تصویر ریز پرز رودهٔ باریک با میکروسکوپ الکترونی

نه نوری

فصل ۲

گوارش و جذب مواد

غذا خوردن یکی از لذت‌های زندگی است؛ اما فراتر از آن، غذایی که می‌خوریم، در گذر از دستگاه گوارش به شکلی در می‌آید که می‌تواند مواد و انرژی لازم برای سالم ماندن، درست عمل کردن و رشد و نمو یاخته‌های بدن را فراهم کند. البته غذای نامناسب و یا اضافه بر نیاز، مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند. اضافه وزن و چاقی، یکی از مسائلی است که سلامت جمعیت کنونی و آیندهٔ ما را به خطر می‌اندازد.

- بدن ما چگونه انواع غذاها را برای ورود به یاخته‌ها آماده می‌کند؟
- اضافه وزن چگونه به‌وجود می‌آید و چه مشکلاتی را برای بدن ایجاد می‌کند؟
- چرا برخی افراد با اینکه غذای کافی و گوناگون می‌خورند، دچار کمبود مواد مغذی هستند؟
- گوارش در سایر جانداران چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی با گوارش انسان دارد؟

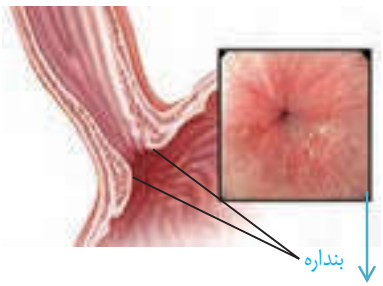
برای پاسخ به این پرسش‌ها، با دستگاه گوارش آشنا می‌شویم و عملکرد آن را در انسان و برخی جانوران بررسی می‌کنیم.

گفتار ۱ ساختار و عملکرد لولهٔ گوارش

در گذشته آموختید دستگاه گوارش از لولهٔ گوارش و اندام‌های دیگر مرتبط با آن تشکیل شده است. لولهٔ گوارش چه قسمت‌هایی دارد (شکل ۱)؟

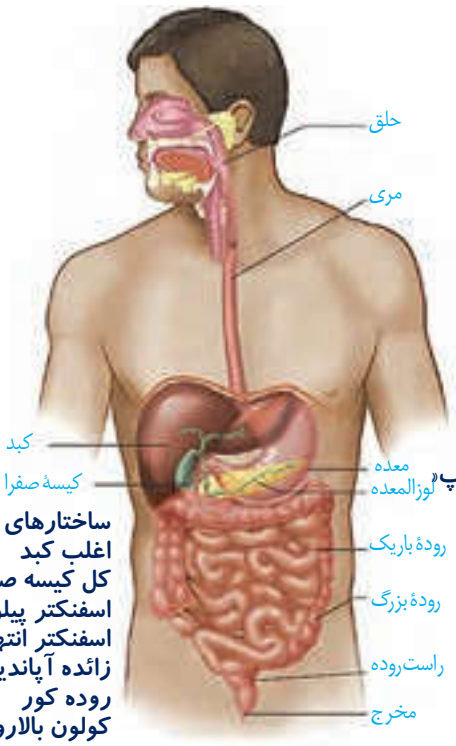
لولهٔ گوارش، لولهٔ پیوسته‌ای است که از دهان تا مخرج ادامه دارد. در قسمت‌هایی از لوله گوارش ماهیچه‌های حلقوی به نام **بنداره (اسفنکتر)** وجود دارد. بنداره‌ها در تنظیم عبور مواد نقش دارند (شکل ۲).

همه بنداره ها، ماهیچه حلقوی اند می توانند حلقوی صاف یا مخطط باشند.



اسفنکتر انتهای مری از بالا

شکل ۲ــ بندارهٔ انتهای مری



ساختارهای مهم سمت چپ
اسفنکتر انتهای مری
اغلب معده
اغلب پانکراس
کولون پایین رو
طحال
اغلب قلب

ساختارهای مهم سمت راست:
اغلب کبد
کل کیسه صفرا
اسفنکتر پیلور
اسفنکتر انتهای روده باریک
زائده آپاندیس
روده کور
کولون بالارو

شکل ۱ــ لولهٔ گوارش و اندام‌های مرتبط با آن

غده‌های بزاقی؛ پانکراس (لوزالمعده)، کبد (جگر) و کیسهٔ صفرا با لولهٔ گوارش مرتبط‌اند و در گوارش غذا نقش دارند.

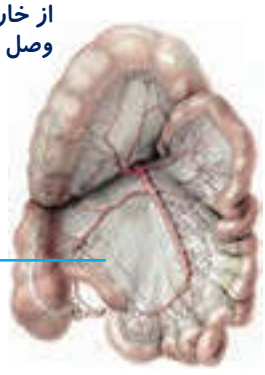
مثال نقض: مثلا معده لایه ماهیچه ای مورب دارد

ساختار لولهٔ گوارش: دیوارهٔ بخش‌های مختلف لولهٔ گوارش، ساختار تقریباً مشابهی دارند. این لوله از خارج به داخل، چهار لایه دارد: لایهٔ بیرونی، ماهیچه‌ای، زیرمخاطی و مخاطی. هر لایه، از انواع بافت‌ها تشکیل شده است (شکل ۳ــ الف). در همهٔ این لایه‌ها بافت پیوندی سست وجود دارد.

لایهٔ بیرونی، بخشی از صفاق است. صفاق پرده ای است که اندام‌های درون شکم را به هم وصل می‌کند (شکل ۳ــ ب).

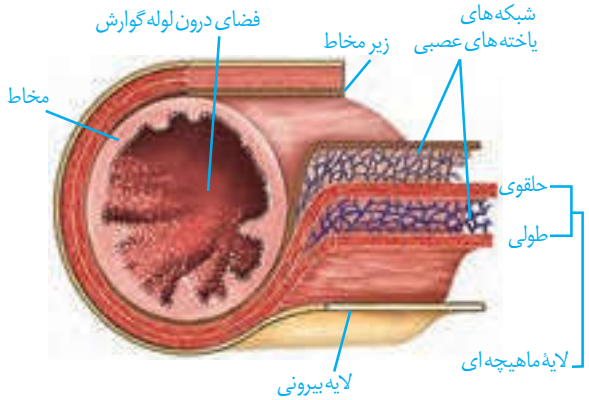
درنتیجه رگ های خونی، لنفی و عصب هم وجود دارد

از خارج به هم وصل می کنند.



پر از رگ های خونی بزرگ است

ب)



الف)

شکل ۳ــ الف) ساختار لایه‌های لولهٔ گوارش ب) بخشی از صفاق مربوط به روده‌ها

تنها بخشی از صفاق حاصل لایه بیرونی است و بخش های دیگر، لایه بیرونی دیگر اندام های درون حفره شکمی است مثل: کبد – کیسه صفرا – پانکراس – طحال – کلیه ها – غدد فوق کلیه – تخمدان ها – رحم – مثانه

در قسمت هایی که ماهیچه صاف است ا رایش های حلقوی و طولی دیده می شود و در ماهیچه مخطط خیر

لایهٔ ماهیچه‌ای در دهان، حلق، ابتدای مری و بندارهٔ خارجی مخرج از نوع مخطط است. این لایه در بخش های دیگر لولهٔ گوارش شامل یاخته های ماهیچه ای صاف است که به شکل حلقوی و طولی سازمان یافته اند. دیوارهٔ معده یک لایهٔ ماهیچه ای مورّب نیز دارد.

غیرمستقیم: قسمت ای از لوله گوارش که ماهیچه هایش در ۳جهت متفاوتند: معده

زیر مخاط (لایهٔ زیر مخاطی) موجب می‌شود مخاط، روی لایهٔ ماهیچه‌ای بچسبد و به راحتی روی آن بلغزد یا چین بخورد. در لایهٔ ماهیچه‌ای و زیر مخاط، شبکه‌ای از یاخته‌های عصبی وجود دارد.

عامل اتصال مخاط روی لایه ماهیچه ای زیرمخاطی
عامل اتصال بافت پوششی به لایه ماهیچه نازک آستر مخاطی
عامل اتصال سلول پوششی به آستر مخاطی غشا پایه

مخاط (لایهٔ مخاطی) یاخته‌هایی از بافت پوششی دارد که در بخش های مختلف لولهٔ گوارش، کارهای متفاوتی مثل جذب و ترشح را انجام می دهند.

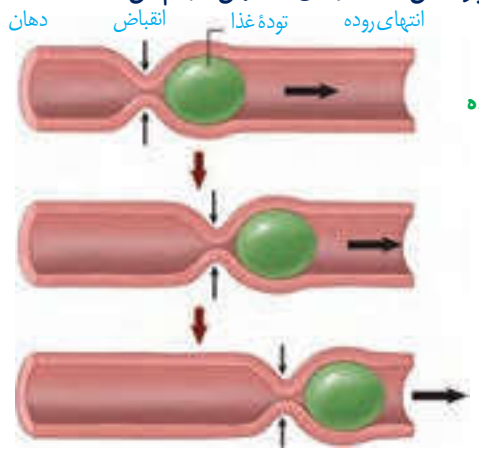
غیرمستقیم مخاط بافت پوششی ا ن کارهای متفاوتی انجام می دهد

حرکات لولهٔ گوارش:

انقباض ماهیچه‌های دیوارهٔ لولهٔ گوارش، حرکات منظمی را در آن به‌وجود می‌آورد. لولهٔ گوارش، دو حرکت **کرمی** و **قطعه قطعه کننده** دارد.

هر حرکت لوله گوارش، منظم است.

در دیواره لوله گوارش، گیرنده مکانیکی وجود دارد.

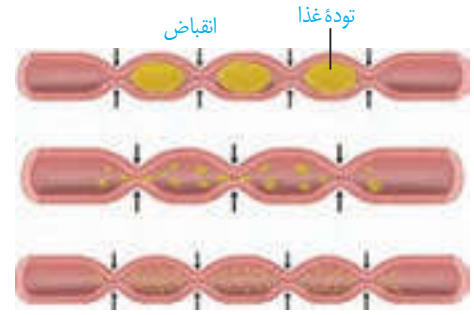


شکل ۴ــ حرکات کرمی

در حرکات کرمی، ورود غذا لولهٔ گوارش را گشاد و یاخته‌های عصبی دیوارهٔ لوله را تحریک می کند. یاخته های عصبی، ماهیچه های دیواره را به انقباض وادار می کنند. در نتیجه، یک حلقهٔ انقباضی در لوله ظاهر می‌شود که غذا را به حرکت درمی‌آورد (شکل ۴).

غیرمستقیم حرکات کرمی

حرکات کرمی نقش مخلوط‌کنندگی نیز دارند؛ به ویژه وقتی که حرکت محتویات لوله با برخورد به یک بنداره، متوقف شود؛ مثل وقتی که محتویات معده به **پیلور** برخورد می کنند. پیلور بندارهٔ بین معده و رودهٔ باریک است. در این حالت، حرکات کرمی فقط می‌توانند محتویات لوله را مخلوط کنند.



شکل ۵ــ حرکت های قطعه‌قطعه کننده

در حرکات قطعه‌قطعه‌کننده بخش‌هایی از لوله به صورت یک در میان منقبض می‌شوند. سپس این بخش‌ها از حالت انقباض خارج و بخش‌های دیگر منقبض می‌شوند. تداوم این حرکات در لولهٔ گوارش موجب می‌شود محتویات لوله، ریزتر و بیشتر با شیره‌های گوارشی مخلوط شوند (شکل ۵).

فعّالیت

مری یک گوسفند یا گاو را تهیه و لایه‌های آن را مشاهده کنید.

مسیرشناسی حرکت کرمی
گشاد شدن لوله – تحریک گیرنده مکانیکی – ارسال پیام به مراکز عصبی – انتقال پیام به ماهیچه ها – ایجاد حلقه انقباضی پشت توده غذایی – جلو رفتن غذا

حرکات کرمی از حلق تا مخرج وجود دارند درحالی که حرکات قطعه قطعه شونده فقط در روده باریک وجود دارد
حرکات کرمی نقش جلوبردن غذا و حرکات قطعه قطعه شونده نقش ریزکردن)گوارش مکانیکی(غذا را برعهده دارند و هردو نقش
مخلوط کردن غذا با شیره گوارشی را دارند

گوارش غذا

دستگاه گوارش طی فرایند گوارش مکانیکی، غذا را آسیاب می کند و با فرایند گوارش شیمیایی، مولکول‌های بزرگ را به مولکول‌های کوچک تبدیل می کند. این فرایندها چگونه انجام می‌شوند؟ چه عواملی در آنها نقش دارند؟

به کمک ا نزیم ها پیوند کووالانسی می شکنند

به کمک دهان، حرکات و برخی مواد مثل صفرا، مواد کوچک تر می شوند اما پیوند کووالانسی شکسته نمی شود

۶ تا غده بزرگ و تعداد زیادی غده کوچک، درنتیجه تعداد غدد بزاقی خیلی زیاد است
غدد ریز جزوی از لوله گوارش هستند اما غدد بزرگ خیر

غیرمستقیم محل شروع گوارش شیمیایی و مکانیکی در انسان شروع می شود

بزرگ ترین غده بزاقی

غدهٔ بناگوشی

ترتیب بر اساس اندازه غدد بزاقی:
۱- بناگوشی
۲- زیرآرواره ای
۳- زیرزبانی
۴- غدد ریز دهان

گوارش در دهان: با ورود غذا به دهان، جویدن غذا و گوارش مکانیکی آن آغاز می‌شود. آسیاب‌شدن غذا به ذره‌های بسیار کوچک برای فعّالیت بهتر آنزیم‌های گوارشی، و اثر بزاق بر آن لازم است. سه جفت غدهٔ بزاقی بزرگ و غده‌های بزاقی کوچک، بزاق ترشح می‌کنند (شکل ۶). بزاق، ترکیبی از آب، یون‌ها، انواعی از آنزیم‌ها و موسین است. آنزیم **آمیلاز** بزاق به گوارش نشاسته کمک می‌کند. **لیزوزیم**، آنزیمی است که در از بین بردن باکتری‌های درون دهان نقش دارد. **موسین**، گلیکوپروتئینی است که آب فراوانی جذب و مادهٔ مخاطی ایجاد می‌کند. مادهٔ مخاطی دیوارهٔ لولهٔ گوارش را از خراشیدگی حاصل از تماس غذا یا آسیب شیمیایی (بر اثر اسید یا آنزیم) حفظ می‌کند و ذره‌های غذایی را به هم می‌چسباند و آنها را به تودهٔ لغزنده‌ای تبدیل می‌کند.

اگزوسیتوز

با اندامک لیزوزوم اشتباه نگیرید

در اشک، مجاری تنفسی عرق و سطح پوست نیز وجود دارد

مجرای بزاق
غدهٔ زیرزبانی
غدهٔ زیرآرواره‌ای

تنها غده بزاقی متصل به ا رواره

شکل ۶ــ غده‌های بناگوشی، زیرآرواره‌ای و زیرزبانی، بزاق ترشح می‌کنند.

ترکیبی از پروتئین و کربوهیدرات است درنتیجه حداکثر ۲۱ نوع مونومر دارد.

گلوکز ایجاد نمی کند بلکه مالتوز و پلی ساکاریدهای کوچک ایجاد می کند

در استخوان های جمجمه حفراتی دیده می شود.

حفره بینی از دهان بزرگ تر است

در بینی ۳ برجستگی مخاطی دیده می شود

زبان کوچک
حلق
برچاکنای (اپی گلوت)
حنجره
مری
تودهٔ غذا
زبان

شکل ۷ــ الف) هنگام بلع فقط راه مری برای عبور غذا باز است.

مرکز بلع و تنفس هردو بصل النخاع است، هنگام بلع عمل دم و بازدم متوقف می شود ممکن است شش ها پر یا خالی باشند

مرحله اول بلع، ارادی است.

بلع غذا: هنگام بلع با فشار زبان، تودهٔ غذا به عقب دهان و داخل حلق رانده می‌شود. با رسیدن غذا به حلق، بلع به شکل غیرارادی، ادامه پیدا می‌کند. همان طور که می‌دانید حلق را به چهارراه تشبیه می‌کنند. با استفاده از شکل ۷ــ الف، توضیح دهید هنگام بلع چگونه راه‌های دیگر حلق بسته می‌شوند؟

مرحله دوم بلع، غیرارادی است.

حرکات کرمی از حلق شروع می شود.

در ادامه دیوارهٔ ماهیچه‌ای حلق منقبض می‌شود و حرکت کرمی آن، غذا را به مری می‌راند. حرکت کرمی در مری ادامه پیدا می‌کند و با شل شدن بندارهٔ انتهای مری، غذا وارد معده می‌شود (شکل ۷ــ ب). غده‌های مخاط مری، مادهٔ مخاطی ترشح می‌کنند تا حرکت غذا آسان‌تر شود.

در سرتاسر لوله گوارش ترشح می شود

مری
مسیر عبور غذا
بندارهٔ انتهای مری
تودهٔ غذا
معده

شکل ۷ــ ب) حرکات کرمی، غذا را در طول مری حرکت می‌دهند.

گوارش در معده: معده، بخش کیسه‌ای شکل لولهٔ گوارش است. دیوارهٔ معده، چین خوردگی هایی دارد که با پرشدن معده باز می‌شوند تا غذای بلع شده در آن انبار شود. گوارش غذا در معده در اثر شیرهٔ

چین خوردگی های معده، برخلاف روده، حالت طولی دارد و می تواند باز و بسته شود (برخلاف روده باریک)

حجم غذا درون معده، با چین خوردگی های معده رابطه عکس دارد هرچه غذا بیش تر، چین خوردگی کم تر

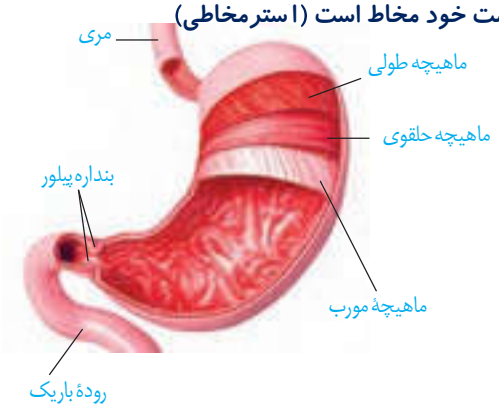
معده و حرکات آن انجام می‌شود. در پایان گوارش در معده مخلوط حاصل از گوارش که **کیموس** نام دارد، با باز شدن بندارهٔ پیلور وارد ابتدای رودهٔ باریک می‌شود (شکل ۸). به ابتدای رودهٔ باریک **دوازدهه** می‌گویند.

در پایان گوارش، کیموس ایجاد می شود نه در ابتدای آن

منظور بافت پیوندی سست خود مخاط است (استرمخاطی)

شیرهٔ معده: یاخته‌های پوششی مخاط معده در بافت پیوندی زیرین فرو رفته‌اند و حفره‌های معده را به‌وجود می‌آورند. مجاری غده‌های معده، به این حفره‌ها راه دارند. یاخته‌های پوششی سطحی مخاط معده و برخی از یاخته‌های غده‌های آن، ماده مخاطی فراوان ترشح می‌کنند که به شکل لایهٔ ژله‌ای چسبناکی، مخاط معده را می‌پوشاند. یاخته‌های پوششی سطحی، بیکربنات (HCO_3^-) نیز ترشح می‌کنند که لایه ژله‌ای حفاظتی را قلیایی می‌کند (شکل ۹). به این ترتیب سد حفاظتی محکمی در مقابل اسید و آنزیم به‌وجود می‌آید.

چون ماده مخاطی فراوانی ترشح می کنند، درنتیجه مخاط معده، ضخامت زیادی دارد



شکل ۸ــ حرکات معده در اثر انقباض ماهیچه‌های آن ایجاد می‌شوند. یاخته‌های لایهٔ ماهیچه‌ای دیوارهٔ معده در سه جهت طولی، حلقوی و مورّب قرار گرفته‌اند.

سلول های موسینی غده معده بی کربنات ترشح نمی کنند، فقط سلول های موسینی سطح و حفره معده بی کربنات ترشح می کنند.

هم در برابر اسید محافظت می کند هم آنزیم های شیره گوارشی

یاخته‌های اصلی غده‌ها، آنزیم‌های معده را ترشح می‌کنند. پیش‌سازهای پروتئازهای معده را به طور کلی **پپسینوژن** می‌نامند. پپسینوژن بر اثر کلریدریک اسید به **پپسین** تبدیل می‌شود. پپسین خود با اثر بر پپسینوژن، تولید پپسین را بیشتر می‌کند (شکل ۹). آنزیم پپسین، پروتئین‌ها را به مولکول‌های کوچک‌تر تجزیه می‌کند. یاخته‌های کناری غده‌های معده، کلریدریک اسید و عامل (فاکتور) داخلی معده ترشح می‌کنند. **عامل داخلی معده**، برای ورود ویتامین B_{12} به یاخته‌های رودهٔ باریک ضروری است. اگر این یاخته‌ها تخریب شوند یا معده برداشته شود، علاوه بر ساخته نشدن کلریدریک اسید، فرد به کم‌خونی خطرناکی دچار می‌شود؛ زیرا ویتامین B_{12} که برای ساختن گویچه‌های قرمز در مغز استخوان لازم است، جذب نمی‌شود و زندگی فرد به خطر می‌افتد.

چندین نوع پروتئاز هستند که به طور کلی به آنها پپسینوژن می گویند.

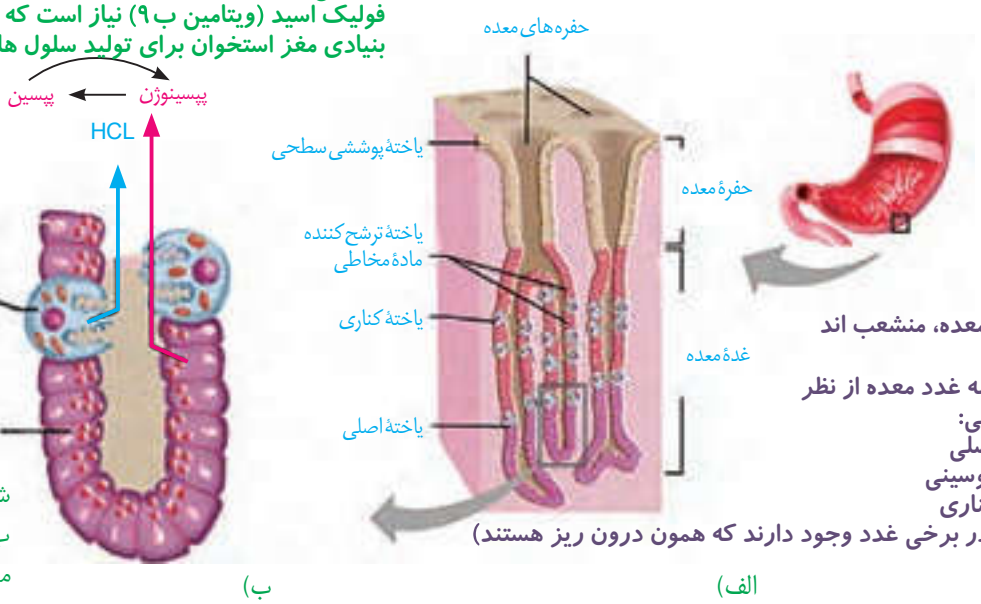
اسید معده، می تواند قسمتی از پپسینوژن را ازش جدا کند و پپسین فعال را تولید کند. خود پپسین هم همین کار را می کند

اما آمینواسید تولید نمی کند.

پس اگر نباشد از روده باریک اصلا جذب نمی شود.

مقداری ویتامین ب ۱۲، توسط باکتری های روده بزرگ هم تولید می شود و در خود روده بزرگ جذب می شود.

ویتامین ب۱۲، برای کارکرد درست فولیک اسید (ویتامین ب۹) نیاز است که فولیک اسید برای تقسیم سلولی سلول های بنیادی مغز استخوان برای تولید سلول های خونی نیاز است.



غدد معده، منشعب اند

مقایسه غدد معده از نظر فراوانی:
۱- اصلی
۲- موسینی
۳- کناری
۴- (در برخی غدد وجود دارند که همون درون ریز هستند)

بزرگ ترین سلول غده معده: سلول کناری ممکن است برخی سلول های اصلی بالاتر از سلول های کناری قرار بگیرند.

درون سلول های کناری، تعداد زیادی میتوکندری دیده می شود.

شکل ۹ــ الف) غده‌های معده ب)یاخته‌های غده‌های معده، مواد مختلف شیرهٔ معده را ترشح می‌کنند.

الف)

ب)

با ورود غذا، معده اندکی انبساط می‌یابد و انقباض‌های معده، آغاز می‌شوند. این انقباض‌ها غذا را با شیرهٔ معده می‌آمیزند که نتیجهٔ آن تشکیل کیموس معده است. همان‌طور که گفتیم با باز شدن بندارهٔ پیلور، کیموس وارد دوازدهه می‌شود.

کمک به گوارش شیمیایی

برگشت اسید معده (ریفلاکس): اگر انقباض بندارهٔ انتهای مری کافی نباشد، فرد دچار برگشت اسید می‌شود. در این حالت در اثر برگشت شیرهٔ معده به مری، به تدریج، مخاط مری آسیب می‌بیند؛ زیرا حفاظت دیوارهٔ آن به اندازهٔ معده و رودهٔ باریک، نیست. سیگار کشیدن، الکل، رژیم غذایی نامناسب و استفاده بیش از اندازه از غذاهای آماده، تنش و اضطراب، از علت‌های برگشت اسید معده‌اند.

نه این که اسفنکتر شل شود، بلکه شل هست

مقایسه قدرت حفاظت مخاط ها:
معده > روده باریک > مری

فعّالیت

آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد آنزیم پپسین در حضور کلریدریک اسید، پروتئین سفیدهٔ تخم مرغ را گوارش می‌دهد. توجه کنید که آنزیم‌ها در دمای ویژه‌ای فعّالیت می‌کنند.

گوارش در رودهٔ باریک: کیموس به تدریج وارد رودهٔ باریک می‌شود تا مراحل پایانی گوارش به ویژه در دوازدهه انجام شود. صفرا، شیره‌های روده و لوزالمعده که تا دوازدهه می‌ریزند به کمک حرکات روده، در گوارش نهایی کیموس نقش دارند(شکل ۱۰).

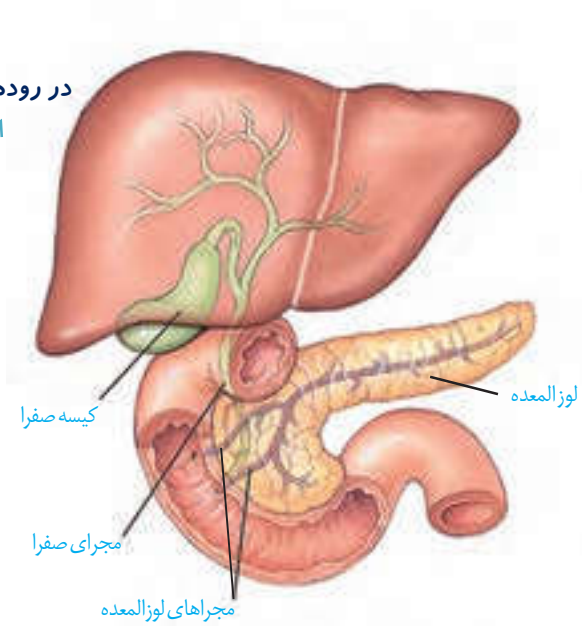
در روده باریک، حرکات قطعه قطعه کننده داریم.

حرکت‌های رودهٔ باریک: حرکت‌های رودهٔ باریک، علاوه‌بر گوارش مکانیکی و پیش بردن کیموس در طول روده، کیموس را در سراسر مخاط روده می‌گستراند تا تماس آن با شیره‌های گوارشی و نیز یاخته‌های پوششی مخاط، افزایش یابد.

شیرهٔ روده: رودهٔ باریک این شیره را ترشح می‌کند. شیرهٔ روده شامل موسین، آب، یون‌های مختلف از جمله بیکربنات و آنزیم است.

درنتیجه حالت قلیایی دارد. به جز بی کربنات یون های دیگری نیز وجود دارد.

صفرا: کبد، صفرا را می‌سازد. صفرا آنزیم ندارد و ترکیبی از نمک‌های صفراوی، بیکربنات، کلسترول و فسفولیپید است. صفرا به دوازدهه می‌ریزد و به گوارش چربی‌ها کمک می‌کند. همچنین بیکربنات صفرا به خنثی کردن حالت اسیدی کیموس معده کمک می‌کند.



شکل ۱۰ــ صفرا از راه مجاری صفراوی کبد به یک مجرای مشترک وارد و در کیسه صفرا ذخیره می‌شود.

مثل کلسترول یا نمک های صفراوی

گاهی ترکیبات صفرا در کیسه صفرا رسوب می‌کنند و سنگ ایجاد می‌شود. رژیم غذایی پرچرب در ایجاد سنگ کیسهٔ صفرا نقش دارد(شکل ۱۱).

شکل ۱۱ــ سنگ کیسه صفرا

اگر سنگ صفرا مجاری مشترک صفراوی پانکراسی را ببندد، بازهم شیره پانکراس به کمک مجرای اختصاصی پانکراس وارد دوازدهه می شود.

حواسمان باشد که صفرا در کیسه صفرا تولید نمی شود
صفرا آنزیم ندارد درنتیجه خودش مستقیما گوارش شیمیایی انجام نمی دهد اما گوارش مکانیکی مستقیما انجام می دهد

شیرهٔ لوزالمعده: آنزیم‌ها و بیکربنات لوزالمعده به دوازدهه می‌ریزند.

یعنی هم امیلاز دارد، هم پروتئاز (که غیرفعال ترشح می شود) هم لیپاز و هم نوکلئاز

لوزالمعده، آنزیم‌های لازم برای گوارش شیمیایی انواع مواد را تولید می کند. پروتئازهای لوزالمعده درون رودهٔ باریک فعّال می‌شوند. بیکربنات اثر اسید معده را خنثی می کند. به این ترتیب دیوارهٔ دوازدهه از اثر اسید حفظ و محیط مناسب برای فعالیت آنزیم‌های لوزالمعده فراهم می‌شود.

تمام آنزیم های دوازدهه، در محیط قلیایی با پی اچ ۸ بهترین کارایی را دارند.

فعّالیت

پروتئازهای لوزالمعده قوی ومتنوع‌اند و می‌توانند خود لوزالمعده را نیز تجزیه کنند.

فکر می‌کنید بدن چگونه از این مسئله جلوگیری می کند؟

غیرمستقیم: قوی ترین و متنوع ترین پروتئازهای دستگاه گوارش: پروتئازهای پانکراس

گوارش کربوهیدرات: شروع در دهان (تولید مالتوز و پلی ساکاریدهای کوچک) ادامه در دهان توسط آمیلاز بزاق ادامه توسط آمیلاز پانکراس (بازهم تولید مالتوز و پلی ساکاریدهای کوچک) – اتمام در روده باریک

گوارش پروتئین ها: شروع در معده (تولید پپتیدهای کوچک نه آمینواسید) ادامه توسط پانکراس (تولید پپتید کوچپ و آمینواسید) اتمام در روده باریک (تولید آمینواسید)

گوارش کربوهیدرات‌ها: رژیم غذایی ما شامل انواع گوناگون کربوهیدرات‌هاست. مونوساکاریدها بدون گوارش جذب می‌شوند. دی‌ساکاریدها و پلی ساکاریدها برای جذب شدن باید گوارش یابند و به مونوساکاریدتبدیل‌شوند.

آنزیم‌های گوارشی با واکنش آب‌کافت (هیدرولیز)، مولکول‌های درشت را به مولکول‌های کوچک تبدیل می‌کنند. در آب‌کافت همراه با مصرف آب، پیوند بین مولکول‌ها شکسته می‌شود. شکل ۱۲ واکنش آب‌کافت را در تبدیل دی‌ساکارید به مونوساکارید نشان می‌دهد.

دستگاه گوارش ما آنزیم مورد نیاز برای گوارش همهٔ کربوهیدرات‌ها را نمی‌سازد، مثلاً آنزیم موردنیاز برای تجزیه سلولز را نمی سازد.

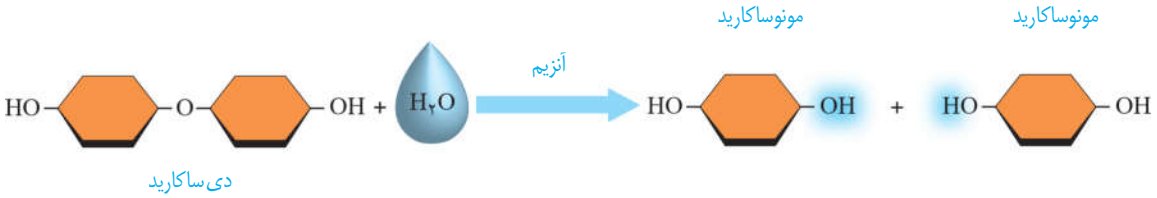
گوارش پروتئین‌ها: پپسین گوارش پروتئین‌ها را در معده آغاز می کند. در رودهٔ باریک در نتیجهٔ فعّالیت پروتئازهای لوزالمعده و آنزیم‌های رودهٔ باریک، پروتئین‌ها به آمینواسیدها، تجزیه می‌شوند.

گوارش تری گلیسریدها: فراوان‌ترین لیپیدهای رژیم غذایی، تری‌گلیسریدها هستند.

اما فراوان ترین لیپید غشا، فسفولیپیدهای هستند

آنزیم لیپاز، تری گلیسریدها را به واحدهای سازندهٔ آن تجزیه می کند. صفرا و حرکات مخلوط کنندهٔ رودهٔ باریک موجب ریز شدن چربی‌ها می‌شوند. گوارش چربی‌ها، بیشتر در اثر فعّالیت لیپاز لوزالمعده در دوازدهه انجام می‌شود.

تبدیل به مونوگلیسیرید، اسیدچرب و گلیسرول



شکل ۱۲ــ آب‌کافت یک دی‌ساکارید

فعّالیت

اثر آمیلاز بزاق بر نشاسته

مواد و وسایل لازم: یک گرم نشاسته، محلول لوگول، آب، ۳ لولهٔ آزمایش، جالوله‌ای، سه ظرف شیشه‌ای با حجم ۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ میلی لیتر، دماسنج، شعلهٔ گاز آزمایشگاه، توری و سه پایه

روش کار

۱ـ یکی از افراد گروه، دهان خود را دو یا سه مرتبه با آب بشوید و سپس بزاق خود را درون ظرف شیشه‌ای تمیزی بریزد.

۲ـ در یک ظرف شیشه‌ای ۱۵۰ میلی لیتری، یک گرم نشاسته بریزید و به آن ۱۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید.

۳ـ سه لولهٔ آزمایش تمیز بردارید و آنها را شماره گذاری کنید.

۴ـ در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۱، دو میلی لیتر از محلول نشاسته و در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۲، یک میلی لیتر بزاق بریزید؛ سپس به محتویات هر لوله، یک قطره لوگول بیفزایید. **لوگول، معرف نشاسته است که درحضور نشاسته رنگ ابی تیره به خود می گیرد.**

۵ـ در لولهٔ آزمایش شمارهٔ ۳، دو میلی لیتر محلول نشاسته و دو میلی لیتر بزاق و یک قطره لوگول بریزید.

۶ـ هر سه لولهٔ آزمایش را با استفاده از حمام آب گرم، در دمای ۳۷ درجه قرار دهید.

تغییرات را مشاهده و یادداشت کنید.

علت تغییراتی را که مشاهده کردید، توضیح دهید.

گفتار ۲ جذب مواد و تنظیم فعّالیت دستگاه گوارش

محل های جذب:
۱- دهان: اندک
۲- معده: اندک
۳- روده باریک: محل اصلی جذب
۴- روده بزرگ: آب و یون ها و ویتامین ب ۱۲

مواد مغذی برای رسیدن به یاخته‌های بدن باید از یاخته‌های بافت پوششی لولهٔ گوارش عبور کنند و وارد محیط داخلی شوند. ورود مواد به محیط داخلی بدن، **جذب** نام دارد. خون، لنف و مایع بین یاخته‌ای **محیط داخلی** را تشکیل می‌دهند. در دهان و معده، جذب اندک است و جذب اصلی در رودهٔ باریک انجام می‌شود.

نه فقط ورود به خون، ابتدا وارد مایع بین سلولی شده و سپس یا وارد خون شده یا وارد لنف می شود

جذب مواد در رودهٔ باریک

پس از گوارش در فضای رودهٔ باریک، مولکول‌های گوناگونی وجود دارند که باید از غشای یاخته‌های پوششی دیوارهٔ روده بگذرند و به این یاخته‌ها و پس از آن به محیط داخلی وارد شوند.

چین های حلقوی، به دلیل چین خوردگی مخاط روی زیرمخاط ایجاد شده، درنتیجه در هرچین حلقوی، هم مخاط دیده می شود و هم زیرمخاط

در دیوارهٔ داخلی روده، چین‌های حلقوی وجود دارند؛ روی این چین‌ها، پرزهای فراوانی دیده می‌شوند. غشای یاخته‌های پوششی رودهٔ باریک نیز در سمت فضای روده، چین خورده است. به این چین‌های میکروسکوپی، **ریزپرز** می‌گویند. مجموعهٔ چین ها، پرزها و ریزپرزها سطح داخلی رودهٔ باریک را که در تماس با کیموس است چندین برابر افزایش می‌دهند. در بیماری **سلیاک** بر اثر پروتئین **گلوتن** (که در گندم و جو وجود دارد) یاخته‌های روده تخریب می‌شوند و ریزپرزها و حتی پرزها از بین می‌روند. در نتیجه، سطح جذب مواد، کاهش شدیدی پیدا می‌کند و بسیاری از مواد مغذی مورد نیاز بدن جذب نمی‌شوند.

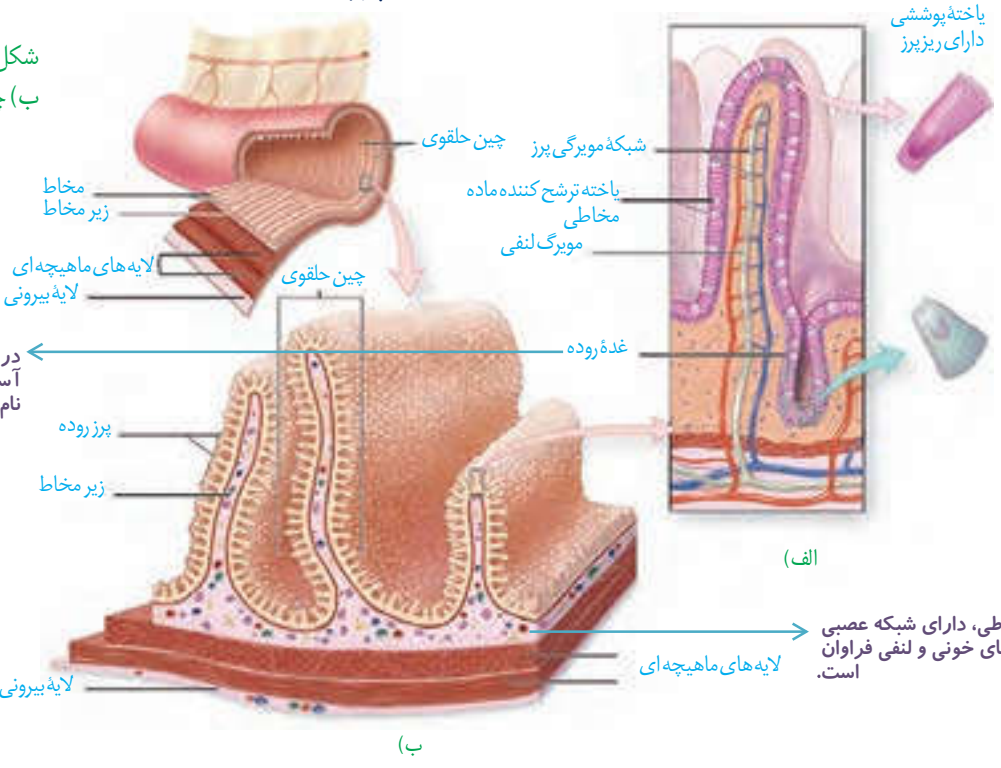
در هر پرز، تعداد زیادی سلول، یک مویرگ لنفی ته بسته، یک مویرگ خونی و یک سیاهرگ و سرخرگ دیده می شود به اضافه ماهیچه نازک مخاط که بالا آمده

ریزپرزها، همان غشا هستند (چین خوردگی های میکروسکوپی)

این پروتئین، در واکوئل سلول های دانه گندم و جو در خارجی ترین لایه اندوسپرم قرار دارند و ذخیره غذایی رویان محسوب می شوند

پرز و ریزپرز از بین می رود ولی چین حلقوی از بین نمی رود

جذب ۰ نمی شود ولی به شدت کاهش می یابد، درنتیجه فرد لاغر می شود ولی مدفوع آن پر از مواد مغذی است و چرب است.



شکل ۱۳ــ الف) پرز
ب) چین‌های حلقوی

در روده نیز مانند معده، فرورفتگی هایی وجود دارد در آستر مخاطی (بافت پیوندی سست مخاط) که غدد روده نام دارند

لایه زیرمخاطی، دارای شبکه عصبی و رگ های خونی و لنفی فراوان است.

مواد گوناگون به روش‌های متفاوتی که در فصل قبل خواندید، از یاخته‌های پوششی هر پرز عبور می‌کنند و به شبکهٔ مویرگی درون پرز و سپس جریان خون وارد می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۱۳ــ الف می‌بینید، در هر پرز، مویرگ بستهٔ لنفی نیز وجود دارد. لنف از آب و ترکیبات دیگر تشکیل شده و در رگ‌های لنفی جریان دارد. مولکول‌های حاصل از گوارش لیپیدها به مویرگ لنفی و سپس به خون وارد می‌شوند (در فصل دستگاه گردش مواد در بدن، با ساختار مویرگ خونی و لنفی بیشتر آشنا می‌شوید). این مولکول‌ها در کبد یا بافت چربی ذخیره می‌شوند. در کبد از این لیپیدها، مولکول‌های لیپوپروتئین (ترکیب لیپید و پروتئین) ساخته می‌شود. **خود کبد، توانایی تولید کلسترول دارد.**

گروهی از لیپوپروتئین‌ها کلسترول زیادی دارند و به آنها **لیپوپروتئین کم چگال (LDL)** می‌گویند. در گروهی دیگر، پروتئین از کلسترول بیشتر است که **لیپوپروتئین پرچگال (HDL)** نام دارند. زیاد بودن لیپوپروتئین پر چگال نسبت به کم‌چگال، احتمال رسوب کلسترول در دیوارهٔ سرخرگ‌ها را کاهش می‌دهد. چاقی، کم‌تحرکی و مصرف بیش از حد کلسترول، میزان لیپوپروتئین‌های کم‌چگال را افزایش می‌دهد.

ا ب که یک ماده معدنی است، هم می تواند وارد رگ خونی شود هم رگ لنفی

جذب آب به روش اسمز است.

مواد معدنی یا با انتشار تسهیل شده یا با انتقال فعال جذب می شوند

روش جذب ویتامین ها:

انتشار ساده: ویتامین های محلول در چربی (ADEK)

انتشار تسهیل شده یا انتقال فعال: ویتامین های C و B به جز B۱۲

اندوسیتوز: B۱۲ به کمک عامل داخلی معده

فعّالیت

یک برگهٔ آزمایش خون را که مواد موجود خون در آن ثبت شده است، بررسی کنید. میزان طبیعی لیپوپروتئین پر چگال (HDL)، لیپوپروتئین کم چگال (LDL)، نسبت HDL/LDL و تری گلیسرید درخون چقدر است؟

رودهٔ بزرگ و دفع

انزیم تولید می کنند، اما انزیم گوارشی (نه هر نوع آنزیمی) را ترشح نمی کنند.

ابتدای رودهٔ بزرگ **رودهٔ کور** نام دارد که به آپاندیس ختم می‌شود. ادامهٔ رودهٔ بزرگ از کولون بالارو، کولون افقی و کولون پایین‌رو، تشکیل شده است. رودهٔ بزرگ، پرز ندارد و یاخته‌های پوششی مخاط آن، مادهٔ مخاطی ترشح می‌کنند ولی آنزیم گوارشی ترشح نمی‌کنند. بعد از روده بزرگ، راست روده قرار دارد (شکل ۱۴). در انتهای راست‌روده، بندارههای داخلی (ماهیچهٔ صاف) و خارجی (ماهیچهٔ مخطط) قرار دارند (شکل ۱۴).

درنتیجه راست روده جزوی از روده بزرگ نیست

شامل سلول های جدا شده از لوله گوارش مثل روده ای روده باریک یا سنگفرشی مری

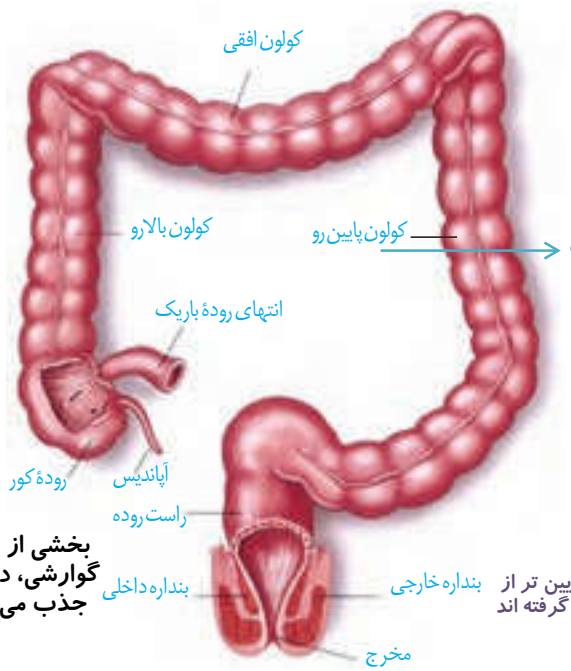
مواد جذب نشده و گوارش نیافته، یاخته‌های مرده و باقی ماندهٔ شیره‌های گوارشی، وارد رودهٔ بزرگ می‌شوند. رودهٔ بزرگ، آب و یون‌ها را جذب می‌کند؛ در نتیجه، مدفوع به شکل جامد در می‌آید. حرکات رودهٔ بزرگ، آهسته انجام می‌شوند. مدفوع به راست‌روده وارد و سرانجام دفع به صورت ارادی انجام می‌شود.

بخشی از شیره گوارشی، دوباره جذب می شود

مقداری ویتامین ب۱۲ در روده بزرگ نیز تولید می شود توسط باکتری ها، که خود روده بزرگ ا ن ها را جذب می کند.

فقط حرکات کرمی دارد ا ن هم ا هسته است

ابتدای انعکاس دفع، غیرارادی اما ادامه ا ن ارادی است



از بقیه کولون ها، بزرگ تر است

خارج تر و پایین تر از بندارهٔ داخلی قرار گرفته اند

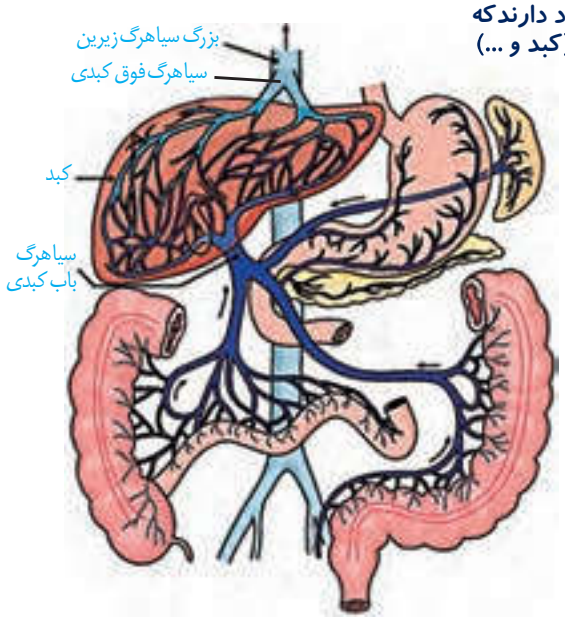
شکل ۱۴ــ بخش‌های انتهایی لولهٔ گوارش

گردش خون دستگاه گوارش

به جز لوله گوارش، اندام هایی وجود دارند که خونشان مستقیم به قلب بر نگردد (کبد و ...)

خونِ بخش‌هایی از بدن مانند خون لولهٔ گوارش به طور مستقیم به قلب برنمی‌گردد؛ بلکه از راه سیاهرگ باب، ابتدا به کبد و سپس از راه سیاهرگ‌های دیگر به قلب می‌رود (شکل ۱۵). پس از خوردن غذا، میزان جریان خون دستگاه گوارش افزایش می‌یابد تا نیاز آن برای فعّالیت بیشتر تأمین شود و مواد مغذی جذب شده، به کبد منتقل شوند. در کبد، از مواد جذب شده، گلیکوژن و پروتئین ساخته می‌شود و موادی مانند آهن و برخی ویتامین‌ها نیز در آن ذخیره می‌شوند.

خونی که به کبد می رود، مقدار بیش تری گلوکز و امینواسید و ویتامین و آهن دارد نسبت به خونی که از کبد خارج می شود



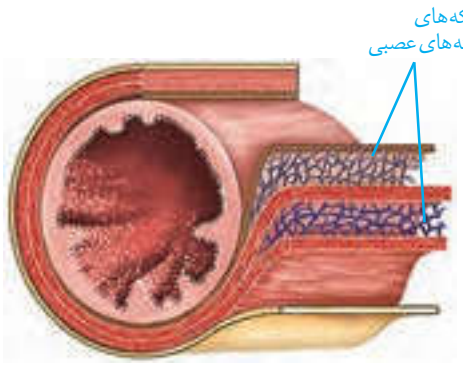
شکل ۱۵ــ سیاهرگ باب و فوق کبدی

خون بخش بالایی معده و طحال باهم به باب می ریزند
خون قسمت پایینی معده و پانکراس، باهم به باب می ریزند
خون روده باریک و کولون بالا رو، باهم به باب می ریزند
خون کولون پایین رو و راست روده، باهم به باب می ریزند

تنظیم فرایندهای گوارشی

خاموشی مطلق وجود ندارد و همواره به دستگاه گوارش خون وارد می شود

دستگاه گوارش یک مرحله خاموشی نسبی (فاصله بین خوردن وعده‌های غذایی) و یک مرحله فعّالیت شدید (بعد از ورود غذا) دارد. این دستگاه باید به ورود غذا پاسخ مناسبی بدهد؛ یعنی شیره‌های گوارشی به موقع و به اندازهٔ کافی ترشح و حرکات لولهٔ گوارش به موقع انجام شوند تا غذا را با شیره‌ها مخلوط کند و در طول لوله با سرعت مناسب حرکت دهد. فعّالیت بخش‌های دیگر بدن از جمله گردش خون نیز باید با فعّالیت دستگاه گوارش هماهنگ باشد. فعّالیت دستگاه گوارش را مانند بخش‌های دیگر بدن، دستگاه‌های عصبی و هورمونی تنظیم می‌کنند.



شکل ۱۶ــ شبکه‌های یاخته‌های عصبی لولهٔ گوارش در زیر مخاط و لایهٔ ماهیچه‌ای

تنظیم عصبی دستگاه گوارش را بخشی از دستگاه عصبی به نام **دستگاه عصبی خودمختار** انجام می‌دهد. فعّالیت این دستگاه، ناخودآگاه است؛ مثلاً وقتی به غذا فکر می‌کنیم، بزاق ترشح می‌شود. با فعّالیت دستگاه عصبی خودمختار، پیام عصبی به غده‌های بزاقی می‌رسد و بزاق ترشح می‌شود. دیدن غذا و بوی آن نیز باعث افزایش ترشح بزاق می‌شوند.

مثلا میزان ترشحات پانکراس، تحت تاثیر دستگاه عصبی خودمختار و هورمون (سکرتین) است یا معده نیز تحت تاثیر دستگاه عصبی خودمختار و هورمون (گاسترین) است و بقیه قسمت ها نیز همین طور

۱- کجاست؟ از مری تا مخرج
۲- در کدام لایه ها؟ در زیرمخاطی و ماهیچه ای
۳- چی کار می کنه؟ تنظیم ترشحات و حرکات لوله گوارش
۴- با کی تنظیم می شه؟ مرتبا با دستگاه عصبی خودمختار تنظیم می شود
۵- می تواند مستقل کار کند

مرکز عصبی بزاق، پل مغزی است

انجام فعّالیت‌های گوارشی با فعّالیت‌های بخش‌های دیگر بدن نیز باید هماهنگ شود. مثلاً هنگام بلع و عبور غذا از حلق، مرکز بلع در بصل النّخاع، فعّالیت مرکز تنفس را که در نزدیک آن قرار دارد، مهار می‌کند؛ در نتیجه، نای بسته و تنفس برای زمانی کوتاه، متوقف می‌شود.

همان‌طور که در ساختار لوله گوارش دیدیم، در دیوارهٔ این لوله (از مری تا مخرج) شبکه‌های یاخته‌های عصبی، وجود دارند (شکل ۱۶). این شبکه‌ها تحرک و ترشح را در لولهٔ گوارش، تنظیم می‌کنند. شبکه‌های عصبی روده‌ای می‌توانند مستقل از دستگاه عصبی خودمختار، فعّالیت کنند. اما دستگاه عصبی خود مختار با آنها ارتباط دارد و بر عملکرد آنها تأثیر می‌گذارد.

شبکه عصبی روده ای

در بخش‌های مختلف معده و روده، یاخته‌هایی وجود دارند که هورمون می‌سازند. این هورمون‌ها

به خون می‌ریزند و همراه با دستگاه عصبی، فعّالیت‌های دستگاه گوارش را تنظیم می‌کنند. **سکرتین** و **گاسترین** از این هورمون‌ها هستند. سکرتین، از دوازدهه به خون ترشح می‌شود و با اثر بر لوزالمعده موجب می‌شود ترشح بیکربنات افزایش یابد. گاسترین از معده ترشح و باعث افزایش ترشح اسید معده و پپسینوژن می‌شود.

باعث افزایش انزیم‌های پانکراس نمی‌شود

اما باعث افزایش عامل داخلی معده نمی‌شود.

وزن مناسب

از دلایل چاقی در جوامع امروزی، استفاده از غذاهای پر انرژی (غذاهای پرچرب و شیرین)، عوامل روانی مانند غذا خوردن برای رهایی از تنش و شیوهٔ زندگیِ کم تحرک است. البتّه چاقی در برخی از افراد به ژن‌ها مربوط است. چاقی، سلامت فرد را به خطر می‌اندازد و احتمال ابتلا به بیماری‌هایی مانند دیابت نوع ۲، انواعی از سرطان، تنگ شدن سرخرگ‌ها، سکتهٔ قلبی و مغزی را افزایش می‌دهد.

اما دیابت نوع ۱ نه

چندین نوع سرطان نه یک نوع

از سوی دیگر، افرادی که کمتر از نیاز غذا می‌خورند و در نتیجه، لاغر می‌شوند؛ به علّت کاهش دریافت مواد مغذی دچار مشکلاتی مانند کم‌خونی و کاهش استحکام استخوان‌ها می‌شوند. تبلیغات و فشار اجتماعی در تمایل افراد به کاهش وزن بیش از حد نقش دارد.

به دلیل کمبود آهن

به دلیل کمبود کلسیم

برای تعیین وزن مناسب، از شاخص تودهٔ بدنی استفاده می‌کنند. این شاخص از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{شاخص تودهٔ بدنی} = \frac{\text{جرم (Kg)}}{\text{مربع قد } (m^2)}$$

کم تر از ۱۹: کم وزن
بین ۱۹ تا ۲۵: مناسب
بین ۲۵ تا ۳۰: اضافه وزن
بالای ۳۰: چاق

شاخص تودهٔ بدنی کمتر از ۱۹، نشان‌دهندهٔ کمبود وزن و بیشتر از ۳۰ به معنی چاقی است. اگر این شاخص بین ۱۹ تا ۲۵ باشد، نشان‌دهندهٔ وزن مناسب و بین ۲۵ تا ۳۰ به معنی داشتن وزن اضافه است.

تعیین وزن مناسب بر اساس شاخص تودهٔ بدنی برای افراد بیشتر از بیست سال است. از آنجا که افراد کمتر از بیست سال در سن رشد قرار دارند، برای بررسی مناسب بودن وزن این افراد، شاخص تودهٔ بدنی آنها را با افراد هم سن و هم جنس، مقایسه می‌کنند. البته وزن هر فرد به تراکم استخوان، مقدار بافت ماهیچه و چربی بدن او بستگی دارد. بنابراین فقط افراد متخصص می‌توانند دربارهٔ مناسب بودن وزن فرد، قضاوت کنند.

فعّالیت

ذخیرهٔ بیش از اندازهٔ چربی در کبد موجب بیماری «کبد چرب» می‌شود. چگونه می‌توان از این بیماری پیشگیری کرد؟ در این باره اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به کلاس ارائه دهید.

کرم کدو، نوعی انگل است که در روده باریک انسان زندگی می کند
یک بی مهره محسوب می شود و پرسلولی است. (همه جانوران پرسلولی هستند)

دارای دفاع غیراختصاصی است، دفاع اختصاصی ندارد،

کرم کدو، مانند کرم کبد، نوعی کرم پهن است

بدن کرم کدو، بندبند است و اندازه قطر از دهان به مخرج بیش تر می شود

شکل ۱۷ــ کرم کدو

سر و مغز دارد اما دهان ندارد

پارامسی یک ا غازی است. پارامسی به جز واکوئل غذایی و گوارشی و دفعی،
دو واکوئل انقباضی نیز دارد که مسئول خارج کردن آب اضافی از سلول است

گفتار ۳ تنوع گوارش در جانداران

مثلا برخی باکتری ها — کرم کدو — برخی انگل ها

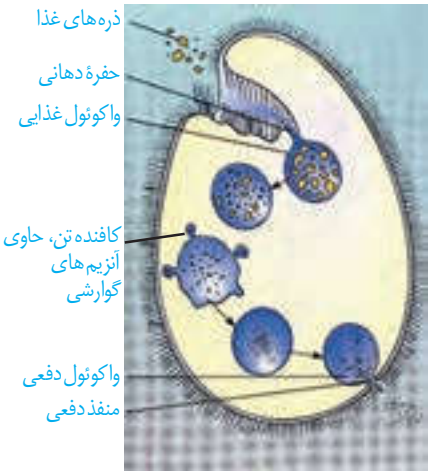
برخی جانداران، مواد مغذی را از سطح یاخته یا بدن و به‌طور مستقیم از محیط، دریافت می‌کنند. این محیط، آب دریا، دستگاه گوارش یا مایعات بدن جانوران میزبان است. کرم کدو که فاقد دهان و دستگاه گوارش است، مواد مغذی را از سطح بدن جذب می‌کند (شکل ۱۷).

سطح بدن سطح جذب غذا – تبادل گازی و دفع مواد هم هست

هیچ گوارش مکانیکی یا شیمیایی انجام نمی دهد و فقط جذب می کند.

واکوئل گوارشی: پارامسی از آغازیان است و با حرکت مژک‌ها غذا را از محیط به حفرهٔ دهانی منتقل می‌کند. در انتهای حفره، کیسه‌ای غشایی به نام **واکوئل غذایی** تشکیل می‌شود. واکوئل غذایی درون سیتوپلاسم حرکت می‌کند. کافنده تن (لیزوزوم) به واکوئل می‌پیوندد و آنزیم‌های خود را به درون آن آزاد می‌کند. در نتیجه، **واکوئل گوارشی** تشکیل می‌شود. مواد گوارش یافته از این واکوئل خارج می‌شوند و مواد گوارش نیافته در آن باقی می‌مانند. به این واکوئل، **واکوئل دفعی** می‌گویند. محتویات این واکوئل از راه منفذ دفعی یاخته خارج می‌شود (شکل ۱۸).

مژک ها هم در انتقال غذا به حفره دهانی نقش دارند و هم در حرکت پارامسی



شکل ۱۸ــ گوارش درون یاخته‌ای در پارامسی از آغازیان

اندازه مژک های اطراف شیار دهانی در پارامسی، که مسئول انتقال غذا به سلول هستند، از مژک های اطراف که مسئول حرکت پارامسی هستند، بزرگ تر است

منفذ دفعی، یک نقطه مشخص در پارامسی است که فاقد مژک است

به یک واکوئل غذایی، چندین لیزوزوم وارد می شوند که اندازه هر لیزوزوم، کوچک تر از واکوئل غذایی است.

حفرهٔ گوارشی: گوارش در جانوری مانند هیدر در کیسه‌ای به نام **حفرهٔ گوارشی** انجام می‌شود. این حفره فقط یک سوراخ برای ورود و خروج مواد دارد. یاخته‌هایی در این حفره، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که فرایند گوارش به‌صورت برون‌یاخته‌ای را آغاز می‌کنند. یاخته‌های این حفره، ذره‌های غذایی را با درون‌بری دریافت می‌کنند. سپس فرایند گوارش به‌صورت درون یاخته‌ای در حفرهٔ گوارشی ادامه می‌یابد (شکل ۱۹).

هم گوارش برون سلولی دارد که اول اتفاق می افتد و هم گوارش درون سلولی

هیدر:

گوارش: حفره گوارشی

تبادل گازی: انتشار

گردش مواد: گردش آب

دفع مواد زائد: از دهان و انتشار

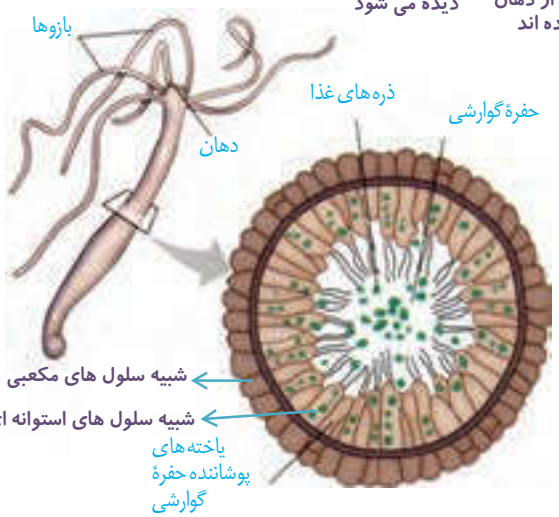
دستگاه عصبی: شبکه عصبی دارد که نورون ها همه باهم ارتباط دارند ولی مغز ندارد و دستگاه عصبی محیطی و مرکزی نیز ندارد سر هم ندارد

اسکلت: آب ایستایی

ایمنی: فقط غیراختصاصی

۶ انشعاب (بازو) در این شکل دیده می شود

انعشابات از کمی پایین تر از دهان ایجاد شده اند



بعضی سلول های لایه درونی تاژک دارند که هرکدام ۲ تاژک دارند

شکل ۱۹ــ حفرهٔ گوارشی در هیدر

مواد دفعی هیدر، شامل ذره های بزرگی هستند که حتی گوارشی برون سلولی هم نیافته اند و ذره های کوچیکی که توسط واکوئل دفعی از سلول های لایه داخلی خارج شده اند

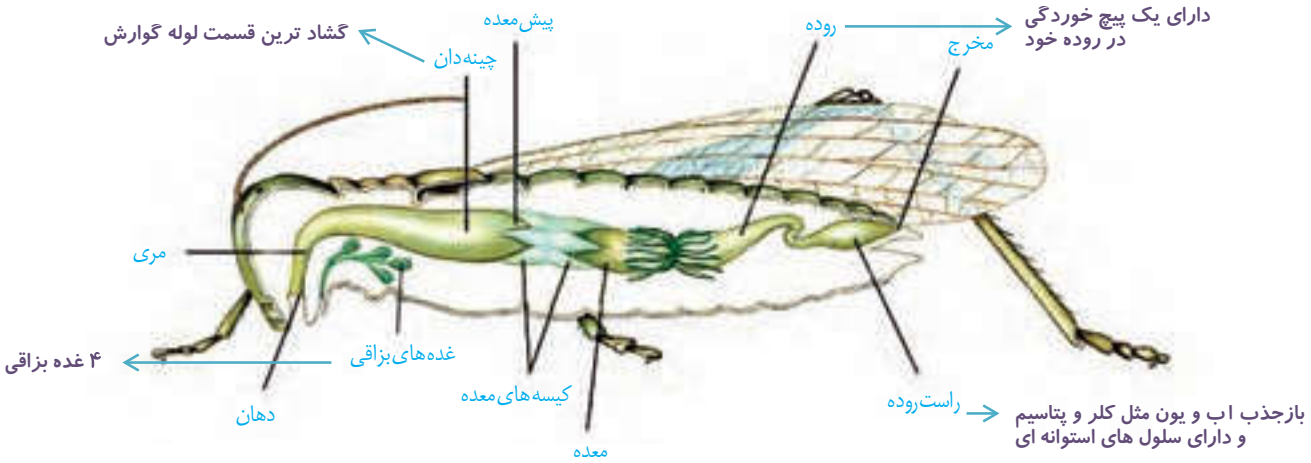
البته در لوله گوارش هم در قسمت هایی حرکت مواد دوطرفه است:
۱- استفراغ
۲- ریفلاکس
۳- مری نشخوارکنندگان
۴- غذا دادن پرنده کاکایی به فرزندان خود

لولهٔ گوارش: این لوله در اثر تشکیل مخرج، شکل می‌گیرد و امکان جریان یک‌طرفهٔ غذا را فراهم می‌کند. در ادامه نمونه‌هایی از لوله گوارش در جانوران را بررسی می‌کنیم.

ملخ، حشره‌ای گیاه‌خوار است و با استفاده از آرواره‌ها، مواد غذایی را خرد و به دهان منتقل می‌کند. غذای خرد شده از طریق مری به **چینه‌دان** وارد می‌شود. چینه‌دان بخش حجیم انتهای مری است که در آن غذا ذخیره و نرم می‌شود. سپس غذا به بخش کوچکی به نام **پیش‌معده** وارد می‌شود. دیوارهٔ پیش‌معده دندانه‌هایی دارد که به خرد شدن بیشتر مواد غذایی کمک می‌کنند. معده و کیسه‌های معده، آنزیم‌هایی ترشح می‌کنند که به پیش‌معده وارد می‌شوند. جذب، در معده صورت می‌گیرد. مواد گوارش نیافته پس از عبور از روده، به راست‌روده وارد و سپس از مخرج دفع می‌شوند (شکل ۲۰).

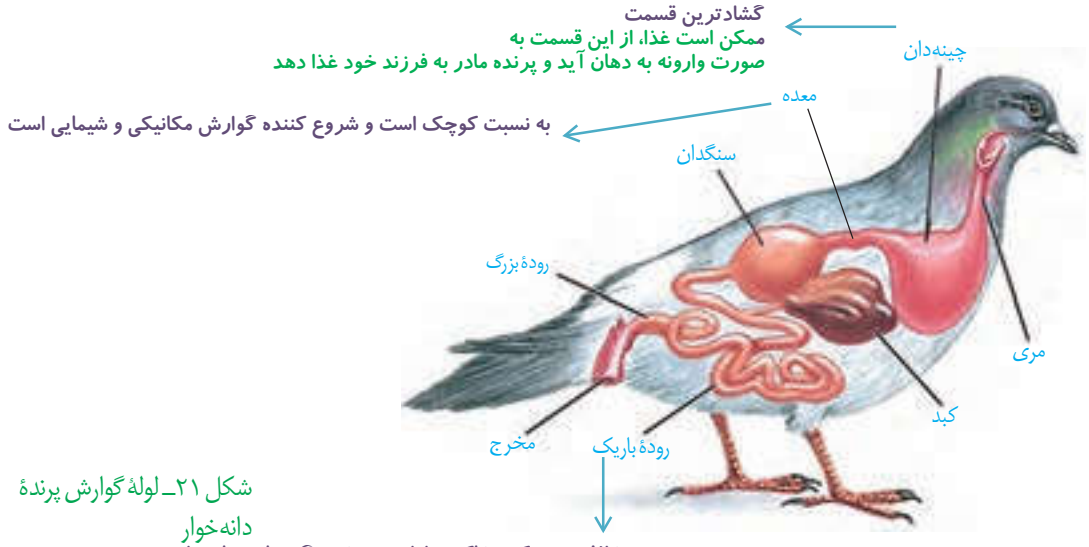
ملخ: تنفس: نایدیسی - گردش مواد: گردش باز (همولنف) - دفع مواد: لوله مالپیگی
دستگاه عصبی: طناب عصبی شکمی دارای گره و در مغز دارای چندین گره به هم جوش خورده
حواس: چشم مرکب - حرکت: اسکلت بیرونی - ایمنی: فقط غیراختصاصی

شکل ۲۰ــ لولهٔ گوارش ملخ



جانوران دیگری مانند پرندگان دانه‌خوار نیز چینه‌دان دارند. شکل ۲۱ لوله گوارش در این پرندگان را نشان می‌دهد.

بخش عقبی معده در این پرندگان ساختاری ماهیچه‌ای است و **سنگدان** نامیده می‌شود. سنگریزه‌هایی که پرنده می‌بلعد، فرایند آسیاب کردن غذا را تسهیل می‌کنند.



شکل ۲۱ــ لولهٔ گوارش پرندهٔ دانه‌خوار

قسمت های مختلف معده نشخوارکنندگان
۱- سیرابی: حجیم ترین قسمت
۲- نگاری: کوچک ترین قسمت
۳- هزارلا: اتاقک لایه لایه
۴- شیردان: معده واقعی

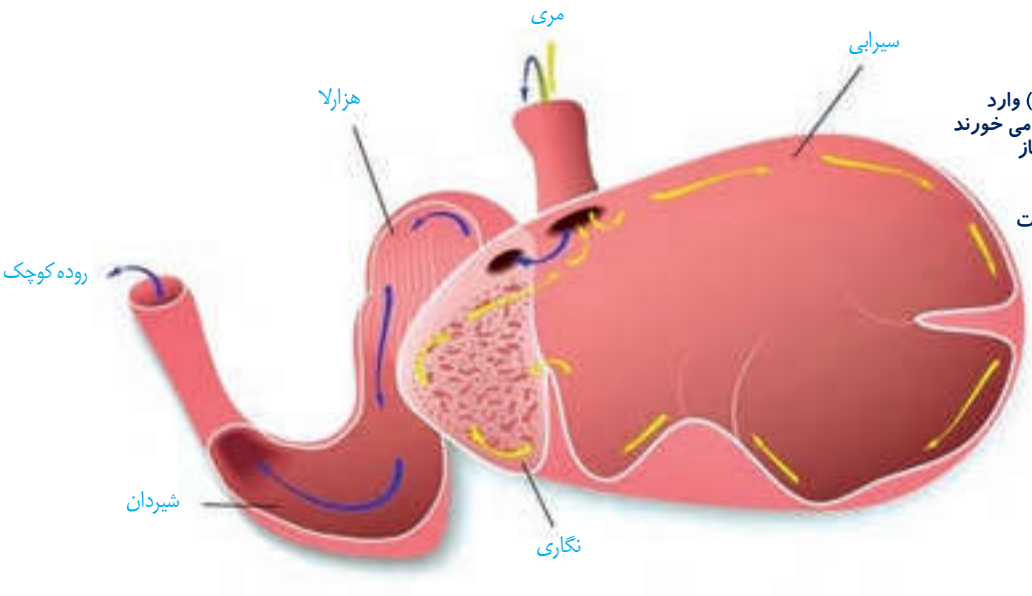
پستانداران نشخوارکننده، نظیر گاو و گوسفند، معدهٔ چهار قسمتی دارند (شکل ۲۲). در این جانوران، معده، شامل کیسهٔ بزرگی به نام **سیرابی**؛ بخشی به نام **نگاری**؛ یک اتاقک لایه‌لایه به نام **هزارلا** و معدهٔ واقعی یا **شیردان** است. این جانوران به سرعت غذا می‌خورند تا در فرصت مناسب یا مکانی امن، غذا را با نشخوارکردن به دهان برگردانند و بجوند. ابتدا غذای نیمه جویده بلعیده و وارد سیرابی می‌شود و در آنجا به کمک میکروب‌ها تا حدی گوارش می‌یابد. در نشخوارکنندگان، وجود میکروب‌ها برای گوارش سلولز ضروری است. سلولز مقدار زیادی انرژی دارد ولی اغلب جانوران فاقد توانایی تولید آنزیم لازم برای گوارش آن هستند.

مثال نقض: ملخ، خودش توسط سلول های خودش می تواند آمیلاز بسازد

مثال نقض: ملخ، خودش توسط سلول های خودش می تواند آمیلاز بسازد

توده‌های غذا سپس به نگاری وارد و به دهان برمی‌گردند. در این زمان غذا به طور کامل، جویده و دوباره به سیرابی وارد می‌شود؛ بیشتر حالت مایع پیدا می‌کند و سپس به نگاری جریان می‌یابد. مواد از آنجا به هزارلا رفته، تا حدودی آبگیری و سرانجام به شیردان وارد می‌شوند. در این محل آنزیم‌های گوارشی وارد عمل می‌شوند و گوارش ادامه پیدا می‌کند (شکل ۲۲).

شکل ۲۲ــ معدهٔ چهار قسمتی



هنگامی که مواد نیمه جویده (بار اول) وارد سیرابی می شوند، کامل در آن چرخ می خورند و سپس وارد نگاری شده و به مری باز می گردند اما در بار دوم (مواد کاملا جویده شده) به سرعت از سیرابی وارد نگاری شده و از نگاری به سرعت وارد هزارلا می شوند.

فعّالیت

دربارهٔ ارتباط بین گوارش نشخوارکنندگان با گرم شدن کرهٔ زمین اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و در کلاس ارائه دهید.