

فصل اول: سازمان عملکردی بدن انسان و کنترل محیطی داخلی

هدف علم فیزیولوژی تکوین، تکامل و ادامه حیات می باشد. بنابر این قلمرو گسترده فیزیولوژی را می توان به فیزیولوژی ویروسی، سلولی، گیاهی و انسانی تقسیم کرد. در فیزیولوژی انسانی ما درگیر توصیف ویژگی ها و مکانیسم های خاص بدن انسان هستیم.

سلولها به عنوان واحدهای زنده بدن:

واحد اصلی حیات بدن سلول است. هر عضو مجموعه ای از سلولهای بسیار متفاوت است. با وجود اینکه گلبولهای قرمز خون پرتعدادترین نوع سلولها هستند، ولی در بدن ۷۵ تریلیون انواع سلولهای دیگر وجود دارند، پس کل بدن حدود ۱۰۰ تریلیون سلول دارد.

مایع خارج سلولی - محیط داخلی:

۶۰ درصد وزن یک انسان بالغ را آب تشکیل می دهد. از این مقدار $\frac{2}{3}$ در درون سلولها و $\frac{1}{3}$ در خارج سلول قرار می گیرد. مایع خارج سلولی به صورت پلاسما و مایع میان بافتی بین سلولها دائما در حال حرکت است. در مایع خارج سلول، یون ها و مواد غذایی مورد نیاز سلولها برای بقای حیات سلول وجود دارد. بنابراین تمام سلولها در یک محیط ضرورتاً یکسان، یعنی مایع خارج سلولی زندگی می کنند. به این دلیل به مایع خارج سلولی محیط داخلی بدن milieu interiors نیز می گویند. اختلاف فشار اسمزی بین مایع خارج و داخل سلولی مسئول حرکت مایع بین این قسمت هاست. به علت وجود کانال های آب (آکواپورین ها) در غشای پلاسمایی سلول ها، آب می تواند به آسانی از غشا عبور کند.

تفاوت های مایع خارج سلولی و داخل سلولی:

مایع خارج سلولی حاوی مقادیر زیاد یون های سدیم، کلر، بیکربنات به همراه مواد غذایی سلولها از جمله اکسیژن، گلوکز، اسیدهای چرب و اسیدهای آمینه می باشد. این مایع شامل دی اکسید کربن، اکسیژن، مواد غذایی و مواد زاید است. مایع داخل سلول حاوی مقادیر زیاد یون پتاسیم و منیزیم فسفات به جای یونهای سدیم و کلر است.

مکانیسم های هومئوستاز در سیستم های عملکردی مهم:

تعریف هومئوستاز: هومئوستاز به معنی حفظ شرایط استاتیک و ثابت محیط است. اساسا همه بافتها و ارگانها در رسیدن به این هدف همکاری دارند. برای عملکرد طبیعی سلول ها باید ترکیب مایع داخل سلولی به دقت کنترل شود. برای مثال فعالیت بعضی از آنزیم ها وابسته به PH می باشد. بنابراین PH داخل سلولی باید تنظیم

شود. ترکیب یونی داخل سلولی باید در یک محدوده باریکی حفظ شود. زیرا ترکیب یونی داخل سلولی برای ایجاد پتانسیل غشا و انتقال پیام در داخل سلول ها ضروری می باشد.

سیستم انتقال و توزیع مایع خارج سلولی - دستگاه گردش خون:

مایع خارج سلولی در دو مرحله در تمام بدن پخش می شود. مرحله اول حرکت خون در بدن درون عروق خونی و مرحله دوم حرکت مایع بین خون و مویرگها و فضای بین سلولی بین سلولهای بافت است. در هنگام استراحت بدن، تمام خون در گردش در کل چرخه گردش خون در هر دقیقه به طور متوسط یک بار است در حالیکه این مقدار در فعالیت شدید به عبار در دقیقه می رسد.

دیواره های مویرگ به بیشتر مولکولهای پلاسمای خون نفوذ پذیر است (به جز مولکولهای پروتئین پلاسما). مایع خارج سلولی در تمام بدن اغلب کاملا یکنواخت است.

EXTRACELLULAR FLUID		INTRACELLULAR FLUID	
Na ⁺	142 mEq/L	10 mEq/L	
K ⁺	4 mEq/L	140 mEq/L	
Ca ⁺⁺	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L	
Mg ⁺⁺	1.2 mEq/L	58 mEq/L	
Cl ⁻	103 mEq/L	4 mEq/L	
HCO ₃ ⁻	28 mEq/L	10 mEq/L	
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L	
SO ₄ ⁻	1 mEq/L	2 mEq/L	
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl	
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?	
Cholesterol	0.5 g/dl	2 to 95 g/dl	
Phospholipids			
Neutral fat			
PO ₂	35 mm Hg	20 mm Hg ?	
PCO ₂	46 mm Hg	50 mm Hg ?	
pH	7.4	7.0	
Proteins	2 g/dl (5 mEq/L)	16 g/dl (40 mEq/L)	

ترکیب شیمیایی مایعات داخل و خارج سلولی

منشاء مواد غذایی در مایع خارج سلولی:

دستگاه تنفس:

خون در ریه ها اکسیژن مورد نیاز خود را جذب می کند. غشای بین آلوئول ها و مجرای مویرگ های ریه یا غشای آلوئول تنها $0.4/0$ تا 2 میکرومتر ضخامت دارد. و اکسیژن با حرکت مولکول از غشا به درون حفره انتشار می یابد.

دستگاه گوارش:

مواد هضمی به شکل محلول شامل کربوهیدرات، اسید چرب و اسید آمینه به درون مایع خارج سلولی جذب می شوند.

کبد و سایر اعضا متابولیکی: کبد بسیاری از اجزای شیمیایی غذا که برای بدن قابل استفاده نیستند تغییر می دهد و مواد سمی را از بدن دفع می کند.

نکته: دی اکسید کربن عمده ترین فرآورده نهایی متابولیسم است. پوست حدود 12 تا 15 درصد از وزن بدن را تشکیل می دهد.

دستگاههای کنترل بدن:

به طور کلی 3 نوع سیستم کنترل در بدن وجود دارد:

۱- سیستم کنترل ژنتیکی که فعالیت سلول را کنترل می کند.

۲- سیستم کنترل ارگانها

۳- سیستم های کنترل بین ارگانها (مثلا تنظیم فشار خون شریانی بر اساس غلظت O_2 و CO_2 در خون).

هنگامی که خون از ریه ها عبور میکند، هموگلوبین با اکسیژن ترکیب می شود. هنگامی که خون از میان مویرگهای بافتها عبور می کند، چنانچه بافت اکسیژن زیادی داشته باشد هموگلوبین که میل ترکیبی زیادی با اکسیژن دارد، آن را آزاد نمی کند اما اگر غلظت اکسیژن بافت کم باشد، اکسیژن را آزاد می کند به این تنظیم عملکرد بافری هموگلوبین برای اکسیژن گفته می شود.

✓ افزایش بیش از 7 درجه سانتیگراد دمای بدن بیش از حد معمول سبب نابودی سلولها می شود.

✓ محدوده pH معمول برای انسان $7.35-7.45$ است.

✓ غلظت پتاسیم اگر به $\frac{1}{3}$ حد نرمال برسد، شخص فلج می شود چون اعصاب قادر به انتقال پیام های عصبی نخواهند بود.

- ✓ اگر غلظت پتاسیم به ۲ برابر حد نرمال برسد عضله قلب ضعیف می شود.
- ✓ اگر غلظت یون کلسیم به کمتر از نصف مقدار طبیعی برسد، شخص به علت تولید خود به خودی و زیادی ایمپالس های عصبی دچار انقباضات کزازی در بدن می شود.
- ✓ هنگامی که غلظت گلوکز به کمتر از نصف محدوده نرمال برسد، شخص دچار تحریک پذیری شدید ذهنی و تشنج می شود.
- ✓ مقدار طبیعی اکسیژن و دی اکسید کربن در بدن ۴۰ میلی لیتر جیوه است.

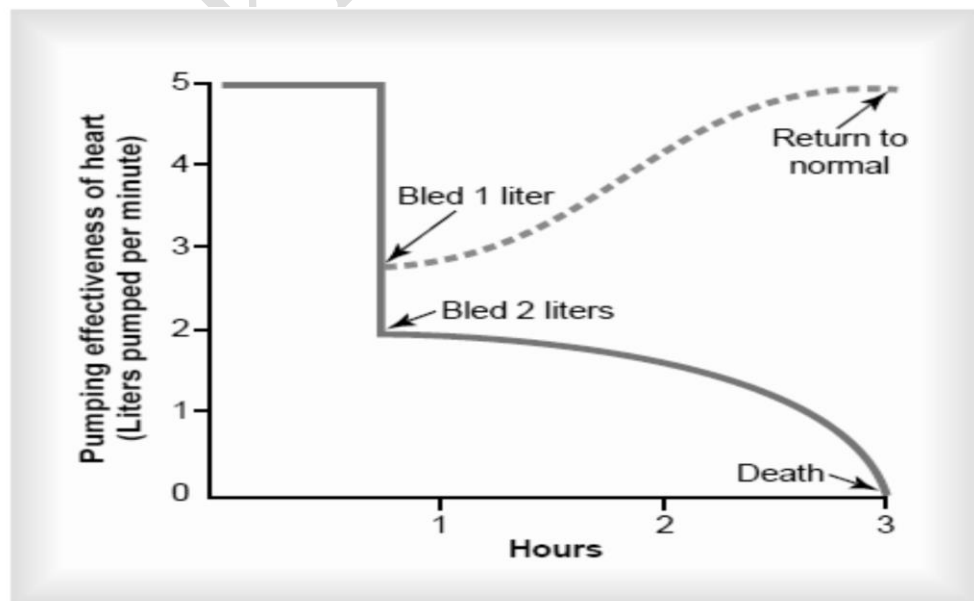
ویژگی های مشترک فیدبک های کنترلی:

فیدبک منفی:

اکثر سیستم های بدن از این نوع فیدبک استفاده می کنند، به عنوان مثال افزایش غلظت دی اکسید کربن در مایع خارجی سلول سبب زیاد شدن تهویه ریه در جهت کاهش غلظت دی اکسید کربن می شود.

فیدبک مثبت:

اکثر فیدبکهای مثبت مضرند، مثلاً اگر فرد به طور اتفاقی ۲ لیتر خون از دست بدهد خون کافی برای پمپاژ به قلب نمی رسد، افت شدید فشار خون و مرگ. اما بدن ما فیدبک مثبت مفید هم دارد، مثلاً فرآیند لخته شدن خون، متولد شدن نوزاد، ایجاد پتانسیل عمل در رشته عصبی



برگشت عمل تلمبه ای قلب به واسطه فیدبک منفی پس از برداشت ۱ لیتر خون از گردش خون. مرگ ناشی از فیدبک مثبت پس از برداشت ۲ لیتر خون از گردش خون

نکته: گین دستگاه کنترل میزان کارایی دستگاه را در ایجاد هومئوستاز مشخص می کند. به عنوان مثال فرض کنید حجم زیادی از خون به فردی تزریق می شود در صورتی که دستگاه کنترل فشار او (دستگاه بارورسپتوری) غیر فعال باشد فشار شریانی از سطح نرمال 100 mmHg به 175 mmHg میرسد و در صورتی که دستگاه بارورسپتوری او سالم باشد میزان فشار به سطح 125 mmHg می رسد در نتیجه دستگاه کنترلی توانسته فشار خون را به میزان 50 mmHg تصحیح کند بنابراین گین این دستگاه اینطور محاسبه می شود:

$$\text{تصحیح} = \frac{\text{خطا}}{\text{گین}} \quad \leftarrow -2 = \frac{-50}{+25}$$

گین دستگاه کنترل دمای بدن حدود 33 - است بنابراین دستگاه کنترل دما کارا تر از دستگاه کنترل فشار است. **نکته:** اگر یک لیتر خون از بدن خارج شود، پمپ قلب از طریق فیدبک منفی احیا می شود. اما اگر این میزان به 2 لیتر برسد فیدبک مثبت سبب مرگ فرد می شود.

سوال: کدام پدیده از نوع فیدبک منفی است؟

الف) تنظیم فشار شریانی ب) انعقاد خون ج) زایمان د) ساخته شدن پپسین
پاسخ گزینه الف

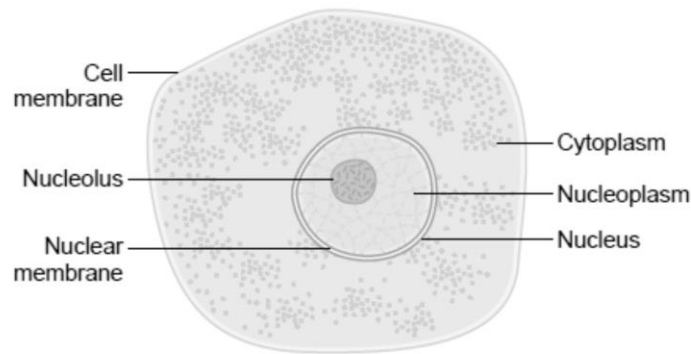
انواع پیچیده تر دستگاههای کنترلی بدن:

کنترل سازشی (Feed Forward)

در این سیستم فرصت کمی برای واکنش بدن وجود دارد. در این حالت به جای اینکه ابتدا اطلاعات از طریق ورودی های حسی به مغز برسد و سپس از طریق خروجی حرکت فرمان صادر شود، مغز فرمان صادر می کند، سپس سیگنال های حسی به مغز اطلاع می دهند که آیا فرمان درست بوده یا نه و اگر نبود، مغز می آموزد که برای دفعات بعد فرمان مناسب تری صادر کند.

فصل دوم: سلول و عملکرد آن

سلول واحد ساختمانی و عملکرد هر موجود زنده است. بدن موجودات زنده دارای دو محیط است یکی داخل سلولی و دیگری به نوعی با آن در ارتباط است. محیط شامل خون، لنف و مایع خارج سلولی است. سلول در بدن موجودات زنده تخصص حاصل کرده و هراندام کار مخصوص به خود را انجام می دهد هر سلول از سه قسمت عمده تشکیل شده است.



ساختمان سلول

هسته، سیتوپلاسم و غشای سلول

یک سلول دارای دو جزء اصلی هسته و سیتوپلاسم است. هسته توسط غشاء هسته از سیتوپلاسم و سیتوپلاسم توسط غشای معمولی (غشای پلاسمایی) از مایعات اطراف جدا می شود. به مجموعه مواد سازنده سلول، پروتوپلاسم می گویند. پروتوپلاسم از ۵ ماده اصلی تشکیل شده است.

الف) آب: مایع اصلی سلول است، در بیشتر سلولهای بدن به جز چربی با غلظت ۷۰ تا ۸۵ درصد وجود دارد. واکنش های شیمیایی درون سلول یا بین مواد محلول در آب صورت می گیرد.

ب) یونها: یونها در واکنش های شیمیایی و مکانیسم های کنترلی بدن دخالت دارند.

ج) پروتئینها: بعد از آب بیشترین وزن سلولی مربوط به پروتئین هاست. و ۱۰ تا ۲۰ درصد وزن سلول را تشکیل می دهند. پروتئینها را می توان به دو نوع ساختاری و عملکردی تقسیم کرد.

پروتئین های ساختاری: اکثراً رشته‌ای هستند و بارزترین کاربردها شکل دادن به میکروتوبول‌ها و اسکلت سلولی ارگانها است. مثل پروتئین های انقباضی و میکروتوبول‌های موجود در مژکها، اکسونها و دوک تقسیم.

پروتئین های عملکردی (کروی): مثل آنزیم ها که بر خلاف پروتئین های ساختاری اکثراً محلول در آیند.

لیپیدها: لیپیدها در آب غیر محلولند. کلسترول و فسفولیپیدها از معروف ترین نوع لیپیدها هستند و تنها ۲ درصد حجم سلول را تشکیل می‌دهند. تری‌گلیسریدها نیز ۹۵ درصد از حجم سلول چربی را تشکیل می‌دهند.

کربوهیدراتها: بیشتر نقش تغذیه‌ای دارند تا ساختاری و ذخیره‌ای. به طور میانگین حدود ۱٪ کل وزن سلولها از کربوهیدرات ساخته شده مقدار کربوهیدرات در سلولهای عضلانی ۳٪ و در سلولهای کبدی ۶٪ است.

ساختمان فیزیکی سلول:

الف) ساختار غشایی سلول:

شامل غشای سلولی و غشاهای اطراف ساختمان‌های سلولی شامل (میتوکندری، لیزوزوم، گلژی و) می‌باشند. غشا تقریباً به طور کامل از پروتئین و لیپید تشکیل شده است. ترکیب تقریبی غشای سلولی عبارتند از: پروتئین ۵۵٪، فسفولیپید ۲۵٪، کلسترول ۱۳٪ سایر چربی‌ها ۴٪، کربوهیدرات ۳٪.

سد لیپیدی غشای سلول از نفوذپذیری آب ممانعت می‌کند:

ساختار اصلی غشای سلول، لیپید دو لایه است که عمدتاً از فسفولیپید ساخته شده است. هر مولکول فسفولیپید دوسر دارد. سر آبدوست (فسفات). سر آبگریز (اسید چرب) که به طرف غشاء قرار دارد. لیپید دو لایه به علت وجود کلسترول حالتی سیال و غیرجامد دارد. کلسترول نقش مهمی در کنترل سیالیت غشا در دماهای مختلف دارد و به تثبیت غشا کمک می‌کند. عواملی که میزان سیالیت غشا را افزایش می‌دهند عبارتند از: افزایش دما و اسیدهای چرب غیر اشباع به دلیل دارا بودن پیوندهای دوگانه باعث ایجاد خمیدگی در مولکول می‌شوند و سیالیت را افزایش می‌دهند.

لیپید های غشا: (برن و لوی)

مولکول استرولی کلسترول ترکیب مهم لیپید دولایه می‌باشد. کلسترول در هر دو لایه غشاء قرار دارد و در دمای طبیعی بدن (37°C) به تثبیت غشاء کمک می‌کند. کلسترول میتواند ۵۰٪ لیپید موجود در غشاء را تشکیل دهد. ترکیب لیپیدی دیگری که در غشاء موجود می‌باشد گلیکولیپید است. این لیپیدها همان طور که از نامشان بر می‌آید از دو زنجیره اسید چرب تشکیل شده اند که این زنجیرها به یک سر قطبی که از کربوهیدراتها تشکیل شده اند، متصل می‌شوند.

لیپیدهای غشاء پلاسمایی

فسفولیپید	لایه مربوطه
فسفاتیدیل کولین	خارجی
اسفنگومیلین	خارجی
فسفاتیدیل آمین	داخلی
فسفاتیدیل سرین	داخلی
فسفاتیدیل اینوزیتول	داخلی

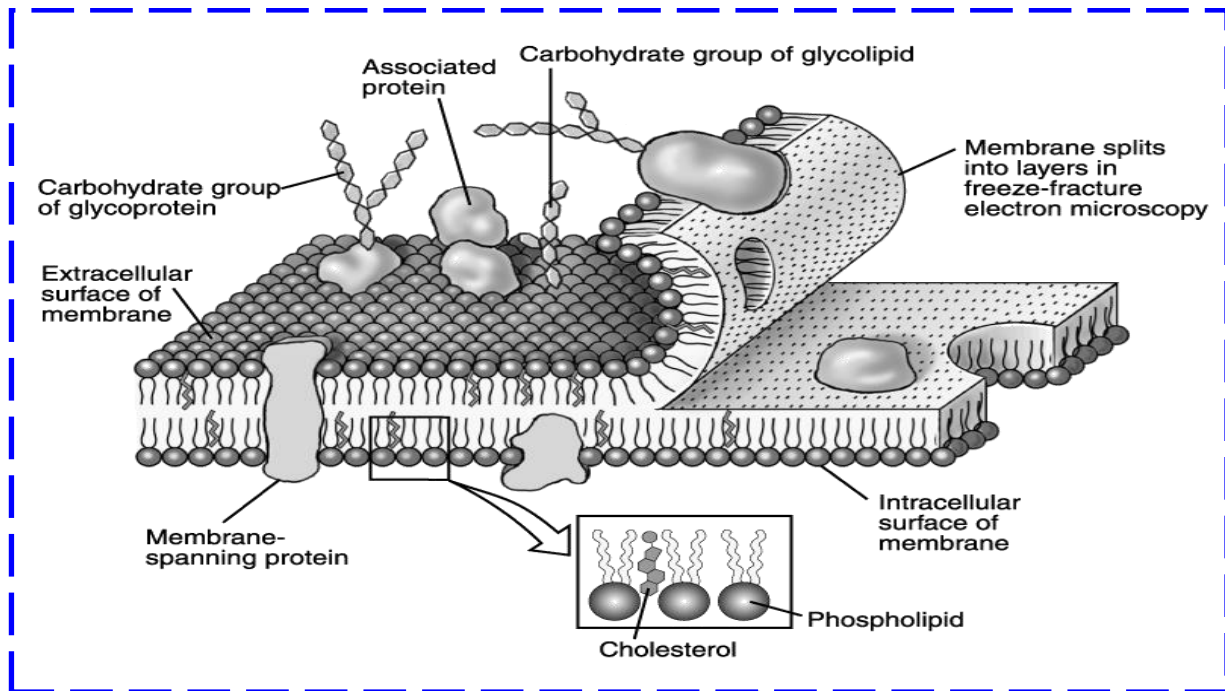
در غشای سلول اکثراً گلیکوپروتئین به دو شکل وجود دارد:

۱- پروتئین‌های سرتا سری (Integral proteins) که به تمام ضخامت غشاء نفوذ کرده‌اند و به عنوان حامل، کانال، پمپ و یا آنزیم عمل می‌کنند.

۲- پروتئین‌های محیطی (peripheral proteins) که قسمت داخلی غشاء چسبیده و نقش آنزیمی دارند.

کربوهیدرات‌های غشاء (گلیکوکالکس):

تقریباً تمام سطح خارجی غشاء پوششی از کربوهیدرات دارد که گلیکوگالیس نامیده می‌شود. و شامل گلیکوپروتئین، گلیکولیپید و پروتئوگلیکان می‌باشد. و بار منفی دارد.

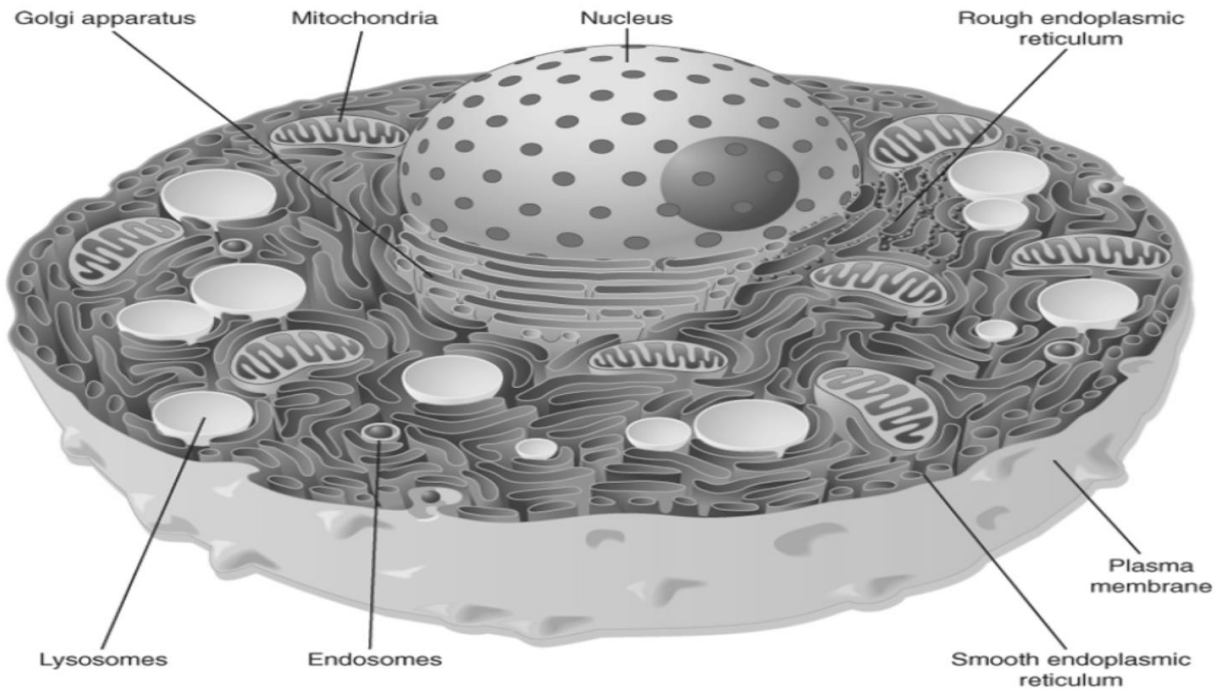


ساختار غشای سلول

گلیکوکالیکس ها کارکردی های مهمی دارند که عبارتند از:

- (۱) دارای بار منفی است که سایر مواد منفی را دفع می کند.
- (۲) سبب اتصال سلول ها به یکدیگر می شود.
- (۳) به عنوان رسپتور برای برخی هورمون ها مثل انسولین عمل می کند.
- (۴) در واکنش های ایمنی دخالت دارد.

سیتوپلاسم و ارگان‌های آن:



الف) شبکه اندوپلاسمی: شامل ساختمانهای به هم پیوسته لوله‌ای شکل است که از جنس غشای سلول است. ۲ نوع شبکه اندوپلاسمی در بدن وجود دارد:

۱- **شبکه اندوپلاسمی دانه‌دار (زبر):** به سطح خارجی شبکه اندوپلاسمی زبر ریبوزوم متصل است که در ساخت پروتئین نقش دارد.

۲- **شبکه اندوپلاسمی بی‌دانه (صاف):** شبکه اندوپلاسمی صاف بدون ریبوزوم بوده و وظیفه ساخت چربی، شرکت در فعالیت آنزیمی سلول مانند تجزیه گلیکوژن، سم‌زدایی از مواد سمی به وسیله اکسیداسیون، هیدرولیز، منعقد کردن و کونژوگه کردن را بر عهده دارد. در این شبکه مولکول‌های آب‌گریز می‌توانند به مولکول‌های محلول در آب تبدیل شوند بنابراین دفع آن‌ها از بدن توسط کبد و کلیه‌ها تسهیل می‌شود. شبکه اندوپلاسمی در عضله قلبی و اسکلتی، رتیکولوم سارکوپلاسمیک نامیده می‌شود و به عنوان منبع ذخیره کلسیم عمل می‌کند. بنابراین این اندامک نقش مهمی در کنترل روند انقباض دارد.

دستگاه گلژی:

از نظر ساختاری و عملکردی ارتباط نزدیکی با ER دارد. از ۴ عدد وزیکول پهن و نزدیک به هم تشکیل شده است. پروتئین‌هایی که در شبکه اندوپلاسمی ساخته می‌شوند به قسمت سیس شبکه گلژی جوش می‌خورند و

پس از پردازش در آن از قسمت ترانس دستگاه گلژی به صورت بسته بندی شده در گرانول های ترشحي خارج می شوند.

در کنار پردازش، گلژی نقش ساختن پروتئوگلیکان (هیالورونیک اسید و کندروئیتین سولفات) و ترمیم غشای سلول را بر عهده دارد.

لیزوزوم:

توسط دستگاه گلژی ساخته می شوند. محیط داخلی لیزوزوم ها اسیدی است ($\text{pH} = 4-5$) و در گوارش داخل سلولی مواد غذایی به وسیله هیدرولازها، کشتن باکتریها توسط موادی مانند لیزوزوم و لیزوفرین، کشتن سلول دربرگیرنده خودشان بعد از آسیب کلی و تحلیل بافتهای بدن بعد از رفع نیاز مثلاً کوچک کردن رحم بعد از زایمان، عضله در بی حرکتی، پستان بعد از شیردهی نقش دارد. لیزوزوم ها قسمتی از سیستم داخل سلولی سلول ها می باشند و نقش تجزیه کننده دارند. آنها اندامک محصور در غشأ هستند و محیط داخلی شان اسیدی ($\text{pH} = 4-5$) است و حاوی تعداد معینی از آنزیم های هضمی (از قبیل پروتئازها، نوکلئازها، لیپازها و گلیکوزیدازها) می باشند.

کدام اندامک زیر در گوارش سلولی نقش دارد؟ (سال ۸۲)

الف) لیزوزوم ب) دستگاه گلژی ج) شبکه اندوپلاسمی د) پراکسیزوم
پاسخ گزینه الف/

پراکسیزوم:

دو تفاوت عمده با لیزوزوم دارد. ۱) از گلژی جدا نمی شود. بلکه خود تکثیری دارد. ۲) حاوی اکسیداز بوده که برخی از این اکسیدازها سبب تولید H_2O_2 شده و برخی دیگر مانند کاتالازها H_2O_2 را اکسید می کند. پراکسیزوم ها در تعدادی از ترکیبات را سم زدایی می کنند و در کبد می توانند الکل هایی مانند اتانول را متابولیزه کنند.

وزیکول های ترشحي: از شبکه اندوپلاسمی-گلژی منشأ می گیرند. و در خارج کردن مواد ترشحي از سلول نقش دارند.

میتوکندری: ۹۵٪ ATP سلول را این اندام تولید می کند. میتوکندری در شرایط نیاز به انرژی خود تکثیر می کند چون حاوی DNA مخصوص به خود است. میتوکندری ها دارای دو غشای داخلی و خارجی هستند. غشای

داخلی چین خوردگی هایی پیدا کرده و محل ساخته شدن ATP در طی فرآیند فسفریلاسیون اکسیداتیو می باشند. میتوکندری به عنوان محل ذخیره کلسیم نیز عمل می کند.

پروتوزوم ها

پروتوزوم ها مانند لیزوزوم ها عمل تجزیه ای دارند اما این اندامک ها، محصور در غشاء نیستند. آنها پروتئین های داخل سلولی را که بای تجزیه شدن آماده شده اند (داری یوبی کوئیتین هستند) تجزیه می کنند. آنها همچنین برخی از پروتئین های مرتبط با غشا را نیز تجزیه می کنند.

ریبوزوم های آزاد

ریبوزوم های آزاد در سرتاسر سیتوپلاسم پراکنده شده و با رتیکولوم سیتوزومی و همچنین پروتئین هایی که نه از سلول ترشح می شوند و نه به داخل ساختارهای غشایی وارد می شوند (از قبیل آنزیم های میتوکندریایی) را ترجمه می کنند.

کدام مورد زیر صحیح است؟ (سال ۸۳)

الف) میتوکندری ها دارای توبول های حاوی کلسیم هستند.

ب) پراکسی زوم ها حاوی آنزیم های هیدرولاز هستند.

ج) دستگاه گلژی در قنددار شدن پروتئین ها نقش دارد.

د) شبکه اندوپلاسمیک دانه دار چربی ها را سنتز می کند.

پاسخ گزینه ج /

اندامکهای فیلامانی و توبولی:

فیلامان: اندامکهایی که از پلیمریزاسیون پروتئین های رشته ای بوجود می آیند. مثال: فیلامانهای اکتین در اکتوپلاسم (قشر خارجی سیتوپلاسم) یا فیلامان های انقباضی.

توبول: اندامکهایی که از پلیمریزاسیون پروتئین رشته ای خاصی (توبولین) به وجود می آیند مثل: تاژک، دم اسپرم، سانتیریول، دوک تقسیم، اسکلت سلولی. اسکلت سلولی از فیلامان های اکتین، فیلامان های بینابینی و میکروتوبول ها تشکیل شده است. میکروتوبول ها می توانند وزیکول های داخل سلولی را در درون سلول حرکت دهند، مانند انتقال وزیکول های محتوی نوروترانسمیتر از جسم سلولی به طرف آکسون که چنین حرکتی به وسیله پروتئین های حرکتی انجام می شود. یکی از پروتئین های حرکتی کینزین می باشد که انتقال را از جسم

سلولی به آکسون به عهده دارد در حالی که پروتئین حرکتی دینئین حرکت را در جهت عکس انجام می دهند. دینئین، پروتئین حرکتی درگیر در حرکت مژک و تاژک می باشد. (برن و لوی)

نکته مهم: تعدادی از داروهای ضد سرطان (مانند وین کریستین و تاکسول) میکروتوبول ها را هدف قرار می دهند. زیرا تخریب این ساختارها در سلول های توموری، تقسیم سلولی را مختل می کند. وین کریستین، پلی مریزاسیون دایمرهای توبولین را مهار میکند. بنابراین از تشکیل میکروتوبول ها ممانعت میکند. در نتیجه، دوک های میتوزی تشکیل نشده و سلول تقسیم نمی شود. تاکسول، میکروتوبول ها را تثبیت می کند در نتیجه، سلول ها در میتوز متوقف میشوند. (برن و لوی)

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

۰۱۳/۳۳۳۳۸۰۰۲ (رشت)

۰۱۳/۴۲۳۴۲۵۴۳ (لاهیجان)