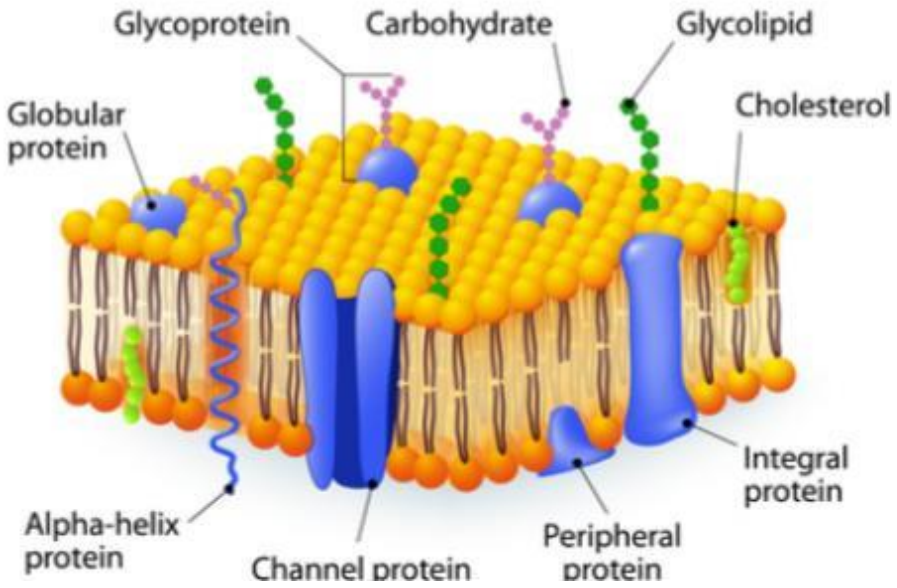
الغشاء السايتوبلازمي Cytoplasmic membrane

يقع الغشاء البلازمي تحت الجدار الخلوي، وهو تركيب واضح، فعند ازالة الجدار الخلوي باستخدام الانزيمات الحالة Lysozymes وانفجار البروتوبلاست بوضعه في محلول واطيء الشد تندفع محتويات الغشاء البلازمي أو السايتوبلازم للخارج ويبقى الغشاء السايتوبلازمي على شكل كيس رقيق فارغ يتم عزله بسهولة.

ان تركيب الغشاء البلازمي (حسب نموذج سنكر ونيكلسون) يتكون من ثلاث طبقات متتالية هي طبقتين دهنية وطبقة بروتينية، وقد أوضحت التحاليل الكيميائية أن هذه الأغشية تشابه أغشية الخلايا الحيوانية، فهي تتكون من البروتين بنسبة 60% والكربوهيدرات بنسبة 10% والدهون بنسبة 30%، وتجدر الاشارة هنا الى أن الأغشية البكتيرية تمتاز بكونها لا تحتوي على الستيرولات Sterols على عكس الأغشية الحيوانية التي تحتوي على هذه المادة، ويمتاز الغشاء البلازمي للبكتريا باحتوائه على دهون خاصة تسمى Hapanoid ، كما ان الغشاء البلازمي لا يذوب عند تعرضه للايسوزايم وذلك لأنه لا يحتوي على مادة الببتيدوكلايكان، تحتوي الدهون المكونة للغشاء البلازمي على نهايتين: نهاية قطبية polar محبة للماء Hydrophilic ويكون اتجاهها الى الخارج، ونهاية غير قطبية non–polar كارهة للماء Hydrophobic ويكون اتجاهها الى الداخل، أما البروتينات الداخلة في تركيب الغشاء فتكون على نوعين هما:

1- **البروتينات المحيطية Peripheral proteins** : وتمتاز بكونها ضعيفة الارتباط بالغشاء ويمكن ازالتها من الغشاء بسهولة وتكون ذائبة في الماء وتشكل نسبة 20–30% من مجموع بروتينات الغشاء الكلية.
2- **البروتينات التكاملية او الجوهرية Integral proteins** : وتشكل نسبة 70–80% من بروتينات الغشاء وتمتاز بكونها لا يمكن ازالتها من الغشاء بسهولة لكونها متداخلة مع الطبقات الدهنية للغشاء كما انها لا تذوب في الماء وتحتوي على نهايتين أيضا": نهاية كارهة للماء وتكون مطمورة في طبقة الدهون ونهاية محبة للماء وتكون باتجاه السطح، ومن الجدير بالذكر أن غالبية البروتينات التكاملية تكون من ضمن البروتينات الناقلة للمواد عبر الغشاء البلازمي.



التركيب الدقيق للغشاء البلازمي في البكتريا

ان اهمية الغشاء البلازمي تكمن في الوظائف الرئيسة التي يقوم بها وهي:

1- يعمل الغشاء البلازمي كحاجز تنافذي Osmotic barrier شبه نفاذ لا يسمح بمرور المواد ذات الوزن الجزيئي الذي يزيد عن حجم جزيئة الكليسيرين، وبهذا فهو يسمح بتكوين ضغط تنافذي داخل الخلية ويحافظ عليه.

2- يعتبر الغشاء البلازمي مكان عمل الكثير من المضادات الحيوية في الخلايا البكتيرية فهو يقوم بوظيفة حماية الخلية من تأثير المركبات المضادة للبكتريا.

3- يسمح بمرور الجزيئات الكبيرة الأيضية وذلك ضمن أنظمة دقيقة ومتخصصة، ومن ابرز أنظمة النقل في الخلية هي:

أ- الانتشار السلبي Passive diffusion

هو أحد عمليات النقل عبر الغشاء البلازمي من مناطق التركيز العالي الى مناطق التركيز الواطئ، ويمتاز هذا النوع من النقل بعدم الحاجة الى صرف طاقة ويتوقف عند تساوي تركيز

المادة المنقولة داخل وخارج الخلية، وبشكل عام يزداد معدل النقل كلما ازداد تركيز المادة المنقولة وبالعكس.

ب-الانتشار الميسر Facilitated diffusion

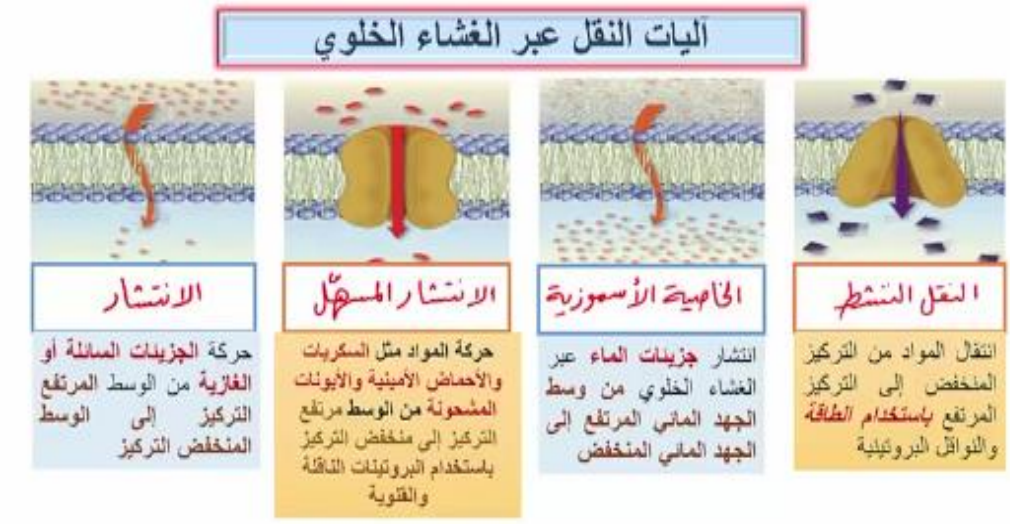
في هذا النوع من النقل لا يتم استهلاك طاقة ايضا، ويتم أيضا من مناطق التركيز العالي الى مناطق التركيز الواطئ وهو بذلك يشابه عملية الانتشار السلبي لكنه يختلف بأن عملية النقل تتم بمساعدة نواقل بروتينية Transporter proteins وتسمى هذه النواقل Premease والتي تكون مطمورة في الغشاء البلازمي وتحتوي على قنوات Channels وبشكل حوامل Carriers .

ت-النقل الفعال Active transport

وهو مشابه للنقل الميسر بكونه يعتمد على النواقل البروتينية في عملية النقل لكنه يختلف عنه بحاجته الى الطاقة لأن النقل فيه يتم من مناطق التركيز الواطئ الى مناطق التركيز العالي، ويوجد نوعين من النقل الفعال هما: النقل الفعال الاولي primary والذي يعتمد على الطاقة التي مصدرها الادينوسين ثلاثي الفوسفيت ATP adenosine tri-phosphate ، والنوع الثاني هو النقل الفعال الثانوي Secondary والذي يعتمد على الطاقة الناتجة من التدرج الأيوني.

ث-نقل المجاميع Group translocation

ويتم نقل المواد الغذائية (وخاصة السكريات) من خلال هذه الالية، وتمتاز بإحداث تغير في الجزيئة المنقولة عند دخولها عبر الغشاء البلازمي (فسفرة الجزيئة المنقولة) ويكون مصدر الطاقة لعملية نقل المجاميع من المركب Phosphoenol pyruvate PEP ومن ابرز الأنظمة الناقلة بهذه الطريقة هو نظام Phospotransferase system .



اليات النقل عبر الغشاء البلازمي في البكتريا

الجسم الوسطي Mesosome

يظهر الجسم الوسطي على شكل انبعاجات معقدة متصلة بالغشاء البلازمي، وتظهر في المقاطع الخلوية الرقيقة وكأنها تركيب مستقل ومنفصل عن الغشاء البلازمي، بينما تظهر صور المجهر الالكتروني أنها متصلة بالغشاء البلازمي، ويختفي الجسم الوسطي عند ازالة الجدار الخلوي وتحضير البروتوبلاست وهذا يعني أن الغشاء يأخذ معه الجسم الوسطي اثناء عملية التمدد.

يقوم الجسم الوسطي بعدة وظائف منها:

1- يعد مركز التنفس للخلية.
2- يشترك في تكوين الجدار الخلوي العرضي اثناء الانشطار الخلوي.
3- يعمل على توزيع المادة النووية على جزأي الخلية المنقسمة.

وعلى أي حال فان وظيفة الجسم الوسطي الخلوية مازالت غير واضحة تماما، هذا الى جانب ان العديد من الأنواع البكتيرية لا تمتلك هذا التركيب.

السايتوبلازم أو المادة الخلوية Cytoplasm

يضم السايتوبلازم جميع المواد والتراكيب المختلفة الموجودة ضمن تركيب الغشاء البلازمي، ويمكن ملاحظة ثلاث مناطق مختلفة في هذا الجزء الخلوي هي:-

1- المنطقة الحبيبية: وتكون غنية بالحامض النووي الرايبوزي RNA .
2- المنطقة الصبغية: وتكون غنية بالحامض النووي الدي اوكسي رايبوزي DNA .
3- المنطقة الرائقة: وتتكون من المادة السائلة التي تحيط بالمنطقتين أعلاه.

ان جميع التراكيب السايتوبلازمية تكون عائمة في المحلول المائي، وهذا المحلول يكون خليطا" معقدا" يحتوي على ايونات عديدة مثل أيونات الهيدروجين والصوديوم والكلور والفوسفات، فضلا عن احتوائه على مواد ذائبة اخرى مثل الاحماض الأمينية وبعض البروتينات والقواعد التيتروجينية (البيورينات والبريميدينات) وكذلك المعقدات الدهنية والفيتامينات وسكر الرايبوز والكلوكوز والأنزيمات، بالإضافة الى الحبيبات الخازنة للمواد الغذائية. ويعتمد نوع هذه المواد على نوع الخلية البكتيرية ونوع الوسط الغذائي المحيط بها.

ان المظهر الحبيبي للسايتوبلازم في الخلايا بدائية وحقيقية النواة يعزى الى وجود اعداد هائلة من دقائق صغيرة جدا تنتشر في كافة أنحاء السايتوبلازم تدعى بالرايبوسومات Ribosomes ، وتتكون الرايبوسومات بصورة رئيسية من الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي Ribosomal RNA وتوجد ثلاثة أنواع من الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي هي 23srRNAو 5srRNA واللذان يدخلان في تركيب الجزء الرايبوسومي الكبير 50S في البكتريا، أما الجزء الرايبوسومي الصغير 30S فيحتوي على الحامض النووي الرايبوزي الرايبوسومي 16srRNA مع بعض البروتينات الرايبونووية Ribonucleo proteins ، وبهذا فان للرايبوسومات أهمية كبيرة في عمليات تخليق البروتينات بضمنها جميع الأنزيمات الخلوية.

يحتوي السايتوبلازم ايضا على حبيبات خازنة لمواد عضوية او لا عضوية واخرى خازنة للطاقة وكذلك تساهم في تقليل الضغط الاوزموزي ويطلق على هذه الحبيبات بالأجسام الخازنة Inclusion bodies ، لا تؤثر هذه الاجسام في الضغط التنافذي داخل الخلية، ففي حالة غياب النيتروجين يتحول المصدر الكاربوني في بعض انواع البكتريا الى مادة Poly-B-hydroxybutyric acid او الى مواد كربوهيدراتية

مثل النشأ او الكلايكوجين، وتستخدم الخلية هذه الحبيبات كمصدر للكاربون من جديد عندما تبدأ عمليات تخليق البروتين والأحماض النووية، وتحتوي هذه الأجسام ايضا على حبيبات الكبريت الحاوية على عنصر الكبريت، وهذه توجد في بعض أنواع البكتريا، ويقوم النوع البكتيري الحاوي على حبيبات الكبريت بأكسدة ما يزيد عن حاجته من كبريتيد الهيدروجين H_2S الذي تحصل عليه من البيئة الى الكبريت الذري لكي تخزنه على شكل حبيبات داخل السايتوبلازم، كما ان بعض أنواع البكتريا تستطيع أن تجمع مجموعة الفوسفات غير العضوية وتخزنها على شكل حبيبات تتكون بصورة اساسية من مادة الميتافوسفات Metaphosphate وتدعى هذه الحبيبات بحبيبات الفوليوتين Volutin granules أو تدعى أحيانا بالحبيبات مختلفة اللون Metachromatic granules لأنها تصطبغ بلون يختلف عن لون الصبغة المضافة اليها، وهي خاصية تتميز بها بكتريا الخناق *Corynebacterium diphtheriae* . فمثلا عند اضافة صبغة أزرق المثيلين الزرقاء تصطبغ هذه الحبيبات باللون الأحمر. كما تمتاز السيانوبكتريا باحتوائها على نوعين من الأجسام الخازنة العضوية هما:

1- Cyanophycin granules: التي تحتوي على كميات كبيرة من ببتيدات متعددة وكميات متساوية من الحامضين الامينيين الاسبارتيك والارجنين، وتمتاز هذه الأجسام الخازنة بأنها كبيرة الحجم لدرجة يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي، وتساهم في خزن النيتروجين الزائد عن حاجة الخلية.

2- Carboxysome : ويوجد هذا النوع في السيانوبكتريا وانواع البكتريا الاخرى المثبتة لثاني اوكسيد الكاربون CO_2 ، وتمتاز باحتوائها على انزيم Ribulose-1,5-diphosphate carboxylase والذي يسمى Rubisco وهو الانزيم المسؤول عن تثبيت CO_2 .

ومن الامثلة الأخرى على الأجسام الخازنة العضوية هي الفجوات الغازية Gas vacuole والتي تساعد انواع البكتريا المائية الضوئية على الطفو والارتفاع على سطح الماء للحصول على الاوكسجين والضوء والغذاء، حيث تتكون الفجوات الغازية من العديد من التراكيب الاسطوانية الصغيرة المجوفة والتي تسمى بالحويصلات الغازية Gas vesicles ، يتكون جدار هذه الحويصلات الغازية من وحدات بروتينية تتجمع لتكوين جدار صلد غير نفاذ للماء ويكون نفاذا للمواد الغذائية المختلفة والغازات، وعندما تتكون

الحويصلات الغازية المكونة للفجوات الغازية فهذا يؤدي الى ارتفاع البكتريا الى الارتفاع المناسب للحصول على الضوء والمتطلبات الغذائية الاخرى وبعد حصولها على كفايتها من هذه المتطلبات يحدث تحلل لهذه الحويصلات الغازية مما يسبب انخفاض البكتريا وعودتها الى عمقها السابق وهكذا.

كما تمتاز بعض انواع البكتريا باحتوائها على أجسام خازنة غير عضوية تسمى magnetosome وظيفتها لا علاقة لها بالخزن وانما تعمل على توجيه حركة البكتريا بالاتجاه المناسب بعملية الانجذاب المغناطيسي.