

خلاصه و آزمون‌های

میکروبی‌شناسی پزشکی



ویرایش سیزدهم ۲۰۱۴

خلاصه و آزمون‌های

# میکروبی‌شناسی

## پزشکی جاو تز

دکتر وارن لوینسون

استاد میکروبی‌شناسی

دپارتمان میکروبی‌شناسی و ایمنی‌شناسی

دانشگاه کالیفرنیا، سان فرانسیسکو

ترجمه

دکتر عبدالرضا منصوری‌راد

دکتر عبدالحسین ستوده‌نیا

زیر نظر

دکتر پرویز مالک نژاد

عضو هیأت علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران



انتشارات ارجمند



انتشارات ارجمند

دکتر وارن لوینسون

**خلاصه و آزمون‌های میکروبی‌شناسی پزشکی جاوتز**

ترجمه: دکتر عبدالرضا منصورری‌راد، دکتر عبدالحسین ستوده‌نیا

زیرنظر: دکتر پرویز مالک‌نژاد

فروست: ۹۵۷

ناشر: انتشارات ارجمند

صفحه‌آرا و طراحی متن: پرستو قدیم‌خانی

مدیر هنری: احسان ارجمند

ناظر چاپ: سعید خانکشلو

چاپ: سامان، صحافی: افشین

چاپ اول، فروردین ۱۳۹۴، ۲۲۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۹۶-۳۱۰-۰

این اثر، مشمول قانون حمایت از مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

www.arjmandpub.com

سرشناسه: لوینسون، وارن. Levinson, Warren.

عنوان و نام پدیدآور: خلاصه و آزمون‌های میکروبی‌شناسی پزشکی جاوتز/ وارن لوینسون؛ ترجمه دکتر عبدالرضا منصورری‌راد، دکتر عبدالحسین ستوده‌نیا؛ زیرنظر دکتر پرویز مالک‌نژاد.

مشخصات نشر: تهران: ارجمند، ۱۳۹۳.

مشخصات ظاهری: ۸۰۰ ص، قطع: وزیری

شابک: ۰-۳۱۰-۴۹۶-۹۶۴-۹۷۸

یادداشت: عنوان اصلی: Review of medical microbiology and immunology, 13th. ed. c2014.

عنوان دیگر: میکروبیولوژی پزشکی.

موضوع: میکروبی‌شناسی پزشکی -- رئوس مطالب؛

ایمنی‌شناسی -- رئوس مطالب؛ میکروبی‌شناسی پزشکی --

آزمون‌ها و تمرین‌ها؛ ایمنی‌شناسی -- آزمون‌ها و تمرین‌ها.

شناسه افزوده: منصورری‌راد، عبدالرضا، ۱۳۴۹-، مترجم؛ ستوده‌نیا،

عبدالحسین، ۱۳۵۳-، مترجم؛ مالک‌نژاد، پرویز؛ جاوتز، ارنست،

۱۹۱۶- م. میکروبیولوژی پزشکی.

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۳ ۸۳/ل۹ QR۴۶

رده‌بندی دیویی: ۶۱۶/۹۰۴۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۷۲۶۹۰۵

**مرکز پخش: انتشارات ارجمند**

دفتر مرکزی: تهران بلوار کشاورز، بین خیابان کارگر و ۱۶ آذر، پلاک ۲۹۲، تلفن: ۸۸۹۸۲۰۴۰

شعبه مشهد: ابتدای احمدآباد، پاساژ امیر، طبقه پایین، انتشارات مجد دانش تلفن: ۰۵۱-۳۸۴۴۱۰۱۶

شعبه رشت: خیابان نامجو، روبروی ورزشگاه عضدی تلفن: ۰۱۳-۳۳۳۳۲۸۷۶

شعبه بابل: خیابان گنج‌افروز، پاساژ گنج‌افروز تلفن: ۰۱۱-۳۲۲۲۷۷۶۴

شعبه ساری: بیمارستان امام، روبروی ریاست تلفن: ۰۹۱۱-۸۰۲۰۰۹۰

شعبه کرمانشاه: خ مدرس، پشت پاساژ سعید، کتابفروشی دانشمند، تلفن: ۰۸۳-۳۷۲۸۴۸۳۸

بها: ۴۵۰۰۰ تومان

با ارسال پیامک به شماره ۰۵۹۹ ۰۵۹۹ ۰۰۰ ۱۰۰۰ در جریان تازه‌های نشر ما قرار بگیرید:

ارسال عدد ۱: دریافت تازه‌های نشر پزشکی به صورت پیامک

ارسال عدد ۲: دریافت تازه‌های نشر روان‌شناسی به صورت پیامک

ارسال ایمیل: دریافت خبرنامه الکترونیکی انتشارات ارجمند به صورت ایمیل

فصل ۲۳: مایکوپلاسماها ..... ۲۸۷

فصل ۲۴: اسپیروکت‌ها ..... ۲۹۰

فصل ۲۵: کلامیدیاها ..... ۳۰۲

فصل ۲۶: ریکتزیاها ..... ۳۰۸

فصل ۲۷: پاتوژن‌های باکتریایی کم‌اهمیت ..... ۳۱۴

## قسمت سوم ویروس‌شناسی پایه ..... ۳۲۵

فصل ۲۸: ساختمان ..... ۳۲۶

فصل ۲۹: همانندسازی ..... ۳۳۵

فصل ۳۰: ژنتیک و ژن‌درمانی ..... ۳۵۳

فصل ۳۱: طبقه‌بندی ویروس‌هایی که از نظر پزشکی اهمیت دارند ..... ۳۵۹

فصل ۳۲: روند بیماری‌زایی ..... ۳۶۶

فصل ۳۳: روش‌های دفاعی میزبان ..... ۳۷۷

فصل ۳۴: تشخیص آزمایشگاهی ..... ۳۸۶

فصل ۳۵: داروهای ضد ویروسی ..... ۳۹۱

فصل ۳۶: واکسن‌های ویروسی ..... ۴۰۶

## قسمت چهارم ویروس‌شناسی بالینی ..... ۴۱۳

فصل ۳۷: ویروس‌های پوشش‌دار حاوی DNA ..... ۴۱۶

فصل ۳۸: ویروس‌های فاقد پوشش‌دار حاوی DNA ..... ۴۳۸

فصل ۳۹: ویروس‌های پوشش‌دار حاوی RNA ..... ۴۴۶

فصل ۴۰: ویروس‌های فاقد پوشش‌دار حاوی RNA ..... ۴۷۴

فصل ۴۱: ویروس‌های عامل هیپاتیت ..... ۴۸۶

فصل ۴۲: آربو ویروس‌ها ..... ۵۰۱

فصل ۴۳: ویروس‌های مولد تومور ..... ۵۱۰

فصل ۴۴: ویروس‌های آهسته و پریون‌ها ..... ۵۲۸

فصل ۴۵: ویروس نقص ایمنی انسانی ..... ۵۳۶

فصل ۴۶: ویروس‌های بیماری‌زای کم‌اهمیت ..... ۵۵۴

## قسمت اول باکتری‌شناسی پایه ..... ۱۱

فصل ۱: مقایسه باکتری‌ها با میکروارگانیسم‌های دیگر ..... ۱۱

فصل ۲: ساختمان سلول‌های باکتریایی ..... ۱۵

فصل ۳: رشد ..... ۳۲

فصل ۴: ژنتیک ..... ۳۶

فصل ۵: طبقه‌بندی باکتری‌هایی که از نظر پزشکی اهمیت دارند ..... ۴۵

فصل ۶: فلور طبیعی ..... ۴۸

فصل ۷: روند بیماری‌زایی ..... ۵۵

فصل ۸: روش‌های دفاعی میزبان ..... ۸۶

فصل ۹: تشخیص آزمایشگاهی ..... ۹۹

فصل ۱۰: داروهای ضد میکروبی: نحوه عملکرد ..... ۱۱۰

فصل ۱۱: داروهای ضد میکروبی: نحوه مقاومت ..... ۱۳۷

فصل ۱۲: واکسن‌های باکتریایی ..... ۱۵۰

فصل ۱۳: استرلیزاسیون و گندزدایی ..... ۱۵۶

## قسمت دوم باکتری‌شناسی بالینی ..... ۱۶۳

فصل ۱۴: مروری بر پاتوژن‌های مهم و مقدمه‌ای بر باکتری‌های بی‌هوازی ..... ۱۶۳

فصل ۱۵: کوکسی‌های گرم - مثبت ..... ۱۶۸

فصل ۱۶: کوکسی‌های گرم - منفی ..... ۱۹۵

فصل ۱۷: باسیل‌های گرم مثبت ..... ۲۰۴

فصل ۱۸: باسیل‌های گرم - منفی مربوط به دستگاه گوارش ..... ۲۲۱

فصل ۱۹: باسیل‌های گرم - منفی مربوط به مجرای تنفسی ..... ۲۵۲

فصل ۲۰: باسیل‌های گرم - منفی با منشأ حیوانی (بیماری‌های مشترک بین انسان و حیوانات) ..... ۲۶۰

فصل ۲۱: مایکوباکتریوم‌ها ..... ۲۶۸

فصل ۲۲: آکتینومیست‌ها ..... ۲۸۳

قسمت پنجم بیماری‌های عفونی ..... ۵۶۴	قسمت هفتم پرسش‌های بالینی ..... ۶۸۵
فصل ۴۷: عفونت‌های استخوان و مفصل ..... ۵۶۴	
فصل ۴۸: عفونت‌های قلبی ..... ۵۷۱	قسمت هشتم نکات USMLE ..... ۶۹۵
فصل ۴۹: عفونت‌های دستگاه عصبی مرکزی ..... ۵۸۰	
فصل ۵۰: عفونت‌های دستگاه گوارش ..... ۵۹۱	قسمت نهم پرسش‌های تمرینی امتحان USMLE ..... ۷۰۹
فصل ۵۱: عفونت‌های لگنی ..... ۶۰۱	
فصل ۵۲: عفونت‌های دستگاه تنفس فوقانی ..... ۶۱۱	قسمت دهم آزمون آزمایشی USMLE ..... ۷۵۲
فصل ۵۳: عفونت‌های دستگاه تنفس تحتانی ..... ۶۱۹	
فصل ۵۴: عفونت‌های پوست و بافت نرم ..... ۶۲۷	نمایه ..... ۷۶۷
فصل ۵۵: عفونت‌های دستگاه ادراری ..... ۶۳۶	

قسمت ششم خلاصه‌ای از ارگان‌سیستم‌هایی که از  
نظر پزشکی اهمیت دارند ..... ۶۴۱

این کتاب مروری فشرده بر جنبه‌های مهم طبی میکروب‌شناسی و شامل مباحث پایه‌ای و بالینی باکتری‌شناسی، ویروس‌شناسی، قارچ‌شناسی، انگل‌شناسی و ایمنی‌شناسی است<sup>۱</sup>. در این کتاب، بیماری‌های عفونی مهم نیز با استفاده از رویکردی به دستگاه‌های عضوی بدن، شرح داده شده‌اند.

دو هدف اصلی کتاب عبارت‌اند از (۱) کمک به دانشجویان برای آمادگی جهت امتحان USMLE و (۲) ارائه یک منبع درسی خلاصه و روزآمد برای دانشجویانی که در حال گذراندن دوره میکروب‌شناسی پزشکی هستند. هدف من، ارائه منبعی دقیق برای اطلاعات بالینی لازم در سطح سال‌های آغازین دوره پزشکی بوده است.

در ویراست جدید، اطلاعات طبی مهم و امروزی در حوزه‌های پرتغییر میکروب‌شناسی و ایمنی‌شناسی ارائه شده‌اند. در این ویراست بخشی گنجانده شده است که حاوی تصاویر میکروارگانیزم‌های رنگ‌آمیزی شده و نیز تصویر آزمون‌های مهم آزمایشگاهی می‌باشد. در ویراست حاضر، تصاویر پرشماری از ضایعات بالینی ارائه شده و اطلاعات مربوط به داروهای ضد میکروبی و واکسن‌ها به روز گردیده است.

این اهداف با استفاده از چارچوب‌های گوناگونی تأمین شده‌اند، تا دانشجویانی که اهداف مطالعاتی و شیوه‌های یادگیری متفاوتی دارند از آن بهره ببرند:

۱. یک متن روایتی شفاف برای ارائه اطلاعات کامل
۲. قسمت جداگانه‌ای شامل خلاصه میکروارگانیزم‌های مهم برای مرور سریع ضروریات هر فصل
۳. نمونه پرسش و پاسخ‌های USMLE
۴. یک نمونه امتحان کامل USMLE شامل ۸۰ پرسش میکروب‌شناسی و ایمنی‌شناسی. این پرسش‌ها در قالب ارائه case‌های بالینی بوده و مشابه امتحان کامپیوتری USMLE می‌باشند. پاسخ‌ها در پایان هر گروه ۴۰ تایی از پرسش‌ها آمده‌اند.
۵. پرسش‌های خودارزیابی در پایان هر فصل، تا شما بتوانید ارزیابی کنید که آیا بر اطلاعات مهم، تسلط کافی پیدا کرده‌اید یا خیر. پاسخ این پرسش‌ها نیز ارائه شده‌اند.
۶. شرحی بر case‌های بالینی، به منظور ارائه اطلاعات بالینی و عملی جهت آزمون USMLE.
۷. گنجانیدن بخشی تحت عنوان "نکات USMLE"، که طی آن اطلاعات همه‌گیرشناسی حائز اهمیتیتی که در پاسخ‌دهی به سوالات USMLE مفید واقع می‌شوند، ارائه شده است.

ویژگی‌های زیر دانشجویان را در یادگیری موفق مطالب کتاب کمک می‌کنند:

۱. در ترجمه فارسی قسمت‌های قارچ‌شناسی، انگل‌شناسی و ایمنی‌شناسی حذف شده‌اند زیرا منابع رسمی دیگری برای این مباحث در دانشگاه‌های ایران تدریس می‌شوند - مترجم.

۱. اطلاعات به صورت فشرده ارائه شده‌اند و سعی شده شفاف، جذاب و روزآمد باشند.
۲. تأکید زیادی بر کاربرد بالینی میکروب‌شناسی و ایمنی‌شناسی در بیماری‌های عفونی شده است.
۳. در بخش‌های باکتری‌شناسی و ویروس‌شناسی بالینی، ارگانیزم‌ها به عوامل بیماری‌زای اصلی و فرعی تقسیم‌بندی شده‌اند. به این ترتیب دانشجوی می‌تواند مهمترین میکروارگانیزم‌ها از نظر بالینی را مورد تأکید قرار دهد.
۴. اطلاعات کلیدی در جدول‌های مفیدی خلاصه شده‌اند. مفاهیم مهم به صورت تصویری نشان داده شده‌اند.
۵. در پایان هر فصل، نکات مهم در قالب "چکیده" آورده شده‌اند.
۶. پرسش‌های خودارزیابی به همراه پاسخ آنها در پایان هر فصل ارائه شده‌اند.
۷. ۶۵۴ سؤال USMLE از مباحث باکتری‌شناسی، ویروس‌شناسی، قارچ‌شناسی، انگل‌شناسی، و ایمنی‌شناسی در کتاب آورده شده است. یک بخش جداگانه به نام پرسش‌های مقایسه‌ای تکمیلی نیز اضافه شده است. از نظر تأکید بر جنبه‌های بالینی پرسش‌های USMLE، بخش دیگری را نیز به صورت موردهای بالینی افزوده‌ایم.
۸. خلاصه‌ای از میکروارگانیزم‌های مهم پزشکی در یک قسمت مجزا جمع‌بندی شده است تا دسترسی به اطلاعات، تسهیل شده و مقایسه یک ارگانیزم با دیگران مقدور شود.
۹. پنجاه case بالینی ارائه شده تا خواننده با شیوه کوتاه و حل مسئله بتواند آن را تحلیل کند. این case‌ها، اهمیت دروس علوم پایه را در تشخیص‌های بالینی نشان می‌دهند.
۱۰. تصاویر رنگی از یافته‌های بالینی مهم، نظیر ضایعات بیماری‌های عفونی، رنگ‌آمیزی گرم باکتری‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی ویروس‌ها، و تصاویر میکروسکوپی قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها آورده شده است.
۱۱. از مطالب جدید ویراست سیزدهم، می‌توان به ۹ فصل در باب بیماری‌های عفونی اشاره کرد که از منظر دستگاه‌های عضوی بدن شرح داده شده‌اند. مطالب این فصول، به صورت فشرده نگاشته شده و برای آشنایی مقدماتی دانشجویان پزشکی با این حوزه مناسب هستند. عناوین این ۹ فصل عبارت‌اند از: عفونت‌های استخوان و مفصل، عفونت‌های قلبی، عفونت‌های دستگاه عصبی مرکزی، عفونت‌های گوارشی، عفونت‌های لگنی، عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی، عفونت‌های دستگاه تنفسی تحتانی، عفونت‌های پوست و بافت نرم، و عفونت‌های دستگاه ادراری.

پس از سال‌ها تدریس میکروب‌شناسی پزشکی و بیماری‌های عفونی بالینی، معتقدم دانشجویان به کتابی نیاز دارند که اطلاعات ضروری را در یک قالب خواندنی، جذاب و چندجانبه ارائه دهد. امیدوارم این کتاب واجد این ملاک‌ها باشد.

دکتر وارن لوینسون، Ph.D., M.D.

سان فرانسیسکو، کالیفرنیا

ماه ژانویه ۲۰۱۴



### به نام یگانه هستی بخش

کتابی که پیش رو دارید، ترجمه‌ای است از ویرایش سیزدهم خلاصه و آزمونهای میکروبی شناسی پزشکی که توسط همکاران محترم آقای دکتر عبدالرضا منصوری راد و آقای دکتر عبدالحسین ستوده‌نیا به طور سلیس و با وسواس ویژه‌ای به تحریر درآمده است، و شامل مباحث باکتری شناسی پایه، باکتری شناسی بالینی، ویروس شناسی پایه، و ویروس شناسی بالینی است، و قابل استفاده و بهره‌گیری برای دانشجویان گروه پزشکی و امتحانات جامع علوم پایه، پره‌انترنی، و دستیاری می باشد. در ویراست جدید، دو تغییر عمده به چشم می خورد: نخست آنکه، بخش جدیدی تحت عنوان بیماری‌های عفونی به کتاب اضافه شده که خود شامل ۹ فصل است؛ دوم آنکه در انتهای فصل‌های کتاب، پرسش‌های خود ارزیابی افزوده شده‌اند. کتاب خلاصه جاو‌تر منبعی عالی برای آموزش میکروبی شناسی پزشکی در سطح علوم پایه پزشکی و نیز مقاطع کارشناسی ارشد و دکترا است. کتاب اساساً برای تدریس میکروبی شناسی و آمادگی در امتحانات نوشته شده است و بیش از ۶۰۰ سؤال نمونه و case‌های مختلفی که در بخش‌های ضمیمه آن مطرح شده، آموزش را با سنجش و تمرین در هم آمیخته است. قسمت خلاصه میکروبی‌های مهم نیز برای مراجعه سریع در موارد ضروری عالی است. تصاویر رنگی این ویرایش، به غنای مطالب کمک می‌کند، امید که بهره‌کافی و وافی از مطالعه آن ببرید.

#### دکتر پرویز مالک نژاد

استاد میکروبی شناسی دانشگاه علوم پزشکی تهران

بهار ۱۳۹۴

# راهنمای استفاده از این کتاب

- ۱. فهرست هر فصل:** فهرستی از عناوین هر فصل ارائه شده تا خوانندگان ارجمنده بتوانند با نگاهی گذرا، از مطالب مورد بحث در هر فصل آگاه شوند.
- ۲. متن کتاب:** توصیفی است کامل و فشرده از مطالب مهمّ طبّی برای دانشجویان حرفه‌ای، که خود شامل باکتری‌شناسی پایه و بالینی (فصل‌های ۱ تا ۲۷)، و ویروس‌شناسی پایه و بالینی (فصل‌های ۲۸ تا ۴۶) است. متن کتاب شامل ۹ فصل در باب بیماری‌های عفونی نیز می‌شود که عبارت‌اند از عفونت‌های استخوان و مفصل (فصل ۷۰)، عفونت‌های قلبی (فصل ۷۱)، عفونت‌های دستگاه عصبی مرکزی (فصل ۷۲)، عفونت‌های گوارشی (فصل ۷۳)، عفونت‌های لگنی (فصل ۷۴)، عفونت‌های دستگاه تنفسی فوقانی (فصل ۷۵)، عفونت‌های دستگاه تنفسی تحتانی (فصل ۷۶)، عفونت‌های پوست و بافت نرم (فصل ۷۷)، و عفونت‌های دستگاه ادراری (فصل ۷۸).
- ۳. خلاصه ارگان‌سیستم‌ها:** بخشی است برای مرور سریع مطالب، قبل از شرکت در آزمون‌ها، که به توصیف ویژگی‌های مهمّ ارگان‌سیستم‌ها می‌پردازد (قسمت ششم کتاب).
- ۴. پرسش‌های خودارزیابی:** در پایان هر فصل، پرسش‌هایی به سبک پرسش‌های آزمون USMLE به همراه پاسخ آنها ارائه شده‌اند.
- ۵. نکات USMLE:** بخشی است متشکل از ۱۱ جدول حاوی آن دسته از اطلاعات مهمّ همه‌گیری‌شناسی و بالینی که برای پاسخ‌دادن به پرسش‌های آزمون USMLE مفید هستند (قسمت هشتم کتاب).
- ۶. سوالات USMLE:** ۶۵۴ نمونه سؤال که برای آزمون‌های کلاس درس و نیز مرور مطالب آزمون USMLE قابل استفاده هستند (قسمت نهم کتاب).
- ۷. نمونه امتحان کامل USMLE:** دو نمونه امتحان با قالب USMLE که هر یک شامل ۴۰ پرسش هستند (قسمت دهم کتاب).
- ۸. چکیده:** شامل نکات خلاصه‌ای که در پایان هر فصل علوم پایه ارائه شده‌اند.
- ۹. پرسش‌های بالینی:** شامل پنجاه case که به توصیف بیماری‌های مهمّ عفونی پرداخته، و بر مطالب تشخیصی تأکید دارند (قسمت هفتم کتاب).
- ۱۰. تصاویر بالینی:** بیش از ۵۰ تصویر از ضایعات مهمّ بالینی، مطالب متن کتاب را به صورت مصوّر نمایش داده‌اند.

# قسمت اول باکتری شناسی پایه

## فصل ۱

## مقایسه باکتری ها با میکروارگانیسم های دیگر

### فهرست مطالب فصل

چکیده  
پرسش های خودارزیابی  
نمونه سؤالات USMLE و امتحانات درسی

میکروبهایی که سبب ایجاد بیماری عفونی می شوند  
ویژگیهای مهم ظاهری میکروبهها  
یوکاریوتها و پروکاریوتها  
اصطلاح شناسی

### ویژگیهای مهم ظاهری میکروبهها

بسیاری از خصوصیات اصلی این ارگانیسمها در جدول ۱-۲ شرح داده شده است. یکی از صفات بارز آنها این است که باکتریها، قارچها، تکیاختهها و کرمها همگی سلولی هستند، در صورتی که ویروسها چنین نیستند. اصولاً اساس این تفاوت سه معیار ذیل است:

(۱) **ساختمان**. سلولها دارای هسته<sup>۷</sup> یا نوکلئوئیدی<sup>۸</sup> هستند (قسمت زیر را ببینید) که حاوی DNA بوده، توسط سیتوپلاسم احاطه شده است؛ در سیتوپلاسم پروتئین ساخته شده و انرژی تولید می شود. ویروسها دارای یک مرکز داخلی<sup>۹</sup> متشکل از مواد ژنتیکی (DNA یا RNA) هستند اما سیتوپلاسم ندارند و بدین ترتیب برای ساخت پروتئین و تولید انرژی به سلولهای میزبان وابسته هستند.

### میکروبهایی که سبب ایجاد بیماری عفونی می شوند

عوامل بیماریهای عفونی انسان به پنج گروه عمده از ارگانیسمها تعلق دارند: باکتریها، قارچها، تکیاختهها<sup>۱</sup>، کرمها<sup>۲</sup> و ویروسها. باکتریها به سلسله پروکاریوتها<sup>۳</sup> متعلق بوده، قارچها (مخمرها و کپکها) به سلسله قارچها، و تکیاختهها اعضای سلسله آغازیان<sup>۴</sup> بوده، و کرمها در سلسله جانوران<sup>۵</sup> طبقه بندی می شوند (جدول ۱-۱). آغازیان و قارچها براساس این که تکسلولی بوده، و یا ارگانیسمهای نسبتاً ساده چندسلولی باشند، از جانوران و گیاهان متمایز می گردند. در مقابل، کرمها ارگانیسمهای چندسلولی پیچیده ای هستند. کرمها و تکیاختهها معمولاً توأم باهم انگل<sup>۶</sup> نامیده می شوند. ویروسها از دیگر ارگانیسمها کاملاً متمایز هستند؛ این عوامل سلول نبوده و فقط در داخل سلولها می توانند تکثیر یابند.

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1. Protozoa.   | 2. Helminths. |
| 3. Prokaryote. | 4. Protists.  |
| 5. Animals.    | 6. Parasite.  |
| 7. Nucleus.    | 8. Nucleoid.  |
| 9. Inner Core. |               |

جدول ۱-۱. ارتباط بیولوژیک میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا با یکدیگر

سلسله	میکروارگانیسم‌های بیماریزا	نوع سلول
جانوران	کرم‌ها	یوکاریوتیک
آغازیان	تک‌یاخته‌ها	یوکاریوتیک
قارچ‌ها	قارچ‌ها (مخمرها و کپک‌ها)	یوکاریوتیک
پروکاریوت‌ها	باکتری‌ها	پروکاریوتیک
—	ویروس‌ها	غیر سلولی

که باکتری‌ها پروکاریوتیک محسوب می‌شوند.  
 (۱) سلول یوکاریوتیک حاوی یک هسته حقیقی همراه با کروموزوم‌های متعدد است، که توسط غشای هسته<sup>۵</sup> احاطه شده و از دستگاه میتوزی<sup>۶</sup> برای تخصیص تعداد کروموزوم‌های برابر، جهت تولید سلول‌های نسل بعد، استفاده می‌کند.

(۲) نوکلئوئید سلول پروکاریوتیک حاوی یک مولکول حلقوی منفرد از جنس DNA است که سازمان‌دهی چندانی ندارد و فاقد غشای هسته و دستگاه میتوزی است (جدول ۱-۳).

علاوه بر انواع مختلف هسته، این دو گروه از سلول‌ها با معیارهای متعدد دیگری نیز از هم مشخص می‌شوند:

(۱) سلول‌های یوکاریوتیک حاوی اندامک‌هایی<sup>۷</sup>، مثل میتوکندری و لیزوزوم<sup>۸</sup> هستند، ریبوزوم‌های<sup>۹</sup> بزرگ‌تری (۸۰S) داشته، درحالی‌که پروکاریوت‌ها فاقد هر گونه اندامک بوده و ریبوزوم‌های کوچک‌تری (۷۰S) دارند.

(۲) اغلب پروکاریوت‌ها دارای یک دیواره<sup>۱۰</sup> خارج سلولی محکم هستند که به عنوان یک جزء ساختمانی منحصر به فرد، حاوی پپتیدوگلیکان<sup>۱۱</sup>، نوعی پلیمر از اسیدهای آمینه و قند، است. از طرف دیگر یوکاریوت‌ها پپتیدوگلیکان ندارند. یوکاریوت‌ها، توسط غشای سلولی انعطاف‌پذیر محصور بوده و یا، در مورد قارچ‌ها، دارای یک دیواره سلولی محکم از جنس کیتین هستند که عموماً چارچوب سلول را شکل می‌دهد. کیتین، یک هوموپلیمر از جنس N-استیل گلوکزآمین است.

(۳) غشای سلولی یوکاریوتیک‌ها حاوی استرول<sup>۱۱</sup> است، در حالی که هیچ پروکاریوتی، به جز مایکوپلازما<sup>۱۲</sup> های فاقد دیواره سلولی، در داخل غشای خود استرول ندارد.

معیار دیگری که براساس آن می‌توان ارگانیسم‌های مزبور را از یکدیگر تفکیک کرد، قابلیت حرکت<sup>۱۳</sup> است. اغلب تک‌یاخته‌ها و بعضی از باکتری‌ها متحرک بوده، در صورتی‌که قارچ‌ها و ویروس‌ها توانایی حرکت ندارند. تک‌یاخته‌ها گروهی ناهمگن هستند که دارای سه اندام

(۲) روش تکثیر. سلول‌ها یا به روش «تقسیم دوتایی»<sup>۱</sup> و یا به صورت میتوز<sup>۲</sup> تکثیر می‌یابند، که در خلال آن، یک سلول مادر با حفظ ساختمان سلولی تقسیم شده و دو سلول نسل بعدی را پدید می‌آورد. سلول‌های پروکاریوتیک مثل باکتری‌ها به روش تقسیم دوتایی تکثیر می‌یابند در حالی که سلول‌های یوکاریوتیک<sup>۳</sup> از راه میتوز تکثیر می‌یابند. در مقابل، ساختمان ویروس‌ها از هم باز شده، نسخه‌های متعددی از پروتئین و اسیدهای نوکلئیک خود تولید کرده، و نسخه‌های مذکور سرهم‌بندی شده و ویروس‌های نسل بعد را به وجود می‌آورند. علاوه براین، ویروس‌ها مجبورند در داخل سلول‌های میزبان تکثیر یابند زیرا همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد، آنها فاقد سیستم‌های ساخت پروتئین و تولید انرژی هستند. به جز ریکتزیایا و کلامیدیاها که باکتری بوده ولی برای رشد به سلول‌های میزبان زنده نیاز دارند، دیگر باکتری‌ها می‌توانند به صورت خارج سلولی تکثیر یابند.

(۳) ماهیت اسید نوکلئیک. سلول‌ها، حاوی هم DNA و هم RNA هستند، در صورتی‌که ویروس‌ها فقط یکی از آن دو را دارا بوده و در آن واحد، حاوی هر دو نوع اسید نوکلئیک نیستند.

## یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها

سلول‌ها به دو گروه بنیادی مختلف تقسیم می‌شوند، یوکاریوت‌ها و پروکاریوت‌ها، که دو گروه مزبور براساس ساختمان و پیچیدگی سازمان‌دهی<sup>۴</sup> از یکدیگر مشخص می‌شوند. قارچ‌ها و تک‌یاخته‌ها یوکاریوتیک بوده، در صورتی

1. Binary Fission.
2. Mitosis.
3. Eukaryotic.
4. Organization.
5. Nuclear membrane.
6. Mitotic apparatus.
7. Organelles.
8. Lysosome.
9. Ribosome.
10. Peptidoglycan.
11. Sterol.
12. Mycoplasma.
13. Motility.

جدول ۲-۱. مقایسه ارگانیسم‌های مهم از نظر پزشکی

مشخصات	ویروس‌ها	باکتری‌ها	قارچ‌ها	تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها
سلول	نیستند	هستند	هستند	هستند
قطر تقریبی (μm) <sup>۱</sup>	۰/۰۲ تا ۰/۲	۱ تا ۵	۳ تا ۱۰ (مخمرها)	۱۵ تا ۲۵ (تروفوزوئیت‌ها)
اسید نوکلئیک	DNA یا RNA	هم DNA و هم RNA	هم DNA و هم RNA	هم DNA و هم RNA
نوع هسته	ندارند	پروکاریوتیک	یوکاریوتیک	یوکاریوتیک
ریبوزوم	ندارند	۷۰S	۸۰S	۸۰S
میتوکندری	ندارند	ندارند	دارند	دارند
ماهیت سطح خارجی	کاپسید پروتئینی و پوشش لیوپروتئینی	دیواره سلولی محکم حاوی پپتیدوگلیکان	دیواره سلولی محکم حاوی کیتین	غشای انعطاف پذیر
حرکت	ندارند	بعضی دارند	ندارند	اغلب دارند
روش تکثیر	تقسیم دوتایی ندارند	تقسیم دوتایی	جوانه‌زدن یا میتوز <sup>۲</sup>	میتوز <sup>۳</sup>

۱. جهت مقایسه، قطر گویچه سرخ انسان ۷ میکرون است.

۲. مخمرها از طریق جوانه شدن تقسیم می‌شوند درحالی‌که کپک‌ها تقسیم میتوز دارند.

۳. سلول‌های کرم‌ها از راه میتوز تقسیم می‌شوند، ولی خود ارگانیسم از راه یک چرخه جنسی پیچیده تولید مثل می‌کند.

گونه است، اما نامگذاری ویروس‌ها خارج از این قاعده است. مثلاً در مورد باکتری معروف اشریشیا کولی، *Escherichia coli* نام جنس و *colli* نام گونه است. به همین ترتیب در نام مخمر کاندیدا آلیکنس، *Candida* نام جنس و *albicans* نام گونه است. اما ویروس‌ها معمولاً یک نام تک‌کلمه‌ای دارند مثل rabies (سرخک) یا measles (سرخک) یا rabies (هاری). نام برخی ویروس‌ها دوکلمه‌ای است، مانند herpes simplex (تب‌خال)، اما این دو کلمه بیانگر جنس و گونه نیست.

جدول ۳-۱. مشخصات سلول‌های پروکاریوتیک و یوکاریوتیک

مشخصات	پروکاریوت‌ها	یوکاریوت‌ها
	سلول‌های باکتریال	سلول‌های انسان
DNA در داخل غشای هسته	خیر	بله
تقسیم میتوز	خیر	بله
DNA همراه با هیستون	خیر	بله
تعداد کروموزوم	یک عدد	بیش از ۱ عدد
اندامک‌های دارای غشا مثل میتوکندری و لیزوزوم	خیر	بله
اندازه ریبوزوم	۷۰S	۸۰S
دیواره سلولی حاوی پپتیدوگلیکان	بله	خیر

متفاوت برای حرکت می‌باشند: تاژک<sup>۱</sup>، مژک<sup>۲</sup> و پاهای کاذب<sup>۳</sup>. باکتری‌های متحرک فقط توسط تاژک حرکت می‌نمایند.

## اصطلاح‌شناسی

باکتری‌ها، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها براساس نظام لینه‌ای دوکلمه‌ای نامگذاری می‌شوند که شامل نام جنس و

### چکیده

- عوامل مسبب بیماری‌های عفونی شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها (مخمرها و کپک‌ها)، تک‌یاخته‌ها، کرم‌ها، و ویروس‌ها هستند.
- سلول باکتری دارای هسته پروکاریوتی است، در حالی که سلول‌های انسان، قارچ‌ها، تک‌یاخته‌ها و کرم‌ها دارای هسته یوکاریوتی هستند. ویروس‌ها در واقع سلول نیستند و هسته ندارند.
- تمام سلول‌ها هم دارای DNA و هم دارای RNA هستند،

1. Flagella.

2. Cilia.

3. Pseudopods.

کدامیک از میکروبی‌های زیر حاوی DNA یا RNA بوده ولی فاقد هر دوی آنها به‌طور هم‌زمان هستند؟

- (الف) باکتری‌ها
- (ب) کپک‌ها
- (ج) تک‌یاخته‌ها
- (د) ویروس‌ها
- (ه) مخمرها

۳. کدامیک از موارد زیر حاوی نوعی DNA است که توسط غشای هسته‌ای محصور نشده است؟

- (الف) باکتری‌ها
- (ب) کپک‌ها
- (ج) تک‌یاخته‌ها
- (د) مخمرها

### پاسخ‌ها

- ۱. (ج)
- ۲. (د)
- ۳. (الف)

## نمونه سؤالات USMLE و امتحانات درسی

پرسش‌های مربوط به مطالب این فصل، در بخش باکتری‌شناسی پایه از قسمت نهم این کتاب (پرسش‌های تمرینی USMLE) و نیز در قسمت دهم آن (نمونه امتحان کامل USMLE) آمده است.

در حالی که ویروس‌ها فقط یکی از آنها، یا DNA و یا RNA دارند.

- سلول‌های باکتری و قارچ توسط یک دیواره سلولی محکم احاطه شده‌اند، در حالی که سلول‌های انسان، تک‌یاخته‌ها، و کرم‌ها دارای غشای سلولی انعطاف‌پذیر هستند.
- دیواره سلولی باکتری‌ها دارای پپتیدوگلیکان است در حالی که دیواره سلولی قارچ‌ها دارای کیتین است.

## پرسش‌های خودارزیابی

۱. فرض کنید در حال تماشای برنامه‌ای تلویزیونی هستید که به بحث درباره ویروس‌هایی موسوم به باکتریوفاژها می‌پردازد که می‌توانند باکتری‌ها را از بین ببرند. هم‌اتاقی شما می‌گوید: «وای! شاید بتوان از ویروس‌ها برای کشتن باکتری‌هایی استفاده کرد که سبب ایجاد عفونت در افراد می‌شوند! تو در حال گذراندن درس میکروبیولوژی هستی؛ چه تفاوتی بین ویروس‌ها و باکتری‌ها وجود دارد؟» کدامیک از جملات زیر می‌تواند صحیح‌ترین پاسخ باشد؟

(الف) ویروس‌ها فاقد میتوکندری بوده، ولی باکتری‌ها دارای میتوکندری هستند.

(ب) ویروس‌ها فاقد هستک بوده، ولی باکتری‌ها دارای هستک هستند.

(ج) ویروس‌ها فاقد ریبوزوم بوده، ولی باکتری‌ها دارای ریبوزوم هستند.

(د) ویروس‌ها از طریق تقسیم دوتایی تکثیر یافته، ولی باکتری‌ها از طریق میتوز تکثیر می‌یابند.

(ه) ویروس‌ها پروکاریوتیک بوده، ولی باکتری‌ها یوکاریوتیک هستند.

۲. باکتری‌ها، قارچ‌ها (مخمرها و کپک‌ها)، ویروس‌ها، و تک‌یاخته‌ها از علل مهم ایجاد بیماری در انسان هستند.

# فصل

## ۲

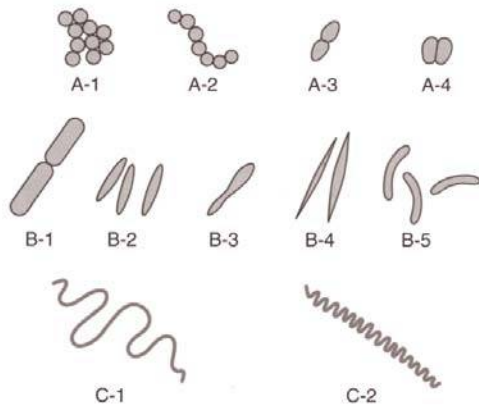
# ساختمان سلول‌های باکتریایی

### فهرست مطالب فصل

ساختمان‌های خارج از دیواره سلولی  
هاگ‌های باکتریایی  
چکیده  
پرسش‌های خودارزیابی  
نمونه سؤالات USMLE و امتحانات درسی

شکل و اندازه باکتری‌ها  
ساختمان باکتری‌ها  
دیواره سلولی  
غشای سیتوپلاسمی  
سیتوپلاسم

## شکل و اندازه باکتری‌ها



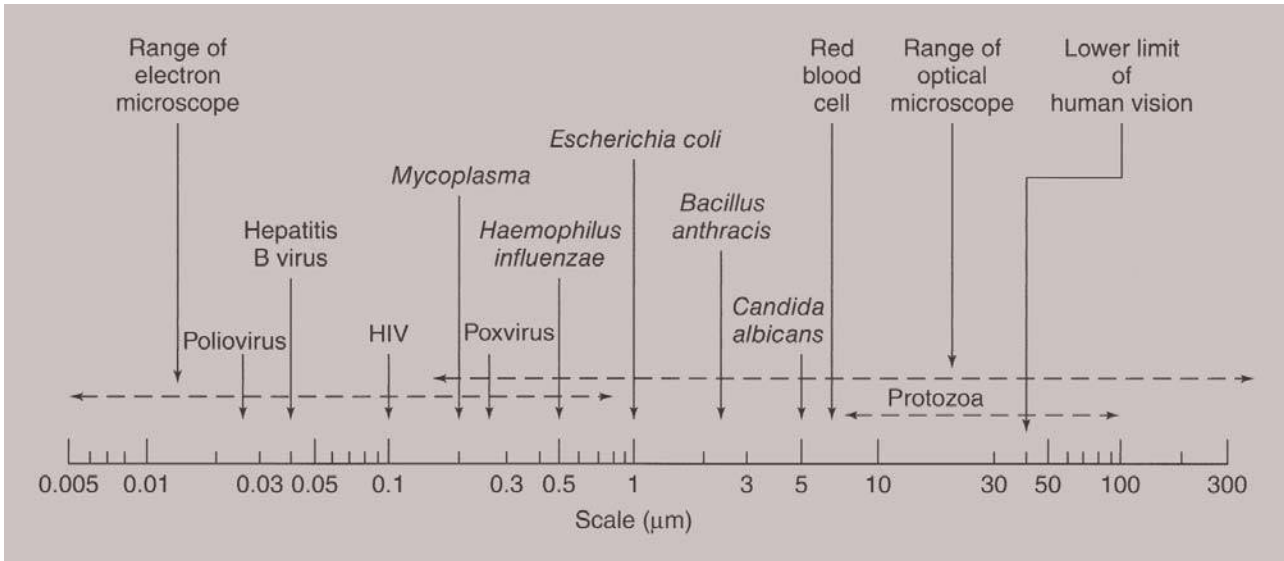
شکل ۱-۲. شکل باکتری‌ها. الف: کوكسی‌ها: به صورت توده‌ای مثل استافیلوکوک (A-1)؛ زنجیره‌ای مثل استرپتوکوک (A-2)؛ به صورت جفت با انتهای باریک مثل استرپتوکوک پنومونیه (A-3)؛ به صورت جفت با شکل لوبیایی مثل نیسریا (A-4). ب: میله‌ای (باسیل‌ها): با انتهای مربعی مثل باسیلوس‌ها (B-1)؛ با انتهای گرد مثل سالمونلا (B-2)؛ چماقی شکل مثل کورینه‌باکتریوم (B-3)؛ دوکی شکل مثل فوزوباکتریوم (B-4)؛ ویرگول شکل مثل ویبریو (B-5). ج: اسپیروکت‌ها: حلقه‌های باز مثل بوریلیا (C-1)؛ حلقه‌های بسته مثل تریونماها (C-2).

باکتری‌ها براساس شکل ظاهری به ۳ گروه اصلی تقسیم می‌شوند: کوكسیها<sup>۱</sup>، باسیلها<sup>۲</sup> و اسپیروکتها<sup>۳</sup> (شکل ۱-۲). کوكسیها گرد، باسیلها استوانه‌ای شکل و اسپیروکتها مارپیچی شکل هستند. بعضی از باکتری‌ها شکل‌های متفاوتی دارند و پلئومورفیک<sup>۴</sup> (چندشکلی) نامیده می‌شوند. شکل ظاهری یک باکتری توسط دیواره سلولی محکم آن مشخص می‌شود. ظاهر میکروسکوپی هر باکتری، یکی از مهم‌ترین معیارهای شناسایی آن می‌باشد.

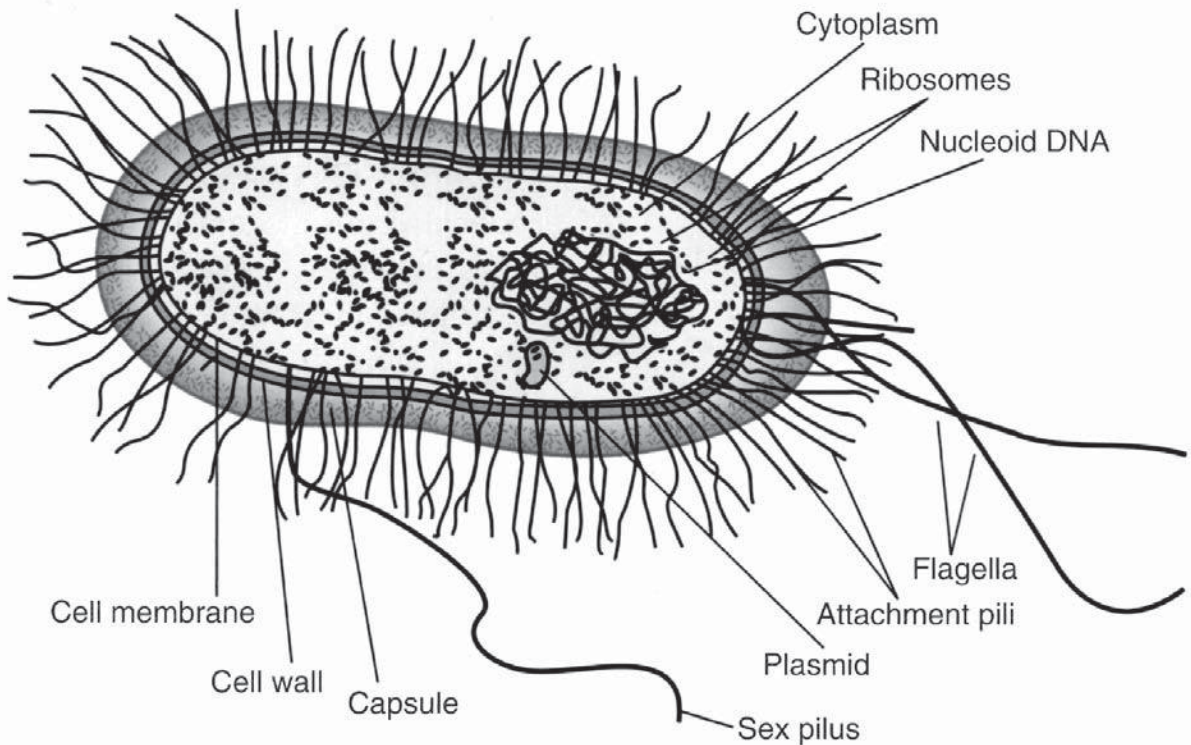
علاوه بر خصوصیات ظاهری باکتریها، نحوه قرارگرفتن<sup>۵</sup> آنها نیز حایز اهمیت می‌باشد. به عنوان مثال، برخی از کوكسی‌ها به صورت جفت (دییلوکوک)<sup>۶</sup>، برخی دیگر به صورت زنجیره‌ای (استرپتوکوک)<sup>۷</sup> و گروهی دیگر به صورت دسته‌های خوشه انگوری (استافیلوکوک)<sup>۸</sup> قرار می‌گیرند. نحوه قرارگرفتن باکتری‌ها به شدت چسبندگی آنها به هم و موقعیت آنها نسبت به یکدیگر در زمان تقسیم سلولی بستگی دارد. نحوه قرار گرفتن باسیل‌ها و اسپیروکت‌ها از نظر پزشکی کمتر حائر اهمیت می‌باشد و در این فصل مورد بحث قرار نمی‌گیرد.

اندازه باکتری‌ها از حدود ۰/۲ تا ۵ میکرون متفاوت می‌باشد (شکل ۲-۲). کوچک‌ترین باکتری‌ها (مایکوپلاسماها) دارای اندازه‌ای در حدود بزرگترین

1. Cocci.
2. Bacilli.
3. Spirochetes.
4. Pleomorphic.
5. Arrangement.
6. Diplococci.
7. Streptococci.
8. Staphylococci.



شکل ۲-۲. اندازه باکتری‌ها، ویروس‌ها، مخمرها، تک‌یاخته‌ای‌ها و گویچه‌های سرخ خون انسان. باکتری‌ها از کوچکترین آنها، میکوپلاسماها، تا بزرگترین آنها باسیلوس آنتراسیس، دارای اندازه‌های متفاوتی می‌باشند. ویروسها نیز از پولیوویروس، یکی از کوچکترین ویروسها، تا پاکس‌ویروسها، بزرگترین آنها دارای اندازه‌های متفاوتی هستند. مخمرها، مثل کاندیدا آلیبیکس، معمولاً بزرگ‌تر از باکتریها هستند. تک‌یاخته‌ای‌ها شکل‌هایی متفاوت و اندازه‌هایی بسیار متنوع دارند HIV، ویروس نقص ایمنی انسانی.



شکل ۲-۳. ساختمان باکتری.



جدول ۱-۲. ساختمان‌های باکتریایی.

عملکرد	ترکیب شیمیایی	ساختمان
حفاظت محکم، حفاظت در برابر فشار اسمزی، محل اثر پنی‌سیلین‌ها و سفالوسپورین‌ها، با اثر لیزوزوم از هم می‌پاشد.	اسکلت گلیکان (قندی) همراه با زنجیره‌های جانبی پپتیدی با اتصالات متقاطع	اجزای ضروری دیواره سلولی پپتیدوگلیکان
جزء سمی اندوتوکسین آنتی ژن اصلی سطحی که اغلب در تشخیص آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد	لیپید A پلی‌ساکارید	غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی
آنتی ژن اصلی سطحی، اما به ندرت در تشخیص آزمایشگاهی به کار می‌رود.	اسید تایکوئیک	رشته‌های سطحی باکتری‌های گرم مثبت
محل اثر آنزیم‌های اکسیداتیو و انتقال دهنده ساخت پروتئین، محل اثر آمینوگلیکوزیدها، اریتروماپسین، تتراسیکلین‌ها و کلرامفنیکل	لیپوپروتئین دولایه بدون استرول RNA و پروتئین در زیرواحدهای ۳۰S و ۵۰S	غشای پلاسمایی ریبوزوم
مواد ژنتیکی شرکت در تقسیم سلولی و ترشح حاوی بسیاری از آنزیم‌های هیدرولیزکننده از جمله بتالاکتامازها	DNA فرورفتگی غشای پلاسمایی فضای بین غشای پلاسمایی و غشای خارجی	نوکلئوئید مزوزوم پری پلاسم
محافظةت در برابر بیگانه خواری (دو نوع: ۱) تسهیل اتصال به سطوح سلولی؛ ۲) پیلی جنسی، تسهیل اتصال دو باکتری به یکدیگر در حین کونژوگاسیون حرکت مقاومت به بی‌آبی، حرارت و مواد شیمیایی	پلی‌ساکارید <sup>۱</sup> گلیکوپروتئین پروتئین پوشش مشابه کراتین، اسید دیپیکولینیک	اجزای غیر ضروری کپسول پیلی یا فیمبریا
حاوی ژنهای مسئول مقاومت آنتی‌بیوتیکی و ژن توکسین‌ها محل تجمع مواد مغذی در سیتوپلاسم در چسبندگی به سطوح مختلف نقش دارد	DNA گلیکوژن، لیپید، پلی‌فسفات‌ها پلی‌ساکارید	تاژک هاگ پلاسمید گرانول گلیکوکالیکس

۱. به جز باسیلوس آنتراسیس که کپسول آن، پلی‌پپتیدی از جنس اسید D-گلوتامیک می‌باشد.

### دیواره سلولی

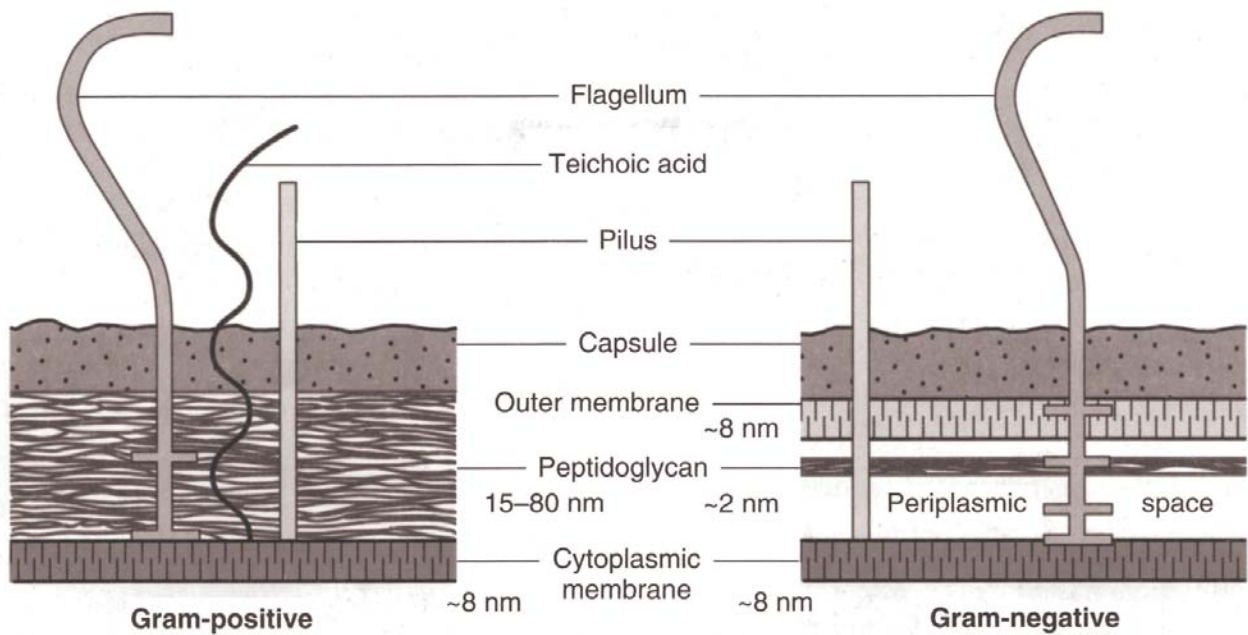
دیواره سلولی<sup>۳</sup> خارجی‌ترین جزء مشترک تمامی باکتری‌ها می‌باشد (به جز گونه مایکوپلاسمها که با غشای سلولی محدود شده و دیواره سلولی ندارند). بعضی از باکتری‌ها دارای اجزای سطحی مثل کپسول، تاژک و پیلی<sup>۴</sup> می‌باشند که در خارج از دیواره سلولی واقع شده، کمتر شایع بوده و در ادامه مطلب شرح آنها آمده است.

ویروسها (پاکس ویروسها)<sup>۱</sup> بوده و کوچکترین ارگانیسمی محسوب می‌شوند که می‌توانند خارج از سلول میزبان زنده باقی بمانند. بزرگترین باکتریهای میله‌ای شکل، اندازه‌ای معادل اندازه بعضی از مخمرها<sup>۲</sup> و گویچه سرخ خون انسان (۷ میکرون) دارند.

### ساختمان باکتری‌ها

نمونه ساختمان یک باکتری در شکل ۳-۲ نشان داده شده و هر یک از اجزای مهم آن نیز در جدول ۱-۲ ذکر شده‌اند.

1. Poxviruses.
2. Yeasts.
3. Cell wall.
4. Pili.



شکل ۴-۲. دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی. دقت کنید که در باکتری‌های گرم مثبت پپتیدوگلیکان نسبت به باکتری‌های گرم منفی بسیار ضخیم‌تر می‌باشد. همچنین توجه فرمایید که فقط باکتری‌های گرم منفی دارای غشای خارجی حاوی اندوتوکسین (لیپوپلی ساکارید [LPS]) بوده، و دارای فضای پری پلاسمی حاوی بتالاکتاماز می‌باشند. تعدادی از باکتری‌های گرم مثبت مهم مثل، استافیلوکوک‌ها و استرپتوکوک‌ها اسیدهای تائیکوئیک دارند.

(۱) لایه پپتیدوگلیکان در باکتری‌های گرم مثبت بسیار ضخیم‌تر از گرم منفی‌ها می‌باشد. بسیاری از انواع باکتری‌های گرم مثبت رشته‌هایی از اسید تائیکوئیک<sup>۱</sup> دارند که از پپتیدوگلیکان بیرون زده است، در حالی که در مورد باکتری‌های گرم منفی چنین نیست.

(۲) در مقابل، باکتری‌های گرم منفی دارای یک لایه خارجی پیچیده، مرکب از لیپوپلی ساکارید<sup>۲</sup>، لیپوپروتئین و فسفولیپید می‌باشند. لایه مابین غشای خارجی و غشای سیتوپلاسمی در باکتری‌های گرم منفی فضای پری پلاسمی<sup>۳</sup> می‌باشد که در برخی از گونه‌ها محل قرارگرفتن آنزیمی به نام بتالاکتاماز<sup>۴</sup> می‌باشد؛ آنزیم مزبور پنی‌سیلین‌ها و دیگر داروهای بتا لاکتام را از بین می‌برد.

دیواره سلولی چند خاصیت مهم دیگر نیز دارد:

(۱) در ارگانسیم‌های گرم منفی، حاوی اندوتوکسین<sup>۵</sup> است، که یک نوع لیپوپلی ساکارید می‌باشد.

جدول ۲-۲. مقایسه دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی

ترکیب	سلول‌های گرم مثبت	سلول‌های گرم منفی
پپتیدوگلیکان	ضخیم‌تر، چند لایه	نازک‌تر، یک لایه
اسید تائیکوئیک	بله	خیر
لیپوپلی ساکارید (اندوتوکسین)	خیر	بله

دیواره سلولی در قسمت خارج غشای سیتوپلاسمی واقع شده و از پپتیدوگلیکان تشکیل شده است. پپتیدوگلیکان از لحاظ ساختمانی به صورت یک حفاظ عمل کرده و خصوصیات ظاهری سلول را حفظ می‌نماید.

دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی ساختمان، ترکیب شیمیایی و ضخامت دیواره سلولی در باکتری‌های گرم مثبت و باکتری‌های گرم منفی با یکدیگر متفاوت می‌باشد (جدول ۲-۲، شکل ۴-۲، و کادر "رنگ‌آمیزی گرم").

1. Teichoic acid.  
2. Lipopolysaccharide.  
3. Periplasmic.  
4. Beta-Lactamase.  
5. Endotoxin.

اتصال یافته است که ترکیب دقیق این واحد از یک نوع باکتری به باکتری دیگر تغییر می‌یابد. دومورد از اسیدهای آمینه مذکور حایز توجهی خاص می‌باشند: اسید دی‌آمینو پیملیک<sup>۱۳</sup>، که خاص دیواره سلولی باکتریها می‌باشد و D-آلانین<sup>۱۴</sup>، که در اتصالات متقابل<sup>۱۵</sup> تتراپپتیدها و عملکرد پنی‌سیلین دخالت دارد. توجه داشته باشید که تتراپپتید مزبور دارای ایزومرهای D اسیدهای آمینه می‌باشد که نادر هستند، در صورتی که اغلب پروتئینها حاوی ایزومرهای L می‌باشند. جزء مهم دیگر در این شبکه، اتصالات پپتیدی متقابل بین دو تتراپپتید می‌باشد. این اتصالات در میان گونه‌های مختلف، متفاوت هستند؛ به عنوان مثال در استافیلوکوک اورئوس<sup>۱۶</sup> پنج گلیسین، D-آلانین انتهایی را به پنولتیمات - L- لیزین<sup>۱۷</sup> متصل می‌نمایند.

از آنجایی که پپتیدوگلیکان در باکتریها وجود داشته ولی در سلول‌های انسان یافت نمی‌شود، هدفی مناسب برای داروهای آنتی‌بیوتیک محسوب می‌گردد. موارد متعددی از این داروها، مثل پنی‌سیلین‌ها و سفالوسپورین‌ها<sup>۱۸</sup> و ونکومايسين ساخت ترکیب فوق را از طریق مهار آنزیم ترانس پپتیداز که برای ایجاد اتصالات متقابل بین تتراپپتیدهای مجاور، ضروری است، مهار می‌نمایند (به فصل ۱۰ رجوع شود).

آنزیم لیزوزیم که در اشک، ترشحات مخاطی و بزاق انسان یافت می‌شود، می‌تواند با شکستن پیوندهای گلیکوزیل<sup>۱۹</sup>، ساختمان پپتیدوگلیکان را از هم پاشیده، و از این طریق در مقاومت طبیعی میزبان نسبت به عفونت‌های میکروبی نقش ایفا کند. باکتری‌هایی که در معرض لیزوزیم قرار می‌گیرند، در نتیجه ورود آب به دلیل فشار اسمزی زیاد داخل سلول، متورم شده و از هم متلاشی می‌شوند. با این حال اگر چنین سلول‌هایی، در محلول دارای فشار اسمزی مساوی با فشار داخل باکتری قرار گیرند، به شکل کروی

(۲) پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های آن آنتی ژن‌هایی هستند که در تشخیص آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. (۳) پروتئین‌های پورین<sup>۱</sup> آن در تسهیل عبور مولکول‌های کوچک هیدروفیلیک<sup>۲</sup> به داخل سلول به نوعی نقش تنظیم‌کننده اعمال می‌کنند. پروتئین‌های پورین موجود در دیواره خارجی باکتری‌های گرم منفی به صورت یک کانال عمل کرده و ورود مواد ضروری مثل قندها، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها، فلزات و بسیاری از داروهای ضد میکروبی مثل پنی‌سیلین‌ها را میسر می‌سازند.

### دیواره سلولی باکتری‌های اسید - فاست

مایکوباکتریوم‌ها<sup>۳</sup>، مثل مایکوباکتریوم تورکلوزیس<sup>۴</sup>، دارای یک دیواره سلولی غیر معمول می‌باشند و در نتیجه نمی‌توانند به روش گرم رنگ‌آمیزی شوند. از آنجایی که این باکتری‌ها پس از رنگ‌آمیزی با کربول فوشین<sup>۵</sup>، به بی‌رنگ شدن با اسید - الکل مقاوم هستند، اسید - فاست<sup>۶</sup> نامیده می‌شوند. این خاصیت به غلظت زیاد لیپیدهایی در دیواره سلولی مربوط می‌شود که اسیدهای مایکولیک<sup>۷</sup> نامیده می‌شوند.

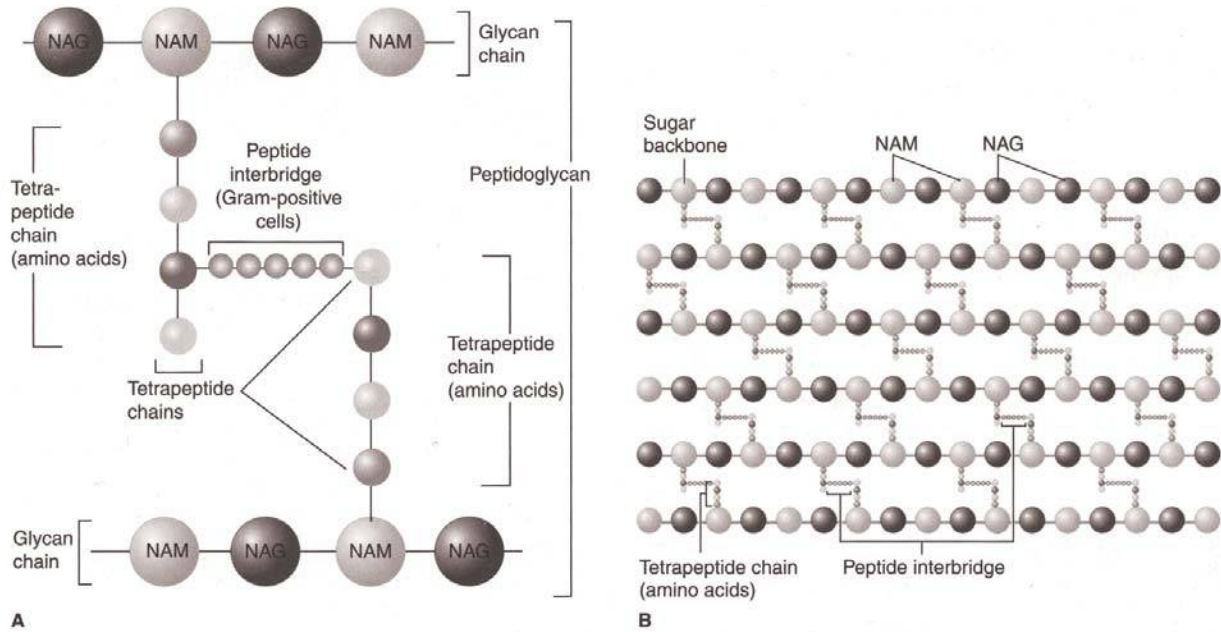
جزئیات مربوط به سه جزء دیواره سلولی یعنی پپتیدوگلیکان، لیپولی ساکارید و اسید تایکوئیک، نظر به اهمیتی که دارند، در ذیل شرح داده شده است.

### پپتیدوگلیکان

پپتیدوگلیکان شبکه‌ای پیچیده و درهم‌بافته از ماکرومولکول‌های منفرد متصل به هم (با پیوند کووالانسی) می‌باشد که تمام سلول را احاطه کرده است. این ماده فقط در دیواره سلولی باکتری‌ها یافت می‌شود و پوشش حفاظتی محکمی را برای سلول فراهم می‌آورد که در حفظ شکل خاص سلول اهمیت داشته و سلول را قادر می‌سازد تا محیط دارای فشار اسمزی کم، مثل آب را تحمل نماید. در شکل ۲-۵ قسمتی از لایه پپتیدوگلیکان نشان داده شده است. اصطلاح "پپتیدوگلیکان" از پپتیدها و قندهایی (گلیکان<sup>۸</sup>) مشتق شده که مولکول مزبور را به وجود می‌آورند. مورئین<sup>۹</sup> و موکوپپتید<sup>۱۰</sup> نیز لغات مترادف با پپتیدوگلیکان می‌باشند.

شکل ۲-۵ اسکلت کربوهیدراتی را نشان می‌دهد که از مولکول‌های یک درمیان N- استیل مورامیک اسید<sup>۱۱</sup> و N- استیل گلوکزآمین<sup>۱۲</sup> تشکیل یافته است. به هر مولکول اسید مورامیک، یک تتراپپتید مرکب از اسیدهای آمینه D و L

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Porin.                 | 2. Hydrophilic.            |
| 3. Mycobacteria.          | 4. M. tuberculosis.        |
| 5. Carbofuchsin.          | 6. Acid-Fast.              |
| 7. Mycolic acids.         | 8. Glycan.                 |
| 9. Murein.                | 10. Mucopeptide.           |
| 11. N-acetylmuramic acid. |                            |
| 12. N-acetylglucosamine   |                            |
| 13. D-aminopimelic        | 14. D-alanine.             |
| 15. Cross-Links.          | 16. Staphylococcus aureus. |
| 17. Penultimate L-lysine. |                            |
| 18. Cephalosporins.       | 19. Glycosyl.              |



شکل ۵-۲. ساختمان پپتیدوگلیکان. A: پپتیدوگلیکان از یک زنجیره گلیکان (NAM و NAG)، یک زنجیره تتراپپتیدی، و یک پیوند متقابل (پل بین پپتیدی) تشکیل می‌شود. B: در دیواره سلولی، این پپتیدوگلیکان یک ساختمان چند لایه‌ی سه بُعدی را تشکیل می‌دهد. NAG، ان-استیل گلوکزآمین؛ NAM، ان-استیل مورامیک اسید.

جدول ۳-۲. باکتری‌های مهم از نظر پزشکی که با رنگ آمیزی گرم قابل مشاهده نیستند.

نام باکتری	علت عدم مشاهده باکتری با روش گرم	روش رنگ آمیزی میکروسکوپی جایگزین
مایکوباکتریوم‌ها شامل مایکوباکتریوم توبرکولوزیس	وجود مقدار زیادی چربی در دیواره سلولی که از نفوذ رنگ جلوگیری می‌کند	رنگ آمیزی اسید - فاست
تریونماپالیدوم	نازکتر از آن است که دیده شود	میکروسکوپ زمینه-تاریک یا آنتی بادی فلوئورسنت
مایکوپلاسما پنومونیه	نبود دیواره سلولی، بسیار کوچک	روشی وجود ندارد
لژیونلا پنوموفیلا	عدم برداشت رنگ قرمز	طولانی ساختن زمان مرحله رنگ آمیزی دوم
کلامیدیاها از جمله کلامیدیا ترا کوماتیس	ارگانسیم داخل سلولی، بسیار کوچک	وجود اجسام انکلوزیونی در سیتوپلاسم سلول
ریکتزیاها	ارگانسیم داخل سلولی، بسیار کوچک	رنگ آمیزی گیمنسا یا سایر رنگ آمیزی‌های بافتی

ماده اندوتوکسین نامیده می‌شود، زیرا برخلاف اگزوتوکسین که توسط باکتری رها می‌شود، جزء لاینفک دیواره سلولی می‌باشد. مجموعه علائم بالینی حاصل از اندوتوکسین یک باکتری گرم منفی، با باکتری گرم منفی دیگر مشابه است، ولی شدت این علائم ممکن است با یکدیگر کاملاً متفاوت باشد. در نقطه مقابل، علائم حاصل از اگزوتوکسین باکتری‌های مختلف، معمولاً تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر دارند.

درآمده و زنده باقی می‌مانند که این حالت را پروتوپلاست<sup>۱</sup> می‌نامند؛ در چنین حالتی سلول فقط توسط غشای سیتوپلاسمی احاطه شده است.

### لیپوپلی ساکارید (LPS)

لیپوپلی ساکارید (LPS) غشای خارجی دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی، اندوتوکسین<sup>۲</sup> بوده، که مسئول بسیاری از تظاهرات بیماری، مثل تب و شوک (به ویژه افت فشار خون) می‌باشد، که توسط این ارگانسیم‌ها پدید می‌آیند. این

1. Protoplasts.

2. Endotoxin.

## رنگ آمیزی گرم

(۱) برای شناسایی اغلب باکتری‌ها، و  
 (۲) برای انتخاب آنتی‌بیوتیک، زیرا در مجموع، باکتری‌های گرم مثبت نسبت به باکتری‌های گرم منفی، به پنی‌سیلین G خیلی حساس‌تر می‌باشند.  
 با این حال، همه باکتری‌ها را نمی‌توان با رنگ‌آمیزی گرم مشاهده نمود. فهرستی از باکتری‌های مهم از نظر پزشکی که با رنگ‌آمیزی گرم قابل مشاهده نیستند و نیز علت آن، در جدول ۲-۳ آمده است. روش میکروسکوپی جایگزین رنگ‌آمیزی گرم نیز برای این باکتری‌ها توصیف شده است.  
 دقت کنید که در هنگام استفاده از عدسی آغشته به روغن (با بزرگنمایی یکصد برابر)، برای مشاهده یک عدد باکتری در هر میدان میکروسکوپی وجود حداقل ۱۰۰,۰۰۰ باکتری در هر میلی‌لیتر ضروری است. بنابراین روش رنگ‌آمیزی گرم از حساسیت پایینی برخوردار می‌باشد. همین موضوع، نشان می‌دهد که ما چرا خون بیمار را معمولاً بلافاصله با این روش رنگ‌آمیزی نمی‌کنیم، بلکه آن را به مدت چند ساعت بر روی محیط‌های ویژه کشت خون، کشت می‌دهیم تا باکتری‌ها فرصت تکثیر داشته باشند. یکی از موارد استثناء مهم در این خصوص، مننگوکوکوسمی است که در آن، غلظت‌های بسیار بالایی از نیسریا منتریتیدیس ممکن است در خون یافت شود.

این روش رنگ‌آمیزی که در سال ۱۸۸۴ توسط پزشک دانمارکی، کریستین گرم (Christian Gram)، ابداع شد، مهم‌ترین روش مورد استفاده در میکروبیولوژی می‌باشد. با استفاده از این روش، اکثر باکتری‌ها به دو گروه تفکیک می‌گردند: باکتری‌های گرم مثبت که رنگ آبی به خود می‌گیرند، و باکتری‌های گرم منفی که به رنگ قرمز درمی‌آیند. رنگ‌آمیزی گرم شامل چهار مرحله ذیل می‌باشد:

- (۱) رنگ بنفش کریستال (Crystal violet) تمام سلول‌ها را به رنگ آبی بنفش درمی‌آورد.
- (۲) محلول ید (تثبیت کننده رنگ) اضافه می‌گردد تا کمپلکس بنفش کریستال - ید تشکیل گردد. تمامی سلول‌ها همچنان به رنگ آبی باقی می‌مانند.
- (۳) حلال‌های آلی مثل استون یا اتانول، نسبت به باکتری‌های گرم مثبت با دیواره سلولی ضخیم و کم‌چربی، کمپلکس آبی رنگ را به مقادیر بیشتری از باکتری‌های گرم منفی با دیواره نازک و غنی از چربی خارج می‌نمایند. بدین ترتیب ارگانیزم‌های گرم منفی بی‌رنگ به نظر می‌آیند و باکتری‌های گرم مثبت همچنان آبی باقی می‌مانند.
- (۴) رنگ قرمز سافرانین (Safranin)، باکتری‌های گرم منفی بی‌رنگ شده را به رنگ قرمز صورتی درمی‌آورد؛ باکتری‌های گرم مثبت آبی باقی می‌مانند. از رنگ‌آمیزی گرم به دو جهت استفاده می‌شود:

بسیاری از باکتری‌های گرم منفی می‌باشد، که در شناسایی ارگانیزم‌های خاص در آزمایشگاه‌های بالینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی باکتری‌ها و به ویژه اعضای جنس نیسریا، دارای نوعی لیپوالیگوساکارید (LOS) خارجی هستند که شامل تعداد بسیار اندکی واحد تکراری قند است.

- LPS از سه واحد جداگانه تشکیل یافته است (شکل ۲-۶):
- (۱) فسفولیپیدی به نام لیپید A، که مسئول اثرات توکسیک می‌باشد.
  - (۲) هسته پلی‌ساکاریدی پنج‌قندی، که از طریق کتودئوکسی اکتولونات<sup>۱</sup> (KDO) به لیپید A اتصال یافته است.
  - (۳) یک پلی‌ساکارید خارجی که از حداکثر ۲۵ واحد تکرار شونده، از سه تا پنج قند، تشکیل یافته است. این پلیمر خارجی، همان آنتی‌ژن O<sup>۲</sup> یا آنتی‌ژن سوماتیک<sup>۳</sup> مهم

1. Ketodeoxyoctulonate. 2. O antigen.  
 3. Somatic antigen.

پروکاریوتیک عموماً صدق نمی‌کند. تنها ارگانیس‌های پروکاریوتیک که در غشای پلاسمایی خود دارای استرول می‌باشند، اعضای گونه مایکوپلاسماها هستند. غشای مذکور چهار وظیفه مهم را برعهده دارد: (۱) انتقال فعال مولکول‌ها به داخل سلول، (۲) تولید انرژی از راه فسفریلاسیون اکسیداتیو<sup>۵</sup>، (۳) ساخت پیش‌سازهای مورد نیاز دیواره سلولی، و (۴) ترشح آنزیم‌ها و توکسین‌ها.

### سیتوپلاسم

در زیر میکروسکوپ الکترونی، سیتوپلاسم حاوی دو منطقه جدا از هم می‌باشد:

(۱) یک ماده زمینه‌ای<sup>۶</sup> بی‌شکل که حاوی ریبوزوم، گرانول‌های تغذیه‌ای<sup>۷</sup>، متابولیت‌ها و پلاسمیدها می‌باشد.

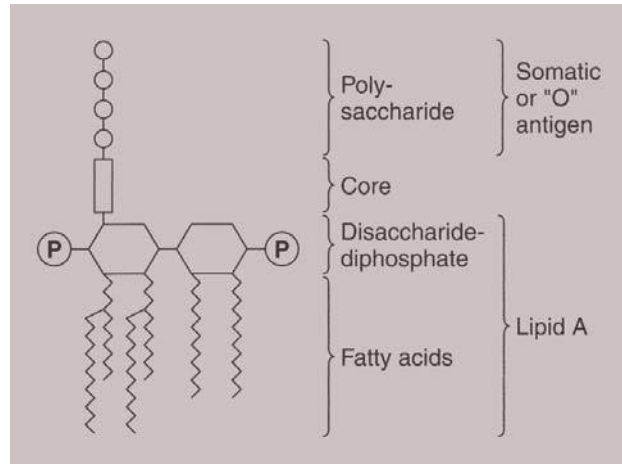
(۲) یک ناحیه نوکلئوئید داخلی، که از DNA تشکیل شده است.

### ریبوزوم

ریبوزوم باکتری‌ها همانند سلول‌های یوکاریوتیک، جایگاه ساخت پروتئین می‌باشد؛ اما از لحاظ اندازه و ترکیب شیمیایی با ریبوزوم‌های یوکاریوتیک فرق دارد. ریبوزوم باکتری‌ها دارای اندازه‌های معادل ۷۰S می‌باشد و از دو واحد ۵۰S و ۳۰S تشکیل شده، در حالی که ریبوزوم یوکاریوتیک‌ها اندازه‌های معادل ۸۰S داشته و از دو واحد ۶۰S و ۴۰S تشکیل شده است. تفاوت در RNA و پروتئین‌های ریبوزوم‌ها، اساس عملکرد انتخابی بسیاری از آنتی‌بیوتیک‌های مهارکننده باکتری‌ها را تشکیل می‌دهد؛ بدین ترتیب که ساخت پروتئین‌های باکتری را مهار نموده ولی بر سنتز پروتئین در سلول‌های انسانی اثری ندارند (به فصل ۱۰ رجوع کنید).

### گرانول‌ها

سیتوپلاسم دارای گرانول‌های مختلفی می‌باشد که به صورت ذخایر مواد غذایی عمل کرده، و با رنگ‌های ویژه، به صورت اختصاصی رنگ‌آمیزی می‌گردند. به‌عنوان مثال، ولوتین<sup>۸</sup>،



شکل ۶-۲. ساختمان اندوتوکسین (LPS). آنتی ژن O پلی ساکاریدی در قسمت خارجی دیواره قرار گرفته است، در صورتی که لیپید A در سطح داخلی واقع شده است.

### اسید تایکوئیک

این رشته‌های گلیسرول فسفات<sup>۱</sup> یا ریبیتول فسفات<sup>۲</sup>، در لایه خارجی دیواره سلولی گرم مثبت‌ها واقع شده‌اند و از آن به بیرون امتداد می‌یابند. بعضی از پلیمرهای گلیسرول اسید تایکوئیک<sup>۳</sup> به داخل لایه پپتیدوگلیکان نفوذ کرده و با پیوند کووالانسی به چربی غشای سیتوپلاسمی اتصال می‌یابند که در این صورت اسید لیپوتایکوئیک<sup>۴</sup> نامیده می‌شوند. در بقیه موارد اسید تایکوئیک به اسید مورامیک پپتیدوگلیکان متصل می‌گردد.

اهمیت بالینی اسید تایکوئیک در توانایی ایجاد شوک سپتیک توسط برخی باکتری‌های گرم مثبت است؛ این ترکیب هم مسیرهایی مانند اندوتوکسین باکتری‌های گرم منفی (LPS) را فعال می‌کند. در استافیلوکوک‌ها، اسید تایکوئیک به عنوان واسطه اتصال ارگانیس‌م به سطوح مخاطی عمل می‌کند. باکتری‌های گرم مثبت، فاقد اسید تایکوئیک هستند.

### غشای سیتوپلاسمی

غشای سیتوپلاسمی، دقیقاً در داخل لایه پپتیدوگلیکان دیواره سلولی قرار گرفته است، که مرکب از دولایه فسفولیپید، و مشابه ظاهر میکروسکوپی غشای پلاسمایی سلول‌های یوکاریوتیک می‌باشد. این دو از لحاظ شیمیایی مشابه می‌باشند، ولی غشای سلول‌های یوکاریوتیک حاوی استرول می‌باشد، در حالی که این امر در مورد سلول‌های

1. Glycerol Phosphate.
2. Ribitol Phosphate.
3. Glycerol teichoic acid.
4. Lipoteichoic acid.
5. Oxidative Phosphorylation.
6. Matrix.
7. Nutrient granules.
8. Volutin.

ذیل از لحاظ ساختمانی و عملکرد، حایز اهمیت بالینی می‌باشند:

(۱) مقاومت نسبت به آنتی بیوتیک، که با واسطه انواع مختلف آنزیم‌ها صورت می‌گیرد.

(۲) مقاومت نسبت به فلزات سنگین مثل جیوه (جزء فعال بعضی از مواد ضد عفونی کننده مثل مرتیولات<sup>۱۰</sup> و مرکورکروم<sup>(۱)</sup>) و نقره، که با واسطه آنزیم ردوکتاز<sup>(۲)</sup> انجام می‌شود.

(۳) مقاومت نسبت به پرتوی فرابنفش، که با واسطه آنزیم‌های ترمیم‌کننده DNA صورت می‌گیرد.

(۴) وجود پیلی (فیمبریا<sup>(۳)</sup>)، که در چسبیدن باکتری به سلول‌های اپی تلبال نقش دارد.

(۵) ساخت اگزوتوکسینها، شامل انتروتوکسینهای<sup>(۴)</sup> متعدد، محصولات دیگر پلاسمیدها که قابل توجه می‌باشند، عبارتند از:

(۱) باکتریوسین‌ها<sup>(۵)</sup>: پروتئین‌هایی سمی می‌باشند که توسط برخی باکتری‌ها تولید شده و برای دیگر باکتری‌ها مهلک و مرگ‌آور هستند. دو مکانیسم معمول فعالیت باکتریوسین‌ها عبارت است از (الف) تجزیه و تخریب غشای سلولی باکتری‌ها از طریق ایجاد منافذی در آن، و (ب) تجزیه DNA باکتری توسط DNA آز. کولیسین‌ها (که توسط اشیریشیا کولی ساخته می‌شوند) و پیوسین‌ها (که توسط پسودوموناس آئروژینوزا ساخته می‌شوند) نمونه‌هایی از باکتریوسین‌هایی هستند که توسط باکتری‌های با اهمیت بالینی تولید می‌شوند. در رقابت بر سر منابع غذایی، باکتری‌های تولیدکننده باکتریوسین بر باکتری‌های فاقد این ترکیبات دارای مزیت انتخابی می‌باشند. با این حال اهمیت بالینی باکتریوسین‌ها در تأثیر احتمالی آنها در درمان عفونت‌های ناشی از باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها می‌باشد.

(۲) آنزیم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، در ریزویوم<sup>(۶)</sup> گرهک

ذخیره‌ای با انرژی زیاد می‌باشد که به صورت متافسفات پلیمریزه<sup>(۱)</sup>، یافت می‌شود. از آنجایی که برخلاف انتظار، این ترکیب با آبی متیلن به جای رنگ آبی، رنگ قرمز را به خود می‌گیرد، به صورت گرانول‌های «متاکروماتیک<sup>(۲)</sup>» نمایان می‌شود. گرانول‌های متاکروماتیک ویژگی بارز کورینه‌باکتریوم دیفتریه، عامل بیماری دیفتری می‌باشند.

### نوکلئوئید

نوکلئوئید ناحیه‌ای از سیتوپلاسم می‌باشد که DNA در آن واقع شده است. DNA پروکاریوت‌ها یک مولکول حلقوی و منفرد می‌باشد که وزن مولکولی (MW) آن حدود  $2 \times 10^9$  بوده و حاوی حدود ۲۰۰۰ ژن می‌باشد (برخلاف DNA انسان که دارای حدود ۱۰۰,۰۰۰ ژن می‌باشد). نوکلئوئید، غشای هسته، هستک<sup>(۳)</sup>، دوک میتوزی و هیستون<sup>(۴)</sup> ندارد و از این لحاظ با هسته یوکاریوت‌ها مشابهت بسیار کمی دارد. تفاوت عمده بین DNA باکتری‌ها و DNA یوکاریوت‌ها در این است که DNA یوکاریوت‌ها دارای انترون<sup>(۵)</sup> می‌باشد؛ در صورتی که DNA باکتری‌ها چنین نیست.

### پلاسمید

پلاسمیدها مولکول‌های DNA حلقوی، دوزنجیره‌ای و خارج کروموزومی هستند که قادرند مستقل از کروموزوم باکتری تکثیر یابند. با این که پلاسمیدها معمولاً خارج کروموزومی هستند، ولی می‌توانند به داخل کروموزوم باکتری نیز اتصال یابند. پلاسمیدها هم در باکتری‌های گرم مثبت و هم در گرم منفی‌ها یافت شده و ممکن است انواع مختلفی از پلاسمید به طور همزمان، در یک سلول وجود داشته باشند:

(۱) پلاسمیدهای قابل انتقال<sup>(۶)</sup> می‌توانند به روش کونژوگاسیون<sup>(۷)</sup> (فصل ۴) از سلولی به سلول دیگر انتقال یابند. از آنجایی که این پلاسمیدها حاوی یک دوجین ژن مسئول ساخت پیلی‌های جنسی<sup>(۸)</sup> و آنزیم‌های لازم برای انتقال می‌باشند، به همین دلیل اندازه بزرگی (وزن مولکولی ۴۰ تا ۱۰۰ میلیون) دارند. این پلاسمیدها معمولاً به تعداد کمی (۱ تا ۳ عدد) در سلول وجود دارند.

(۲) پلاسمیدهای غیر قابل انتقال<sup>(۹)</sup> کوچک می‌باشند (وزن مولکولی ۳ تا ۲۰ میلیون)؛ زیرا دارای ژن‌های قابل انتقال نیستند. این پلاسمیدها به تعداد زیاد (۱۰ تا ۶۰ عدد) در سلول یافت می‌شوند.

ژن‌هایی که توسط پلاسمید حمل می‌شوند، به دلایل

1. Polymerized metaphosphate.
2. Metachromatic.
3. Nucleolus.
4. Histone.
5. Intron.
6. Transmissible Plasmids.
7. Conjugation.
8. Sex Pilus.
9. Nontransmissible Plasmids.
10. Merthiolate.
11. Mercurochrome.
12. Reductase.
13. Fimbriae.
14. Enterotoxin.
15. Bacteriocins.
16. Rhizobium.

می‌شوند (فصل ۴ را ببینید). این انتقال، عمدتاً با واسطهٔ پلاسمیدها صورت می‌پذیرد، ولی برخی ترانسپوزون‌ها موسوم به **ترانسپوزون‌های کنزوگاتیو**، می‌توانند مقاومت به آنتی‌بیوتیک را نیز منتقل کنند.

ترانسپوزون‌ها، برخلاف پلاسمیدها یا ویروس‌های باکتریایی، قادر به تکثیر مستقل نبوده و در هنگام تکثیر، به صورت جزئی از DNA گیرنده درمی‌آیند. امکان دارد بیش از یک ترانسپوزون در DNA وجود داشته باشد؛ به عنوان مثال، یک پلاسمید می‌تواند چندین ترانسپوزون حاوی ژن مقاومت دارویی را حمل نماید. «**توالی‌های الحاق<sup>۱۲</sup>**» نوعی از ترانسپوزون می‌باشند که دارای بازهای کمتری هستند (۸۰۰ تا ۱۵۰۰ جفت باز)، زیرا باعث ساخت آنزیم‌های لازم برای الحاق خود، نمی‌شوند. این ترانسپوزون‌ها می‌توانند در محل الحاق، باعث بروز جهش شده، و در نسخه‌های متعدد، در انتهای ترانسپوزون‌های بزرگ‌تر یافت شوند.

### ساختمان‌های خارج از دیواره سلولی

#### کپسول

کپسول یک لایهٔ ژلاتینی می‌باشد که تمام سطح باکتری را می‌پوشاند. بجز باسیل آنتراکس<sup>۱۳</sup> که کپسول آن پلیمر اسید د-گلوتامیک<sup>۱۴</sup> می‌باشد، در دیگر موارد، کپسول از پلی‌ساکارید تشکیل یافته است. قند پلی‌ساکارید مزبور از یک گونهٔ باکتریایی به گونهٔ دیگر تغییر کرده، و در بسیاری از موارد، در داخل یک گونه، تیپ‌های سرولوژیک (سروتیپ‌های) مختلفی را به وجود می‌آورد. به عنوان مثال ۸۴ سروتیپ متفاوت از استرپتوکوک پنومونه<sup>۱۵</sup> وجود دارد که براساس تفاوت آنتی‌ژنی قندهای موجود در کپسول پلی‌ساکاریدی، از یکدیگر متمایز می‌شوند.

کپسول به چهار دلیل دارای اهمیت می‌باشد:

(۱) عامل بیماری‌زایی بسیاری از باکتری‌ها می‌باشد، زیرا توانایی یاخته‌های بیگانه‌خوار<sup>۱۶</sup> را برای بلع باکتری محدود می‌سازد. بارهای الکتریکی منفی پلی‌ساکارید

ریشه لوبیاهای.

(۳) تومورهایی که توسط آگروباکتریوم<sup>۱</sup> در گیاهان به وجود می‌آیند.

(۴) آنتی‌بیوتیک‌های مختلفی که توسط استرپتو-مایسس<sup>۲</sup> تولید می‌شوند.

(۵) انواع آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ای که توسط پسدوموناها<sup>۳</sup> تولید شده و می‌توانند محیط زیست را از مواد مضر مثل لکه‌های نفتی و زباله‌های شیمیایی پاک نمایند.

### ترانسپوزون‌ها<sup>۴</sup>

ترانسپوزون‌ها، قطعاتی از DNA می‌باشند که در داخل و یا بین DNA باکتری، پلاسمید و باکتریوفاژ<sup>۵</sup>، از محلی به محل دیگر به راحتی انتقال می‌یابند، و به دلیل داشتن این توانایی غیر معمول در حرکت به نواحی مختلف، «ژن‌های پرنده<sup>۶</sup>» نیز نامیده می‌شوند. برخی از ترانسپوزون‌ها با همانندسازی DNA خود و قراردادن نسخهٔ جدید به دست آمده در جایگاهی دیگر، حرکت می‌کنند (که این فرآیند، ترانسپوزیشن ناشی از همانندسازی نامیده می‌شود)، در حالی که برخی دیگر بدون انجام همانندسازی، از جایگاه مربوطه جدا شده و سپس در جایگاه جدید قرار می‌گیرند (که این فرآیند را ترانسپوزیشن مستقیم می‌نامند). ژن‌های مذکور می‌توانند آنزیم‌های مقاوم به دارو، توکسین‌ها و یا آنزیم‌های متابولیک متفاوتی را رمزگردانی کنند؛ و همچنین می‌توانند باعث بروز جهش<sup>۷</sup> در ژن‌هایی شوند که به آنها ملحق می‌شوند؛ و یا نحوهٔ بیان<sup>۸</sup> ژن‌های همجوار خود را تغییر دهند.

ترانسپوزون‌ها معمولاً، دارای چهار ناحیهٔ فعال<sup>۹</sup> قابل شناسایی می‌باشند. در هر انتها، یک توالی کوچک از DNA قرار دارد که به صورت معکوس تکرار شده<sup>۱۰</sup> و در الحاق ترانسپوزون به داخل DNA گیرنده، دخالت دارد. دومین ناحیهٔ فعال، ژن ترانسپوزاز می‌باشد و عبارت است از آنزیمی که به واسطهٔ آن فرآیند برش و الحاق ترانسپوزون انجام می‌گیرد. سوم، ناحیهٔ فعال ژن بازدارنده<sup>۱۱</sup> است که ساخت ترانسپوزاز و محصولات ژنی چهارمین ناحیهٔ فعال را کنترل می‌کند و در بسیاری از موارد، محصول ژنی مورد نظر، آنزیمی است که مسئول مقاومت نسبت به نوعی از آنتی‌بیوتیک می‌باشد (شکل ۷-۲).

ژن‌های مسئول ایجاد مقاومت به آنتی‌بیوتیک، عمدتاً از طریق کنزوگاسیون، از یک باکتری به باکتری دیگر منتقل

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| 1. Agrobacterium.             | 2. Streptomyces.         |
| 3. Pseudomonas.               | 4. Transposons.          |
| 5. Bacteriophage.             | 6. Jumping genes.        |
| 7. Mutation.                  | 8. Expression.           |
| 9. Domain.                    | 10. Inverted repeats.    |
| 11. Repressor gene.           | 12. Insertion sequences. |
| 13. Anthrax.                  | 14. D-glutamic acid.     |
| 15. Streptococcus Pneumoniae. |                          |
| 16. Phagocytes.               |                          |



حرکت، یا نیروی محرک پروتونی<sup>۴</sup>، توسط آدنوزین تری فسفات<sup>۵</sup> (ATP) تأمین می‌شود، که ماده اخیر نیز از طریق انتقال یون‌ها از خلال غشا، به وجود می‌آید.

در باکتری‌های تاژک‌دار، تعداد و محل تاژک‌ها مشخص می‌باشد: برخی از آنها دارای یک تاژک و برخی دیگر دارای چند تاژک می‌باشند. در بعضی از آنها تاژک در یکی از دو انتهای باکتری، و در بعضی دیگر تاژک در تمام سطح خارجی باکتری وجود دارد. فقط باکتری‌های بخصوصی دارای تاژک می‌باشند؛ بسیاری از باسیل‌ها چنین هستند ولی اغلب کوکسی‌ها تاژک نداشته و بنابراین متحرک نیستند. اسپروکت‌ها توسط یک ساختمان تاژک مانند به نام رشته مرکزی<sup>۶</sup> حرکت می‌کنند که به دور سلول فنری شکل پیچیده و حرکتی موج‌مانند را پدید می‌آورد. از لحاظ پزشکی تاژک‌ها به دو دلیل دارای اهمیت می‌باشند:

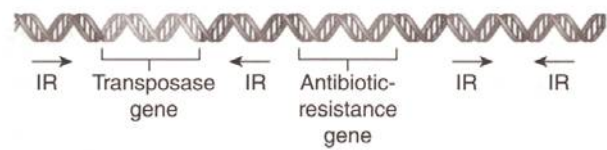
- (۱) برخی از باکتری‌های متحرک مثل *E. coli* و گونه‌های پروتئوس<sup>۷</sup>، عامل شایع عفونت‌های ادراری می‌باشند. تاژک‌ها با انتقال روبه بالای باکتری، از پیشابراه به مثانه، می‌توانند در بیماری‌زایی<sup>۸</sup> نقش داشته باشند.
- (۲) در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی، بعضی از انواع باکتری‌ها، مثل گونه‌های سالمونلا<sup>۹</sup>، با استفاده از آنتی‌بادی‌های اختصاصی ضد پروتئین‌های تاژک، شناسایی می‌شوند.

### مژک (شرابه)

مژک‌ها<sup>۱۰</sup> رشته‌هایی مویی شکل هستند که از سطح سلول بیرون آمده‌اند. مژک‌ها نسبت به تاژک‌ها کوتاه‌تر و راست‌تر بوده و از واحدهایی پروتئینی به نام پیلین<sup>۱۱</sup>، تشکیل شده‌اند، که در زنجیره‌های ماریچی قرار گرفته‌اند. مژک‌ها عمدتاً در ارگانسیم‌های گرم منفی یافت می‌شوند.

مژک‌ها دو نقش مهم را ایفا می‌کنند:

- (۱) در اتصال باکتری‌ها به گیرنده‌های اختصاصی موجود بر سطح سلول‌های انسان نقش دارند؛ که مرحله‌ای



شکل ۷-۲. ژن‌های ترانسپوزون. این ترانسپوزون یک ژن مقاومت دارویی را حمل می‌نماید. IR. توالی‌های وارونه تکرار شده.

کیسول، غشای سلولی نوتروفیل را که دارای بار الکتریکی منفی است، دفع می‌کنند و لذا مانع از آن می‌شوند که نوتروفیل بتواند باکتری را ببلعد. گونه‌های مختلف باکتری‌های کیسول‌دار، وقتی توانایی تولید کیسول خود را از دست می‌دهند، معمولاً دیگر بیماری‌زا نیستند.

- (۲) با استفاده از آنتی سرم ضد پلی ساکارید کیسول، می‌توان یک ارگانسیم خاص را شناسایی نمود. در صورت وجود آنتی بادی همولوگ<sup>۱</sup>، کیسول به شدت متورم می‌شود. این پدیده تورم که در آزمایشگاه‌های تشخیص طبی، برای شناسایی ارگانسیم‌های بخصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد، واکنش «quellung» نامیده می‌شود.

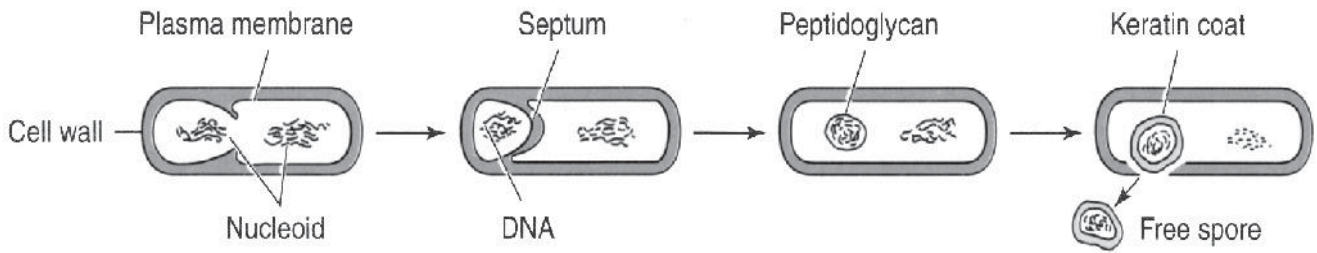
(۳) پلی ساکاریدهای کیسول به عنوان آنتی ژن، در تولید بعضی از واکنش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ زیرا این آنتی ژن‌ها قادرند باعث تولید آنتی‌بادی‌های محافظت کننده شوند. به عنوان مثال پلی ساکارید خالص کیسول ۲۳ گونه متفاوت استرپتوکوک پنومونه، در واکنش‌های رایج مورد استفاده، وجود دارد.

- (۴) کیسول می‌تواند در چسبیدن باکتری به بافت‌های مختلف انسان نقش داشته باشد، که مرحله ابتدایی مهمی در ایجاد عفونت محسوب می‌شود.

### تاژک

تاژک‌ها زواید بلند شلّاق‌مانندی هستند که باکتری را به سمت مواد غذایی و مواد جاذب دیگر به حرکت در می‌آورند؛ این فرآیند شیمیوتاکسی<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. رشته بلندی که به عنوان پیش‌برنده عمل می‌کند، از زیرواحدهای پرشمار یک پروتئین منفرد به نام فلاژلین<sup>۳</sup>، تشکیل یافته که بصورت زنجیره‌های بهم‌بافته‌ای قرار گرفته‌اند. انرژی لازم برای

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Homologous.             | 2. Chemotaxis.           |
| 3. Flagellin.              | 4. Proton motive force . |
| 5. Adenosine triphosphate. |                          |
| 6. Axial Filament.         | 7. Proteus.              |
| 8. Pathogenesis.           | 9. Salmonella.           |
| 10. Pili                   | 11. Pilin.               |



شکل ۸-۲. هاگ باکتری. هاگ حاوی تمام ژنوم DNA باکتری است که توسط یک غشای ضخیم و مقاوم احاطه شده است.

جدول ۴-۲. خصوصیات مهم هاگ ها و ملاحظات بالینی پیرامون آنها.

ویژگی‌های مهم هاگ‌ها	اهمیت آنها از نظر پزشکی
نسبت به حرارت به شدت مقاوم هستند و با روش جوشاندن در دمای ۱۰۰°C از بین نمی‌روند. با این حال در دمای ۱۲۱°C از بین می‌روند.	برای استریل ساختن وسایل پزشکی باید آنها را بمدت حداقل ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱°C قرار داد.
هاگها نسبت به بسیاری مواد شیمیایی (از جمله مواد ضد عفونی کننده) به شدت مقاوم هستند که این موضوع به علت دارا بودن دیواره ضخیم کراتین مانند می‌باشد.	تنها محلول‌های خاص از بین بردن هاگها می‌توانند آنها را از بین ببرند.
هاگ‌ها می‌توانند به مدت چندین سال زنده بمانند، بخصوص در خاک.	زخم‌های آلوده شده با خاک ممکن است با هاگ آلوده شده، بیماری‌هایی مانند کزاز (کلوستریدیوم تتانی) و گانگرن گازی (کلوستریدیوم پرفرینژنس) روی دهند.
هاگ‌ها هیچ فعالیت متابولیک قابل توجهی ندارند.	از آنجا که آنتی‌بیوتیک‌ها بعضی مسیرهای متابولیک خاص باکتریها را مهار می‌کنند، علیه هاگ‌ها مؤثر نیستند. همچنین، پوشش هاگها نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها نفوذپذیر نمی‌باشد.
تحت شرایط فقدان مواد غذایی، هاگ تولید می‌شود اما زمانی که منابع غذایی در دسترس قرار می‌گیرند، هاگها رشد کرده، سلولهای باکتریایی را به وجود می‌آورند.	هاگها غالباً در محل عفونت یافت نمی‌شوند زیرا در این محلها مواد غذایی در دسترس هستند. در رنگ آمیزی گرم معمولاً بیشتر باکتریها دیده می‌شوند تا هاگها.
هاگ‌ها تنها توسط دو جنس از باکتریهای مهم از نظر پزشکی (باسیلوس و کلوستریدیوم) تولید می‌شوند که هر دو، باسیل‌های گرم مثبت هستند.	عفونت گونه‌های باسیلوس یا کلوستریدیوم به وسیله هاگ انتقال می‌یابد.

هاگ بلافاصله پس از شکل‌گرفتن دیگر هیچ فعالیت متابولیکی نداشته و می‌تواند برای سال‌های متمادی به صورت نهفته باقی بماند. به محض تماس با آب و مواد غذایی مناسب، آنزیم‌های ویژه‌ای پوشش مربوطه را از بین برده، آب و مواد غذایی وارد هاگ شده، و هاگ به سلول باکتریایی بالقوه بیماریزا تبدیل می‌شود. دقت کنید که فرآیند تمایز به معنی تولید مثل نیست، زیرا هر سلول، فقط یک هاگ تولید می‌کند که بعدها به یک سلول تبدیل می‌شود.

از لحاظ پزشکی، اهمیت هاگ‌ها در مقاومت بیش از حد آنها نسبت به حرارت و مواد شیمیایی نهفته است. به علت مقاومت آنان به حرارت، نمی‌توان با استفاده از جوشاندن، آنها را استریل<sup>۱۲</sup> نمود. برای اطمینان از استریل بودن ابزار پزشکی، می‌بایست از بخار تحت فشار (اتوکلاو<sup>۱۳</sup> کردن) در حرارت ۱۲۱°C، به مدت معمولاً ۳۰ دقیقه استفاده نمود. غالباً هاگ‌ها در نمونه‌های بالینی به دست آمده از بیماران آلوده به ارگانسیم‌های هاگ‌زا، مشاهده نمی‌شوند؛ زیرا در چنین شرایطی مواد مغذی به مقدار لازم در محیط موجود می‌باشند.

در جدول ۲-۴ جنبه‌های مختلف اهمیت هاگ باکتری‌ها، از لحاظ پزشکی شرح داده شده است.

ضروری در شروع عفونت ناشی از بعضی از ارگانسیم‌ها محسوب می‌شود. برخی از انواع جهش یافته نیسریا گنوره<sup>۱</sup> که مژک ندارند، بیماری‌زا نمی‌باشند. (۲) یک نوع مژک مخصوص، به نام مژک جنسی، در خلال کونژوگاسیون بین باکتری نر (دهنده) و باکتری ماده (گیرنده) اتصال برقرار می‌نماید (فصل ۴).

### گلیکوکالیکس<sup>۲</sup> (لایه لعابی)<sup>۳</sup>

گلیکوکالیکس لایه‌ای پوششی و پلی ساکاریدی است که توسط بسیاری از باکتری‌ها ترشح می‌شود. این لایه مثل یک غشای نازک، سطوح مختلف را می‌پوشاند و چسبیدن محکم باکتری به ساختمان‌های متفاوت مثل پوست، دریچه‌های قلب، مفاصل مصنوعی، و کاترها را میسر می‌سازد. گلیکوکالیکس از اجزای مهم تشکیل‌دهنده بیوفیلم است (فصل ۷). دو یافته زیر، اهمیت گلیکوکالیکس در علم پزشکی را نشان می‌دهند: (۱) فقط سویه‌هایی از پسودوموناس آئروژینوزا می‌توانند در بیماران مبتلا به فیروز سیستیک، عفونت‌های تنفسی ایجاد کنند که گلیکوکالیکس تولید می‌نمایند؛ و (۲) فقط سویه‌هایی از استافیلوکوک اپیدرمیدیس و استرپتوکوک‌های ویریدانس می‌توانند اندوکاردیت ایجاد کنند که گلیکوکالیکس تولید می‌نمایند. این لایه همچنین در چسبیدن باکتری‌های خاصی، مثل استرپتوکوک موتانس<sup>۴</sup> به سطح دندان‌ها دخالت دارد؛ و بدین ترتیب در تشکیل پلاک<sup>۵</sup>، مرحله زمینه‌ساز پوسیدگی دندان، نقش دارد.

### هاگ‌های باکتریایی

این ساختمان‌های بسیار مقاوم، در پاسخ به شرایط نامطلوب توسط دو جنس مهم باسیل‌های گرم مثبت یعنی باسیلوس‌ها<sup>۶</sup> شامل عامل آنتراکس و کلستریدیوم‌ها<sup>۷</sup> شامل عامل کزاز و بوتولیسم<sup>۸</sup>، تشکیل می‌شوند. هاگ‌سازی<sup>۹</sup> زمانی انجام می‌شود که مواد غذایی مثل منابع کربن و نیتروژن از محیط حذف می‌شوند (شکل ۸-۲). هاگ در داخل سلول تشکیل شده و حاوی DNA باکتری، مقدار کمی سیتوپلاسم، غشای سلولی، پپتیدوگلیکان، مقدار بسیار کمی آب، و مهم‌تر از همه یک پوشش ضخیم کراتین مانند می‌باشد؛ که مسئول مقاومت قابل توجه هاگ نسبت به حرارت، بی‌آبی، پرتوآبی و مواد شیمیایی مختلف می‌باشد. چنین مقاومتی توسط اسید دپییکولینیک<sup>۱۰</sup> پدید می‌آید که جاذب<sup>۱۱</sup> یون کلسیم بوده و فقط در ساختمان هاگ یافت می‌شود.

1. Neisseria gonorrhoeae.
2. Glycocalyx.
3. Slime layer
4. Streptococcus mutans.
5. Plaque.
6. Bacillus.
7. Clostridium.
8. Botulism.
9. Sporulation.
10. Dipicolinic acid.
11. Chelator.
12. Sterilization.
13. Autoclaving.

## چکیده

## شکل و اندازه

- باکتری‌ها سه شکل دارند: **کوکسی** (کروی)، **باسیل** (میله‌ای) و **اسپیروکت** (فنری).
- کوکسی‌ها به سه طریق آرایش پیدا می‌کنند: جفت‌جفت (دیلوکوک)، زنجیره‌ای (استرپتوکوک) و خوشه‌ای (استافیلوکوک).
- اندازه اغلب باکتری‌ها بین  $3-1 \mu\text{m}$  است. میکوپلازما که کوچکترین باکتری (و بالطبع کوچکترین سلول) است،  $0.2 \mu\text{m}$  می‌باشد. برخی باکتری‌ها مثل بورلیا به درازی  $10 \mu\text{m}$  هستند، آنها از گویچه‌های قرمز خون که قطرشان  $7 \mu\text{m}$  است، بزرگترند.

## دیواره سلولی باکتری

- تمام باکتری‌ها دارای دیواره سلولی از جنس **پپتیدوگلیکان** هستند، بجز میکوپلازما که فقط توسط غشای سلولی احاطه شده است.
- در باکتری‌های گرم منفی لایه پپتیدوگلیکان نازک بوده و از یک غشای خارجی حاوی لیپید پوشیده شده است، در حالی که در باکتری‌های گرم مثبت، لایه پپتیدوگلیکان ضخیم بوده و هیچ پوشش خارجی ندارد. به همین دلیل است که باکتری‌های گرم منفی هنگام تماس با حلال چربی، رنگ خود را در رنگ‌آمیزی گرم از دست می‌دهند، در حالی که باکتری‌های گرم مثبت، رنگ خود را حفظ کرده و بنفش باقی می‌مانند.
- غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی دارای **اندوتوکسین (لیپولی ساکارید، LPS)** است که عامل اصلی القای شوک سپتیک می‌باشد. اندوتوکسین دارای **لیپید A** می‌باشد که موجب تب و افت فشار خون در جریان شوک سپتیک می‌شود، همچنین دارای پلی‌ساکارید (**آنتی ژن O**) است که برای شناسایی آزمایشگاهی مفید است.
- بین غشای سلولی داخلی و غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی، **فضای پری پلاسمی** قرار دارد که محل استقرار **آنزیم بتالاکتاماز** است، این آنزیم، آنتی‌بیوتیک‌های دارای حلقه بتالاکتام، مثل پنی‌سیلین‌ها و سفالوسپورین‌ها را تجزیه می‌کند.

- پپتیدوگلیکان فقط در سلول‌های باکتری یافت می‌شود. این ماده به صورت شبکه‌ای است که تمامی سطح باکتری را می‌پوشاند و به آن شکل می‌دهد و از یک اسکلت قندی (**گلیکان**) و رشته‌های جانبی پپتید (**پپتیدو**) تشکیل شده است. رشته‌های جانبی توسط **ترانس پپتیداز** به هم پیوند می‌خورند؛ همین آنزیم است که توسط پنی‌سیلین‌ها و سفالوسپورین‌ها مهار می‌شود.
- دیواره سلولی مایکوباکتریوم‌ها، مانند مایکوباکتریوم توبرکولوزیس، دارای **لیپید بیشتری** نسبت به باکتری‌های گرم منفی و مثبت است. در نتیجه رنگ‌های مورد استفاده در رنگ‌آمیزی گرم به درون مایکوباکتریوم نفوذ نمی‌کنند و به آن رنگ نمی‌دهند. از **رنگ‌های اسید فاست** می‌توان برای رنگ‌آمیزی مایکوباکتریوم‌ها استفاده کرد و به همین دلیل آنها را باسیل‌های اسیدفاست می‌گویند.
- **لیزوزیم** با شکستن اسکلت گلیکان موجب تجزیه پپتیدوگلیکان و کشتن باکتری می‌شود.
- غشای سیتوپلاسمی باکتری‌ها شامل دو لایه فسفولیپید (بدون استرول) است که درست در زیر پپتیدوگلیکان قرار دارد. این غشا، انتقال فعال مواد مغذی به درون سلول و ترشح توکسین‌ها به بیرون از آن را کنترل می‌کند.

## رنگ‌آمیزی گرم

- **رنگ‌آمیزی گرم** مهم‌ترین روش رنگ‌آمیزی است. باکتری‌های گرم مثبت رنگ بنفش و باکتری‌های گرم منفی رنگ صورتی به خود می‌گیرند. این تفاوت مبتنی بر توانایی باکتری‌های گرم مثبت در حفظ کمپلکس ید - کریستال ویوله هنگام تماس با حلال چربی (معمولاً استون - الکل) است. باکتری‌های گرم منفی چون غشای خارجی دارای چربی و پپتیدوگلیکان نازک دارند، هنگام تماس با استون - الکل، رنگ بنفش را از دست می‌دهند. در این حالت آنها بی‌رنگ می‌شوند و سپس در تماس با رنگ قرمزی مثل سافرانین، به رنگ صورتی درمی‌آیند.
- همه باکتری‌ها را نمی‌توان با استفاده از رنگ‌آمیزی گرم مشاهده نمود. برخی از پاتوژن‌های مهم انسان

آنتی‌بادی‌ها گفته می‌شود.

- **مژک‌ها (بیلوس‌ها)** رشته‌های پروتئینی هستند که از سطح باکتری بیرون زده و واسطهٔ اتصال باکتری‌ها به سطح سلول‌های انسانی هستند. نوع متفاوتی از مژک که مژک جنسی گفته می‌شود، در عمل لقاح (کنژوگاسیون) نقش دارد (فصل ۴).
- **گلیکوکالیکس** لعابی از جنس پلی‌ساکارید است که توسط باکتری‌های خاصی ترشح می‌شود. این لعاب، باکتری‌ها را محکم به سطح سلول‌های انسانی و سطح کاتترها، دریچه‌های مصنوعی قلب، و مفاصل ران مصنوعی می‌چسباند.

### هاگ باکتری

- **هاگ‌ها** در پزشکی اهمیت دارند زیرا به گرما بسیار مقاوم بوده و توسط بسیاری از مواد ضدعفونی کننده کشته نمی‌شوند. جوشاندن نیز هاگ‌ها را نمی‌کشد. هاگ‌ها توسط انواع خاصی از باسیل‌های گرم مثبت به ویژه گونه‌های باسیلوس و کلستریدیوم تشکیل می‌شوند.
- هاگ‌ها یک پوشش ضخیم کراتین مانند دارند که به آنها امکان می‌دهد سال‌ها حتی در خاک زنده بمانند. هاگ‌ها زمانی تشکیل می‌شوند که مواد مغذی در دسترس نباشند، اما به محض تأمین مواد مغذی، جوانه زده و باکتری‌هایی تشکیل می‌دهند که موجب ایجاد بیماری می‌شوند. هاگ‌ها از نظر متابولیک غیرفعال‌اند، اما دارای DNA، ریبوزوم و سایر مواد متشکلهٔ ضروری هستند.

مثل عوامل سل و سیفیلیس را نمی‌توان به این شیوه رنگ‌آمیزی کرد.

### DNA باکتری‌ها

- ژنوم باکتری‌ها شامل یک کروموزوم حلقوی منفرد DNA است که در نوکلئوئید جا گرفته است.
- پلاسمیدها، قطعات خارج کروموزومی DNA حلقوی هستند که اگزوتوکسین‌ها و بسیاری از آنزیم‌های مولد مقاومت به آنتی‌بیوتیک‌ها را رمزگردانی می‌کنند.
- **ترانسپوزون‌ها**، قطعات کوچک DNA هستند که اغلب بین DNA کروموزومی و DNA پلاسمید حرکت می‌کنند. آنها حامل ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک هستند.

### ساختمان‌های خارج از دیوارهٔ سلولی

- **کپسول** خاصیت ضدفاگوسیتی دارد، یعنی توانایی نوتروفیل‌ها برای دربر گرفتن باکتری را محدود می‌کند. تقریباً تمامی کپسول‌ها از پلی‌ساکارید تشکیل شده‌اند؛ تنها استثنای آن، کپسول باسیل آنتراکس (سیاه‌زخم) است که از پلی‌پپتید ساخته شده است. کپسول‌ها نیز به عنوان آنتی‌ژن در بسیاری از واکسن‌ها همچون واکسن پنوموکوک استفاده می‌شوند. آنتی‌بادی‌های ضدکپسول، خاصیت ضدفاگوسیتی آن را خنثی کرده و امکان بلع باکتری توسط نوتروفیل را فراهم می‌کنند. **اپسونیزاسیون**، به فرایند تقویت فاگوسیتوز باکتری‌ها توسط

## پرش‌های خودارزیابی

۱. مرحلهٔ اولیه در فرآیند عفونت ناشی از بسیاری از باکتری‌ها، چسبیدن ارگانیسم به غشاهای مخاطی است. جزئی از باکتری که واسطهٔ این چسبندگی است، عبارت است از:

(الف) لیپید A

(ب) نوکلئوئید

(ج) پپتیدوگلیکان

(د) مژک

(ه) پلاسمید

۲. در روش رنگ‌آمیزی گرم، باکتری‌ها در معرض تماس با الکل ۹۵٪ یا مخلوطی از استون و الکل قرار داده می‌شوند. هدف این مرحله عبارت است از:

(الف) چسباندن سلول‌ها به لام

(ب) حفظ رنگ بنفش در داخل تمامی باکتری‌ها

(ج) تخریب غشای سلولی خارجی به نحوی که رنگ بنفش

۶. بتا- لاکازتامازها از علل مهم مقاومت در برابر آنتی بیوتیک ها هستند. کدامیک از موارد زیر، شایع ترین محل قرارگیری بتا- لاکتامازها است؟  
 (الف) متصل به DNA واقع در نوکلئوئید  
 (ب) متصل به مژک های واقع بر روی سطح باکتری  
 (ج) آزاد در داخل سیتوپلاسم  
 (د) در داخل کپسول  
 (ه) در داخل فضای پری پلاسمی

۷. کدامیک از موارد زیر، صحیح ترین توصیف برای تفاوت های ساختمانی بین باکتری های گرم مثبت و باکتری های گرم منفی به شمار می رود؟  
 (الف) باکتری های گرم مثبت دارای یک لایه پپتیدوگلیکانی ضخیم بوده، در حالی که باکتری های گرم منفی دارای لایه نازکی از آن هستند.  
 (ب) باکتری های گرم مثبت دارای یک غشای خارجی غنی از چربی بوده، در حالی که باکتری های گرم منفی فاقد چنین غشایی هستند.  
 (ج) باکتری های گرم مثبت نوعی مژک جنسی را پدید می آورند که واسطه عمل کنژوگاسیون است، در حالی که باکتری های گرم منفی فاقد چنین مژکی هستند.  
 (د) باکتری های گرم مثبت دارای پلاسمید بوده، در حالی که باکتری های گرم منفی فاقد آن هستند.  
 (ه) باکتری های گرم مثبت دارای کپسول بوده، در حالی که باکتری های گرم منفی فاقد آن هستند.

۸. باکتری هایی که سبب ایجاد عفونت های بیمارستانی می شوند، اغلب موادی خارج سلولی را تولید می کنند که امکان چسبیدن محکم آنها به لوازم پزشکی مانند کاتترهای داخل وریدی را فراهم می آورند. کدامیک از گزینه های زیر، نام این ماده خارج سلولی است؟  
 (الف) رشته مرکزی  
 (ب) اندوتوکسین  
 (ج) تاژک  
 (د) گلیکوکالیکس  
 (ه) پورین

۹. لیزوزیم موجود در اشک، سازوکار مؤثری برای پیشگیری از کنژنکتویت باکتریایی است. لیزوزیم کدامیک از

بتواند از باکتری خارج شود  
 (د) تسهیل ورود رنگ بنفش به داخل سلول های گرم منفی  
 (ه) تشکیل کمپلکسی با محلول یُد  
 ۳. پژوهشگران در فرآیند مطالعه نحوه ایجاد بیماری توسط باکتری ها، دریافته اند که شکل جهش یافته نادری از سویه بیماری زا، قادر به ایجاد کپسول نبوده است. کدامیک از جملات زیر درباره این سویه جهش یافته بدون کپسول، صحیح تر است؟

(الف) عمدتاً بدین دلیل غیربیماری زا بوده است که به سهولت فاگوسیته می شده است.  
 (ب) عمدتاً بدین دلیل غیربیماری زا بوده است که نمی توانسته است به بافت ها مهاجم یابد.  
 (ج) عمدتاً بدین دلیل غیربیماری زا بوده است که صرفاً می توانسته است به صورت بی هوازی رشد کند.  
 (د) بدین دلیل بسیار بیماری زا بوده است که می توانسته است مقادیر بیشتری از توکسین ترشح کند.  
 (ه) بدین دلیل بسیار بیماری زا بوده است که می توانسته است مقادیر بیشتری اندوتوکسین ترشح کند.

۴. مایکوباکتریوم توبرکولوزیس به خوبی با رنگ آمیزی اسید فاست رنگ گرفته، ولی با رنگ آمیزی گرم رنگ نمی گیرد. کدامیک از جملات زیر، محتمل ترین دلیل این یافته است؟  
 (الف) تعداد پرشماری مژک دارد که رنگ بنفش را جذب می کند.  
 (ب) مقادیر فراوانی چربی دارد که مانع از ورود رنگ بنفش می شود.  
 (ج) دیواره سلولی بسیار نازکی دارد که رنگ بنفش را حفظ نمی کند.  
 (د) نازک تر از آن است که در رنگ آمیزی گرم دیده شود.  
 (ه) دارای هیستون هایی است که بار شدیداً منفی دارند.

۵. از میان اجزای باکتریایی زیر، کدامیک بیشترین تنوع آنتی ژنی را بروز می دهد؟  
 (الف) کپسول  
 (ب) لیپید A از اندوتوکسین  
 (ج) پپتیدوگلیکان  
 (د) ریپوزوم  
 (ه) هاگ

## پاسخ‌ها

۱. (د)
۲. (ج)
۳. (الف)
۴. (ب)
۵. (الف)
۶. (ه)
۷. (الف)
۸. (د)
۹. (ج)
۱۰. (ه)

## نمونه سؤالات USMLE و امتحانات درسی

پرسش‌های مربوط به مطالب این فصل، در بخش باکتری‌شناسی پایه از قسمت نهم این کتاب (پرسش‌های تمرینی USMLE) و نیز در قسمت دهم آن (نمونه امتحان کامل USMLE) آمده است.

ساختمان‌های باکتریایی زیر را تخریب می‌کند؟

- (الف) اندوتوکسین
  - (ب) DNA نوکلئوئیدی
  - (ج) پپتیدوگلیکان
  - (د) مزک
  - (ه) DNA پلاسمیدی
۱۰. چندین باکتری که تشکیل هاگ می‌دهند، از عوامل بیماری‌زای مهم در انسان هستند. کدام یک از جملات زیر دربارهٔ هاگ‌های باکتریایی صحیح‌تر است؟
- (الف) با جوشاندن به مدت ۱۵ دقیقه از بین می‌روند.
  - (ب) عمدتاً توسط کوکسی‌های گرم منفی تولید می‌شوند.
  - (ج) عمدتاً هنگامی تشکیل می‌شوند که باکتری در معرض تماس با آنتی‌بیوتیک‌ها قرار می‌گیرد.
  - (د) توسط عوامل بی‌هوازی و تنها در حضور اکسیژن تولید می‌شوند.
  - (ه) به لحاظ متابولیکی غیرفعال بوده، ولی باز هم می‌توانند به مدت چندین سال در همان حالت غیرفعال، زنده باقی بمانند.