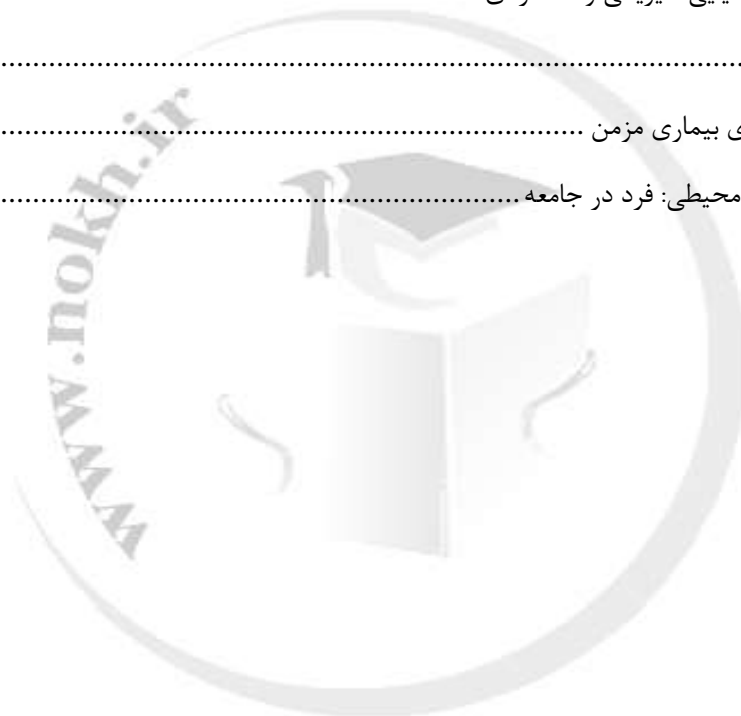


## فهرست

- فصل اول: دریافت: هضم، جذب و دفع گوارشی مواد مغذی.....
- فصل دوم: دریافت: انرژی .....
- فصل سوم: بالینی: آب، الکترولیت و تعادل اسید-باز .....
- فصل چهارم: دریافت: ارزیابی تاریخچه ی مرتبط با غذا و تغذیه .....
- فصل پنجم: بالینی: ارزیابی بیوشیمیایی، فیزیکی و عملکردی .....
- فصل ششم: ژنومیک تغذیه ای .....
- فصل هفتم: التهاب و پاتوفیزیولوژی بیماری مزمن .....
- فصل هشتم: جنبه‌های رفتاری - محیطی: فرد در جامعه .....





کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

[www.nokhbegaan.com](http://www.nokhbegaan.com)

## فصل اول

# دریافت: هضم، جذب و دفع گوارشی مواد مغذی

### کلمات کلیدی

Amylase, pancreatic	آمیلاز پانکراسی	Lactase	لاکتاز
Amylase, salivary	آمیلاز بزاقی	Lipase, gastric	لیپاز معده ای
Brush border membrane	غشای حاشیه‌ی مسواکی	Lipase, pancreatic	لیپاز پانکراسی
Chelation	شلاته شدن	Lipase, salivary	لیپاز بزاقی
Cholecystokinin (CCK)	کوله سیستوکینین	Lipolytic enzymes	آنزیم‌های تجزیه کننده لیپید
Chyme	کیموس	Maltase	مالتاز
Colonic salvage	بازیابی روده بزرگ	Micelle	میسل
Crypts	کریپت‌ها	Microbiome	میکروبیوم
Diffusion, facilitated	انتشار تسهیل شده	Microbiota	میکروبیوتا
Diffusion, passive	انتشار غیرفعال	Microvilli	میکروویلی
Dysbiosis	دیس بیوز	Motilin	موتیلین
Enterocytes	سلول‌های روده (انتروسیت‌ها)	Mucosa	موکوس
Enterohepatic circulation	گردش انتروهپاتیک (روده‌ای-کبدی)	Parietal cells	سلول‌های جداری
Enterokinase	انتروکیناز	Pepsin	پپسین
Enzymatic hydrolysis	هیدرولیز آنزیمی	Peristalsis	پرستالسیس (حرکات لوله‌ی گوارش)
Epithelial cells	سلول‌های اپیتلیال	Prebiotic	پربیوتیک
Gastrin	گاسترین	Probiotic	پروبیوتیک
Ghrelin	گرلین	Proteolytic enzymes	آنزیم‌های تجزیه کننده پروتئین
Glucagon-like peptide 2 (GLP-2)	پپتید شبه گلوکاگن-۲	Secretin	سکرتین
Gut-brain axis	محور روده‌ای- مغزی	Segmentation	سگمنتیشن (انقباضات خرد کننده‌ی روده)
Isomaltase	ایزومالتاز	Somatostatin	سوماتواستاتین
Sucrase	سوکروز	Trypsin	تریپسین
Synbioti	سین بیوتیک	Trypsinogen	تریپسینوژن
Transport, active	انتقال فعال	Unstirred water layer (UWL)	لایه آبی متحرک
Transport, pass	انتقال غیرفعال	Villi	پرزها

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

## دستگاه گوارش<sup>۱</sup> (GIT)

دستگاه گوارش یکی از بزرگترین ارگان‌های بدن است که بیشترین سطح و بالاترین تعداد سلول‌های ایمنی را دارد و یکی از فعال‌ترین بافت‌های متابولیکی در بدن می‌باشد. ساختار منحصر به فرد دستگاه گوارش ظرفیت پردازش مواد مغذی فراوان را در انسان‌های سالم فراهم می‌کند. طول دستگاه گوارش انسان حدود ۹ متر می‌باشد که از دهان تا مقعد گسترش یافته و شامل ساختارهای حلقی، مری، معده، کبد و کیسه صفرا، لوزالمعده و روده کوچک و بزرگ است.

دستگاه گوارش جهت مواردی طراحی شده است که عبارتند از: (۱) هضم پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و لیپیدهای موجود در غذاها و نوشیدنی‌های خورده شده (۲) جذب مایعات، درشت مغذی‌های هضم شده، ریز مغذی‌ها و عناصر کمیاب (۳) ایجاد یک سد فیزیکی و ایمنولوژیکی در برابر میکروارگانیسم‌ها، مواد خارجی و آنتی ژن‌های بالقوه‌ای که در مواد غذایی مصرف شده وجود داشته و یا در حین عبور غذا از دستگاه گوارش تشکیل شده‌اند (۴) هماهنگی با سیستم ایمنی کلی در پاسخ به میکروب‌ها و آنتی ژن‌ها و در نتیجه کنترل سطح تحمل یا التهاب و (۵) ایجاد مسیرهای سیگنالینگ تنظیمی و بیوشیمیایی به سیستم عصبی از طریق مسیری که به عنوان محور روده ای-مغزی شناخته می‌شود و غالباً میکروبیوتای روده را شامل می‌شود.

انسان در مقایسه با نشخوارکنندگان و حیوانات دارای روده بسیار بزرگ، به طور قابل ملاحظه‌ای در کسب انرژی از علف‌ها، ساقه‌ها، دانه‌ها و سایر مواد درشت فیبری کارایی کمتری دارد. انسان فاقد آنزیم‌های لازم جهت هیدرولیز پیوندهای شیمیایی متصل‌کننده ی مولکول‌های قندهای تشکیل دهنده ی فیبرهای گیاهی است. با این حال، غذاهای فیبری و هر نوع کربوهیدرات هضم نشده توسط باکتری‌های موجود در روده بزرگ انسان در درجات مختلف تخمیر می‌شوند. این فرآیند می‌تواند ۵ تا ۱۰ درصد از انرژی مورد نیاز انسان را تأمین نماید.

تقریباً ۴۵٪ انرژی مورد نیاز روده باریک و ۷۰٪ انرژی مورد نیاز سلول‌های پوشاننده روده بزرگ از طریق مواد مغذی عبوری از لومن آن تأمین می‌شود. مخاط روده فقط پس از چند روز گرسنگی یا تغذیه وریدی (تغذیه پرنترال) دچار آتروفی می‌گردد (سطح جذب کاهش می‌یابد و همچنین ترشحات، عملکردهای سنتزی، جریان خون و ظرفیت جذب همگی کاهش می‌یابند). مصرف مجدد غذا منجر به تکثیر سلول‌های اپیتلیال و بازگشت عملکرد طبیعی دستگاه گوارش تنها پس از چند روز می‌شود.

### مروری بر خلاصه فرایند هضم و جذب

غذا در معده با مایعات اسیدی که دارای آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک می‌باشد، مخلوط می‌شود. مقدار کمی از لیپیدها، هضم و پروتئین‌ها، دنانوره و تا حدی هضم می‌گردند. وقتی که غذا به قوام و غلظت مناسبی برسد، کیموس نامیده می‌شود که از معده وارد روده کوچک می‌شود که بیشترین میزان هضم در آنجا صورت می‌گیرد.

۱۰۰ سانتی متر نخست روده کوچک بسیار فعال می‌باشد که موجب هضم و جذب مقدار زیادی از مواد مصرف شده می‌شود نشاسته به کربوهیدرات با وزن مولکولی کمتر و پروتئین‌ها به پپتیدهایی با اندازه کوچک تا متوسط تبدیل می‌شوند. چربی غذا هم از گلبول‌های قابل رویت به قطرات میکروسکوپیکی تری گلیسیرید و سپس به اسیدهای چرب و مونوگلیسریدها تبدیل می‌شود. آنزیم‌های غشای حاشیه مسواکی روده کوچک، کربوهیدرات‌های باقیمانده را به مونوساکاریدها و پپتیدهای باقیمانده را به آمینواسیدها، دی پپتیدها و تری پپتیدها تبدیل می‌کند.

<sup>۱</sup> Gastrointestinal tract

حجم زیادی از مایعات جهت فرایند هضم و جذب استفاده می‌شود. همراه با ترشحات بزاق و معده، ترشحات پانکراس، روده کوچک و کیسه صفرا روی هم رفته حدود ۷ لیتر مایعات به طور روزانه وارد دستگاه گوارش می‌شوند و بیشتر از ۲ لیتر نیز توسط فرد در طول روز مصرف می‌شوند. تمام این مایعات به جز ۱۰۰ میلی لیتر در لومن جذب می‌شود؛ به طوری که حدود ۷ لیتر در روده کوچک و ۲ لیتر در روده بزرگ می‌باشد.

اغلب مواد مغذی جذب شده از دستگاه گوارش برای انتقال به کبد وارد ورید باب می‌شوند که یا در کبد ذخیره می‌شوند یا به مواد دیگر تبدیل می‌گردند و یا نیز وارد گردش خون می‌شوند. اما محصولات نهایی اکثر چربی های غذایی از طریق گردش لنفاوی به جریان خون منتقل می‌شوند؛

مواد مغذی ای که به قسمت دیستال روده کوچک و روده بزرگ می رسند، به میزان قابل توجهی فیبرهای رژیمی قابل تخمیر و نشاسته های مقاوم هستند که به وسیله میکروبیوتای ساکن در لومن این قسمت از روده تخمیر می‌شوند. اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (SCFAs) و گاز از محصولات تخمیری می‌باشند. SCFAs، انرژی ترجیحی سلول های روده می‌باشند که باعث بازسازی و عملکرد بهتر سلول های روده، افزایش عملکرد روده و تنظیم بیان ژن می‌شوند. بعلاوه برخی از کربوهیدرات ها عملکرد پریبیوتیکی دارند که باعث القاء رشد و فعالیت میکروب های مفید موجود در میکروبیوتای روده می‌گردند.

### آنزیم های درگیر در هضم

آنزیم های کلیدی مربوط به هضم در انسان به صورت خلاصه در جدول ۱-۱ آمده اند.

جدول ۱-۱. خلاصه ای از آنزیم های هضم و جذب				
ترشح و منبع	آنزیم	سوبسترا	عملکرد و محصول نهایی	محصول نهایی جذب شده
بزاق از غدد بزاقی در دهان	آلفا-آمیلاز	نشاسته (پلی ساکاریدهای با پیوند آلفا)	هیدرولیز جهت تشکیل دکسترین و مالتوز	-
لیپاز دهانی	تری گلیسیرید	هیدرولیز جهت تشکیل دی گلیسیرید و اسید چرب آزاد	-	-
ترشحات معده ای از غدد معده به داخل موکوس معده	پپسین (فرم فعال پپسینوزن در حضور هیدروکلریک اسید)	پروتئین	هیدرولیز پیوند پپتیدی جهت تشکیل پپتید و آمینواسید	-
لیپاز معده ای	تری گلیسیرید	هیدرولیز جهت تشکیل گلیسیرید و تولید اسیدچرب آزاد	-	-
ترشحات اگزوکرین از سلول های آسینی پانکراس که در دئودنوم فعالیت می‌کنند.	لیپاز	چربی (در حضور نمک صفاوی)	هیدرولیز جهت تشکیل مونوگلیسیرید و اسیدچرب آزاد که در میسل گنجانده می‌شوند.	اسیدچرب آزاد به سلول های آسینی پانکراس؛ استری فایده مجدد به عنوان تری گلیسیرید
کلیسترول استراز	استرول ها (مثل کلیسترول)	هیدرولیز جهت تشکیل	کلیسترول به سلول های	-

<sup>2</sup> Short-chain fatty acids

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

موکوسی؛ انتقال به شیلومیکرون	استرهای کلسترول و اسیدچرب که در میسل گنجانده می‌شوند.				
-	هیدرولیز جهت تشکیل دکترین و مالتوز	نشاسته و دکترین	آلفا-آمیلاز		
-	هیدرولیز پیوند پپتیدی داخلی جهت تشکیل پلی پپتید	پروتئین و پپتید	تریپسین (تریپسینوژن فعال شده)		
-	هیدرولیز پیوند پپتیدی داخلی جهت تشکیل پلی پپتید	پروتئین و پپتید	کیموتریپسین (کیموتریپسینوژن فعال شده)		
آمینواسیدها	هیدرولیز پیوندهای انتهایی پپتید (انتهای کربوکسیل) جهت تشکیل آمینواسیدها	پلی پپتیدها	کربوکسی پپتیداز (پروکربوکسی پپتیداز فعال)		
مونونوکلئوتید	هیدرولیز جهت تشکیل مونونوکلئوتید	ریبونوکلئیک اسید <sup>۳</sup> (RNA) و دئوکسی ریبونوکلئیک اسید <sup>۴</sup> (DNA)	ریبونوکلئاز و دئوکسی ریبونوکلئاز		
-	هیدرولیز جهت تشکیل پپتید و آمینواسید	پروتئین فیروز (الاستین)	الاستاز		
دی پپتید و تری پپتید آمینواسید	تریپسین فعال جداکردن آمینواسیدها از انتهای آمین پروتئین یا پپتیدها	تریپسینوژن پلی پپتید	انتروکیناز آمینوپپتیداز و دی پپتیداز (در سیتوزول انتروسیت ها نیز وجود دارند)	آنزیم های روده کوچک (واقع در غشای حاشیه مسواکی)	
گلوکز و فروکتوز	هیدرولیز و تولید گلوکز و فروکتوز	ساکاروز	سوکراز		
گلوکز	هیدرولیز و تولید گلوکز	دکترین (ایزومالتوز)	آلفادکستریناز (ایزومالتاز)		
گلوکز	هیدرولیز جهت تشکیل گلوکز	مالتوز	مالتاز		
گلوکز و گالاکتوز	هیدرولیز جهت تشکیل گلوکز و گالاکتوز	لاکتوز	لاکتاز		
نوکلئوتید	هیدرولیز جهت تشکیل نوکلئوتید و فسفات	نوکلئیک اسید	نوکلئوتیداز		
بازهای پورین و پیریمیدین	هیدرولیز جهت تشکیل پورین، پیریمیدین و بنتوز فسفات	نوکلئوزید	نوکلئوزیداز و فسفریلاز		

<sup>3</sup> Ribonucleic acids

<sup>4</sup> Deoxyribonucleic acids

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز خبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

### تنظیم فعالیت دستگاه گوارش: مکانیسم های عصبی و هورمونی

برخی از نوروترنسمیترهای آزاد شده از پایانه های اعصاب روده در جدول ۱-۲ نشان شده اند. سیستم عصبی در افراد مبتلا به بیماری های دستگاه گوارش (مثل عفونت، بیماری های التهابی روده و سندروم روده تحریک پذیر) ممکن است بیش از حد تحریک شود و در نتیجه منجر به ترشحات غیرطبیعی، جریان خون تغییر یافته، افزایش نفوذپذیری و تغییر عملکرد ایمنی گردد.

جدول ۱-۲. نمونه هایی از نوروترنسمیترها و عملکرد های آن ها		
نوروترنسمیتر	محل ترشح	فعالیت اصلی
GABA	سیستم عصبی مرکزی	شل کردن اسفنکتر تحتانی مری
نوراپی نفرین	سیستم عصبی مرکزی، طناب نخاعی، اعصاب سمپاتیک	کاهش حرکت، افزایش انقباض اسفنکتر ها، مهار ترشح
استیل کولین	سیستم عصبی مرکزی، سیستم اتونوم و سایر بافت ها	افزایش حرکت، شل کردن اسفنکتر ها و تحریک ترشح
نوروتنسنین	دستگاه گوارش، سیستم عصبی مرکزی	مهار تخلیه ی معده و ترشح اسید
سروتونین (5-HT)	دستگاه گوارش، طناب نخاعی	تسهیل ترشح و حرکات پرستالتیک
نیتریک اکساید	سیستم عصبی مرکزی، طناب نخاعی	تنظیم جریان خون، حفظ تون عضلات و حفظ فعالیت حرکتی معده
ماده P	روده، سیستم عصبی مرکزی، پوست	افزایش آگاهی حسی (به ویژه درد) و حرکات پرستالتیک

اعصاب پاراسمپاتیک نواحی خاصی از دستگاه گوارش را عصب دهی می کند و در اعمال خاصی نقش دارد. به عنوان مثال، دیدن یا بوئیدن غذا باعث تحریک فعالیت عصب واگ می شود که منجر به ترشح اسید از سلول های جداری معده می گردد. سیستم عصبی روده، پیام هایی را از طریق مسیر واگی و اعصاب نخاعی به سیستم عصبی مرکزی می فرستد که به صورت درد، تهوع، احساس سیری یا خالی بودن معده درک می شوند. التهاب، اختلالات حرکتی و انواع مختلفی از آسیب های روده می توانند این ادراک را تشدید نمایند.

### هورمون های دستگاه گوارش

تنظیمات دستگاه گوارش توسط هورمون های مختلفی که به وسیله سلول های انتروکراین واقع در پوشش اپیتلیوم دستگاه گوارش ترشح می شوند، صورت می گیرد. این هورمون ها می توانند عملکرد سلول هایی را که خود آن ها را ترشح می کنند (اتوکراین) یا سلول هایی را که در مجاورت آن ها قرار دارند (پاراکراین) و یا سلول های دورتر را که از طریق جریان خون به آن ها دسترسی پیدا می کنند (اندوکراین) را تنظیم نمایند.

برخی از هورمون ها (مثل کوله سیتوکینین [CCK] و خانواده سوماتواستاتین) همچنین به عنوان نوروترنسمیتر بین اعصاب عمل می کنند. گرلین (نوروپپتید ترشح شده از معده) و موتیلین (هورمون ترشح شده از دئودنوم) پیام گرسنگی را به مغز مخابره می کنند. هورمون های پپتید شبه گلوکاکون-۱ (GLP-1)، CCK، PYY-36، اکسینتومولین، پلی پپتیدهای پانکراسی و پلی پپتید رها کننده ی گاسترین (بمبازین) بعد از مصرف غذا پیام هایی را جهت کاهش گرسنگی و افزایش سیری مخابره می کنند. برخی از هورمون های

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

دستگاه گوارش (مثل سوماتواستاتین) که باعث سیری می‌شوند، تمایل به کاهش تخلیه معده و کاهش ترشحات دارند. سایر هورمون‌های دستگاه گوارش (مثل موتیلین) باعث افزایش حرکت می‌گردند.

همچنین عوامل سیگنال دهی دستگاه گوارش در چندین عملکرد متابولیکی نقش دارند. پلی پپتید انسولینوتروپیک وابسته به گلوکز<sup>۵</sup> (GLP) و GLP-1، هورمون‌های اینکرتین نامیده می‌شوند؛ زیرا آن‌ها سطح گلوکز خون را به وسیله تسهیل ترشح انسولین، کاهش سرعت تخلیه معده و افزایش سیری کاهش می‌دهند.

پپتید شبه گلوکاگون-۲ (GLP-2) یک نمونه از هورمون‌هایی است که از قسمت دیستال دستگاه گوارش ترشح می‌شود که سطح روده را افزایش می‌دهد و ظرفیت فرایند مواد مغذی را بالا می‌برد. آنالوگ GLP-2، تدوگلو تاید می‌باشد که اخیراً برای درمان بیماران مبتلا به سندروم روده کوتاه که برای تامین مواد مغذی و مایعات مورد نیاز خود به تغذیه پرانترال وابسته هستند، در دسترس قرار گرفته است. هورمون‌های اصلی دستگاه گوارش در جدول ۱-۳ خلاصه شده‌اند.

جدول ۱-۳. عملکرد هورمون‌های مهم دستگاه گوارش				
هورمون	محل ترشح	محرک ترشح	ارگان هدف	تأثیر بر ارگان هدف
گاسترین	سلول‌های G موکوس معده و دئودنوم	پپتید، آمینواسید، کافئین	معده، مری و کل دستگاه گوارش	تحریک ترشح HCL و پپسینوزن
		اتساع آنتروم	-	افزایش تحرک قسمت انترال معده
		مشروبات الکلی، عصب واگ	-	افزایش تون اسفنکتر تحتانی مری (LES) <sup>۶</sup>
		-	کیسه صفرا	تحریک خفیف انقباض کیسه صفرا
		-	پانکراس	تحریک خفیف ترشح پانکراسی بی کریبات
سکرتین	سلول‌های S دئودنوم	اسیدیته روده کوچک	پانکراس	افزایش خروج آب و بیکربنات، افزایش ترشح آنزیم از پانکراس و ترشح انسولین
			دئودنوم	افزایش حرکات و خروجی موکوس
CCK	سلول‌های I دئودنوم	پپتید، آمینواسید، چربی، HCL	پانکراس	تحریک ترشح آنزیم‌های پانکراس
			کیسه صفرا	تحریک انقباض کیسه صفرا
			معده	کاهش سرعت تخلیه معده
			کولون	افزایش حرکات ممکن است رفتارهای غذا خوردن را تعدیل کند.
GIP	سلول‌های K دئودنوم و ژژنوم	گلوکز، چربی	معده	کاهش حرکت روده
موتیلین	سلول‌های M دئودنوم و ژژنوم	فاصله بین دو وعده غذایی، دئودنوم قلیایی	معده، روده کوچک و کولون	افزایش تخلیه معده و حرکات دستگاه گوارش
GLP-1	سلول‌های L روده کوچک و کولون (فراوان در قسمت دیستال دستگاه گوارش)	گلوکز، چربی، SCFAs	معده	کاهش سرعت تخلیه معده
			پانکراس	مهر ترشح گلوکاگون، تحریک ترشح انسولین

<sup>5</sup> Glucose dependent insulinotropic polypeptide

<sup>6</sup> Lower esophageal sphincter

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



GLP-2	سلول های L روده کوچک و کولون (فراوان در قسمت دیستال دستگاه گوارش)	گلوکز، چربی، SCFAs	روده کوچک، کولون	تحریک رشد روده و نیز هضم و جذب مواد مغذی
-------	---	--------------------	------------------	--

گاسترین هورمونی است که ترشحات و حرکات معده را تحریک می‌کند و از سلول های G اندوکرین قسمت انترال معده ترشح می‌شود. مواردی که موجب شروع ترشح می‌شوند شامل:

(۱) پیام هایی از عصب واگ؛ مانند آن هایی که با بوئیدن و دیدن غذا صادر می‌شوند.

(۲) کشش آنتروم بعد از صرف غذا

(۳) حضور مواد محرک ترشح مثل پروتئین های نسبتاً هضم شده در آنتروم، نوشیدنی های الکلی تخمیری و کافئین یا عصاره های غذایی (مثل آب گوشت). هنگامی که اسیدپتیه لومن افزایش می‌یابد؛ فیدبک هایی که سایر هورمون ها در آن دخیل هستند، موجب مهار ترشح گاسترین می‌شوند. گاسترین به گیرنده های خود بر سلول های جداری و سلول های آزاد کننده هیستامین متصل می‌گردد و باعث تحریک ترشح اسید معده می‌شود. همچنین با اتصال به گیرنده های سلول های اصلی باعث تحریک ترشح پپسینوژن و با اتصال به گیرنده های عضلات صاف باعث افزایش حرکات معده می‌گردد.

اولین هورمونی که نام گذاری شده، سکرترین است و از سلول های S دیواره ی پروگزیمال روده کوچک به جریان خون ترشح می‌شود. در پاسخ به اسید معده و حضور محصولات نهایی هضمی در دئودنوم، ترشح می‌شود و سبب موجب تحریک ترشح شیریه پانکراس و مهار ترشح اسید معده و تخلیه آن می‌شود (برعکس گاسترین). خنثی سازی اسید معده ای، دئودنوم را از مواجهه طولانی با اسید حفظ می‌کند و محیط مناسبی را برای فعالیت آنزیم های روده و پانکراس ایجاد می‌کند.

سلول های I در موکوس روده کوچک CCK را ترشح می‌کنند که یک هورمون چند کاره مهم می‌باشد که در پاسخ به حضور چربی و پروتئین آزاد می‌گردد. رسپتورهای CCK در سلول های آسینار پانکراس، سلول های جزایر پانکراس، سلول های آزاد کننده ی سوماتواستاتین معده، سلول های عضلات صاف دستگاه گوارش و سیستم عصبی مرکزی یافت می‌شود. اعمال مهم آن شامل: (۱) تحریک پانکراس به منظور ترشح آنزیم ها، بیکربنات و آب (۲) تحریک انقباض کیسه صفرا (۳) افزایش حرکت کولون و رکتوم (۴) آهسته نمودن تخلیه معده و (۵) افزایش سیری می‌باشد. CCK به طور وسیعی در مغز نیز گسترده شده است و در عملکرد های نورونی نقش دارد.

موتیلین توسط سلولهای اندوکرین موکوس دئودنوم در زمان گرسنگی، ترشح و موجب تحریک تخلیه‌ی معده و انقباضات مهاجرتی روده می‌گردد. اریتروماپسین آنتی بیوتیکی است که به رسپتور موتیلین متصل می‌شود؛ بنابراین آنالوگ‌های اریتروماپسین و موتیلین جهت درمان تأخیر تخلیه ی معده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

سوماتواستاتین از سلول های D آنتروم و پیلور آزاد می‌شود و هورمونی با عملکرد وسیع و گسترده است. نقش اصلی آن مهار ی و ضدترشحاتی می‌باشد. حرکات معده و روده را کاهش می‌دهد و آزاد سازی چندین هورمون گوارشی را مهار یا تنظیم می‌نماید. سوماتواستاتین یا آنالوگ آن (اکروتید) جهت درمان بیماری های بدخیم خاص و چندین اختلال گوارشی؛ مانند اسهال، سندروم روده کوتاه، التهاب پانکراس، سندروم دامپینگ و گاستریت با ترشح بالا استفاده می‌شود.

## هضم در دهان

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

هضم آنزیمی نشاسته و چربی، به ترتیب به واسطه ی وجود آمیلاز و لیپاز بزاقی از دهان آغاز می‌شود. توده غذایی جویده می‌شود یا به طور بولوس طی یک کنترل ارادی از حلق عبور می‌کند؛ در حالیکه در سراسر مری فرایند بلع غیر ارادی است و غذا با حرکات پرستالتیک سریعاً وارد معده می‌شود

### هضم در معده

ذرات غذا به جلو رانده و با ترشحات معده آمیخته می‌شوند و توسط امواج دودی شروعی از فوندوس معده به کورپوس و سپس به طرف آنتروم و پیلور پیش می‌رود. در معده، ترشحات معده با غذا و نوشیدنی‌ها آمیخته می‌شود و ترکیبی نیمه مایع را به نام کیموس ایجاد می‌کند که محتوی ۵۰ درصد آب می‌باشد. به طور متوسط روزانه ۲۵۰۰-۲۰۰۰ میلی لیتر در معده ترشح می‌شود. این ترشحات شامل هیدروکلریک اسید (ترشح شده از سلول‌های جداری)، پپسینوژن، لیپاز معده ای، موکوس، فاکتور داخلی (گلیکوپروتئینی که جذب ویتامین B12 را در ایلئوم تسهیل می‌کند) و گاسترین می‌باشند. پپسین پروتئاز است که به صورت پپسینوژن غیر فعال ترشح می‌شود و به وسیله ی هیدروکلریک اسید به شکل فعال خود تبدیل می‌گردد. پپسین فقط در محیط اسیدی معده فعال می‌شود و فرایند هضم پروتئین را آغاز می‌کند.

لیپاز مقاوم به اسید به وسیله ی سلول‌های اصلی معده ترشح می‌شود؛ هرچند که نسبت به لیپاز پانکراس کمتر فعال می‌باشد؛ منتها منجر به هضم کلی تری گلیسیرید غذا می‌گردد. لیپاز معده ای برای تری گلیسیرید های با اسیدچرب متوسط و کوتاه زنجیر اختصاصی است ولی رژیم غذایی معمول، مقدار کمتری از این نوع تری گلیسیرید دارد. لیپازی که در قسمت فوقانی دستگاه گوارش ترشح می‌شود، نقشی نسبتاً مهم در رژیم مایع نوزادان دارد. با این حال زمانی که لیپاز پانکراس کفایت لازم را نداشته باشد؛ لیپاز دهانی و معده ای برای هضم و جذب چربی دریافتی ناکافی اند و نمی‌توانند از سوء جذب چربی جلوگیری کنند.

مقدار زیادی از میکروارگانیسم‌ها نیز به همراه مصرف غذا مصرف می‌شود. pH معده، پایین و در حدود ۴-۱ است. تأثیر همزمان هیدروکلریک اسید و آنزیم‌های پروتئولیتیک باعث کاهش چشمگیر این میکروارگانیسم‌ها می‌شود. برخی از این میکروارگانیسم‌ها به خصوص اگر شرایطی همچون مصرف بالای میکروارگانیسم‌ها، آکلیدریا (فقدان ترشح اسید معده)، گاستروکتومی، بیماری‌ها یا اختلالات دستگاه گوارش، سوءتغذیه و مصرف داروهای آنتی اسید وجود داشته باشد؛ امکان دارد از این موارد جان سالم به در برند و وارد روده شوند.

معده به طور مداوم غذا را مخلوط و به تدریج از طریق پیلور وارد روده کوچک می‌کند. مقداری که با هر انقباض آنتروم از پیلور خارج می‌شود بسته به حجم و نوع غذای مصرفی متفاوت است؛ اما هر بار فقط چند میلی لیتر خارج می‌شود. وجود اسید و مواد مغذی در دئودنوم باعث تحریک ترشح هورمون‌های تنظیمی همچون GIT، جهت آهسته کردن تخلیه معده می‌گردد. اغلب غذاهای مایع در عرض ۱-۲ ساعت و غذاهای جامد در عرض ۲-۳ ساعت تخلیه می‌شوند. وقتی مواد به تنهایی مصرف شوند؛ کربوهیدرات‌ها زودتر تخلیه و سپس پروتئین، چربی و فیبر به ترتیب تخلیه می‌گردند. مایعات نسبت به جامدات زودتر تخلیه می‌شوند. در یک وعده با غذای مخلوط، تخلیه معده بستگی به حجم و ترکیب نهایی دارد. مایعات زودتر از جامدات، ذرات درشت بسیار آهسته تر از ذرات ریز و غذاهای با دانسیته بالای انرژی بسیار آهسته تر از غذاهای با دانسیته پایین انرژی تخلیه می‌شوند.

### هضم در روده کوچک

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

روده کوچک محل اصلی هضم غذا و مواد مغذی می‌باشد. روده کوچک به سه قسمت دئودنوم، ژژنوم و ایلئوم تقسیم گردیده است. دئودنوم نیم متر اول روده، ژژنوم ۲-۳ متر بعدی و ایلئوم ۳-۴ متر انتهایی آن می‌باشد. بیشتر فرایند هضم در دئودنوم و قسمت فوقانی ژژنوم کامل می‌شود.

ورود غذاهای نسبتاً هضم شده به خصوص چربی و پروتئین، سبب تحریک ترشح CCK، سکرترین و GIP می‌شود که هر کدام به نوبه ی خود منجر به تحریک ترشح آنزیم و مایعاتی می‌شوند که حرکت دستگاه گوارش و سیری را تحت تأثیر قرار می‌دهند. صفا که ترکیبی از آب، نمک صفراوی، مقدار کمی از کلسترول و رنگدانه است، از کبد و کیسه صفا ترشح می‌شود. نمک صفراوی از طریق خاصیت سورفاکتانتی خویش، هضم و جذب لیپید، کلسترول و ویتامین های محلول در چربی را تسهیل می‌سازد. همچنین اسیدهای صفراوی مولکول های تنظیمی هستند که رسپتور ویتامین D و مسیر سیگنالینگ سلولی در کبد و دستگاه گوارش را فعال می‌کنند و بیان ژن آنزیم های دخیل در تنظیم متابولیسم انرژی را تغییر می‌دهند. اسیدهای صفراوی نیز نقش مهمی را در احساس سیری و گرسنگی ایفا می‌کنند.

پانکراس آنزیم هایی را ترشح می‌کند که قادر به هضم تمام مواد مغذی اصلی هستند و آنزیم های روده کوچک به تکمیل این فرایند کمک می‌کنند. آنزیم های اصلی هضم کننده چربی که از پانکراس ترشح می‌شوند شامل لیپاز و کولیپاز پانکراسی می‌باشند. آنزیم های پروتئولیتیک شامل تریپسین، کیموتریپسین، کربوکسی پپتیداز، آمینوپپتیداز، ریبونوکلئاز و دئوکسی ریبونوکلئاز هستند. تریپسین و کیموتریپسین به فرم غیر فعال ترشح می‌شوند و به وسیله ی انتروکیناز (به نام انتروپپتیداز هم شناخته می‌شود) فعال می‌شوند که به غشای حاشیه ی مسواکی روده کوچک متصل می‌باشند. آمیلاز پانکراس مولکول های بزرگ نشاسته را به حدود ۶-۲ واحد قندی هیدرولیز می‌کند. آنزیم دی ساکاریداز مستقر در غشای حاشیه مسواکی، ذرات کربوهیدرات را قبل از جذب به مونوساکارید تبدیل می‌سازد. مقادیر متفاوتی از نشاسته ی مقاوم به هضم و اکثر فیبر های دریافتی، از فرایند هضم در روده کوچک فرار می‌کنند و به مواد فیبروزی در دسترس برای تخمیر توسط میکروب های کولون اضافه می‌شوند.

محتویات روده کوچک با سرعت یک سانتیمتر بر دقیقه به جلو حرکت می‌کنند که در نهایت ۸-۳ ساعت طول می‌کشد تا مواد سراسر روده را طی کنند و به دریچه ی ایلئوسکال برسند.

### روده کوچک: محل اصلی جذب مواد مغذی

روده کوچک محل اصلی جذب آب و مواد مغذی است که سطحی وسیع برای جذب دارد. این سطح در نتیجه طول گسترده و سازماندهی پوشش موکوسی آن ایجاد شده؛ به این صورت که چین خوردگی هایی در سطح آن وجود دارد که با اجسام انگشت ماندی به نام پرزها و فرورفتگی هایی به نام کریپت پوشیده گشته است. انتروسیت ها سلولی هستند که میزان زیادی از هضم و جذب را انجام می‌دهند و توسط میکروویلی ها و غشای حاشیه مسواکی پوشانده می‌شوند که سطح را حتی بیشتر افزایش می‌دهند. ترکیبی از چین ها، محور کریپت-پرزها و غشای حاشیه مسواکی، سطح جذبی گسترده حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر مربع و مساحتی معادل یک زمین تنیس را ایجاد می‌کند. پرزها بر روی ساختاری حمایتی به نام لامینا پروپریا قرار دارند. درون غشای پروپریا که بافتی همبند است، سلول های ایمنی و عروق خونی و لنفاوی که مواد مغذی تولید شده در هنگام هضم را دریافت می‌کنند، قرار دارند.

روده کوچک به طور متوسط روزانه ۳۰۰-۱۵۰ گرم مونوساکارید، ۱۰۰-۶۰ گرم اسیدچرب، ۱۲۰-۶۰ گرم آمینواسید و ۱۰۰-۵۰ گرم یون را جذب می‌کند. ظرفیت جذب در انسان سالم به مراتب بیشتر از درشت مغذی های و انرژی های معمول مورد نیاز می‌باشد.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

حدود ۹۵ درصد از نمک صفراوی ترشح شده از کبد و کیسه صفرا، به عنوان اسید صفراوی در انتهای ایلئوم باز جذب می‌شوند. دیستال ایلئوم نیز محل جذب ویتامین B12 (همراه با فاکتور داخلی) می‌باشد.

### مکانیزم های جذب و انتقال

**انتقال غیر فعال** به انرژی نیاز ندارد و مواد مغذی در آن از یک محل با غلظت بالا به محل با غلظت پایین حرکت می‌کنند. در انتقال غیر فعال ممکن است یک پروتئین انتقالی مشارکت داشته باشد. چنانچه مواد مغذی از غشای حاشیه مسواکی بدون پروتئین انتقالی عبور کنند، به آن **انتشار غیر فعال** یا انتقال غیر فعال ساده گفته می‌شود. ولی اگر یک پروتئین انتقالی جهت انتقال مواد مغذی از غشای حاشیه مسواکی مشارکت داشته باشد، به آن **انتشار تسهیل شده** گفته می‌شود.

**انتقال فعال**، انتقال مواد از عرض غشاء در خلاف جهت شیب گرادیان است؛ بنابراین به پروتئین انتقالی و انرژی به شکل ATP نیاز دارد. برخی از مواد مغذی ممکن است مسیر جذبی مشترکی داشته باشند و برای جذب با هم رقابت کنند. همچنین این سیستم انتقالی می‌تواند اشباع شود و سرعت جذب کاهش یابد. مثالی بارز برای این انتقال دهنده ها، فاکتور داخلی است که مسئول جذب ویتامین B12 می‌باشد.

### روده بزرگ

روده بزرگ حدود یک و نیم متر طول دارد و شامل سکوم، کولون، رکتوم و آنال است. روزانه حدود ۲ لیتر مایعات از طریق مصرف غذا و نوشیدنی ها و ۷ لیتر از ترشحات وارد دستگاه گوارش می‌شود. بیشتر این مایعات در شرایط طبیعی در روده کوچک، جذب و حدود ۲ لیتر آن وارد روده بزرگ می‌گردد. تمام این مایعات به جز ۱۵۰-۱۰۰ میلی لیتر آن جذب می‌شود و این مقدار باقیمانده جذب نمی‌گردد و همراه با مدفوع دفع می‌شود.

همچنین روده بزرگ محل تخمیر باکتریایی باقیمانده کربوهیدرات و آمینواسید، سنتز مقدار اندکی از ویتامین ها (به ویژه ویتامین K) و نیز ذخیره و دفع مواد دفعی می‌باشد. محتویات روده بزرگ با سرعتی آهسته و حدود ۵ سانتی متر بر ساعت به جلو حرکت می‌کنند و ممکن است برخی از مواد مغذی باقیمانده نیز جذب شوند. دفع مدفوع از رکتوم و مقعد با دفعات مختلف رخ می‌دهد که از ۱-۳ بار در روز متفاوت است. متوسط وزن مدفوع حدود ۲۰۰-۱۰۰ گرم می‌باشد و زمان عبور مواد از دهان تا مقعد می‌تواند ۱۸-۱۲ ساعت طول بکشد. در کل مدفوع شامل ۷۵ درصد آب و ۲۰ درصد مواد جامد است؛ اما این نسبت ها بسیار متفاوت هستند. نزدیک به دو سوم از محتویات وزن مرطوب مدفوع از باکتری ها و باقیمانده از ترشحات دستگاه گوارش، مخاط، سلول های مرده، میکروبیوتا و غذاهای هضم نشده می‌باشد. غذاهای با مقادیر فراوان میوه جات و سبزیجات، حبوبات و غلات کامل منجر به کوتاه تر شدن عبور مواد در طول دستگاه گوارش، افزایش دفعات مدفوع، افزایش حجم مدفوع و نرمی مدفوع می‌گردند.

### میکروبیوتای روده: میکروبیوم

میکروبیوتای روده که میکروبیوم نیز نامیده می‌شود، ترکیبی پویا از میکروب های ضروری است که تحت تأثیر ژنتیک، محیط، رژیم و بیماری گسترش می‌یابد. پروفایل جمعیت باکتریایی در نقاط مختلف دستگاه گوارش از لومن تا موکوس و نیز از فردی به فرد دیگر متفاوت است. جمعیت کل میکروبیوتا، ۱۰ برابر سلول های بدن انسان می‌باشد و ۵۰-۳۵ درصد از حجم محتویات کولون را شامل می‌شود. اعمال فیزیولوژیک اصلی میکروبیوتای همزیست شامل موارد زیر است که عبارتند از:

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۱) اثرات حفاظتی مستقیم توسط گونه‌های خاص باکتریایی (۲) کنترل تقسیم و تمایز سلول‌های اپیتلیال (۳) تولید مواد مغذی ضروری موکوس؛ مانند اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و آمینواسیدها (۴) جلوگیری از رشد بیش از حد ارگانسیم‌های پاتوژن (۵) تحریک سیستم ایمنی روده (۶) گسترش محور روده‌ای-مغزی کاهش فراوانی یا تغییر نسبت نسبی این باکتری‌های مفید، شرایطی را به وجود می‌آورد که دیس بیوز نامیده می‌شود و مرتبط با بیماری‌های مختلف در بزرگسالان و کودکان است

غالباً فراوانی و فعالیت باکتری‌ها در قسمت دیستال روده کوچک و روده بزرگ بسیار شدید است. بعد از یک وعده غذایی، فیبر غذایی، نشاسته مقاوم به هضم، باقیمانده‌ی ذرات آمینواسیدها و سلول‌های مرده‌ی موکوس روده توسط میکروب‌ها تخمیر می‌شوند. مواد حاصل از این فرایند تخمیر شامل گاز (به عنوان مثال هیدروژن، دی‌اکسیدکربن، نیتروژن و در برخی از افراد نیز متان) و SCFAs (مثل بوتیریک اسید، پروپیونیک اسید، اسید استیک و گاهاً لاکتیک اسید) هستند. چندین ماده مغذی شامل ویتامین K، ویتامین B12، تیامین و ریبوفلاوین طی این فرایند تولید می‌شوند.

راهکار ایجاد ثبات و تقویت میکروب‌های مفید موجود در میکروبیوتا به منظور حفظ و ارتقای سلامت شامل مصرف پروبیوتیک، پریبیوتیک و سین بیوتیک است. **پروبیوتیک‌ها** میکروارگانسیم‌های زنده‌ای هستند که وقتی به مقدار کافی دریافت می‌شوند، برای سلامت میزبان مفید خواهند گشت. پروبیوتیک‌ها را می‌توان در محصولات غذایی تخمیری (از قبیل ماست، میسو یا کلم ترش) و یا در قالب مکمل غذایی مصرف نمود.

**پریبیوتیک‌ها** (prebiotics) مواد غذایی غیرقابل هضمی هستند که به صورت انتخابی توسط جمعیت خاصی از باکتری‌های دستگاه گوارش مصرف می‌شوند و فوایدی بر سلامتی به همراه دارند. پریبیوتیک‌ها به طور معمول به سه مشخصه نیاز دارند تا برای باکتری‌های مفیدی همچون لاکتوباسیلوس و بیفیدوباکتر مفید واقع شوند که شامل (۱) قابلیت فرار از هضم در قسمت فوقانی دستگاه گوارش (۲) قابلیت تخمیر توسط میکروبیوتا به SCFAs و (۳) قابلیت افزایش جمعیت یا سهم نسبی باکتری‌های مفید برای انسان، می‌باشند. منابع خوب پریبیوتیک با منشأ کربوهیدرات شامل سبزیجات (مانند پیاز، سیر و ماچوبه)، میوه‌ها (به ویژه موز، سیب، میوه‌های هسته دار و انبه)، غلات، حبوبات، کاسنی، کنگر فرنگی، اورشلیم، سویا و سبوس هستند. شواهد محکمی وجود دارد که مصرف پریبیوتیک‌ها برای دستگاه گوارش مفید می‌باشند که شامل مهار عوامل بیماری‌زا، تحریک سیستم ایمنی، حمایت کاردیومتابولیک (به عنوان مثال کاهش سطح چربی‌های خون و تأثیر بر مقاومت به انسولین)، فواید سلامت روانی (مانند متابولیت‌های مؤثر بر عملکرد مغز، انرژی و شناخت) و سلامت استخوان (مانند زیست‌فراهمی مواد معدنی) است.

سین بیوتیک‌ها ترکیبی از پریبیوتیک‌ها و پروبیوتیک‌ها هستند که به طور همزمان در یک غذا یا مکمل غذایی وجود دارند.

### بازایی کولونی منابع انرژی جذب نشده و اسیدهای چرب جذب نشده

بازایی روده بزرگ، به دفع مواد زائد باقیمانده همراه با تولید SCFAs گفته می‌شود. SCFAs تولید شده طی فرایند تخمیر، به سرعت به همراه آب جذب می‌گردند. SCFAs به عنوان سوخت برای سلول‌های کولون و میکروبیوتا نیز در نظر گرفته می‌شوند و موجب تحریک تکثیر و تمایز سلول‌های کولون و نیز موجب افزایش جذب آب و الکترولیت‌ها و کاهش بار اسمزی قند‌های جذب نشده می‌گردند.

مقادیر اضافی کربوهیدرات و فیبر قابل تخمیر در کولون می‌توانند باعث افزایش تولید گاز، اتساع، نفخ و درد شکم، کاهش pH کولون و اسهال شوند. سازگاری طی گذر زمان در افراد مصرف‌کننده‌ی رژیم با محتوی بالای فیبر اتفاق می‌افتد. توصیه‌های حاضر برای

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

دریافت فیبر، مصرف ۱۴ گرم فیبر به ازای هر ۱۰۰۰ کیلوکالری انرژی دریافتی روزانه است. این مقدار با مصرف فراوان میوه و سبزی، حبوبات، دانه‌ها و غلات کامل به دست می‌آید که هدف از این کار (۱) حفظ سلامت قلبی عروقی (۲) حفظ سلامت اپیتلیوم کولون (۳) پیشگیری از یبوست و (۴) حفظ ثبات میکروبیوم‌های مفید می‌باشد.

### کربوهیدرات‌ها و فیبر

بیشتر نشاسته رژیم غذایی، آمیلوپکتین است که پلی ساکارید شاخه دار می‌باشد و نیز آمیلوز که نوع خطی این پلی مر است.

فیبرهای رژیم غذایی نیز از زنجیره‌ها و شاخه‌های مولکول‌های قند تشکیل شده‌اند با این تفاوت که هیدروژن در پیوندهای آن‌ها به جای سمت آلفا در سمت بتا (مخالف) اکسیژن قرار دارد. انسان قادر به هضم نشاسته است ولی اغلب فیبرها را نمی‌تواند هضم کند. این نشان دهنده‌ی حساس و اختصاصی بودن آنزیم‌ها به پیوند‌های سوبسترا می‌باشد.

آمیلاز بزاقی در دهان در pH خنثی یا کمی قلیایی عمل می‌کند و عملکرد هضم را با هیدرولیز مقدار کمی از مولکول‌های نشاسته به ذرات کوچک‌تر آغاز می‌نماید بیشتر هضم کربوهیدرات در ابتدای روده کوچک انجام می‌شود.

آمیلاز پانکراس مولکول‌های بزرگ نشاسته را از محل پیوند ۱-۴ می‌شکند و مالتوز، مالتوتریوز و آلفا دکستروز را که باقیمانده‌ای از شاخه‌های آمیلوپکتین هستند، ایجاد می‌نماید. آنزیم‌های حاشیه مسواکی انتروسیست‌ها، دی ساکارید‌ها و الیگوساکارید‌ها را به مونوساکارید تجزیه می‌کند. به عنوان مثال، مالتاز که در حاشیه مسواکی انتروسیست‌ها قرار دارد، دی ساکارید مالتوز را به دو مولکول گلوکز می‌شکند. غشای حاشیه مسواکی حاوی آنزیم‌های ساکاراز، لاکتاز و ایزومالتاز نیز می‌باشد که به ترتیب بر روی سوکروز، لاکتوز و ایزومالتوز عمل می‌کنند.

مونوساکاریدهای حاصل (مانند گلوکز، گالاکتوز و فروکتوز) از انتروسیست‌ها و به داخل گردش خون از طریق مویرگ‌های پرزها عبور می‌کنند؛ جایی که توسط ورید پورت به کبد منتقل می‌شوند. گلوکز و گالاکتوز در غلظت‌های کم، توسط انتقال فعال در درجه اول به وسیله‌ی انتقال دهنده وابسته به سدیم به نام کو-ترانسپورتر سدیم-گلوکز<sup>۷</sup> (SGLT1) جذب می‌گردند. در غلظت‌های بالاتر گلوکز، انتقال دهنده تسهیلی GLUT2 به مسیری اصلی برای انتقال گلوکز از لومن به انتروسیست‌ها تبدیل می‌شود. فروکتوز با استفاده از انتقال دهنده تسهیلی GLUT5 از لومن روده در سراسر غشای حاشیه‌ی مسواکی جذب می‌گردد. هر سه مونوساکارید (گلوکز، گالاکتوز و فروکتوز) با استفاده از انتقال دهنده‌ی تسهیلی GLUT2، از غشای بازولترال انتروسیست به گردش پورتال خارج می‌شوند.

انتقال دهنده فعال SGLT1 کلید توانایی روده کوچک برای جذب روزانه‌ی ۷ لیتر آب است و علت اینکه باید برای درمان دهیدراتاسیون از محلول‌های آبرسانی (رهیدراسیون) خوراکی به جای آب و نوشیدنی‌های شیرین استفاده شود را نشان می‌دهد. SGLT1 علاوه بر انتقال گلوکز و سدیم، به عنوان پمپ مولکول آب نیز عمل می‌کند. به ازای هر مولکول گلوکزی که توسط SGLT1 جذب می‌شود، دو مولکول سدیم و ۲۱۰ مولکول آب نیز جذب می‌گردند. بدین خاطر SGLT1 یک مسیر برای جذب آب در روده کوچک است که سدیم و گلوکز جهت سهولت در جذب آب، باید به مقدار مناسبی وجود داشته باشند. به همین دلیل است که محلول‌های مؤثر آبرسانی خوراکی باید علاوه بر آب، دارای قند و نمک نیز باشند.

### پروتئین‌ها

<sup>7</sup> Sodium-glucose cotransporter

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



در کل، پروتئین حیوانی نسبت به پروتئین گیاهی با کارایی بالا تری هضم می‌شوند؛ با این حال فیزیولوژی بدن انسان این امکان را می‌دهد که مقادیر زیادی از منابع دریافتی پروتئینی با کارایی بالا هضم و جذب شوند.

هضم پروتئین در معده شروع می‌شود که در آنجا پروتئین به پروتوز، پپتون و پلی پپتیدهای بزرگ شکسته می‌شود. پپسینوزن غیرفعال در برخورد با هیدروکلریک اسید و سایر پپسین‌های فعال، به پپسین فعال تبدیل می‌شوند. پپسین برخلاف سایر آنزیم‌های پروتئولیتیک، کلاژن را نیز هضم می‌کند که پروتئین اصلی بافت همبند را تشکیل می‌دهد. بیشتر هضم پروتئین در قسمت ابتدایی روده کوچک رخ می‌دهد ولی در طول دستگاه گوارش ادامه می‌یابد. هرگونه باقیمانده‌های پروتئین‌ها به وسیله میکروب‌های کولون تخمیر می‌شوند.

تریپسینوزن پانکراس را به تریپسین فعال تبدیل می‌کند که بزرگترین آنزیم هضم‌کننده پروتئین پانکراسی است. تریپسین نیز به نوبه خود سایر آنزیم‌های پروتئولیتیک پانکراسی را فعال می‌کند. تریپسین پانکراسی، کیموتریپسین و کربوکسی پپتیداز هضم پروتئین‌های سالم و نیز پروتئین‌هایی که در معده هضم‌شان شروع شده است را ادامه می‌دهند تا به پلی پپتیدهای کوچک و آمینواسیدها تبدیل گردند. پپتیدازهای مستقر در غشای حاشیه مسواکی، پلی پپتیدها را به آمینواسید، دی پپتید و تری پپتید می‌شکنند. مرحله نهایی هضم پروتئین‌ها در غشای حاشیه مسواکی اتفاق می‌افتد؛ جایی که دی پپتید و تری پپتیدها توسط هیدرولازها به آمینواسیدهای تشکیل‌دهنده خویش هیدرولیز می‌شوند. محصولات نهایی هضم پروتئین به صورت آمینواسید و پپتیدهای کوچک جذب می‌گردند.

### لیپیدها

حدود ۹۷ درصد از چربی رژیم غذایی به صورت تری گلیسیرید و بقیه به شکل فسفولیپید و کلسترول است. تنها مقدار اندکی از چربی در دهان توسط لیپاز دهانی و در معده توسط لیپاز معده ای هضم می‌شود. لیپاز معده ای فقط برخی از تری گلیسیریدها، به خصوص تری گلیسیریدهای دارای اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (مثل موارد موجود در کره) را تجزیه و آن‌ها را به اسیدچرب و گلیسرول تبدیل می‌کند. با این حال بیشتر هضم چربی در روده کوچک در اثر فعالیت امولسیفایری نمک‌های صفراوی و هیدرولیز لیپاز پانکراس اتفاق می‌افتد. ظرفیت هضم و جذب چربی غذایی همانند کربوهیدرات‌ها و پروتئین در دستگاه گوارش انسان فراتر از نیاز معمول وی می‌باشد.

ورود چربی و پروتئین به روده کوچک باعث تحریک ترشح CCK، سکرترین و GIP می‌گردد. این موارد ترشحات و حرکات معده را مهار می‌کنند؛ بنابراین حرکت چربی را آهسته می‌سازند. در نتیجه ممکن است یک وعده غذایی بزرگ و پرچرب تا ۴ ساعت یا بیشتر در معده بماند. علاوه بر عملکردهای دیگر، CCK باعث تحریک ترشحات کیسه صفرا و پانکراس نیز می‌شود.

چربی‌های امولسیفیه شده در روده کوچک، عمدتاً توسط لیپاز پانکراس، هضم و به اسیدچرب آزاد و مونوگلیسرول تبدیل می‌شوند. لیپاز پانکراس معمولاً اسیدهای چرب اول و سوم گلیسرول را می‌شکند و اسید چرب دوم را به صورت استریفیه با گلیسرول رها می‌کند. وقتی که نمک صفراوی به غلظت مناسبی برسد، میسل (توده کوچکی حاوی اسیدچرب آزاد، مونوگلیسیرید، کلسترول، نمک صفراوی و سایر لیپیدها) تشکیل و به این صورت سازماندهی می‌شود که انتهای قطبی مولکول‌ها به سمت لومن آبی روده قرار گیرند. محصولات هضمی لیپیدها سریعاً در قسمت مرکزی میسل حل می‌شوند و به غشای حاشیه مسواکی روده حمل می‌گردند

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب بی‌گردد قانونی دارد

انتشار غیرفعال و نیز وابسته به حامل، هر دو در جذب چربی مشارکت دارند. در غلظت پایین اسید چرب، مکانیزم وابسته به حامل و کمی هم انتشار ساده شرکت دارند. با این حال، وقتی غلظت چربی در لومن روده زیاد باشد، جذب اسیدهای چرب از طریق انتشار غیرفعال صورت می‌گیرد.

اسیدهای چرب و مونوگلیسیریدها مجدداً در انتروسیت‌ها به تری گلیسیرید تبدیل می‌شوند. این تری گلیسیریدها همراه با کلاسترول، ویتامین‌های محلول در چربی و فسفولیپیدها، به وسیله ی غشای لیپوپروتئینی احاطه می‌شوند و شیلومیکرون‌ها را به وجود می‌آورند. گلبول‌های لیپوپروتئینی تشکیل شده به جای ورود به ورید باب، وارد سیتم لنفی می‌شوند و از آنجا به مجرای توراسیک، منتقل و در محل اتصال ورید ژگولار داخلی چپ و ورید ساب کلاوین چپ به جریان خون عمومی آزاد می‌گردند. شیلومیکرون‌ها در ادامه از طریق جریان خون به بافت‌های مختلف شامل کبد، بافت چربی و عضلات منتقل می‌شوند. تری گلیسیرید در کبد از شیلومیکرون به لیپوپروتئین با چگالی بسیار کم<sup>۸</sup> (VLDL) منتقل می‌شود و به بافت چربی به منظور متابولیسم یا ذخیره شدن انتقال می‌یابد. در شرایط طبیعی حدود ۹۵ تا ۹۷ درصد از چربی مصرفی جذب رگ‌های لنفی می‌شوند. اسیدهای چرب با ۱۲-۸ کربن (مثل اسیدهای چرب با زنجیره متوسط) به دلیل طول کوتاه تر و قابلیت انحلال بالا، می‌توانند بدون حضور صفرا و تشکیل میسل، مستقیماً جذب سلول‌های موکوسی کولون شوند. آن‌ها بعد از ورود به سلول‌های موکوسی، قادرند بدون استریفیه شدن وارد ورید باب شوند که آن‌ها را به کبد منتقل کند.

تری گلیسیریدهای با اسیدهای چرب متوسط زنجیر<sup>۹</sup> (MCTs) دارای اسیدهای چرب با ۱۲-۸ کربن می‌باشند که از نظر بالینی برای افرادی که فاقد نمک‌های صفراوی لازم جهت جذب اسیدهای چرب بلند زنجیر هستند، ارزشمند می‌باشند.

### ویتامین‌ها و مواد معدنی

ویتامین‌ها و مواد معدنی حاصل از غذاها به عنوان درشت مغذی‌ها در دسترس قرار گرفته‌اند و عمدتاً در روده کوچک، هضم و از طریق لایه موکوسال جذب می‌شوند.

حداقل چند ویتامین و آب به وسیله انتشار غیر فعال و بدون تغییر از روده کوچک به داخل خون منتقل می‌شوند؛ کاتیون‌هایی همچون سلنیوم باید در فرایندی به نام شلاته شدن برای جذب، در دسترس شوند که در آن ماده معدنی با لیگاندی که معمولاً یک اسید یا یک اسید آلی و یا آمینواسید است، باند می‌شود که این فرم توسط سلول‌های روده قابل جذب می‌باشد.

جذب آهن و روی چند ویژگی مشترک دارند که کارایی جذب اغلب به نیاز میزبان بستگی دارد. همچنین آن‌ها به حامل پروتئینی برای افزایش جذب نیاز دارند که این مکانیسم هنگامی که ذخایر ناکافی باشد، جذب را افزایش می‌دهد. به علت اینکه فیتات و اگزالات منابع گیاهی، جذب را مختل می‌کنند؛ جذب آهن و روی زمانی که از منابع حیوانی مصرف شوند، بهتر است. تخمیر، خیساندن، جوانه زدن و درمان با آنزیم فیتاز، فراهمی زیستی آهن و روی را از منابع گیاهی؛ مانند غلات، حبوبات، مغزها و دانه‌ها افزایش می‌دهند. هنگامی که مقدار منیزیم، کلسیم و آهن به نسبت نامناسبی افزایش یابد؛ جذب روی مختل می‌شود. جذب کلسیم به انتروسیت از طریق کانال‌های موجود در غشای حاشیه مسواکی رخ می‌دهد؛ جایی که به پروتئین حامل مخصوص خود جهت انتقال از غشای بازولترال متصل می‌شود. این فرایند توسط ویتامین D تنظیم می‌گردد. فسفات توسط کوترانسپورتر سدیم-فسفات جذب می‌شود که این نیز توسط ویتامین D یا دریافت کم فسفات قابل تنظیم است.

<sup>۸</sup> Very-low-density lipoprotein

<sup>۹</sup> Medium-chain triglycerides

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز خبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



دستگاه گوارش محلی برای فعل و انفعالات مهم بین مواد معدنی است. مکمل یاری با مقدار زیادی از آهن و روی ممکن است جذب مس را کاهش دهد و حضور مس ممکن است جذب آهن و مولیبدنیوم را کم کند. جذب کبالت در افراد مبتلا به کمبود آهن افزایش می‌یابد؛ اما کبالت و آهن برای جذب با هم رقابت دارند و جذب یکدیگر را مهار می‌کنند. این فعل و انفعالات ممکن است به دلیل هم پوشانی مکانیسم های جذبی آن ها باشد.

مواد معدنی در خون با اتصال به حامل پروتئینی منتقل می‌شوند که این پروتئین حامل می‌تواند اختصاصی (مثل ترانسفرین که به آهن متصل می‌شود و سرولوپلاسمین که به مس متصل می‌شود) و یا عمومی (مثل آلبومین که به مواد معدنی متنوعی متصل می‌شود) باشد. بخشی از هر مینرال در سرم به شکل کمپلکس با آمینو اسید یا پپتید حمل می‌شود. حامل های پروتئینی اختصاصی اغلب اشباع نیستند. احتمالاً ظرفیت های خالی باقیمانده با نقش بافری برای جلوگیری از مصارف های بیش از حد عمل کنند. سمیت مینرال ها معمولاً بعد از تکمیل ظرفیت بافری بروز می‌یابد.



## فصل دوم

# دریافت انرژی

### کلمات کلیدی

Activity thermogenesis (AT)	گرمزایی ناشی از فعالیت
Basal energy expenditure (BEE)	انرژی مصرفی پایه
Basal metabolic rate (BMR)	میزان متابولیسم پایه
Calorie	کالری
kilocalorie (kcal)	کیلوکالری
Direct calorimetry	کالریمتری مستقیم
Estimated energy requirement (EER)	انرژی تخمینی مورد نیاز
Excess post-exercise oxygen consumption (EPOC)	مصرف اکسیژن اضافی بعد از ورزش
Facultative thermogenesis	گرمزایی اختیاری
Fat-free mass (FFM)	توده بدون چربی
High-metabolic-rate organ (HMRO)	ارگان با متابولیسم بالا
Indirect calorimetry (IC)	کالریمتری غیرمستقیم
Lean body mass (LBM)	توده لخم بدن
Metabolic equivalents (METs)	معادل‌های متابولیک
Nonexercise activity thermogenesis (NEAT)	گرمزایی ناشی از فعالیت غیر ورزشی
Obligatory thermogenesis	گرمزایی اجباری
Physical activity level (PAL)	سطح فعالیت بدنی
Respiratory quotient (RQ)	ضریب تنفسی
Resting energy expenditure (REE)	انرژی مصرفی در حالت استراحت
Resting metabolic rate (RMR)	میزان متابولیسم استراحت
Thermic effect of food (TEF)	اثر گرمزایی غذا
Total energy expenditure (TEE)	کل انرژی مصرفی

انرژی به عنوان "ظرفیت انجام کار" تعریف می‌شود. خورشید منبع نهایی انرژی تمامی موجودات زنده است. طی فرایند فتوسنتز، برگ های سبز گیاهان مقداری از نور خورشید را که به سطح سبز برگ می رسد، به دام می اندازد و در پیوندهای شیمیایی بین مولکول های قندی ذخیره می‌کند. پروتئین، چربی و کربوهیدرات از این کربوهیدرات پایه سنتز می‌شوند تا نیاز های گیاه تأمین گردد. انسان ها و حیوانات مواد مغذی و انرژی آن ها را از طریق مصرف گیاهان و گوشت سایر حیوانات به دست می آورند.

بدن انرژی حاصل از کربوهیدرات، چربی، پروتئین و الکل را مصرف می‌کند که این انرژی در پیوندهای شیمیایی درون غذاها به دام می افتد و از طریق متابولیسم آزاد می‌شود. انرژی باید به طور منظم به منظور تأمین نیازها برای بقای بدن ذخیره شود.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

### انرژی های مورد نیاز

انرژی های مورد نیاز به عنوان انرژی دریافتی روزانه و مورد نیاز برای رشد و حفظ انسان بر اساس سن، جنس، وزن، قد و فعالیت بدنی<sup>۱۰</sup> (PA) تعریف می‌شود. انرژی های مورد نیاز در کودکان، خانم های باردار و شیرده شامل نیازهای مربوط به تشکیل بافت و یا ترشح شیر به میزانی که سلامتی حفظ شود، می‌باشد. در افراد بیمار یا دچار جراحت، عوامل تنش زا بر افزایش یا کاهش میزان انرژی مصرفی تأثیر می گذارد.

وزن بدن یک اندیکاتور یا شاخص کفایت یا عدم کفایت دریافت انرژی است. بدن توانایی بی نظیری در تغییر ترکیب انرژی از کربوهیدرات، پروتئین و چربی برای تطابق با انرژی های مورد نیاز دارد. در هر حال مصرف خیلی زیاد یا خیلی کم انرژی در طول زمان منجر به تغییر وزن بدن می‌شود. از این رو وزن بدن کفایت دریافت انرژی را منعکس می‌کند؛ اما از نظر کفایت دریافت درشت مغذی ها و ریز مغذی ها قابل اعتماد نمی‌باشد. افراد چاق به دلیل داشتن توده چربی و توده لخم بالا، انرژی های مورد نیاز بیشتری دارند.

### اجزای انرژی مصرفی

مصرف انرژی در بدن انسان به اشکال انرژی مصرفی پایه (BEE)، اثر گرمزایی غذا (TEF) و گرمزایی ناشی از فعالیت (AT) می‌باشد. این سه مؤلفه، کل انرژی مصرفی (TEE) روزانه ی انسان را تشکیل می‌دهند.

### مصرف انرژی پایه و استراحت

BEE یا میزان متابولیسم پایه (BMR) حداقل انرژی مورد نیاز برای زنده ماندن انسان است. BEE مقدار انرژی مصرفی در طول ۲۴ ساعت در شرایطی که فرد از نظر جسمی و روحی در استراحت به سر می برد و دمای محیط در حالت تعادل می‌باشد که از فعال شدن فرایندهای تولیدکننده حرارت مثل لرز جلوگیری می‌کند، می‌باشد. اندازه گیری BEE باید قبل از هرگونه فعالیت بدنی (ترجیحاً بعد از بیداری از خواب) و ۱۰ تا ۱۲ ساعت بعد از دریافت هرگونه غذا، نوشیدنی و نیکوتین باشد. BEE به طور قابل توجهی به صورت روزانه ثابت است.

انرژی مصرفی در حالت استراحت (REE) یا میزان متابولیسم استراحت (RMR)، انرژی مورد نیاز برای فعالیت های ضروری بدن جهت پایداری اعمال طبیعی بدن و حفظ هومئوستازیس است. این اعمال شامل تنفس و گردش خون، سنتز ترکیبات آلی و پمپ یون ها از عرض غشا ها می‌باشد. REE یا RMR شامل انرژی مورد نیاز سیستم عصبی مرکزی و نیز جهت حفظ دمای بدن است ولی شامل گرمزایی، فعالیت و سایر مصارف انرژی نمی‌باشد و ۱۰ الی ۲۰ درصد بیش تر از BEE است. اصطلاحات RMR و REE و نیز BMR و BEE می‌توانند به جای همدیگر استفاده شوند. در این فصل از دو اصطلاح REE و BEE استفاده شده است.

### سن

REE به شدت تحت تأثیر نسبت توده بدون چربی بدن (LBM) می‌باشد. LBM در طول دوران رشد سریع انسان، به ویژه در دو سال اول زندگی بیشترین مقدار خود را دارد. نوزادان در حال رشد بیش از ۱۲ تا ۱۵ درصد از انرژی دریافتی خود را از غذا به شکل بافت

<sup>10</sup> Physical activity

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

جدید ذخیره می‌کنند. وقتی کودک بزرگتر می‌شود، انرژی مورد نیاز برای رشد وی به یک درصد کاهش می‌یابد. بعد از اوایل بزرگسالی، به ازای هر دهه افزایش سن، ۱ تا ۲ درصد به ازای کیلوگرم توده بدون چربی بدن، از مقدار REE کاسته می‌شود. خوشبختانه ورزش می‌تواند به حفظ LBM و در نتیجه حفظ REE بالاتر کمک کند. کاهش REE با افزایش سن ممکن است به دلیل کاهش نسبی LBM ناشی از افزایش سن باشد.

### ترکیب بدن

FFM یا LBM از نظر متابولیسی فعال‌ترین بافت بدن و عمده‌ترین پیش‌بینی‌کننده REE است. تقریباً ۸۰ درصد از تغییرات REE مربوط به FFM می‌باشد. ورزشکاران به دلیل دارا بودن FFM بیشتر، ۵ درصد مصرف انرژی استراحت بیشتری نسبت به افراد غیرورزشکار دارند. ارگان‌های بدن در تولید گرمای بدن مشارکت دارند. حدود ۶۰ درصد از REE برای تولید گرمای ارگان‌های با متابولیسم بالا (HMROS) مصرف می‌شود که این ارگان‌ها شامل کبد، مغز، قلب، طحال، روده‌ها و کلیه‌ها می‌باشند. در واقع تفاوت‌های FFM بین اقوام مختلف ممکن است به تفاوت‌های کل توده عضلانی و وجود چاقی مربوط باشد. تفاوت‌های فردی کوچک در توده کبد، مغز، قلب، طحال و کلیه جمعاً و یا به صورت جداگانه می‌توانند بر مقدار REE مؤثر باشند.

### اندازه‌ی بدن

افراد درشت‌تر متابولیسم بیشتری نسبت به افراد ریزتر دارند؛ اما افراد قد بلند و لاغر دارای متابولیسم بالاتری نسبت به افراد قد کوتاه می‌باشند. به عنوان مثال اگر دو فرد با وزن یکسان اما یکی قد بلندتر باشد، فرد قد بلندتر سطح بدن بیشتر و بنابراین متابولیسم بالاتری خواهد داشت. چاقی مخدوشگر اصلی در تعیین انرژی‌های مورد نیاز می‌باشد.

### آب و هوا

REE همچنین تحت تأثیر گرمای محیط قرار می‌گیرد. افرادی که در آب و هوای گرمسیری زندگی می‌کنند، معمولاً ۲۰-۵ درصد REE بیشتری نسبت به افراد ساکن مناطق معتدل دارند. ورزش در دمای بیش از ۸۶ درجه فارنهایت، بار متابولیسی بیشتری به غدد عرق وارد می‌کند و متابولیسم ۵ درصد افزایش می‌یابد. افزایش متابولیسم در دمای خیلی سرد بستگی به مقدار پوشش و عایق بافت چربی دارد.

### جنس

تفاوت‌های جنسی در میزان متابولیسم، به تفاوت‌های موجود در سایز و ترکیب بدن مربوط است. خانم‌هایی که نسبت چربی به عضله بالاتری نسبت به آقایان دارند، ۱۰-۵ درصد میزان متابولیک کمتری نسبت به آقایان هم‌قد و وزن خود دارند. با این حال این تفاوت‌ها با افزایش سن کم‌رنگ‌تر می‌شوند.

### سطح هورمونی

هورمون‌ها سطح متابولیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اختلالات اندوکرین نظیر کم‌کاری یا پرکاری تیروئید، مصرف انرژی را به ترتیب کاهش یا افزایش می‌دهد. تحریک سیستم عصبی سمپاتیک در دوره‌های هیجانات عصبی و استرس باعث آزادسازی اپی‌نفرین می‌شود که گلیکوژنولیز را تحریک می‌کند و فعالیت سلولی را افزایش می‌دهد. گرلین و پپتید YY هورمون‌های روده‌ای دخیل در کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شایک، فیفا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

تنظیم اشتها و هومئوستاز انرژی هستند. سطح متابولیسمی خانم‌ها با چرخه قاعدگی تغییر می‌کند. در طی فاز لوتئال (زمان بین تخمک گذاری و شروع خونریزی)، میزان متابولیسم حدود ۱۵ درصد افزایش می‌یابد. رشد رحمی، جفتی و بافت‌های جنینی طی حاملگی به همراه افزایش بار قلبی مادر، منجر به افزایش در BEE می‌گردند.

## دما

تب موجب افزایش REE به میزان ۷ درجه به ازای هر درجه افزایش دمای بدن بالاتر از ۹۸.۶ درجه فارنهایت یا ۱۳ درصد برای هر درجه بالاتر از ۳۷ درجه سانتی‌گراد می‌شود.

## سایر فاکتورها

کافئین، نیکوتین و الکل موجب تحریک متابولیسم می‌شوند. دریافت کافئین به مقدار ۲۰۰-۳۵۰ میلی‌گرم در آقایان یا ۲۴۰ میلی‌گرم در خانم‌ها ممکن است REE را به ترتیب ۷-۱۱ و ۸-۱۵ درصد افزایش دهد. مصرف نیکوتین میزان REE را ۳-۴ درصد در آقایان و تا ۶ درصد در خانم‌ها افزایش می‌دهد. مصرف الکل REE خانم‌ها را ۹ درصد افزایش می‌دهد. در شرایط بیماری و استرس، براساس شرایط بالینی، مصرف انرژی می‌تواند افزایش یا کاهش یابد. در افراد چاق مصرف انرژی ممکن است بالا باشد. مصرف انرژی ممکن است در طول گرسنگی و رژیم‌های غذایی مزمین کاهش یابد.

## اثر گرمایی غذا

اثر گرمایی غذا (TEF) به افزایش مصرف انرژی مرتبط با دریافت، هضم و جذب غذا گفته می‌شود. TEF مسئول حدود ۱۰ درصد از TEE می‌باشد. برای TEF نام‌های دیگری نیز من جمله گرمایی غذایی، فعالیت دینامیکی خاص یا اثر مختص غذا استفاده می‌شود. TEF می‌تواند به دو بخش اجباری و اختیاری (تطابقی) تقسیم گردد. گرمایی اجباری انرژی مورد نیاز برای هضم، جذب و متابولیسم مواد مغذی است که شامل سنتز و ذخیره پروتئین، چربی و کربوهیدرات می‌باشد. گرمایی اختیاری یا تطابقی، مصرف انرژی اضافی علاوه بر گرمایی اجباری است و مسئول ناکارایی متابولیسمی می‌باشد که با تحریک سیستم عصبی سمپاتیک رخ می‌دهد. با تغییر ترکیب رژیم غذایی، TEF نیز تغییر می‌کند؛ مصرف انرژی درست بعد از مصرف غذا به ویژه پس از یک وعده غذایی سرشار از پروتئین نسبت به وعده غذایی پر چرب افزایش می‌یابد. متابولیسم چربی کارایی بالایی دارد و فقط ۴ درصد اتلاف انرژی دارد؛ در حالی که کربوهیدرات برای تبدیل به چربی به منظور ذخیره شدن، ۲۵ درصد اتلاف انرژی دارد. میزان اکسیداسیون درشت مغذی‌ها در افراد چاق و لاغر تفاوتی ندارد. هرچند که مقدار TEF به اندازه و محتوای درشت مغذی‌های وعده غذایی بستگی دارد؛ مقدار TEF ۹۰-۲۰ دقیقه بعد از دریافت غذا کاهش می‌یابد؛ بنابراین تأثیر کمی بر TEE برجا می‌گذارد. مقدار TEF در اهداف کاربردی، بیشتر از ۱۰ درصد REE محاسبه نمی‌شود. غذاهای حاوی ادویه اثر TEF را افزایش می‌دهند و طولانی‌تر می‌کنند. کافئین، کاپسایسین و چای‌های مختلفی از قبیل چای سبز، سفید و اولانگ مصرف انرژی و اکسیداسیون چربی را افزایش می‌دهند و گرسنگی را سرکوب می‌سازند.

تغذیه روده ای (تغذیه با لوله) و تغذیه پیرانترال (وریدی) اثر حرارتی بر مصرف انرژی اعمال می‌کنند که باید در بیماران تحت حمایت تغذیه ای در نظر گرفته شود. مصرف انرژی در بیماران تحت تغذیه وریدی متناوب در مقایسه با آن‌هایی که به صورت مداوم دریافت می‌کنند، در طول شب افزایش می‌یابد که این افزایش مصرف انرژی مربوط به هر بار اعمال تغذیه ای متناوب است. در مطالعه ای

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

موردی حول محور تغذیه ی وریدی طولانی مدت در منزل، افزایش مصرف انرژی بیمار از طریق انفوزیون (تزریق مداوم) تغذیه ی وریدی نشان داده شد.

### گرمزایی ناشی از فعالیت

علاوه بر REE و TEF، انرژی برای فعالیت های فیزیکی که یا وابسته به ورزش و یا بخشی از فعالیت و حرکت روزانه است، نیز مصرف می‌شود. در واقع این به گرمزایی ناشی از فعالیت اشاره می‌کند. گرمزایی ناشی از فعالیت (AT) شامل گرمزایی ناشی از فعالیت غیرورزشی (NEAT) که همان انرژی مصرفی فعالیت های در طول زندگی روزانه افراد است و نیز شامل انرژی مصرفی در فعالیت های ورزشی و تناسب اندام می‌باشد.

بخش مربوط به فعالیت بدنی متغیر ترین جزء TEE است و ممکن است از مقادیر کم و در حدود ۱۰۰ کیلوکالری در فرد کم تحرک و یا زیاد و در حدود ۳۰۰۰ کیلوکالری در ورزشکاران متغیر باشد. NEAT همان انرژی مصرفی در طول روز کاری و فعالیت های اوقات فراغت (مثل خرید، بازی کردن و حتی جویدن آدامس) است که می‌تواند مسئول تفاوت های زیادی در انرژی مصرفی افراد مختلف باشد. TEE منعکس کننده REE، TEF و انرژی مصرفی در ورزش است.

سطح تناسب اندام، مصرف انرژی فعالیت اختیاری فرد را به دلیل تغییرات توده عضلانی تحت تأثیر قرار می‌دهد. AT با افزایش سن کاهش می‌یابد که به دلیل کاهش FFM و افزایش توده چربی (FM) می‌باشد. در کل، آقایان عضلات اسکلتی بیشتری نسبت به خانم ها دارند که احتمالاً مسئول بالاتر بودن AT آن ها باشد.

### سایر ملاحظات در مصرف انرژی

مصرف اکسیژن اضافی بعد از ورزش (EPOC) تحت تأثیر شدت و مدت فعالیت بدنی می‌باشد. مصرف انرژی در طول ورزش افزایش می‌یابد ولی تأثیرش بر میزان متابولیسم بعد از ورزش کم است. ورزش عادی سبب افزایش طولانی و قابل ملاحظه میزان متابولیسم نمی‌شود؛ مگر اینکه منجر به کاهش FM و افزایش FFM گردد که این افزایش در میزان متابولیسم اغلب در طول ورزش اتفاق می‌افتد.

### اندازه گیری انرژی مصرفی

کیلوکالری (kcal) معادل ۱۰۰۰ کالری به دلیل بالا بودن مقدار انرژی ناشی از متابولیسم غذاها، برای اندازه گیری آن استفاده می‌شود. کلمه کالری در بیان کلی، به جای کیلوکالری استفاده می‌شود. در این کتاب کیلوکالری با اختصار kcal استفاده می‌شود. ژول (J) انرژی را در قالب کار فیزیکی اندازه گیری می‌کند و معادل مقدار انرژی است که برای بلند کردن وزنه ی یک نیوتونی به مسافت یک متر لازم است. یک کیلوکالری معادل ۴.۱۸۴ کیلوژول می‌باشد.

### کالریمتری مستقیم

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

کالریمتری مستقیم تنها با استفاده از تجهیزات گران و مخصوص انجام می‌شود. در این روش فرد در یک اتاقک (اتاقک کالریمتری) قرار می‌گیرد که امکان انجام فعالیت متوسط را دارد. دستگاه می‌تواند میزان انرژی گرمایی تولید شده توسط فرد را در محفظه اندازه‌گیری کند. کالریمتری مستقیم، انرژی مصرفی را در قالب گرما اندازه‌گیری می‌کند؛ اما اطلاعاتی در مورد نوع انرژی مصرفی فراهم نمی‌سازد. همچنین این روش به علت محدودیت شرایط آزمون محدود می‌شود؛ بنابراین اندازه‌گیری TEE با استفاده از این روش مشابه زندگی معمولی و آزاد (مانند عدم توانایی برای انجام فعالیت‌های روزانه) نیست؛ زیرا فعالیت‌های فرد در این اتاقک محدود می‌باشد. قیمت بالا، مهندسی پیچیده و کمیابی این دستگاه در جهان، استفاده از این روش را محدود می‌سازد.

### کالریمتری غیرمستقیم

کالریمتری غیرمستقیم (IC) روشی مرسوم‌تر در اندازه‌گیری انرژی مصرفی است. مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسیدکربن فرد در این روش طی مدت معلوم اندازه‌گیری می‌شود. معادله‌ی ویر<sup>۱۱</sup> (1949) و یک ضریب تنفسی ثابت به ارزش ۰.۸۵ برای تبدیل اکسیژن مصرفی به REE استفاده می‌گردد. تجهیزات آن متفاوت است؛ اما به طور معمول شامل یک ماسک دهانی برای تنفس (با گیره بینی) که بینی و دهان را می‌پوشاند و یک هود تهویه‌ای اخذکننده‌ی تمامی دی‌اکسیدکربن بازدمی می‌باشد.

یک پروتکل سخت‌گیرانه باید قبل از اندازه‌گیری‌های کالریمتری غیرمستقیم رعایت شود. در افراد سالم، حداقل ۵ ساعت ناشتایی بعد از وعده غذایی یا تنقلات توصیه می‌شود. از مصرف کافئین حداقل باید ۴ ساعت و از مصرف الکل و سیگار ۲ ساعت خودداری نمایند. انجام تست نباید زودتر از دو ساعت بعد از انجام ورزش متوسط باشد و محدوده‌ی ۱۴ ساعته بعد از انجام ورزش مقاومتی شدید توصیه می‌شود. جهت ثبات اندازه‌گیری، ۲۰-۱۰ دقیقه قبل از انجام تست باید استراحت کنند.

### ضریب تنفسی

با اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی و دی‌اکسیدکربن تولیدی می‌توان ضریب تنفسی (RQ) را همان‌طور که در معادله زیر ذکر شده است، محاسبه نمود. RQ نشان می‌دهد که مخلوط سوخت متابولیزه می‌شود. RQ برای کربوهیدرات ۱ است؛ زیرا تعداد مولکول‌های تولید شده دی‌اکسیدکربن برابر با تعداد مولکول‌های مصرف شده اکسیژن است.

$$RQ = \frac{V \text{ CO}_2 / V \text{ O}_2}{\text{حجم اکسیژن مصرف شده} / \text{حجم دی‌اکسیدکربن تولید شده}}$$

مقادیر RQ:

کربوهیدرات = ۱

رژیم مخلوط = ۰.۸۵

پروتئین = ۰.۸۲

چربی = ۰.۷

تولیدات کتوننی  $\geq 0.65$

RQ بیش‌تر از ۱، نشان‌دهنده سنتز خالص چربی، دریافت کربوهیدرات (گلوکز) یا دریافت کالری اضافی است؛ در حالی که RQ خیلی پایین ممکن است در شرایطی دیده شود که دریافت مواد مغذی ناکافی باشد.

<sup>۱۱</sup> Weir

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

## آب دو نشاندار

تکنیک آب دو نشاندار شده <sup>12</sup>(DLW) مورد استفاده برای اندازه گیری TEE به عنوان یک استاندارد طلایی برای تعیین انرژی مورد نیاز و تعادل انرژی در انسان در نظر گرفته می‌شود. اساس این روش محاسبه دی اکسیدکربن تولید شده با استفاده از تفاوت بین میزان دفع هیدروژن و اکسیژن بدن است. بعد از نوشیدن دوز بارگیری خوراکی آب دو نشاندار شده با دوتریم اکسید (<sup>2</sup>H<sub>2</sub>O) و اکسیژن-۱۸ (<sup>18</sup>O)، دوتریم اکسید به شکل آب و اکسیژن-۱۸ به شکل آب و دی اکسیدکربن از بدن دفع می‌شوند. میزان دفع دو ایزوتوپ طی مدت ۱۰ تا ۱۴ روز با نمونه گیری دوره ای آب بدن از ادرار، بزاق یا پلاسما اندازه گیری می‌شود. تفاوت بین میزان دفع دو ایزوتوپ به صورت میزان دی اکسیدکربن تولیدی اندازه گیری می‌گردد و سپس دی اکسیدکربن تولیدی با استفاده از روش های استاندارد IC برای محاسبه کل انرژی مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## پایشگر های سه محوری

پایشگر سه محوری برای اندازه گیری انرژی مرتبط با فعالیت استفاده می‌شود. این وسیله با به کارگیری سه پایشگر تک محوری، حرکات چند جهتی را با کارایی بالایی می‌سنجد.

## پرسشنامه فعالیت بدنی

پرسشنامه های فعالیت بدنی <sup>13</sup>(PAQs) ساده ترین و ارزان ترین وسیله جهت کسب اطلاعات در مورد سطح فعالیت بدنی افراد می‌باشند. خطاهای گزارش دهی در این روش رایج است.

## محاسبه انرژی مورد نیاز

### معادلاتی برای محاسبه انرژی مصرفی در حالت استراحت

معادلاتی جهت محاسبه REE با استفاده از IC برای بزرگسالان موجود می‌باشد. تا همین اواخر معادلات هریس-بندیکت <sup>14</sup> یکی از پر کاربرد ترین معادلات جهت محاسبه REE در افراد سالم، بیمار و مصدوم بود. معادلات هریس-بندیکت REE را در افراد با وزن طبیعی و چاق، ۷ تا ۲۷ درصد بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. در مطالعه ای که مقدار REE محاسبه شده توسط معادلات میفلین اس-تی جنور <sup>15</sup>، اُون <sup>16</sup> و هریس-بندیکت در آقایان و خانم ها را با هم مقایسه کرد، دریافت که معادله میفلین اس-تی جنور در محاسبه REE در افراد با وزن طبیعی و چاق دقیق ترین معادله است.

تصویربرداری رزونانس مغناطیس <sup>17</sup>(MRI)، توموگرافی رایانه ای <sup>18</sup>(CT) و سنجش جذب اشعه ایکس با انرژی دوگانه <sup>19</sup>(DEXA) به عنوان روش های ارزیابی REE از طریق تعیین LBM و توده چربی انسان بررسی شده اند. با اینکه که وزن بدن، سن، قد و جنسیت ممکن است در بین افراد یا گروه ها مشابه باشد؛ توده سلول های بدن متفاوت است که باعث ایجاد تغییرات در REE می‌شود و ممکن است در پیش بینی REE جهت کاهش، افزایش یا حفظ وزن اختلال ایجاد کند. اگرچه REE معمولاً از معادلات آماری تخمین زده

<sup>12</sup> Doubly labeled water

<sup>13</sup> Physical activity questionnaires

<sup>14</sup> Harris-Benedict

<sup>15</sup> Mifflin-St. Jeor

<sup>16</sup> Owen

<sup>17</sup> Magnetic resonance imaging

<sup>18</sup> Computer tomography

<sup>19</sup> Dual-energy x-ray absorptiometry

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز خبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



می‌شود؛ اما استفاده از روش‌های تصویربرداری برای تخمین REE از طریق اجزای توده بافت-عضو، امکان تمایز REE را بین افراد فراهم می‌سازد. این امر با ارزیابی میزان انرژی مصرفی مرتبط با توده سلولی و ترکیب بدن، دقت بیشتری در تعیین REE فراهم می‌کند.

REE در بیمارانی که از تغذیه پرانترال در منزل استفاده می‌کنند، بر اساس انرژی پیش بینی شده؛ یعنی ۲۰ کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم یا استفاده از معادلات آرتون-جونز<sup>۲۰</sup> محاسبه می‌شود.

### تعیین کل انرژی مصرفی (TEE)

معادلات تخمین یا اندازه‌گیری انرژی مصرفی با تعیین REE آغاز می‌گردد. فاکتورهای دیگر؛ یعنی TEF و AT نیز باید اضافه شوند. همانطور که قبلاً گفته شد، TEF ممکن است به عنوان یک عامل اضافی در گرمایی ناشی از فعالیت در محاسبات TEE در نظر گرفته شود. یک روش ساده برای پیش بینی فعالیت‌های بدنی علاوه بر REE، استفاده از تخمین سطح فعالیت بدنی است که سپس در REE اندازه‌گیری شده، ضرب می‌شود. برای تخمین TEE در فعالیت بدنی کم ۱۰ تا ۲۰ درصد، برای فعالیت بدنی متوسط ۲۵ تا ۴۰ درصد و برای فعالیت بدنی شدید ۴۵ تا ۶۰ درصد به REE اضافه می‌شود.

### سایر معادلات پیش بینی

آکادمی ملی علوم، انجمن پزشکی<sup>۲۱</sup> (IOM) و انجمن غذا و تغذیه با همکاری بهداشت و درمان کانادا، انرژی تخمینی مورد نیاز (EER) را برای خانم‌ها، آقایان، کودکان، نوزادان و خانم‌های باردار و شیرده را محاسبه کردند. EER همان متوسط انرژی دریافتی رژیمی است که برای حفظ تعادل انرژی در یک فرد بزرگسال سالم پیش بینی شده و بر اساس سن، جنس، وزن، قد و سطح فعالیت بدنی سازگار با سلامتی تعریف شده است.

EER شامل سن، وزن، قد، جنس و سطح فعالیت بدنی برای افراد ۳ سال و بالاتر است. اگرچه متغیرهایی مثل سن، جنس و نوع تغذیه (شیر مادر یا فرمولا) می‌تواند بر TEE نوزادان و کودکان نوپا مؤثر باشد؛ اما وزن به عنوان تنها پیش بینی کننده نیازهای TEE مشخص شده است. علاوه بر نیازهای TEE، کالری اضافی برای نوزادان، کودکان نوپا و کودکان ۱۸-۳ سال جهت تولید بافت جدید و برای خانم‌های باردار و شیرده نیاز می‌باشد؛ بنابراین در این افراد TEE، مجموع انرژی مصرفی مورد نیاز به علاوه انرژی مورد نیاز برای تولید بافت جدید است.

### انرژی تخمینی مصرفی در فعالیت بدنی

انرژی مصرفی در فعالیت‌های بدنی را می‌توان با استفاده از انرژی صرف شده توسط بزرگسالان در طی شدت‌های مختلف فعالیت بدنی - انرژی که به صورت معادل‌های متابولیک (METs) بیان می‌شود، به دست آورد.

### انرژی تخمینی مصرفی فعالیت‌های انتخابی توسط معادل‌های متابولیکی

<sup>20</sup> Ireton-Jones

<sup>21</sup> Institute of Medicine

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

MET واحد اندازه گیری است که با میزان سوخت و ساز فرد طی فعالیت های بدنی انتخابی با شدت های متفاوت ارتباط دارد و به عنوان مضربی از REE بیان می شود. MET یک، اکسیژنی است که در زمان استراحت متابولیزه می شود (۳/۵ میلی لیتر اکسیژن به ازای کیلوگرم وزن بدن در هر دقیقه در بزرگسالان) و به صورت یک کیلوکالری به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در ساعت بیان می شود. بدین خاطر انرژی مصرفی بزرگسالان را می توان با استفاده از MET آن محاسبه نمود ( $1 \text{ MET} = 1 \text{ Kcal/kg/h}$ ).

برآورد انرژی مورد نیاز فرد با استفاده از معادلات EER نیازمند محاسبه مقدار PAL برای آن شخص می باشد. مقدار PAL یک فرد تحت تأثیر فعالیت های مختلفی است که در طول زمان انجام می شود و به عنوان تغییر در سطح فعالیت بدنی مطرح است ( $\Delta\text{PAL}$ ). برای مشخص کردن  $\Delta\text{PAL}$ ، مجموع PAL های مربوط به فعالیت ها در طول یک روز از جدول مربوط به DRI به دست می آید. برای محاسبه مقدار PAL در یک روز، مجموع فعالیت ها را در نظر بگیرید و BEE (۱) به علاوه ی ۱۰٪ را برای محاسبه ی TEF (۰/۱) اضافه نمایید ( $1 + 0/1 = 1/1$ ). به عنوان مثال، برای محاسبه مقدار PAL برای یک خانم بزرگسال، مجموع  $\Delta\text{PAL}$  را برای فعالیت های روزمره به دست آورید؛ مانند پیاده روی با سگ (۰/۱۱) و جاروبرقی کشیدن (۰/۱۴) هر کدام برای یک ساعت، فعالیت های سبک نشسته برای ۴ ساعت (۰/۱۲) و انجام فعالیت های متوسط یا شدید مانند پیاده روی به مدت یک ساعت با سرعت ۴ مایل در ساعت (۰/۲۰) و اسکی روی یخ به مدت ۳۰ دقیقه (۰/۱۳) که در مجموع ۰/۷ می شود. به مقدار مذکور، BEE تطبیق داده شده برای ۱۰ درصد TEF (۱/۱) را بیافزایید تا محاسبه تکمیل شود ( $1/1 + 0/7 = 1/8$ ). برای این مثال، مقدار PAL محاسبه شده (۱/۸) در محدوده فعال قرار دارد. PA برای زندگی فعال برای این خانم بزرگسال معادل ۱/۲۷ می باشد.

### محاسبه انرژی ناشی از غذا

انرژی کلی ناشی از غذا به وسیله بمب کالریمتری اندازه گیری می شود. این دستگاه شامل محفظه ای بسته ای است که نمونه غذایی وزن شده در آن قرار می گیرد و با جرقه برقی مشتعل می شود و در اکسیژن اتمسفر می سوزد. محفظه درون حجم مشخصی از آب غوطه ور است و افزایش دمای آب بعد از سوختن غذا جهت محاسبه انرژی حرارتی تولید شده استفاده می شود.

همه انرژی ناشی از غذا ها والکل در دسترس سلول های بدن قرار نمی گیرند؛ زیرا فرایند هضم و جذب کاملاً کارآمد نمی باشد. علاوه بر این، قسمت نیتروژنی اسیدهای آمینه اکسید نمی شود و در ادرار دفع می شود؛ بنابراین انرژی بیولوژیکی در دسترس غذاها و الکل اندکی کمتر از مقداری است که توسط کاریمتری به دست می آید. این مقدار برای پروتئین، چربی، کربوهیدرات و الکل به ترتیب ۴، ۹، ۴ و ۷ است.

اگرچه مقدار انرژی هر ماده مغذی به طور دقیقی شناخته شده است؛ اما تنها چند غذا مثل روغن و شکر از یک ماده مغذی واحد تشکیل شده اند. اغلب غذاهای معمول حاوی ترکیبی از پروتئین، چربی و کربوهیدرات می باشند. به عنوان مثال مقدار انرژی یک تخم مرغ متوسط (۵۰ گرم) که شامل ۱۳ درصد پروتئین، ۱۲ درصد چربی و ۱ درصد کربوهیدرات است، به صورت زیر می باشد:

$$\text{پروتئین: } 13\% \times 50 \text{ گرم} = 6.5 \text{ گرم} \times 4 \text{ کیلوکالری} = 26 \text{ کیلوکالری}$$

$$\text{چربی: } 12\% \times 50 \text{ گرم} = 6 \text{ گرم} \times 9 \text{ کیلوکالری} = 54 \text{ کیلوکالری}$$

$$\text{کربوهیدرات: } 1\% \times 50 \text{ گرم} = 0.5 \text{ گرم} \times 4 \text{ کیلوکالری} = 2 \text{ کیلوکالری}$$

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فنیفا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

[www.nokhbegaan.com](http://www.nokhbegaan.com)



کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

[www.nokhbegaan.com](http://www.nokhbegaan.com)

# بالینی: آب، الکترولیت و تعادل اسید-باز

### کلمات کلیدی

Balance acid-base	تعادل اسید و باز
Acidemia	اسیدمی (افزایش محتوای اسیدی خون)
Alkalemia	آلکالمی (افزایش محتوای قلیایی خون)
Gap anion	آنیون گپ (شکاف آنیونی)
Hormone antidiuretic	هورمون ضد ادراری
Buffer	بافر
Alkalosis contraction	آلکالوز انقباضی
Calcium corrected	کلسیم تصحیح شده
Dehydration	دهیدراتاسیون (کم آبی)
Edema	ادم
Electrolytes	الکترولیت‌ها
Extracellular fluid (ECF)	مایعات خارج سلولی
Pressure hydrostatic	فشار هیدرواستاتیک
Hypervolemia	هایپرولمی (پر حجمی خون)
Hyponatremia	هایپوناترمی (کم سدیمی خون)
Insensible water loss	دفع نامحسوس آب
Interstitial fluid	مایعات بینابینی
Intracellular fluid (ICF)	مایعات داخل سلولی
Lymph edema	ادم لنفاوی
Metabolic acidosis	اسیدوز متابولیک
Metabolic alkalosis	آلکالوز متابولیک
Metabolic water	آب متابولیکی
Na/K-ATPase pump	پمپ سدیم-پتاسیم ATP آز
Oncotic pressure (colloidal osmotic pressure)	فشار انکوتیک (فشار اسمزی کلئویدی)
Osmolality	اسمولالیته
Osmolarity	اسمولاریته
Osmotic pressure	فشار اسموتیک
Renin-angiotensin system	سیستم رنین - آنژیوتانسین
Respiratory acidosis	اسیدوز تنفسی
Respiratory alkalosis	آلکالوز تنفسی
Sensible water loss	دفع محسوس آب
“Third space” fluid	مایعات فضای سوم
Total Body Water (TBW)	کل آب بدن

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

مدیریت مایعات، الکترولیت‌ها و اسید-باز پیچیده است و نیازمند اطلاع از عملکرد و مکانیسم هومئوستازی بدن می‌باشد که برای حفظ محیط مناسب جهت عملکرد سلول استفاده می‌شود. تغییر تعادل مایعات، الکترولیت‌ها و اسید-باز به طور معمول در بیماران بستری در بیمارستان دیده می‌شود و می‌تواند به صورت حاد یا مزمن بر هومئوستاز اثر بگذارد.

حتی تغییرات اندک در PH، غلظت الکترولیت‌ها و وضعیت مایعات می‌تواند بر عملکرد سلول تأثیر منفی بگذارد. چنانچه این اختلالات تصحیح نشوند، نتایج خطرناک یا مرگ را به همراه خواهند داشت.

## آب بدن

در بدو تولد، آب در بالاترین نسبت موجود در کل طول عمر فرد می‌باشد و حدوداً ۷۵ تا ۸۵ درصد از وزن کل بدن را تشکیل می‌دهد که این نسبت با افزایش سن و چربی کاهش می‌یابد. آب مسئول ۶۰ تا ۷۰ درصد از وزن کل بدن در بزرگسالان لاغر و فقط مسئول ۴۵ تا ۵۵ درصد در بزرگسالان چاق می‌باشد. سلول‌های فعال متابولیکی ماهیچه و احشاء، بیشترین غلظت آب و سلول‌های بافت‌های کلسیفیه شده، کمترین میزان را دارند. کل آب بدن در ورزشکاران بیشتر از غیر ورزشکاران می‌باشد و با افزایش سن و تحلیل حجم توده عضلانی کاهش می‌یابد. هرچند نسبتی از وزن بدن که مسئول آب است با جنسیت، سن و چربی بدن تغییر می‌کند؛ تغییرات کوچک روز به روز در هر فرد وجود دارد.

## عملکردها

آب موجب می‌شود که املاح برای واکنش‌های سلولی، تنظیم دمای بدن، حفظ حجم خون، انتقال مواد مغذی و شرکت در هضم، جذب و دفع قابل دسترس باشند. از دست رفتن ۲۰ درصد از آب بدن (دهیدراتاسیون) ممکن است باعث مرگ و از دست رفتن ۱۰ درصد از آب بدن می‌تواند منجر به آسیب جدی دستگاه‌های بدن گردد. حتی دهیدراتاسیون خفیف (از دست رفتن ۱ تا ۲ درصد آب بدن) می‌تواند موجب کاهش عملکرد شناختی و هوشیاری، افزایش ضربان قلب و کاهش عملکرد ورزشی شود. بزرگسالان سالم می‌توانند تا ۱۰ روز و کودکان تا ۵ روز بدون آب زنده بمانند؛ در حالی که افراد می‌توانند برای چندین هفته بدون غذا زنده بمانند.

## توزیع

کل آب بدن (TBW) به طور کلی در مایعات داخل سلولی (ICF) و مایعات خارج سلولی (ECF) توزیع شده است. مایعات بین سلولی (TCF)<sup>۲۲</sup> شامل ۳ درصد از TBW می‌باشد که مقدار کم مایعات است و مایع مغزی نخاعی، مایع پریکارد، مایع پرده جنب و همچنین مایع اطراف چشم را تشکیل می‌دهد. مایع داخل سلولی درون سلول‌ها قرار دارد و دو سوم کل آب بدن را شامل می‌شود. مایع خارج سلولی شامل یک سوم باقی مانده از کل آب بدن است. مایع خارج سلولی شامل آب و مواد محلول در پلاسما و لنف و نیز مایعات بین سلولی (مایعات اطراف سلول‌ها در بافت) می‌باشد. آب دریافتی از غذاها و نوشیدنی‌ها با از دست رفتن آب از طریق ادرار، تعریق، مدفوع و تنفس متعادل می‌شود. ادم تجمع غیر عادی مایعات در فضای سوم درون بافتی یا حفره ای درون بدن است. مایعات در فضای سوم احتباس می‌یابند و در نتیجه در وظایف عملکردی آب بدن شرکت نمی‌کنند.

<sup>22</sup> Transcellular water

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

## دریافت آب

تشنگی از طریق هیپوتالاموس تنظیم می‌شود و دریافت آب را در افراد سالم کنترل می‌کند. حساسیت به تشنگی در افراد مسن، بیماران با شرایط حاد و مزمن، نوزادان و ورزشکاران کاهش می‌یابد و منجر به افزایش احتمال کمبود آب می‌شود. منابع آب شامل مایعات (دریافت خوراکی، تغذیه روده ای با لوله، مایعات وریدی)، غذاها و متابولیسم اکسیداتیو است. اکسیداسیون غذاها در بدن آب متابولیکی را به عنوان یک محصول نهایی تولید می‌کند. اکسیداسیون ۱۰۰ گرم چربی، کربوهیدرات و پروتئین به ترتیب موجب تولید ۱۰۷، ۵۵ و ۴۱ گرم آب در بدن می‌شود که مجموعاً ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی لیتر آب در روز تولید می‌کند.

## مسمومیت با آب و اضافه بار مایعات

مسمومیت با آب در نتیجه ی دریافت مقادیر بالای آب که بیش از حد توانایی بدن در دفع آن می‌باشد، رخ می‌دهد. افزایش حجم ICF با رقیق شدن اسمولار همراه است. افزایش حجم ICF باعث التهاب سلول ها، به ویژه سلول های مغزی می‌شود که منجر به سردرد، حالت تهوع، استفراغ، کشیدگی عضلات، نابینایی و تشنج با گیجی می‌شود. در صورت عدم درمان، مسمومیت با آب می‌تواند کشنده باشد. مسمومیت با آب معمولاً در افراد سالم و دارای شرایط طبیعی دیده نمی‌شود. این حالت ممکن است در ورزشکاران استقامتی که مقادیر زیادی از نوشیدنی های بدون الکترولیت را در طول تمرینات مصرف می‌کنند، افراد مبتلا به بیماری روانی یا در نتیجه مسابقات نوشیدن آب رخ دهد.

اضافه بار مایعات یا هایپروولمی زمانی رخ می‌دهد که مایعات اضافی در بدن تجمع یابند و منجر به افزایش حجم خون در گردش شود. این شرایط ممکن است در نتیجه مصرف بیش از حد مایعات (از راه خوراکی، روده ای یا وریدی)، آسیب یا بیماری مستعد کننده ی استرس در بدن و یا بیماری های کلیوی، قلبی یا کبدی تشخیص داده شده باشد. علائم اضافه بار مایعات اغلب ممکن است شامل التهاب عمومی یا موضعی، افزایش ناگهانی وزن، تنگی نفس، ارتوپنه، احتقان ریوی یا تغییرات فشارهای شریانی باشد. درمان اضافه بار مایعات اغلب بر اساس منشأ ایجاد کننده ی آن تعیین می‌شود و گزینه های درمان ممکن است شامل کاهش در مصرف مایعات، دیورتیک درمانی و محدودیت سدیم باشند.

## حذف آب

از دست دادن آب به طور معمول از طریق کلیه ها به صورت ادرار یا از طریق دستگاه گوارشی به صورت مدفوع (قابل اندازه گیری، دفع محسوس آب) و همچنین طریق هوای بازدمی از ریه ها و تبخیر پوستی آب (غیر قابل اندازه گیری، دفع نامحسوس آب) صورت می‌گیرد. کلیه تنظیم کننده اولیه دفع محسوس آب است. کلیه ها در شرایط طبیعی می‌توانند با کاهش یا افزایش از دست دادن آب ادرار، ترکیب آب را تنظیم کنند. دیورتیک های طبیعی؛ مانند الکل و کافئین موادی در رژیم غذایی هستند که دفع ادرار را افزایش می‌دهند.

دفع نامحسوس آب، مداوم و معمولاً غیرآگاهانه است. ارتفاع زیاد، رطوبت کم و دمای بالا می‌تواند دفع نامحسوس مایعات از طریق ریه ها و تعریق را افزایش دهد. ورزشکاران می‌توانند ۶ تا ۱۰ درصد از وزن بدن خود را از طریق تعریق از دست دهند که مایعات باید جایگزین شوند. کمبود آب بدن منجر به افزایش دمای مرکزی بدن می‌شود که دما به ازای هر ۱٪ از وزن از دست رفته بدن طی تعریق، ۰.۱۵ تا ۰.۲۰ درجه سانتی گراد افزایش می‌یابد. در شرایط پر خطر، پیشنهاد می‌شود ورزشکاران میزان مایعات قبل و بعد از فعالیت را ارزیابی کنند و ۱ تا ۱.۲۵ لیتر مایعات برای هر ۱ کیلوگرم آب از دست رفته در هنگام ورزش، مصرف نمایند.

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

دستگاه گوارش منبع اصلی دفع آب است. در شرایط عادی روزانه ۷ تا ۹ لیتر آب از شیره هضمی و سایر مایعات خارج سلولی به دستگاه گوارش ترشح می‌شود که تقریباً به طور کامل در ایلئوم و روده بزرگ جذب می‌شوند، البته به استثنای حدود ۱۰۰ میلی لیتر که از طریق مدفوع دفع می‌شود. از آنجا که این حجم از مایعات بازجذب شده تقریباً دو برابر پلاسمای خون هستند؛ از دست دادن بیش از حد مایعات گوارشی از طریق اسهال خصوصاً برای افراد بسیار جوان و بسیار مسن ممکن است عواقب جدی به همراه داشته باشد.

اسهال کلریک به اسهال حاد گفته می‌شود که ناشی از غذای آلوده یا آب حاوی باکتری ویبریو کلرا است که مسئول از دست دادن جان بسیاری از افراد در کشورهای در حال توسعه می‌باشد و هیدراتاسیون می‌تواند بدون مایعات داخل وریدی، اصلاح گردد. محلول آبرسانی خوراکی، یک مایع ایزوتونیک، مخلوط ساده ای از آب، شکر و نمک است و در بهبود وضعیت هیدراتاسیون بسیار مؤثر است. موارد دیگر دفع غیرطبیعی مایعات ممکن است در نتیجه ی استفراغ، خونریزی، تخلیه فیستول، ترشحات سوختگی و زخم، از دست دهی از طریق لوله ی معده ای و جراحی و استفاده از داروهای مدر (دیورتیک ها) رخ دهد.

در صورت دریافت ناکافی آب یا از دست رفتن بیش از حد آب، کلیه های سالم با حفظ آب و دفع ادرار غلیظ، شرایط را جبران می‌کنند. توبول های کلیوی در پاسخ به عملکرد هورمون وازوپرسین، بازجذب آب را افزایش می‌دهند. با این حال، غلظت ادرار ساخته شده توسط کلیه ها محدودیتی تقریباً ۱۴۰۰ mOsm/L دارد. با رسیدن به این حد، بدن توانایی دفع املاح را از دست می‌دهد. توانایی کلیه ها در تغلیظ ادرار ممکن است در افراد مسن یا در نوزادان مختل گردد و در نتیجه خطر ابتلا به کم آبی یا هیپرناترمی، به ویژه در هنگام بیماری افزایش یابد.

علائم کم آبی بدن شامل سردرد، خستگی، کاهش اشتها، گیجی، تورگور پوستی ضعیف (اگرچه ممکن است در افراد مسن با وضعیت هیدراتاسیون خوب هم وجود داشته باشد)، تورگور ضعیف در ناحیه پیشانی، ادرار غلیظ، کاهش تولید ادرار، چشم های گود رفته، خشک شدن غشای مخاط دهان و بینی، تغییر فشار خون در حالت ایستاده و تاکی کاردی می‌باشد. در یک فرد مبتلا به کم آبی، وزن مخصوص، اندازه گیری املاح محلول در ادرار، بیشتر از حد طبیعی افزایش می‌یابد و ادرار به طور قابل توجهی تیره می‌شود.

### ارزیابی بالینی وضعیت مایعات

در اکثر موارد، مصرف آب مناسب روزانه (مایعات و از جمله غذاها) برای آقایان بزرگسال تقریباً ۳.۷ لیتر (۱۵.۵ فنجان) و برای خانم های بزرگسال ۲.۷ لیتر (۱۱+ فنجان) است که به اندازه بدن بستگی دارد. از آنجا که غذای جامد، ۱۹ درصد کل مایعات روزانه را تأمین می‌کند؛ این میزان روزانه برابر با ۷۵۰ میلی لیتر آب یا تقریباً ۳ فنجان است. وقتی این مقدار به ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی لیتر (حدود ۱ فنجان) آب تولید شده توسط متابولیسم اکسیداتیو اضافه شود؛ آقایان روزانه به حدود ۱۱.۵ فنجان و خانم ها به ۷ فنجان مایعات نیاز دارند. کل مایعات دریافتی از آب آشامیدنی، مایعات دیگر و غذا تأمین می‌شود، مصرف کافی<sup>۲۳</sup> (AI) آب برای کل آب مصرفی روزانه و شامل تمام منابع آب رژیم غذایی است.

<sup>23</sup> Adequate Intake

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد



## الکترولیت‌ها

الکترولیت‌ها همان مواد معدنی با بار الکتریکی هستند که در یک محلول به یون‌های با بار مثبت یا منفی تفکیک می‌شوند. الکترولیت‌ها می‌توانند نمک‌های غیرآلی ساده سدیم، پتاسیم یا منیزیم یا مولکول‌های آلی پیچیده‌ای باشند که نقشی اساسی در عملکردهای متابولیک میزبان دارند.

الکترولیت‌های اصلی مایع خارج سلولی سدیم، کلسیم، کلر و بی‌کربنات هستند. پتاسیم، منیزیم و فسفات الکترولیت‌های اصلی مایع داخل سلولی هستند. این عناصر که به صورت یون در مایعات بدن وجود دارند، در تمام مایعات بدن توزیع شده‌اند. الکترولیت‌ها وظیفه حفظ عملکردهای فیزیولوژیک بدن، متابولیسم سلولی، عملکرد عصبی عضلانی و تعادل اسمزی را بر عهده دارند. اگرچه دریافت خوراکی متفاوت است؛ مکانیسم‌های هموستاتیک غلظت الکترولیت‌ها را در بدن تنظیم می‌کنند.

تغییر در غلظت‌های الکترولیت داخل سلولی یا خارج سلولی می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر عملکردهای بدن داشته باشد. پمپ سدیم-پتاسیم ATP از با پمپاژ فعال سدیم از سلول‌ها در ازای پتاسیم، محتوای الکترولیت سلول را تنظیم می‌کند. الکترولیت‌های دیگر شیب یونی (شیب پتانسیل الکتریکی برای حرکت در عرض غشا) را دنبال می‌کنند.

## کلسیم

اگرچه تقریباً ۹۹٪ کلسیم بدن ( $Ca^{++}$ ) در اسکلت (استخوان‌ها و دندان‌ها) ذخیره می‌شود؛ ۱٪ باقیمانده دارای عملکردهای مهم فیزیولوژیکی است. یون کلسیم در داخل عروق یک کاتیون با بار الکتریکی مثبت است. تقریباً نیمی از کلسیم موجود در عروق به پروتئین سرمی آلبومین متصل می‌شود. بدین خاطر هنگامی که سطح آلبومین سرم کاهش می‌یابد؛ سطح کل کلسیم سرم به دلیل کاهش میزان آلبومین (هیپوآلبومینمی) افت می‌کند.

توانایی اتصال کلسیم و محتوای یونیزه آن در خون پیامد‌هایی برای مکانیسم‌های طبیعی هموستاتیک دارد. آزمایش خون برای سطح کلسیم اغلب سطح کل و یونیزه کلسیم را اندازه‌گیری می‌کند. کلسیم یونیزه (یا آزاد، متصل نشده) فرم فعال کلسیم است و تحت تأثیر هیپوآلبومینمی قرار نمی‌گیرد. سطح طبیعی کل کلسیم سرم در بزرگسالان سالم، حدود ۸.۵ تا ۱۰.۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر است؛ در حالی که سطح طبیعی کلسیم یونیزه ۴.۵ تا ۵.۵ میلی‌گرم بر لیتر است.

## عملکردها

کلسیم یک کاتیون خارج سلولی و ضروری جهت لخته شدن خون است و انتقال عصبی، انقباض عضلات، متابولیسم استخوان و فشار خون را تنظیم می‌کند. کلسیم توسط هورمون پاراتیروئید<sup>۲۴</sup> (PTH)، کلسی‌تونین، ویتامین D و فسفر تنظیم می‌شود. جذب کلسیم از طریق یک سیستم پیچیده تنظیم بین اندام‌های مختلف؛ مانند کلیه، دستگاه گوارش و استخوان می‌تواند افزایش یابد تا بازجذب کلسیم را به منظور حفظ هموستاز افزایش دهد. هنگامی که سطح کلسیم سرم پایین باشد، PTH باعث آزاد شدن کلسیم از استخوان‌ها و افزایش جذب از دستگاه گوارش می‌شود. کلسی‌تونین در جهت مخالف عمل می‌کند و منجر به آزاد شدن کلسیم از استخوان و کاهش جذب از دستگاه گوارش می‌گردد. ویتامین D نیز جذب کلسیم را تحریک و در حالی که فسفر جذب کلسیم را از دستگاه گوارش مهار می‌کند.

<sup>24</sup> Parathyroid hormone

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

سطح سرمی کلسیم در شرایط هیپوآلبومینمی، دقیق نمی‌باشد؛ چرا که تقریباً ۵۰٪ کلسیم به پروتئین متصل است. سطح کلسیم یونیزه دقیق‌ترین آزمایش برای کلسیم است؛ زیرا فرمی فعال می‌باشد و تحت تأثیر سطح پروتئین قرار نمی‌گیرد. سطح طبیعی کل کلسیم سرمی در بزرگسالان سالم، تقریباً ۸.۵ تا ۱۰.۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر است؛ در حالی که سطح طبیعی کلسیم یونیزه ۵.۴ تا ۵.۵ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر است (به محدوده مرجع گزارش شده توسط هر آزمایشگاه مراجعه بفرمایید). هنگامی که سطح کلسیم یونیزه در دسترس نباشد، ممکن است از یک فرمول ساده استفاده شود. فرمول کلسیم تصحیح شده مسئول کاهش ۰.۸ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر کلسیم به ازای هر کاهش ۱ گرم بر دسی‌لیتر سطح آلبومین سرم کمتر از ۴ گرم بر دسی‌لیتر می‌باشد. فرمول کلسیم تصحیح شده:

سطح کلسیم یونیزه به طور معکوس با تغییر در تعادل اسید-باز تغییر می‌کند. با افزایش pH سرم، کلسیم به پروتئین‌ها متصل می‌شود و منجر به کاهش سطح کلسیم یونیزه می‌شود. با کاهش pH، عکس این اتفاق می‌افتد. از آنجا که کلسیم نقش مهمی در عملکرد قلب، سیستم عصبی و عضلات اسکلتی دارد؛ هیپوکلسمی و هیپرکلسمی می‌تواند تهدید کننده حیات تلقی گردند.

سرطان متاستاز دهنده به بافت استخوانی یا هایپرپاراتیروئیدیسم، وقتی مقدار زیادی کلسیم به ECF منتقل می‌شود از دلایل عمده هیپرکلسمی هستند. علائم هیپرکلسمی شامل بی‌حالی، حالت تهوع، استفراغ، ضعف عضلانی و افسردگی می‌باشد. درمان معمولاً با هدف درمان علت اصلی این مشکل، قطع داروهای حاوی کلسیم و افزایش دفع کلسیم از طریق کلیه‌ها (از طریق تجویز مایعات داخل وریدی به همراه داروهای مدر) است.

هیپوکلسمی اغلب با بی‌حسی یا سوزن سوزن شدن، رفلکس‌های بیش‌فعالی، تتانی، بی‌حالی، ضعف عضلانی، گیجی و تشنج مشخص می‌شود. دلایل هیپوکلسمی شامل سطوح پایین فسفر یا منیزیم سرم، داروهای که باعث از دست رفتن کلسیم می‌شوند، هیپوآلبومینمی، کمبود ویتامین D یا کم‌کاری پاراتیروئید است. مکمل‌های خوراکی کلسیم در صورت نبود علائم، اغلب خط اول درمانی می‌باشند. از آنجا که سایر هورمون‌ها، الکترولیت‌ها و ویتامین‌ها در تنظیم کلسیم نقش دارند؛ این موارد در شرایط هیپوکلسمی واقعی ارزیابی می‌شوند. قبل از اصلاح سطح کلسیم، سطوح پایین فسفر و منیزیم باید اصلاح گردند.

### جذب و دفع

تقریباً ۲۰ تا ۶۰ درصد کلسیم رژیم غذایی جذب می‌شود و به دلیل نیاز به حفظ ثبات سطح سرمی کلسیم در مواجهه با نوسان مصرف، شدیداً تنظیم می‌شود. ایلئوم مهمترین محل جذب کلسیم است. کلسیم از طریق انتقال غیر فعال و سیستم انتقال تنظیم شده با ویتامین D جذب می‌شود. کلیه‌ها محل اصلی دفع کلسیم می‌باشند. بیشتر کلسیم سرمی به پروتئین‌ها متصل است و توسط کلیه‌ها فیلتر نمی‌شود و فقط در حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در روز در بزرگسالان از طریق ادرار دفع می‌گردد. کلسیم از طریق تعریق و مدفوع نیز دفع می‌شود.

### منابع

فراورده‌های لبنی منبع اصلی کلسیم در رژیم غذایی آمریکایی هستند و همچنین برخی از سبزیجات سبز، مغزها، حبوبات، کنسرو ماهی حاوی استخوان و توفوی غنی شده با کلسیم، مقادیر متوسطی از کلسیم دارند. تولیدکنندگان مواد غذایی بسیاری از غذاها همچون آب پر تقال را با کلسیم اضافی غنی می‌کنند که باعث می‌شود فراهمی زیستی داشته باشند (به ضمیمه ۳۹ مراجعه بفرمایید).

کلیه منابع ارائه شده توسط مرکز نخبگان دارای شابک، فیبا و مجوز وزارت ارشاد می‌باشد و هرگونه برداشت و کپی برداری از مطالب پیگرد قانونی دارد

### مصارف توصیه شده

در بزرگسالان، مصرف توصیه شده کلسیم بسته به سن و جنس از ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ میلی گرم در روز متغیر می‌باشد. حداکثر حد دریافت کلسیم تقریباً ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی گرم در روز تخمین زده شده است. مصرف بیش از حد کلسیم ممکن است منجر به سنگ کلیه و عوارض جانبی گوارشی مانند یبوست شود.

### سدیم

سدیم کاتیون اصلی ECF با محدوده ی طبیعی ۱۳۵ تا ۱۴۵ mEq/L است. ترشحاتی؛ مانند صفرا و شیر پانکراس حاوی مقادیر قابل توجهی سدیم می‌باشند. ترشحات معده و اسهال نیز حاوی سدیم هستند؛ اما بر خلاف تصور رایج، تعریق هیپوتونیک است و حاوی مقدار نسبتاً کمی سدیم می‌باشد. تقریباً ۳۵ تا ۴۰ درصد کل سدیم بدن در اسکلت و بقیه در مایعات بدن وجود دارد.

**نکته مهم:** داوطلبین محترم توجه فرمایید که با تهیه این جزوات دیگر نیاز به خرید هیچ گونه کتاب مرجع دیگری نخواهید داشت. برای اطلاع از نحوه دریافت جزوات کامل با شماره های زیر تماس حاصل فرمایید.

۰۲۱-۶۶۹۰۲۰۶۱-۶۶۹۰۲۰۳۸-۰۹۳۷۲۲۲۳۷۵۶

خرید اینترنتی:

Shop.nokhbegaan.ir