الأغشية الخلوية والنفاذية

Cellulor Membran and Permabilty

ما عرف حتى الآن عن طبيعة الأغشية الخلوية وخصائصها ووظائفها المختلفة كالتحكم في انتقال المواد من الخلايا وإليها يجعلنا نفكر في كيفية انتقال أو نفاذ تلك المواد بمختلف أنواعها وأحجامها وشحناتها من خلال تلك الأغشية الخلوية. وقبل أن نبدأ في توضيح كيفية دخول المواد وخروجها من الخلية وإليها عبر الأغشية الخلوية يجب أن نذكر أن الأغشية الخلوية عمومًا تصنف حسب نفاذيتها إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي:

١- أغشية منفذة Permeable Membrane.

٢- أغشية شبه منفذة Semipermeable Membrane.

٣- أغشية غير منفذة Impermeable Membrane.

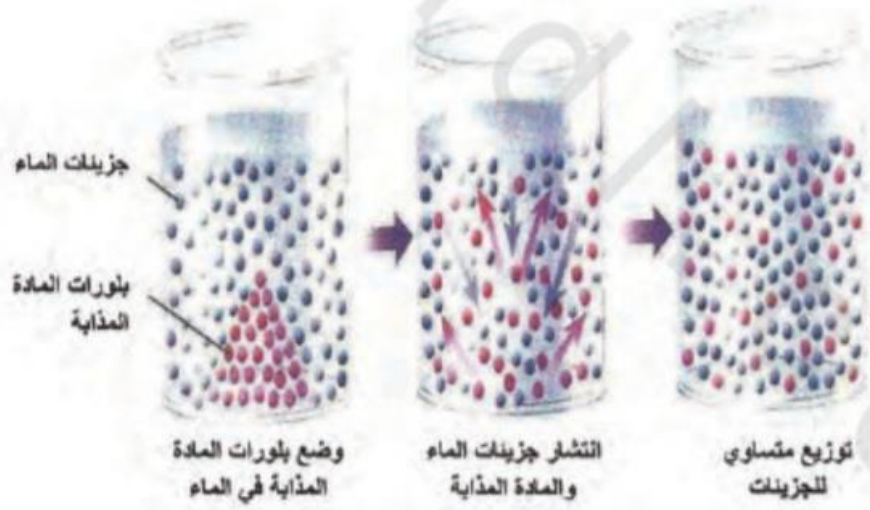
إن خاصية النفاذية تعني تحكم الغشاء الخلوي بمرور المواد، وعموما فإن الأغشية الحيوية شبه منفذة، لكن نفاذيتها تتفاوت حسب الطبيعة الوظيفية للغشاء.

انتقال الماء عبر الغشاء Passage of Water

ينتقل الماء عبر غشاء الخلية بطريقتين:

١ – الانتشار Diffusion

تتحرك الجزيئات إلى منطقة التركيز المنخفض نتيجة الحركة المستمرة والتلقائية (العشوائية)، لتلك الجزيئات، حيث تتوزع بالانتشار وبشكل متساوٍ داخل الوسط المحيط. ويسمى مزيج الجزيئات مع الماء بالمحلول Solution، بينما تسمى المواد التي تذوب في الماء بالمواد المذابة Solutes، أما الماء فهو المحلول المذيب Solvent. ولأن الحديث هنا عن نقل الماء فإنه يجب ملاحظة أن جزيئات الماء لها القدرة على الانتشار من خلال غشاء الخلية من الوسط العالي بالنسبة لجزيئات الماء إلى الوسط المنخفض، ولكن الهدف من انتشار الماء هو الوصول على حالة التوازن للمادة المذابة داخل وخارج الخلية، وبما أن مرور تلك المواد المذابة عبر غشاء الخلية لا يتم إلا وهي مذابة في الماء فإن الماء سيستمر في الانتشار إلى الداخل حتى تتم عملية التوازن (الشكل رقم ١٨).



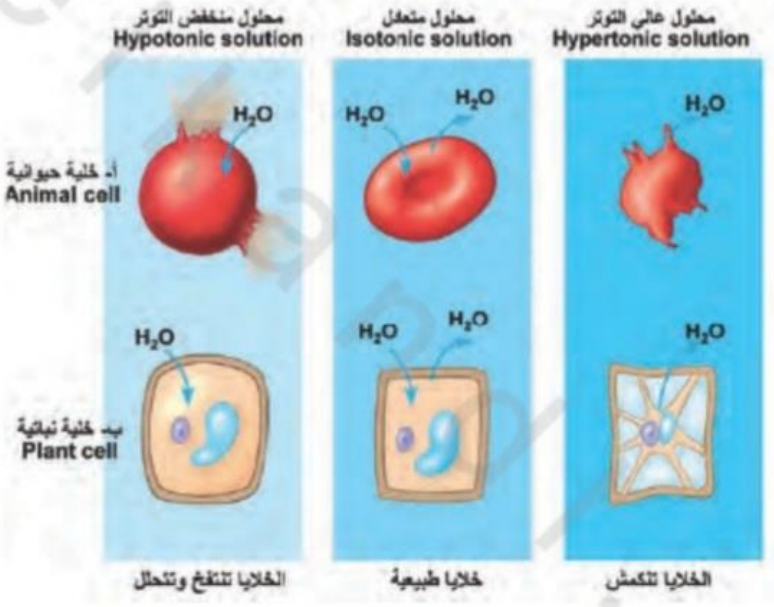
الشكل رقم (١٨). انتشار الجزيئات في الماء.

٢ – النفاذية (الأسموزية) Osmosis

يعتمد نقل الماء بهذه الخاصية على فرق التركيز الملحي على جانبي الغشاء، وهذا يعني انتشار الماء عبر الغشاء الذي يسمح بالمرور الحر للماء فقط، ولكنه يمنع مرور نوع

واحد أو أكثر من المواد المذابة، كما أن مرور الماء يكون من الوسط الملحي الأقل تركيزًا إلى الوسط الملحي الأعلى تركيزًا. وتتم هذه العملية في الخلايا كما يلي:

عندما يكون المحلول الملحي الخارجي منخفض التوتر Hypotonic وداخل الخلية عالي التوتر Hypertonic يدخل الماء على الخلية، فيكبر حجمها، وقد تتحلل Haemolysis. وعندما يكون المحلول الملحي خارج الخلية زائدًا (عالي التوتر) وداخل الخلية منخفضًا يخرج الماء من الخلية فيصغر حجمها وتنكمش (الشكل رقم ١٩).



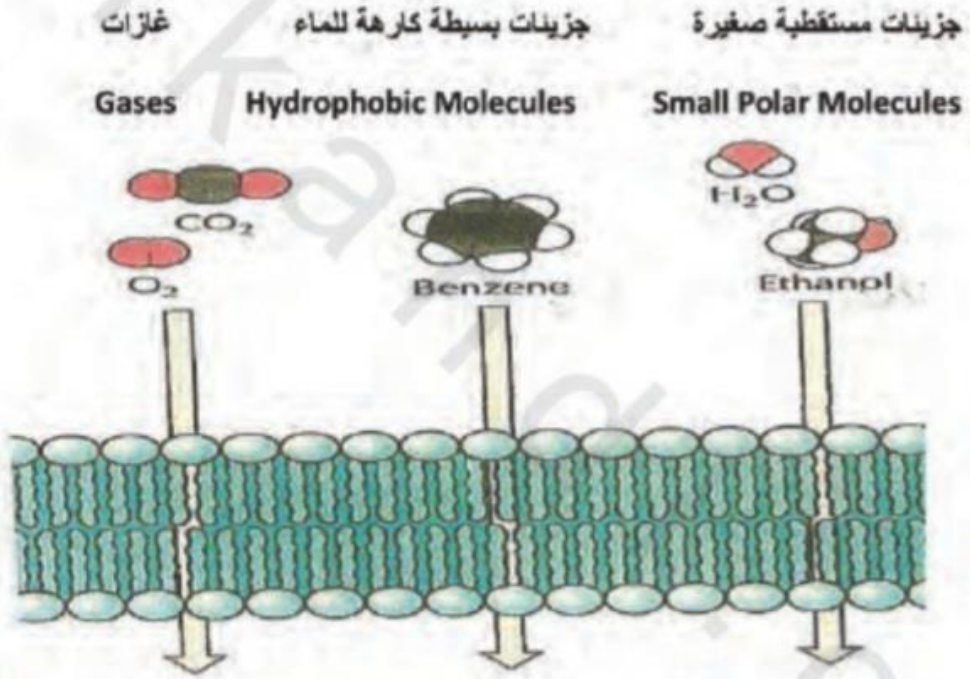
الشكل رقم (١٩). الخاصية الأسموزية.

الانتقال الاختياري للجزيئات Selective Transport of Molecules

يسمح الغشاء الخلوي بانتقال بعض المواد المذابة من خلاله، بينما يمنع جزيئات أخرى من المرور، ويبدو أن هذه النفاذية الاختيارية للجزيئات عبر الغشاء، ناتجة عن القنوات البروتينية الخاصة Channels Specific Protein الممتدة خلال الغشاء، لذلك فإن بعض الجزيئات تستطيع المرور عبر بعض القنوات الخاصة بينما لا تستطيع جزيئات أخرى المرور، وتنتقل الجزيئات خلال الغشاء بإحدى الطرق الآتية:

١- النقل غير الفعال (السلبي) أو الانتشار البسيط Simple Diffusion

تنتقل الجزيئات من المنطقة ذات التركيز العالي إلى المنطقة ذات التركيز المنخفض بصورة بسيطة عبر الغشاء الخلوي، ومن أي مكان على الغشاء الخلوي؛ فليس هناك أماكن محددة على غشاء الخلية ليتم من خلالها هذا النوع من النقل. تنتقل بهذه الطريقة الغازات والجزيئات البسيطة الكارهة للماء Hydrophobic Molecules وكذلك الجزيئات المستقطبة الصغيرة، وهذه المواد تحتاج إليها الخلايا باستمرار (الشكل رقم ٢٠).



الشكل رقم (٢٠). بعض الجزيئات التي تنتقل بالانتشار البسيط.

٢- الانتشار الميسر Facilitated Diffusion

وفيه يتم نقل الجزيئات عبر الغشاء الخلوي من الوسط ذي التركيز العالي إلى الوسط ذي التركيز المنخفض، بوساطة حامل بروتيني Carrier- Protein وبدون استهلاك طاقة؛ حيث ترتبط جزيئات المواد المذابة بالحامل مكونة معقد الحامل والمذاب Carrier- solute complex، ثم ينتقل المعقد عبر الغشاء الخلوي، عندما يصبح مقابلاً للجهة الأخرى من

الغشاء يتحرر الحامل البروتيني من المادة المذابة التي تعبر الغشاء، بينما يعود الحامل إلى موقعه السابق ليرتبط بجزيء آخر من المادة المذابة (الشكل رقم ٢١). من الأمثلة على الانتشار الميسر ما يحدث خلال غشاء خلايا الدم الحمراء من نقل للأيونات السالبة مثل الكلور والبيكربونات أو جزيئات الجلوكوز وغيرها. ويتصف الانتشار الميسر بأنه متخصص Specific، حيث يختص فقط ببعض الجزيئات التي تستطيع المرور عبر قنوات خاصة Specific Channel موجودة على الغشاء الخلوي، وليس من أي مكان، كما يحدث في النقل البسيط.

إن الحوامل البروتينية في الغشاء الخلوي قد تكون:

أ) **متحركة**: يرتبط الحامل البروتيني مع الجزيئات القطبية أو الأيون ارتباطًا مؤقتًا، ويتكون المعقد من الحامل البروتيني والمادة المرتبطة به. يتحرك المعقد بكامله خلال قطر الغشاء الخلوي، حتى يصل إلى الجانب المقابل، ثم يتحرر الحامل البروتيني من المادة المحمولة، ويعود الحامل مرة أخرى ليرتبط من جديد مع جزئيات أخرى وهكذا.

ب) **ثابتة**: يرتبط الحامل البروتيني مع الجزيئات القطبية أو الأيون ارتباطًا مؤقتًا وهو في مكانه، ويتكون المعقد من الحامل البروتيني والمادة المرتبطة به. يستطيع الحامل أن يغير شكله، وفي أثناء هذا التغيير الشكلي تتدحرج المادة المحمولة باتجاه الجانب الآخر من الغشاء، ثم يتحرر الحامل من المادة المحمولة ويعود إلى هيئته الأصلية التي كان عليها قبل عملية الارتباط والنقل ليصبح جاهزًا لنقل جزيئات جديدة.

٣- النقل النشط (الفعال) Active Transport

يتحكم في هذا النوع من النقل حاجة الخلية للمادة المدخلة بغض النظر عن فرق التركيز، ولكن غالبًا يتم نقل المواد بالنقل النشط عبر الغشاء الخلوي من الوسط منخفض التركيز إلى الوسط عالي التركيز عن طريق استهلاك طاقة كيميائية Chemical Energy يوفرها مركب ATP. وتحتاج هذه العملية إلى وجود حامل بروتيني Protein Carrier، وهو أحد بروتينات الحمل الغشائية أو البروتينات القنوية. ويعد النقل

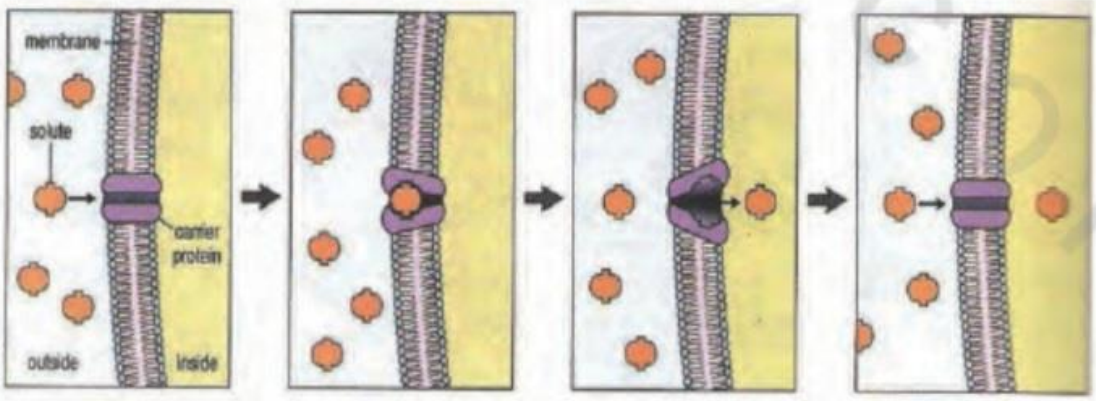
النشط واحدًا من أهم العمليات الضرورية لأي خلية؛ فمن خلاله تستطيع الخلية تركيز بعض الجزيئات عند الحاجة لها. وبدون النقل الفعال لا تستطيع أجسامنا الحصول على بعض المركبات أو الجزيئات الضرورية؛ فهناك عدد من الجزيئات تستطيع الخلية الحصول عليها ضد فرق التركيز Against Concentration Gradient مثل السكريات، وهناك أيضًا الأيونات مثل الصوديوم والبوتاسيوم، وهناك النيوكليوتيدات Nucleotides التي تستعملها الخلية في صنع الحمض النووي DNA. ولجميع أنواع هذه الجزيئات قنوات نقل اختيارية Channels Transport Selective فبعض هذه القنوات منفذة للسكر مثلاً، بينما تكون الأخرى منفذة لأيونات خاصة أو للنيوكليوتيدات. وهناك قناة رئيسة واحدة للنقل الفعال في الغشاء البلازمي التي تعمل على نقل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم، وتسمى مضخة الصوديوم والبوتاسيوم $Na^+ - K^+$ Pump أما القنوات المتعددة في الغشاء والتي تستعملها الخلية لتركيز الأيونات والمواد الأيضية فتسمى القنوات المزدوجة Coupled Channel. ومن أمثلة النقل النشط مايلي:

مضخة الصوديوم – البوتاسيوم $Na^+ - K^+$ Pump: إن نقل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم خلال الغشاء البلازمي للخلية من خلال مضخة الصوديوم – البوتاسيوم تستهلك حوالي ثلث مجموع الطاقة التي تستهلكها الخلية في نشاطاتها المختلفة. تحتوي معظم الخلايا الحيوانية في داخلها على تركيز داخلي منخفض لأيون الصوديوم وتركيز داخلي عالٍ لأيون البوتاسيوم، مقارنة بما هو عليه في المحيط الخارجي، ومن الناحية الفسيولوجية هناك توزيع غير متكافئ للأيونات خارج وداخل الخلية حيث إن أيون الصوديوم Na^+ يوجد بتركيز عالٍ يعادل عشرة أضعاف تركيزه داخل الخلية، بينما تركيز أيون البوتاسيوم K^+ عالٍ داخل الخلية ومنخفض خارجها، وربما يعود السبب في ذلك إلى أن نفاذية الأغشية الخلوية لأيون البوتاسيوم أعلى من نفاذية أيون الصوديوم. وللمحافظة على هذه التراكيز

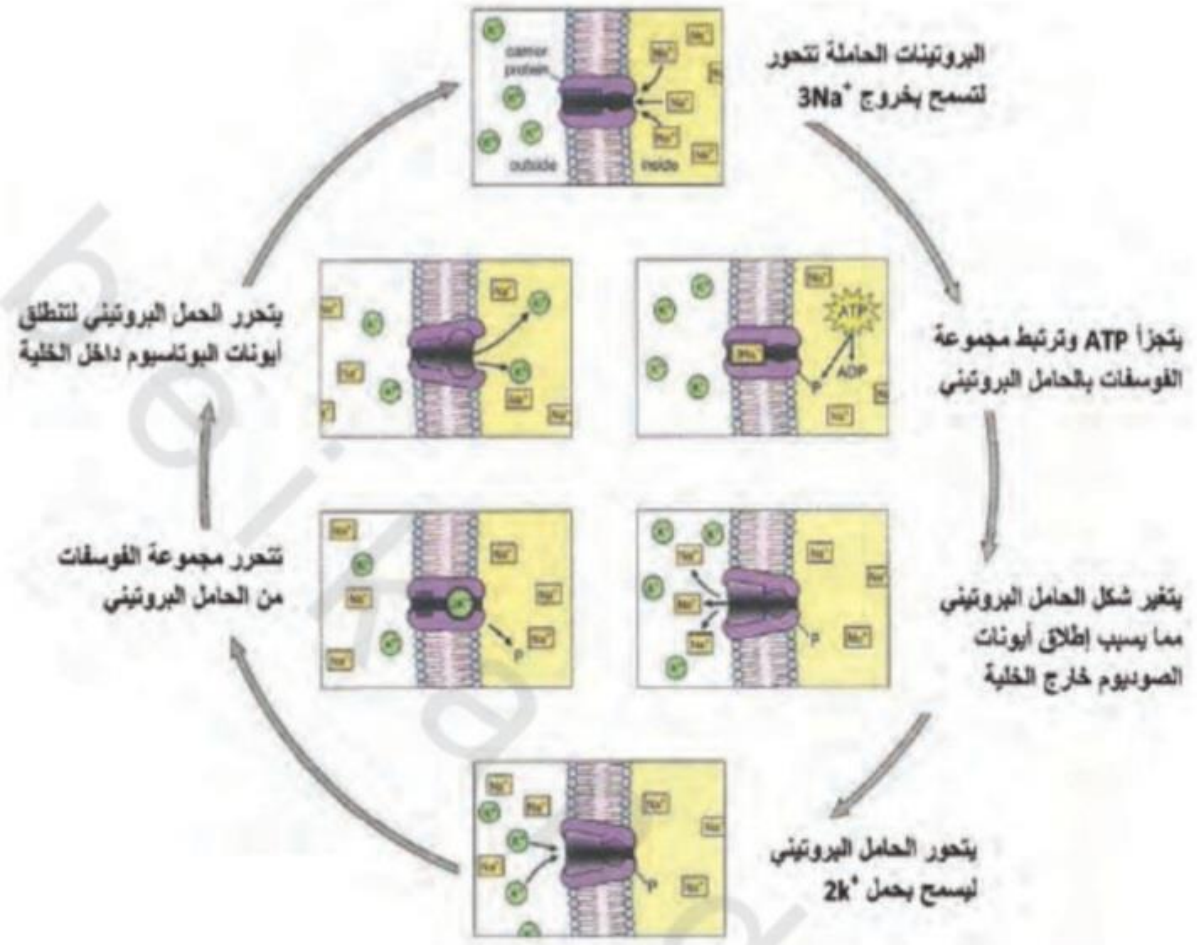
المختلفة تعمل الخلية على ضخ أيون الصوديوم خارج الخلية وأيون البوتاسيوم إلى داخل الخلية ويتم هذا النقل بسرعة عالية. ويتضمن مرور هذه الأيونات حدوث تغيرات في القناة التي تمر بها خلال التغير في شكل البروتين الناقل وبشكل سريع جدًا. وتنقل مضخة الصوديوم - البوتاسيوم الأيونات من المراكز منخفضة التركيز إلى المراكز عالية التركيز، وهذا النقل هو عكس ما يحدث في الحالة الاعتيادية في حالة الانتشار، لذلك فإنه يحتاج إلى استهلاك طاقة يتم الحصول عليها من مركب الأدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP (الشكل رقم ٢٢). وتحتوي بعض الأغشية على عدد كبير من قنوات نقل الصوديوم - بوتاسيوم، بينما لا تحتوي أغشية أخرى إلا على عدد قليل من هذه القنوات وتستطيع كل قناة نقل حوالي ٣٠٠ أيون صوديوم في الثانية الواحدة.

٤ - نقل المواد الكبيرة (النقل الضخم) Bulk Transport

إن طبيعة تركيب الغشاء الخلوي قد تشكل عقبة كبيرة أمام عبور المواد ذات الجزيئات الكبيرة عبر الغشاء الخلوي، ولذلك يتحور الغشاء الخلوي بهدف إدخال مثل تلك الجزيئات الكبيرة، من خلال آليات مختلفة كالاقتطاع الخلوي Rhopheocytosis والبلع الخلوي والتشرب الخلوي، والتي تم مناقشتها في الجزء الخاص بتحورات الغشاء الخلوي.



الشكل رقم (٢١). النقل الميسر بواسطة حامل بروتيني.



الشكل رقم (٢٢). مضخة الصوديوم والبوتاسيوم.