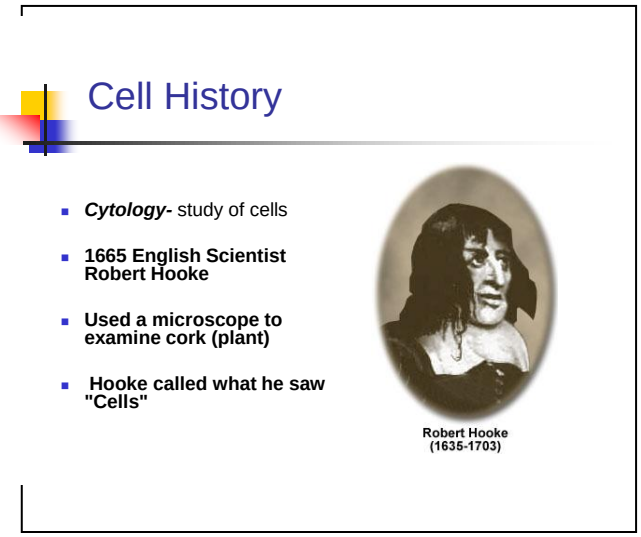
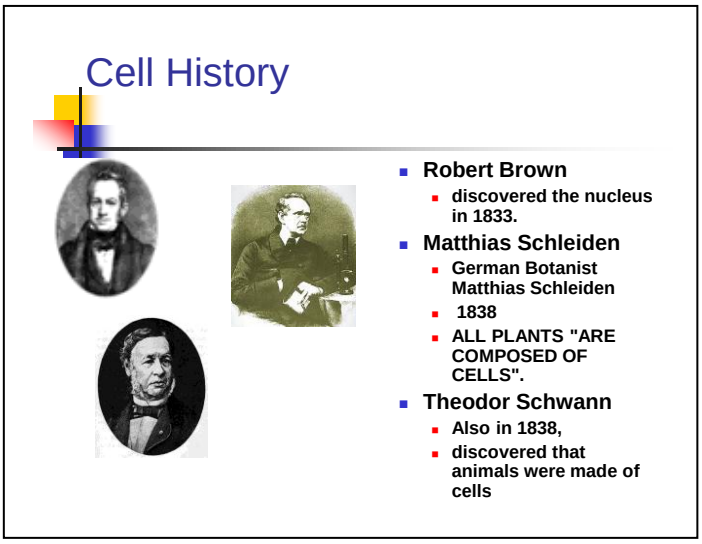
المحاضرة الثالثة ..... (Pages:14-23)

المصادر المعتمدة:

(1) أساسيات علم الحيوان. د. محمد إسماعيل محمد، د. حلمي ميخائيل بشاى، د. يحيى السعيد العاصي د. منى شرقاوي علي، د. تغريد عبد الرحمن حسن.
(2) علم الحيوان العام. فؤاد خليل، محمود حافظ.

The Cell الخلية





الخلية وحدة البناء الاساسية لأجسام جميع الكائنات الحية وفيها تكمن جميع أسرار الحياة ومن هذه الأسرار:

1- قدرة الخلية على العيش بمفردها اذا ما توفر لها الماء والغذاء والهواء في المحيط الذي تعيش فيه.
2- قدرتها على انتاج نسخة جديدة عن نفسها بنفسها.
3- أن جميع مواصفات الخلية بما فيها من مكونات وكذلك الخطوات اللازمة لتصنيعها مكتوبة بطريقة رقمية على شريط دقيق من الأحماض النووية يسمى الشريط الوراثي.
4- قدرة الخلية على التواصل مع بقية الخلايا من خلال نظام اتصالات معقد يستخدم الاف الأنواع من الجزيئات البروتينية التي تحمل الرسائل بين هذه الخلايا.
5- قدرة الخلية على قتل نفسها من خلال ما يسمى بالموت المبرمج وهذا ضروري للحفاظ على عدد ثابت للخلايا في الجسم ولمنع نمو الخلايا السرطانية.
6- قدرة الخلايا على تشكيل نفسها بأشكال مختلفة والاصطفاف بجانب بعضها البعض لتكون أنواع مختلفة من الأنسجة التي تدخل في تركيب أعضاء الجسم.

قد تتكون أجسام الكائنات الحية من خلية واحدة وتسمى الكائنات وحيدة الخلية unicellular organisms أو تتكون من أكثر من خلية وتسمى كائنات متعددة الخلايا multicellular organisms والتي قد يصل عدد الخلايا في بعضها الى ما يزيد عن مائة ألف بليون خلية.

يمكن تقسييم الخلايا الحية الى مجموعتين على أساس الحجم والتركيب الداخلي والتركيب الجيني والحيوي:

1- الخلايا بدائية النواة Prokaryotes وتشمل البكتريا Bacteria والمايكوبلازما Mycoplasma والبكتريا الخضراء المزرقة Blue-green bacteria. وهذه الخلايا بسيطة التركيب حيث لا يوجد فيها نواة حيث تكون المادة النووية مبعثرة في السايتوبلازم لعدم وجود الغلاف النووي ولا يوجد فيها كثير من العضيات الخلوية ويتكون شريطها الوراثي من كروموسوم واحد فقط ويتراوح قطرها بين 10-1 ميكروميتر.

2- الخلايا حقيقية النواة Eukaryotes وهذا النوع من الخلايا يزيد حجمها عن النوع الأول بعشرات المرات وتحتوي على نواة وعدد كبير من العضيات ويتكون شريطها الوراثي من عدد كبير من الكروموسومات الخيطية. ويوجد نوعان من الخلايا حقيقية النواة وهي الخلايا النباتية plant cells والخلايا الحيوانية animal cells .

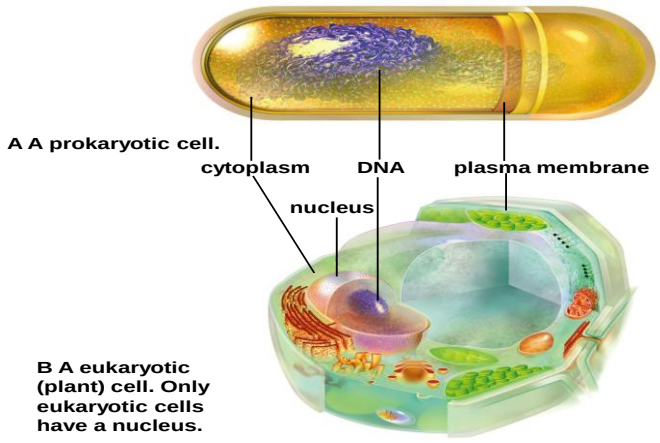
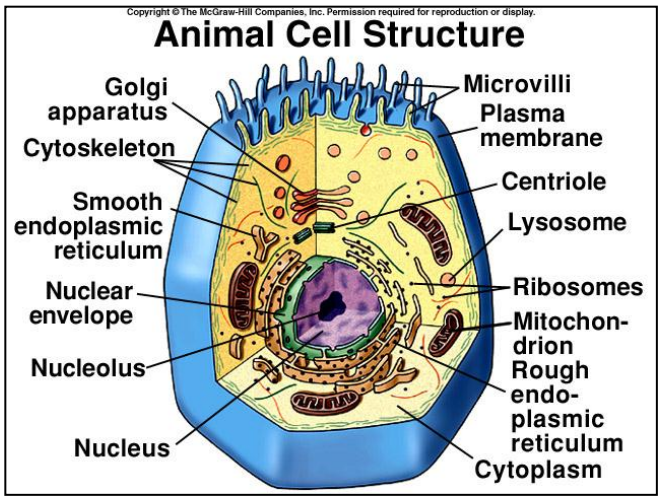
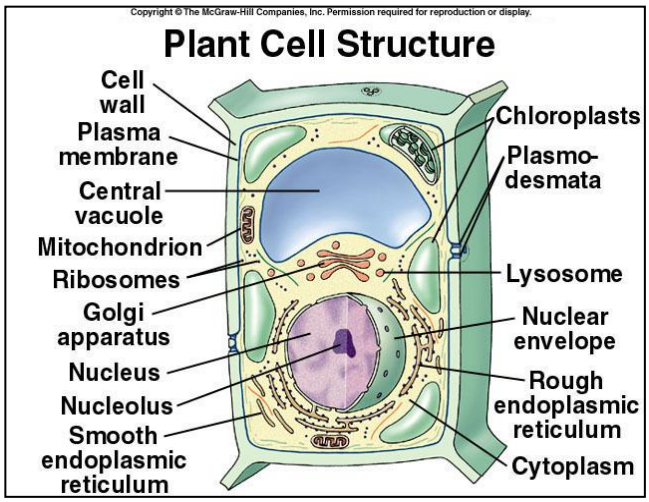


Figure 4-2 p54





الجدول الأتي يبين أهم الفروق بين الخلايا بدائية النواة Prokaryotes والخلايا حقيقية النواة Eukaryotes:

Characteristic	Prokaryote	Eukaryote
Size	1-10 µm	10-100µm
Nuclear Envelope	Absent	Present
Chromosomes	Single, circular, no nucleus	Multiple, linear, wound on nucleosomes
Golgi apparatus	Absent	Present
ER, Lysosomes	Absent	Present
Mitochondria	Absent	Present
Chlorophyll	Not in chloroplasts	Present in chloroplasts
Ribosomes	Relatively small	Relatively large
Microtubules, filaments, microfilaments	Absent	Present
Flagella	Lack microtubules	Contain microtubules

يوجد في جسم الانسان في المتوسط مائة الف بليون خلية يتراوح قطرها ما بين 5-200 مايكرون وأما متوسط وزنها فيبلغ نانوغراما واحدا (أي جزء من بليون جزء من الغرام). وتأخذ الخلايا أشكالا مختلفة مثل

الخلايا المسطحة والمكعبة والأسطوانية والمنشورية والكروية والمغزلية والخيطية وغيرها. ومن هذه الخلايا تبنى الأنسجة tissues والتي هي عبارة عن مجموعة من الخلايا المتشابهة في الشكل وفي الوظيفة والتي يملأ فيما بينها السائل ما بين الخلوي intercellular fluid. ويوجد في الجسم أنواع مختلفة من الأنسجة لها خصائص متباينة كالنسيج العضلي والعظمي والعصبي والطلائي وغيرها. ومن هذه الأنسجة يتم بناء الأعضاء organs ومن الأعضاء يتم بناء الأجهزة systems المختلفة للجسم كالجهاز العضلي والعظمي والعصبي والدوري والتنفسي وغيرها.

تعتبر الخلية وحدة التركيب و الوظيفة في الكائنات الحية ويرجع أكتشاف الخلية الى العالم Robert Hooke ويرتبط اكتشاف الخلية باكتشاف المجهر. وهي الوحدة الاولية في بناء الجسم ، فهي أصغر كتلة حية (بروتوبلازم) تستطيع الحياة منفردة ، ولها الطاقة على توليد مثيل لها ، وهي تشبه الذرة بالنسبة للمادة وهكذا.

يمكن تعريف **الخلية** على أنها كتلة صغيرة من المادة الحية(بروتوبلازم Protoplasm) يحيط بها غشاء بلازمي في وسطها نواة ، **والبروتوبلازم** مادة غروية Glutinous معقدة التركيب متبدلة باستمرار تحتوي على نسبة 5% من تركيبها ماء ، وتشتمل على شوادر غير عضوية هي الاملاح ، وفي معظمها تتكون من مواد عضوية هي البروتينات و الكربوهيدرات و الدهون ،وهو كما أشرنا ذو قوام غروي أي أنه يحتوي على ذرات كبيرة سابحة معلقة يبنى كل منها من ذرات صغيرة.تتميز الذرات الكبيرة عن بعضها البعض بعدد ما فيها من الذرات الصغيرة ونوعها وكيفية إتحادها وبناء على ذلك قسمت إلى ثلاثة أصناف :

A- متعددة السكريات Polysaccharides

تتألف من ذرات كبيرة عددها غير محدد منها النقي مثل الكليكوجين ومنها المختلط مثل متعددة السكريات المخاطية مثل الحامض الهيالوريني ،وتلعب دوراً هاماً في تكوين المناعة إذ تشارك في صناعة الاضداد التي تلتحم مع مولدات الضد الداخلة للجسم كالجراثيم ، وتبنى مولدات الراصّات التي تستعمل للتفريق بين الزمر الدموية من اتحاد عديدات السكاريد مع البروتينات .

B- الاحماض النووية Nucleic Acids

a- الحامض الريبوزي اللاأوكسجيني النووي DNA

b- الحامض الرايبوزي النووي RNA

يتركب الحامض النووي من اجتماع وتتالي النيوكليوتيدات التي تتألف من مجموعة فوسفات ومجموعة سكر من نوع الرايبوز يرتبط بالمجموعة الاخيرة مادة عضوية ذات اساس حلقي وهي البورين أو البيرميدين ، يوجد الـ DNA داخل النواة ضمن الكروموسومات ولذلك فله علاقة كبيرة بالكروموسومات الارثية وهو العنصر الفعال في وظائف النواة والمركز المدير للافعال الخلوية .

أما الـ RNA فيوجد في النوية أو الهيولي وهو ثلاثة أنواع هي :الرايبوزومي R و الساعي M و الناقل T.

C - البروتينات Proteins

تبنى من ذرات كبيرة محددة تتألف من اتحاد عدد معروف من الاحماض الامينية بواسطة جسور ببتيدية .

أحجام الخلايا وأشكالها

تختلف الخلايا عن بعضها البعض في الاحجام ، وهي تتراوح بين 7 – 40 مايكرون ، ولكن هناك خلايا متناهية في الصغر مثل خلايا الخصية وهناك خلايا كبيرة مثل خلايا البويضة في المبيض قبل الاباضة إذ تبلغ حوالي 175 – 200 مايكرون ، كما أن الخلايا تختلف من حيث الشكل فمنها المسطحة و المكعبة و الاسطوانية و المنشورية و الكروية و المغزلية وغير ذلك . ويعتمد شكل الخلية على عدة عوامل مثل حالة الوسط الخارجي و التركيب الداخلي .

تركيب الخلية Cell structure

تتكون الخلية الحية بشكل عام عند النظر اليها بميكروسكوب بسيط من مادة هلامية أو غروية رمادية اللون وشبه شفافة تسمى البروتوبلازم protoplasm محفوظة داخل غشاء رقيق يسمى الغشاء الخلوي cell membrane. يتكون البروتوبلازم من مركبات غير عضوية تشمل الماء بنسبة 80% (تختلف نسبته حسب النسيج) وهو ضروري لان جميع التفاعلات الكيميائية تجري في وسط مائي كما انه يدخل في جميع التفاعلات الكيميائية ، الاملاح كالكلوريدات والكاربونات والكبريتات والفوسفات لعناصر الصوديوم والكاليسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم. أما المركبات العضوية في البروتوبلازم فتشمل الكاربوهيدرات Carbohydrates ، المواد الدهنية Lipids ، البروتينات Proteins.

وللبروتوبلازم خواص مهمة منها :

- الاحتفاظ بالحالة السائلة او الهلامية اعتمادا على درجة الحرارة.
- له خاصية الحركة البراونية بتاثير دقائق الماء المهتزة.
- تكوين الغشاء السايتوبلازمي Plasma membrane.
- يتاثر بدرجة الحرارة (عندما ترتفع الى 45°م وأكثر يتصلب ولا يعود الى حالته الاعتيادية ابدا)

وعند تفحص البروتوبلازم باستخدام المجهر الضوئي نجد أنه يتكون من منطقتين الداخلية تسمى النواة nucleus وهي مكونة من مادة هلامية تسمى النيوكلوبلازم nucleoplasm محاطة بغشاء دقيق يسمى الغشاء النووي nuclear membrane . أما المنطقة الخارجية والمحيطة بالنواة فتتكون أيضا من مادة هلامية كثيفة تسمى السايتوبلازم cytoplasm. واذا ما تفحصنا السايتوبلازم والنيوكلوبلازم باستخدام مجهر ضوئي

عالي التكبير أو الكتروني فاننا جد أنهما مليئان بأجسام مختلفة الأحجام والأشكال أطلق عليها العلماء أسم عضيات الخلية cell organelles وهي مقسمة الى عضيات السايتوبلازم cytoplasmic organelles وعضيات النواة nuclear organelles.

أولا"- الغشاء الخلوي

يعتبر الغشاء الخلوي cell membrane أو الغشاء البلازمي plasma membrane من معجزات الله سبحانه وتعالى فهو ليس مجرد وعاء لحفظ مكونات الخلية المختلفة في حيز واحد بل يقوم بوظائف بالغة الأهمية تتوقف عليها حياة الخلية. ويشكل هذا الغشاء حدود الخلية الذي يفصل المحتوى الداخلي للخلية عن محيطها الخارجي. واليه يعزى شكل الخلية ويشكل السطح الحيوي بين الخلية ومحيطها الخارجي وهو غشاء نفاذ permeable يعمل عمل غشاء نصف ناضح وفي نفس الوقت له القابلية الاختيارية للمواد الداخلة والخارجة من خلاله كما تساهم في حالات كثيرة جزيئات ناقلة موجودة ضمن الغشاء البلازمي في عملية نقل المواد عبر الغشاء. ونظرا لكون الغشاء البلازمي رقيق جدا" فلا يمكن تمييزه بسهولة باستخدام المجهر الضوئي ولا يزال الغشاء يشكل ميدانا" واسعا" للابحاث العلمية الحديثة ويبلغ سمكه حوالي 100 انغستروم.

النماذج المقترحة للتركيب الدقيق للغشاء البلازمي

1- نموذج دانيلي ودافسون Davson & Danielli model:

على الرغم من أن محاولات عدة قد بذلت للتعرف على التركيب الدقيق للغشاء البلازمي إلا أن هذا التركيب لم تتضح معالمه الأولية إلا في عام 1935 عندما أعلن Davson & Danielli عن نموذجهما حيث قررا أن غشاء الخلية يتكون من طبقة مركزية من الدهن الثنائي الطبقة bilayer lipid والمغلفة من أعلى ومن أسفل بطبقة مستمرة من البروتينات الحبيبية. ومن عيوب هذا النموذج أنه فشل في تحديد سمك طبقة الدهن المكونة للغشاء.

2- نموذج ربروتسون Robertson's model:

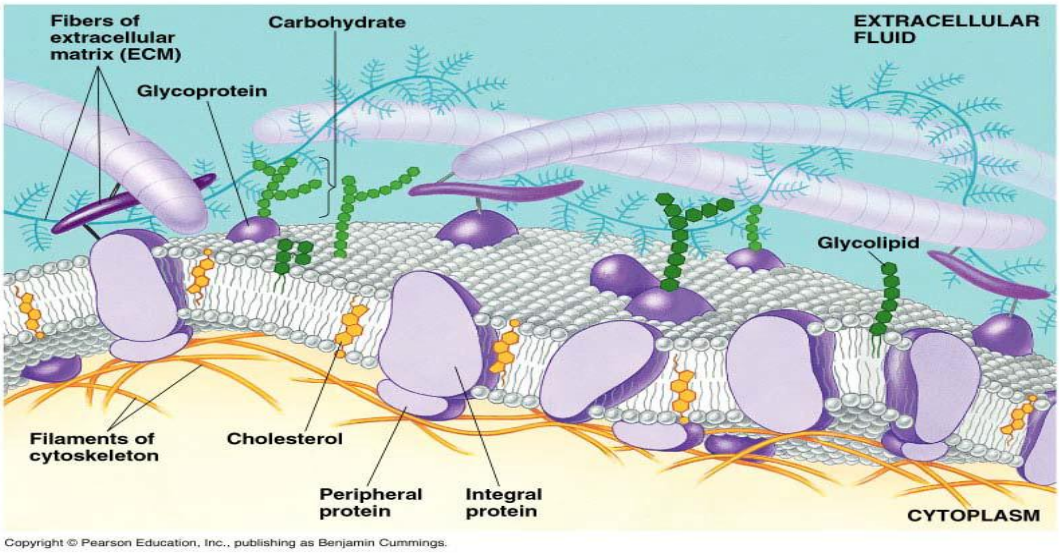
استند روبرتسون الى صور المجهر الإلكتروني للغشاء البلازمي وأعلن عام 1959 عن وحدة الغشاء membrane unit حيث حدد طبقة الدهن كصفيحة ثنائية الجزيئات bimolecular بحيث تنتظم الرؤوس القطبية المحبة للماء Hydrophilic باتجاه الخارج، بينما تكون الأذيال غير القطبية الكارهة للماء Hydrophobic متجهة إلى الداخل نحو مركز الطبقة الدهنية. تحدد سمك طبقة الدهن 3.5 nm وتحاط من

أعلى ومن أسفل بطبقتين من البروتين المستمر سمك كل منها 2 nm مما يعطي سمكاً كلياً للغشاء مقداره 7.5nm. يعيب هذا النموذج أنه لم يأخذ في الاعتبار خواص النفاذية والنقل خلال الغشاء وبإصراره عن أن طبقة البروتين متصلة وغير مرنة.

3- نموذج سنجر ونيكلسون *Singer & Nicolson model*:

وضع هذان العالمان عام 1972 نموذجاً أسمياه نموذج الفسيفساء السائل Fluid Mosaic Model وقد أخذا في الاعتبار علاقة تركيب الغشاء البلازمي بوظائفه مستعينين في ذلك بالتقدم الذي تم في تقنيات دراسة تركيب ووظائف الخلية. ويتلخص هذا النموذج في أن بروتينات الغشاء البلازمي من النوع الحبيبي globular وأنها تتردد بين القطبية واللاقطبية، وتكون مغمورة كلياً أو جزئياً في طبقة مركزية سائلة من الدهن الثنائي الجزيئات، وتكون جزيئات البروتين على شكل وحدات متفرقة ومستقلة وليست على شكل طبقة مستمرة ومتصلة، أي أن هذا النموذج يصور البروتينات كجزيئات مطمورة أو سابحة في السائل الدهني، بحيث تسمح خاصيتا الحركة والتركيب الحبيبي لهذه الجزيئات بالقيام بالتفاعلات اللازمة لإتمام نقل جزيئات معينة خلال الغشاء البلازمي. وقد أدت مرونة النموذج إلى إمكان تفسير كثير من الخواص الديناميكية للغشاء مثل التجزئة والتشوه والنمو. ويعد هذا النموذج الأكثر قبولاً حتى الآن لشرح التركيب الدقيق للغشاء البلازمي.

حسب نموذج سنجر ونيكلسون فان الغشاء البلازمي يتكون من طبقتين دهنيتين bilayer lipid مبنية من جزيئات دهنية مفسفرة phospholipids وهي من نوع amphipathic التي لها رأس وذيل فالرأس يمثل الجزء القطبي polar portion وهو مكون من مجموعات فوسفاتية phosphate groups وهو محب للماء hydrophilic بينمايمثل الذيل الجزء غير القطبي nonpolar portion ويتكون من أحماض دهنية fatty acids وهو كاره للماء hydrophobic. تترتب الجزيئات الدهنية بحيث تتقابل الاجزاء اللاقطبية مع بعضها بينما تكون الاجزاء القطبية مواجهة للسطح الداخلي والخارجي للخلية. ان الجزيئات الدهنية تتحرك فيما بينها وتعيد ترتيب مواقعها عند اي ضغط يقع عليها ولكنها تبقى متراصة ولذا فان الغشاء الخلوي في حالة شبه سائلة semifluid. ويوجد في الغشاء الخلوي ايضا جزيئات الكوليسترول cholesterol molecules والتي تعمل على سد الفراغات فيما بين رؤوس الجزيئات الدهنية الفوسفورية الكبيرة لكي يمنع دخول الجزيئات الصغيرة من خلال الغشاء.



تعتبر البروتينات الغشائية membrane proteins من المكونات الرئيسية لمعظم الأغشية البايولوجية ولها وظائف متعددة فهي تدخل في التركيب الميكانيكي وتعمل أيضا كجزيئات نقل carriers وتكون كذلك قنوات تساعد في عملية النقل. كما يوجد ايضا في الأغشية انزيمات عديدة ومستضدات antigens متنوعة وأعداد كثيرة من جزيئات الاستقبال receptor molecules والبروتينات الغشائية نوعان هما:

A- البروتينات الطرفية أو السطحية peripheral or surface proteins

وتشمل البروتينات التي تغطي مناطق معينة من طبقة الدهن الثنائية ولا تخترقها وتشكل نسبة تقل عن 30% من مجموع البروتينات الغشائية. وللبروتينات الطرفية وظائف بالغة الأهمية أولها تمكين الخلايا من الألتصاق ببعضها البعض adhesion proteins وثانيها تحديد هوية الخلايا recognition proteins وثالثها استخدامها كمستقبلات على سطوح الخلايا receptor proteins ورابعها استخدامها لنقل بعض المواد عبر الغشاء الخلوي transport proteins وكذلك لنقل الألكترونات electron transfer proteins.

B- البروتينات البينية أو البروتينات العابرة للغشاء integral or transmembrane proteins

وجزيئات هذه البروتينات تخترق الغشاء بحيث يكون أحد طرفيها في السايتوبلازم بينما يكون الطرف الثاني في السائل الخارجي المحيط بالخلية ويشكل هذا النوع من البروتينات الغشائية نسبة تزيد على 70%. وللبروتينات العابرة وظائف متعددة من أهمها أنها تكون ثقوب pores في الغشاء الخلوي يطلق عليها اسم القنوات channels والتي يتم من خلالها دخول وخروج بعض أنواع المواد التي لا يمكنها النفاذ من الغشاء مباشرة. كما تقوم بتمرير الأشارات التي تستقبلها المستقبلات الموجودة على سطح الخلية الى داخل الخلية مما يعني أنه لا حاجة لدخول الجزيئات الحاملة لهذه الاشارات الى داخل الخلية.

توجد الكاربوهيدرات الغشائية membrane carbohydrates بنسبة قليلة جدا في الأغشية البلازمية بصورة سلاسل قصيرة أو متفرعة في بعض الأحيان من جزيئات السكر المتصلة بالبروتينات المحيطية peripheral proteins الخارجية مكونة بروتينات سكرية glycoproteins أو تتفرع من النهايات القطبية لجزيئات الدهن المفسفرة في طبقة الدهن الخارجية مكونة الدهون السكرية glycolipids ولا توجد الكاربوهيدرات الغشائية على السطح الداخلي للأغشية البلازمية.

يوجد ايضا في مناطق متفرقة من الغشاء جزيئات دهون سكرية glycolipids تعمل كمواقع ارتباط binding sites للمستقبلات receptors. والى جانب الجزيئات الدهنية التي يبنى منها الغشاء يوجد عدد كبير من انواع مختلفة من الجزيئات البروتينية وتقوم بوظائف مختلفة في الخلية.

وظائف الغشاء الخلوي

1) يشكل معبراً للمواد اللازمة للخلية والفضلات الناتجة عن الإستقلاب. وهو يقوم بتنظيم حركة مرور المواد الذائبة فيما بين السايتوبلازم السائل ما بين الخلوي extracellular fluid وذلك من خلال التحكم بما يسمى نفاذية الغشاء membrane permeability.
2) كما يشكل ممرا لنقل المعلومات بتأثير الهرمونات ونبضات الأعصاب وعلى الخلية ولهذا لا بد أن يكون نفوذآ أو شبه نفوذ.
3) الغشاء يعمل كحامل للانزيمات (الخمائر) التي تشترك في كثير من التفاعلات، فمثلاً خميرة الـ ATPase المنشطة للصوديوم والبوتاسيوم المرتبطة بما يعرف بمضخة الصوديوم توجد على الغشاء البلازمي، وخميرة cytochrome الموجودة في السلسلة التنفسية توجد على الجزء الداخلي لغشاء الميتوكوندريا بينما الـ mono–amino oxydase (MAO) التي تنشط الكاتيكولامين cathechalamine توجد على الجزء الخارجي لغشاء المايتوكوندريا.
4) كما يوجد على الغشاء خميرة Adenylcyclase الذي يؤدي تنشيطها إلى تحول الـ ATP إلى Cyclic Adenosin Mono Phosphate وزيادة CAMP داخل الخلية يؤثر على الاستجابات الفيزيولوجية للخلية ، مثل عمليات النفوذية.
5) كما يوجد على الغشاء مستقبلات Receptors تؤدي إلى استجابة الخلية الفيزيولوجية أو الكيماوية حسب نوع المعلومات المستقبلة ، وفي حالة تعطيل هذه المستقبلات فلا يمكن أن حدث الإستجابة. ذكرنا أن حركة المواد والمعلومات تم في الاتجاهين الداخلي والخارجي عبر الغشاء ولهذا لا بد من توفير نوع ما من النفوذية ، وبالفعل يتصف الغشاء بنفوذيته لنوعين من المحاليل الدهنية التي تتطلب وجود ثقب أكبر مما هو الحال للمحاليل المائية.

هناك عدة طرق يعبر بواسطتها الماء والمواد الأخرى الحواجز الغشائية منها النقل عن طريق تكوين الحويصلات الغشائية وقد يتم فيه ادخال المواد الى داخل الخلية ويسمى الادخال الخلوي endocytosis ومن امثلته الألتهام الخلوي (البلعمة) phagocytosis. أو يتم فيه اخراج المواد خارج الخلية ويسمى الأخراج الخلوي exocytosis. كما في الغدد ذات الافراز الخارجي والداخلي كالغدد الدهنية والبنكرياس والخلايا الأمامية للغدة النخامية والخلايا الدرقية.

من الأليات الاخرى للنقل عبر الغشاء الخلوي الانتشار البسيط simple diffusion والنقل السلبي passive transport والنقل الفعال active transport.

في الانتشار البسيط يتم نقل المواد من الوسط الأعلى تركيزا" الى الوسط الأقل تركيزا" لهذه المواد وهو لا يلزم بذل طاقة في عملية النقل هذه. فالماء والأوكسجين وثاني أوكسيد الكاربون تنتقل عبر الغشاء الخلوي من خلال الانتشار البسيط حيث تنتشر من خارج الخلية الى داخلها اذا كان تركيزها في الخارج أعلى منه في الداخل والعكس صحيح. أما في النقل الفعال فان نقل المواد من الوسط الأقل تركيزا" الى الوسط الأعلى تركيزا" يلزمه وجود مضخات بايولوجية biological pump يحتاج تشغيلها الى طاقة. وتبنى المضخة البايولوجية من مجموعة من البروتينات العبرة للغشاء والتي تسمى الناقلات transports يتم تغذيتها بالطاقة من خلال اتحادها بوحدات الطاقة ATP. ومن الأمثلة على مضخات الخلية مضخة البوتاسيوم الصوديوم ومضخة الهيدروجين البوتاسيوم.

أما النقل السلبي (أحد أهم أنواعه ما يسمى بالانتشار المسهل facilitated diffusion) فيستخدم قنوات أيونية ion channels يتم فتحها في الغشاء الخلوي من خلال مجموعة من البروتينات العابرة للغشاء. وهذه القنوات تسمح بمرور المواد وخاصة الأيونات عبرها من خلال الأنتشار البسيط أي من الوسط الأعلى تركيزا" الى الوسط الأقل تركيزا" وبذلك فهي لا تحتاج بذل طاقة من قبل الخلية. وما يميز الانتشار الميسر عن الانتشار البسيط أنه يمكن التحكم بهذه القنوات من خلال فتحها أو أغلاقها بأوامر تصدر من بعض مكونات الخلية حيث يوجد عدة اليات للتحكم بهذه القنوات مثل الية القنوات المحكومة بالجزيئات والية القنوات المحكومة ميكانيكيا" (كما في مستقبلات الضغط ومستقبلات الصوت في الأذن الداخلية) والية القنوات المحكومة بالجهد (كما في الخلايا العصبية والعضلية) والية القنوات المحكومة بالضوء (كما في الخلايا الحساسة في شبكية العين).