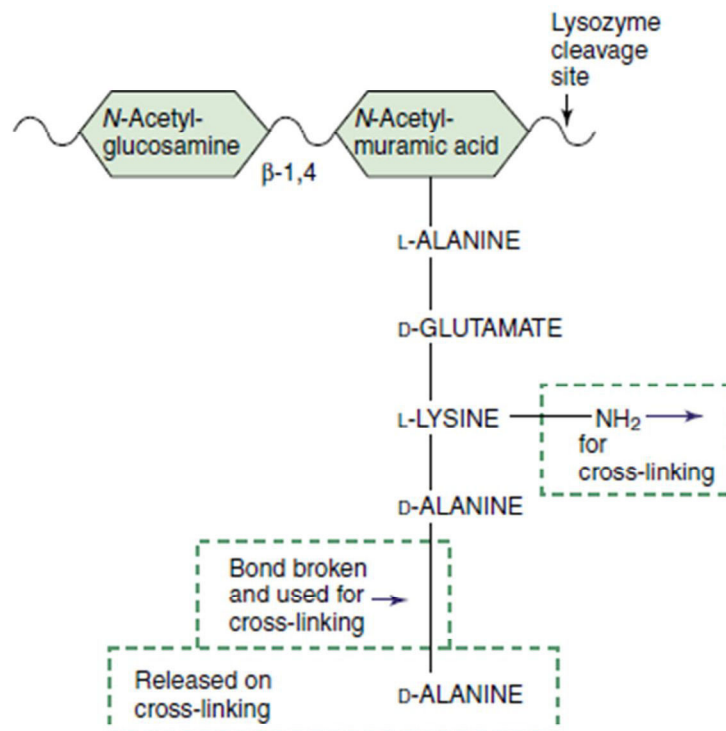
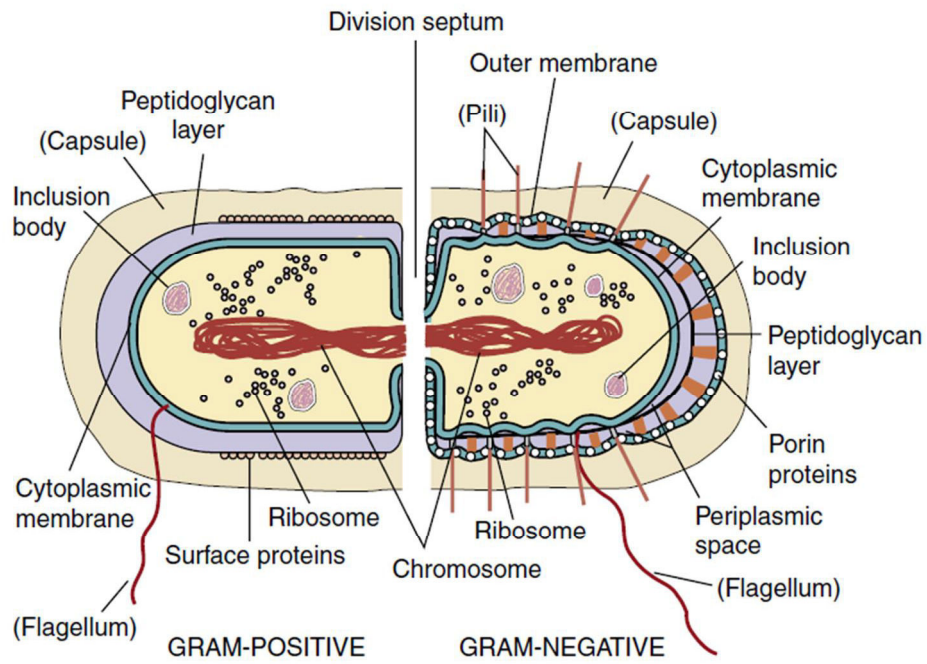
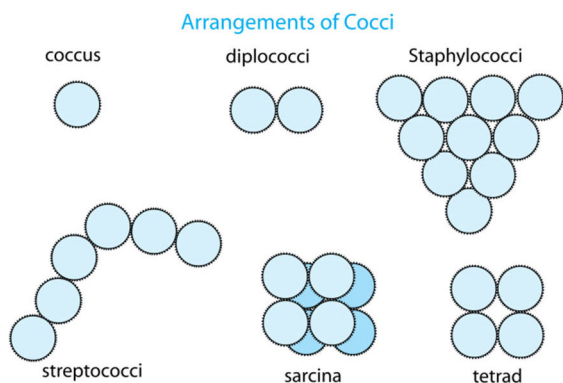


## فصل چهارم : آناتومی پروکاریوت‌ها



**Fig. 12.6** Precursor of peptidoglycan. The peptidoglycan is built from prefabricated units that contain a pentapeptide attached to the *N*-acetylmuramic acid. The pentapeptide contains a terminal D-alanine-D-alanine unit. This dipeptide is required for cross-linking the peptidoglycan and is the basis for the action of  $\beta$ -lactam and vancomycin antibiotics. The  $\beta$ -1,4 disaccharide link cleaved by lysozyme is indicated.

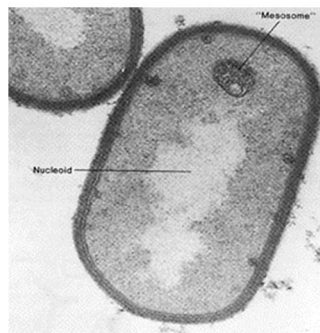
## ساختار سلول پروکاریوت



مورفولوژی باکتری ها : باکتری ها دارای اشکال مختلفی می باشند. به شکل مدور باکتری ها کوکسی می گویند. استافیلوکوک ها، استرپتوکوک ها، نایسریاها، پیتوکوک ها از مهمترین کوکسی ها می باشند. گاهی ساختار باکتری کشیده می شود و به آن ها باسیل می گویند مانند خانواده انتروباکتریاسیه ها، ویبریو، سودوموناس، باسیلوس و کلستریدیوم ها. حالت بینابینی کوکسی و باسیل نیز وجود دارد که به کوکوباسیل شهرت دارد مانند اسینتوباکتر، هموفیلوس ها و کلامیدیاها. در برخی دیگر از باکتری

ها نیز ساختار باکتری به صورت فنر مانند است و به آن اسپرل می گویند. مهمترین باکتری های فنری شکل، اسپروکتاسه ها مانند ترپونما، بولیا و بارتونلاها است. اشکال خارج از فرم های مذکور بسیار زیاد است مانند حالت خمیده در ویبریو، یا حالت بال پرند در کمپیلوباکتر و هلیکوباکتر و ... چیدمان باکتری ها در کنار هم ممکن است ایجاد اشکال مختلفی را فراهم آورد که وجه تشخیصی باکتری ها باشد. در مورد اشکال کروی، ۴ حالت رایج بوجود می آید. به صورت جفت یا دیپلوکوک<sup>۱</sup> (در مورد نایسریاها)، به صورت دستجاتی<sup>۲</sup> چهارتایی (تتراد)<sup>۳</sup>، یا هشت تایی یا سارسین<sup>۴</sup> (میکروکوک)، یا خوشه انگوری (استافیلوکوک

اورئوس)، زنجیره ای<sup>۵</sup> (استرپتوکوک ها) و .... در مورد اشکال باسیلی نیز به صورت دسته های موازی کنار هم به نام پالیسید<sup>۶</sup> (در کورینه باکتریوم)، یا چیده شده به دنبال هم و ایجاد زنجیره مانند استرپتوباسیلوس ها دیده می شود. هم چنین حالت دوتایی باسیل ها در کنار هم را دیپلوباسیل می گویند.



## (۱) نوکلئوئید یا شبه هسته

مکانی خاصی در سیتوپلاسم که DNA سلول پروکاریوت در آنجا قرار دارد نوکلئوئید نام دارد. در باکتری ها تعداد نوکلئوئیدها یا تعداد کروموزومها وابسته به شرایط رشد است. باکتری های با رشد سریع دارای نوکلئوئید بیشتری در هر سلول می باشند. DNA باکتری حدود ۲ تا ۳

درصد از وزن سلول را تشکیل می دهد ولی بیش از ۱۰ درصد حجم سلولی باکتری را اشغال کرده است. طول تقریبی DNA باکتری مانند اشرشیاکلی می تواند حدود یک میلیمتر<sup>۸</sup> است. اما به لحاظ تعداد باز می تواند از ۵۸۰ کیلوباز در Mycoplasma genitalium تا ۹۴۵۵ در Myxococcus xanthus می تواند متغیر باشد. در درون باکتری عناصر متحرک ژنتیکی نیز وجود دارند. پلاسمیدها می توانند از ۱ تا ۲ کیلوباز تا ۱ مگا باز یا بیشتر طول داشته باشند. پروتئین های مشابه هیستون در باکتری وجود دارند که نقشی مشابه هیستون های یوکاریوت ها را انجام می دهند. بار منفی DNA باکتری توسط پلی آمین های کوچک و یون های منیزیم تا حدودی خنثی می شود. DNA باکتری به صورت دو رشته ای حلقوی بوده که گاهی با RNA، RNA پلیمرز و پروتئین های دیگر همراه می باشد DNA باکتری ها البته می توانند خطی نیز باشند برای مثال در در بولیبورگدوفری (عامل لایم) خطی و دو رشته ای است، در بولیا هرمنسی و استرپتومایسس خطی و دورشته ای است. هم چنین در Agrobacterium tumefaciens<sup>۹</sup> دارای یک کروموزوم خطی و یک کروموزوم حلقوی است. برخی باکتری ها دارای بیش از یک کروموزوم هستند

<sup>1</sup> Diplococci  
<sup>2</sup> clusters  
<sup>3</sup> tetrads  
<sup>4</sup> sarcina  
<sup>5</sup> chains  
<sup>6</sup> palisades  
<sup>7</sup> Nucleoid

<sup>۸</sup> یا به عبارت دقیق تر 1300 μm است.

<sup>۹</sup> این باکتری عامل تومور ناجی شکل گیاه (crown gall tumor) است که باعث از بین رفتن میوه آن می شود. باکتری بعد از اتصال به گیاه باعث تزریق پلاسمید Ti که القاکننده تومور است می شود از این باکتری در مهندسی ژنتیک بسیار استفاده می شود.

مانند بورخولدریا سپاسیا، بروسلا ملی تنسیس، ویبریوکلره آ و رودوباکتر اسفروئیدس (*R. sphaeroides*)، *Ochrobactrum* و *Deinococcus radiodurans*.

کتاب OPT: در کدامیک از باکتری‌های زیر برای اولین بار پلاسمید و کروموزوم خطی مشاهده گردید؟ (ارشد ۹۸-۹۷)  
 الف) مایکوپلازما پنومونیه  
 ب) بورلیا بورگدوفری  
 ج) ترپونما پالیدم  
 د) هموفیلوس آنفلوانزا

DNA با مکانی در چین خوردگی غشاء سیتوپلاسمی در ارتباط است. مزوزوم‌ها فرورفتگی‌هایی در غشاء سیتوپلاسمی هستند که بر دو نوع جانبی و دیواره ای هستند.

### ۱) مزوزوم جانبی (Lateral Mesosome)

این مزوزوم‌ها در محور طولی باسیل‌ها قرار دارند و در ترشح پروتئین‌های خارج سلولی نقش دارند.

### ۲) مزوزوم‌های دیواره ای (Septal Mesosome)

که در میانه باکتری واقع شده اند یعنی در محل جدا شدن دو باکتری متصل به هم و نقش مهمی در جدایی دو کروموزوم به دنبال تکثیر باکتری دارند.

✓ با استفاده از رنگ آمیزی فولگن<sup>۱</sup> می‌توان DNA را مشاهده کرد.

### ۲) غشاء سیتوپلاسمی یا غشای پلاسمایی یا غشاء داخلی (Cytoplasmic membrane)

برخلاف یوکاریوت‌ها باکتری‌ها طیف زیادی از اسیدهای چرب را در ساختار غشای خود دارند. این غشاء به صورت ۳ ردیف تیره - روشن - تیره در زیر میکروسکوپ الکترونی دیده می‌شود غشاء سیتوپلاسمی ۳۰ درصد از وزن سلول را تشکیل می‌دهد. این غشاء دارای ۶۰ تا ۷۰ درصد پروتئین، ۳۰-۴۰ درصد لیپید و مقادیر کمی کربوهیدرات دارند. بیشترین لیپیدها شامل فسفاتیدیل اتانول آمین (سفالین) (۷۵٪)، فسفاتیدیل گلیسرول (۲۰٪) و گلیکولیپیدها می‌باشند. در این غشا معمولاً کولین، اسفنگولیپید،

اسیدهای چرب غیراشباع، اینوزیتیدها و استروئیدها وجود ندارد. این غشاء فاقد استرول است -بجز مایکوپلازماها که این نوع اسید چرب را از محیط برمی‌دارند- که یکی از تفاوت‌های پروکاریوت‌ها با یوکاریوت‌ها می‌باشد. در باکتری‌های گرم مثبت، گلیکولیپیدهایی مانند دی گلیکوزیل، دی گلیسریدها ترجیحاً در غشا یافت می‌شود. پروتئین Wzx در غشای داخلی باکتری‌ها نقش جایگزین کننده ترکیبات LOS را دارد که به آن فلیپاز (flippase) گویند.

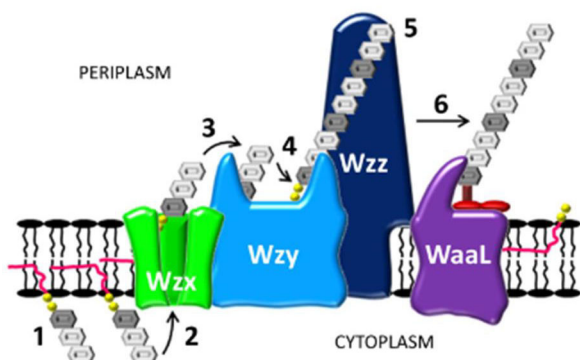


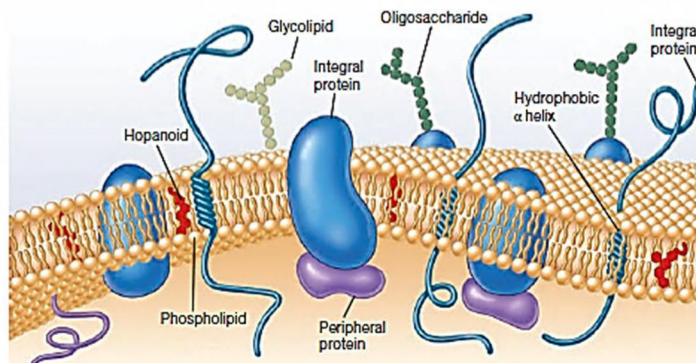
Fig. 1. Schematic of the Wzx/Wzy-dependent assembly pathway.  
 1. Polysaccharide repeat units are built in the cytoplasm by a series of glycosyltransferase proteins on the lipid carrier UndPP, resulting in the sugar repeat linked to UndPP.  
 2. UndPP-linked repeat units are flipped from the cytoplasmic leaflet to the periplasmic leaflet of the IM by Wzx.  
 3. The flipped UndPP-linked repeat units are obtained by Wzy.  
 4. Wzy-mediated polymerization of the repeat units is carried out at the reducing terminus of the growing chain.  
 5. The length of polymerization is governed by the chain length regulator Wzz, resulting in preferred modal lengths of polymer.  
 6. For LPS, the polymerized glycan is ligated to lipid A-core oligosaccharide by WaaL to form a mature LPS molecule.

✓ حداقل ۵۰ درصد از غشاء سیتوپلاسمی باید به حالت نیمه مایع باشد یا دارای اسیدهای چرب اشباع نشده باشد تا سلول بتواند رشد کند.  
 ✓ غشای داخلی را می‌توان توسط دترژنت‌های غیر یونی محلول کرده و از پپتیدوگلیکان و غشای خارجی جدا کرد.

✓ ترکیباتی به نام هوپانوئید (Hopanoid) در غشای باکتری‌ها یافت شده اند که عملکردهای مشابه استرول (کلسترول) به عهده دارند. نقش آن‌ها سیالیت غشا و منبسط و منقبض کردن آن است.

<sup>1</sup> Feulgen staining





**Figure Bacterial Plasma Membrane Structure.** This diagram of the fluid mosaic model of bacterial membrane structure shows the integral proteins (blue) floating in a lipid bilayer. Peripheral proteins (purple) are associated loosely with the inner membrane surface. Small spheres represent the hydrophilic ends of membrane phospholipids and wiggly tails, the hydrophobic fatty acid chains. Other membrane lipids such as hopanoids (red) may be present. For the sake of clarity, phospholipids are shown in proportionately much larger size than in real membranes.

### باکترپرنول<sup>۱</sup> یا آندوکاپرنول<sup>۲</sup>

یک لیپید-الکل ۵۵ کربنه پلی ایزوپرنوئید (55 Isoprenoid)، هیدروفوب و ناقل با ساختار مشابه کمر بند<sup>۳</sup> می باشد که در مقادیر کم در غشاء سیتوپلاسمی باکتری موجود می باشد. این الکل با گروه پیروفسفات به NAM متصل است. این الکل در سنتز دیواره سلولی نقش دارد. با انتقال N استیل مورامیک اسید و N استیل گلوکز آمین از غشای سیتوپلاسمی باعث ساخت دیواره می شود. باسیترا سین آنتی بیوتیکی است که از چرخش مجدد این لیپید جلوگیری می کند.

در ساختار باکتری ها، Conveyor belt کدام یک از موارد زیر می باشد؟ (ارشد گروه ۳ علوم ۹۹-۹۸)

(الف) باکترپرنول

(ب) N-استیل مورامیک اسید

(ج) N-استیل گلوکورونیک اسید

(د) تیکوئیک اسید

### عملکرد اختصاصی غشاء سیتوپلاسمی

- (۱) نفوذپذیری انتخابی و انتقال مواد محلول و ایجاد سد آسمزی
- (۲) انتقال الکترون و عمل فسفوریلاسیون اکسیداتیو در باکتری های هوازی
- (۳) ترشح آنزیم های هیدرولیز کننده
- (۴) دارا بودن آنزیم های لازم جهت ساخت لیپیدهای کمپلکس و آنزیم های سازنده دیواره سلولی
- (۵) دارا بودن گیرنده ها و سایر پروتئین های کموتاکسی و پاسخ به عوامل محیطی و انتقال حسی
- (۶) ایجاد محلی برای اتصال کروموزوم

<sup>1</sup> bactoprenol

<sup>2</sup> undecaprenol

<sup>3</sup> Conveyor Belt like Structure