sindirilmemiş artıkları sindirim kanalı boyunca süpüren bir temizlik rolü üstlendiğine ve ince bağırsağın bakteriyel kolonizasyonuna karşı koruyucu rol oynadığına inanılmaktadır. Köpeklerde ve insanlarda MMC döngüsü her 1,5–2 saatte bir tekrarlar. Yemek yendiğinde MMC'ler durur ve yerini segmentasyon ve peristaltik hareketlere bırakır.



TEŞEKKÜRLER