جامعة المنارة

كلية: العلاج الوظيفي

اسم المقرر: مدخل الى علم وظائف الاعضاء

السنة: الأولى

الفصل الدراسي **العام الدراسي**

الثاني **2025-2024**

الجلستان العمليتان الثانية والثالثة

الخلية الحيوانية والنقل عبر الغشاء الخلوي

الأهداف

نهدف من هذه الجلسة إلى:

1. التعرّف على الخلية الحيوانية (خلايا باطن الخد) وبأقسامها الثلاثة الأساسية (غشاء هيولي، هيولى، نواة).
2. التعرّف على طرق نقل الشوارد والجزيئات عبر غشاء الخلية.
3. تحضير محضّر رطب لخلايا باطن الخد (الشدق)، وتلوينه.
4. مقارنة تأثير ثلاثة محاليل مائية (متساوي، ومنخفض، ومرتفع الضغط الحلولي) على خلية باطن الخد (الشدق).

المحتوى العلمي

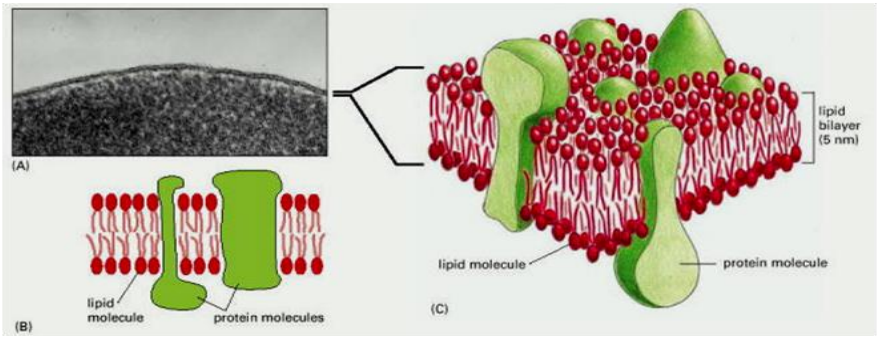
الخلية هي الوحدة الأساسية في الجسم، وكل عضو هو تجمّع لأنسجة مؤلفة من خلايا كثيرة مختلفة متصلة مع بعضها البعض ومثبتة مع بعضها بوساطة بنى داعمة، وكل نمط من الخلايا متخصص لإنجاز عمل أو وظيفة محددة. وعلى سبيل المثال يبلغ العدد الكلي لخلايا الدم الحمراء حوالي 25 تريليون خلية، وعلى الرغم من أن هذا النمط من الخلايا ربما كان الأكثر وفرة إلا أن هناك 75 تريليون خلية أخرى، وبالتالي فإن كامل الجسم يحوي تقريباً 100 تريليون خلية.

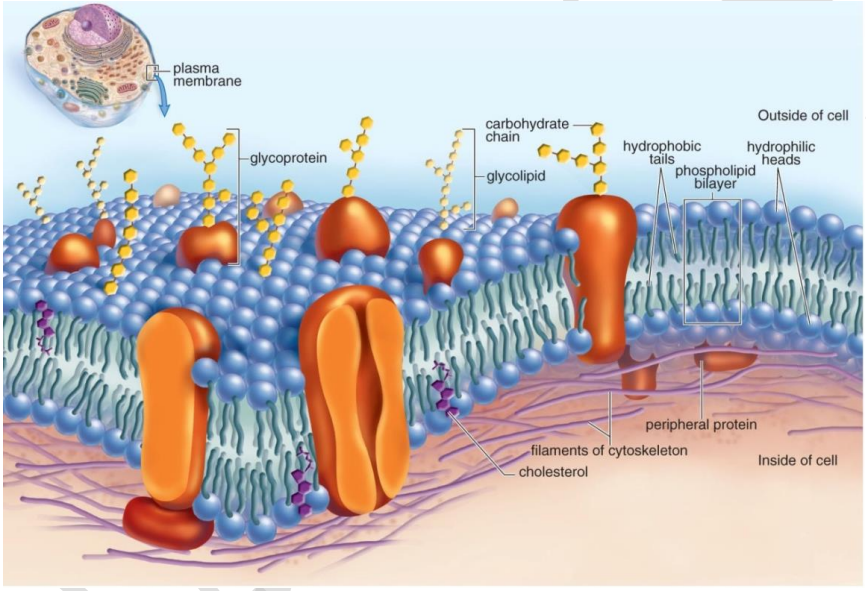
الغشاء الخلوي (الهيولي – البلاسمي: السيتوبلاسمي) Cell (Plasma) Membrane

تحاط كل خلية في جسم الإنسان والكائنات الحية الأخرى بغشاء **يشكل حدود الخلية** ويفصلها عن جوارها، يدعى بالغشاء الخلوي أو السيتوبلازمي.

يؤدّي الغشاء الخلوي وظائف عدة، فهو يشكل **حاجزاً حيوياً** يفصل سيتوبلازما الخلية عن المحيط الخارجي، وينظّم عبور مختلف أنواع الأيونات (الشوارد) المعدنية والجزيئات الأخرى (سكريات، أحماض أمينية) من وإلى الخلية لتأمين المتطلبات الغذائية للخلية، ويحافظ على **الاستقطاب الخلوي**، كما يؤمّن **استجابة الخلية** للمؤثرات والإشارات الحيوية (هرمونات، نواقل عصبية)، **وخروج الفضلات** ونواتج الاستقلاب، بما يضمن سلامة الأنسجة والأعضاء.

يتألف الغشاء الخلوي من طبقات ثلاث؛ **طبقة محورية مضاعفة** بثخانة / 5 / نانومتر تتألف من مواد دسمة ومقسومة إلى وريقتين خارجية وداخلية، تشكلان معاً **الطبقة الليبيدية المضاعفة** Lipid Bilayer، إضافة إلى **طبقتين من مادة بروتينية** ثخانة كل منها نحو 2.5 نانومتر؛ الأولى **خارجية** تحيط بالطبقة الليبيدية من الخارج، والأخرى **داخلية** تحيط بالطبقة الليبيدية من الوجه السيتوبلازمي للغشاء ، وتتميز الطبقتان البروتينيتان بأنهما **غير مستمرتين** وتأخذان مظهراً **فسيفسائياً Mosaic**، الشكل (1).





الشكل (1): صورة بالمجهر الإلكتروني، وشكل تخطيطي، يوضّحان بنية الغشاء الخلوي.

نقل الشوارد والجزيئات عبر غشاء الخلية

الانتشار – النقل الفعّال

تكون كافة الشوارد والجزيئات في سوائل الجسم بما فيها جزيئات الماء والمواد المنحلة أو المذابة Dissolved substances في **حركة مستمرة**، وتتعلق هذه الحركة بدرجة الحرارة، فكلما ازدادت درجة الحرارة ازدادت الحركة، ولا تتوقف هذه الحركة في أي ظرف كان باستثناء **درجة الصفر المطلق**.

يتم النقل عبر غشاء الخلية سواء المباشر عبر الطبقة الدسمة المزدوجة أو الذي يحدث عبر البروتينات بواحدة من الآليتين الأساسيتين الآتيتين: **الانتشار** Diffusion (ويدعى أيضاً النقل المنفعل Passive transport) أو **النقل الفعّال** Active transport.

أولاً: يقسم الانتشار عبر غشاء الخلية إلى نمطين:

الانتشار البسيط Simple diffusion، و**الانتشار الميسّر** Facilitated diffusion.

- **الانتشار البسيط**

يقصد به الحركة النشطة للجزئيات والشوارد عبر فتحات الغشاء أو الأفضية (الفراغات) بين الجزيئية Intermolecular spaces دون الحاجة للارتباط بالبروتينات الحاملة في الغشاء، وتتعلق **سرعة الانتشار** بكمية أو تركيز المادة، وسرعة الحركة Kinetic motion، وعدد الفتحات في الغشاء والتي يمكن للجزيئات أو الشوارد أن تمر عبرها.

- **الحلول (التناضح – التحال – الأسموزية) Osmosis**

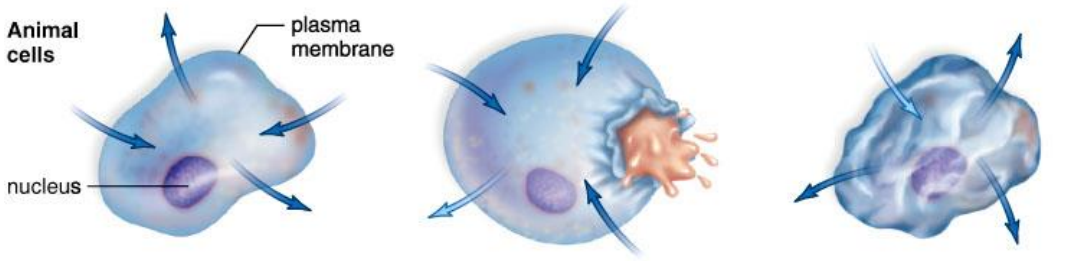
هو انتقال جزيئات الماء من التركيز الملحي الأدنى إلى التركيز الملحي الأعلى عبر الغشاء نصف النفوذ، ويعد أحد أشكال الانتشار البسيط والمنفعل. فالماء ينتقل من التركيز الأدنى للمادة المذابة؛ حيث يكون عدد جزيئات الماء أكبر، إلى التركيز الأعلى من المادة المذابة؛ حيث يكون عدد جزيئات الماء أقل ، إلى أن يحصل توازن في تركيز المادة المذابة، ومن ثم عدد جزيئات الماء على طرفي الغشاء. وهكذا ، لا يتطلب انتقال الماء أي صرف للطاقة

وإذا ما وضعنا خلية ما في وسط مائي نكون أمام احتمالات ثلاثة الشكل (2):

1. تركيز المواد المذابة في الوسط مساوياً لتركيزها داخل الخلية، ونسمي هذا الوسط بمتساوي الضغط الحلولي Isotonic Solution، ولا ينجم عن ذلك أي تغير في شكل الخلية.
2. تركيز المواد المذابة في الوسط أكبر من تركيزها داخل الخلية، ونسمي الوسط هذا بمرتفع الضغط الحلولي Hypertonic Solution، وينجم عن ذلك انتقال الماء من داخل الخلية إلى خارجها مما يؤدي إلى انكماش العصارة الخلوية، ويبدو ذلك جلياً في الخلايا الحيوانية بشكل انكماش كامل الخلية وتجعد غشائها.
3. تركيز المواد المذابة في الوسط أخفض من تركيزها داخل الخلية، ونسمي هذا الوسط بالمنخفض الضغط الحلولي Hypotonic Solution، وينجم عن ذلك انتقال الماء من خارج الخلية إلى داخلها، مما قد يتسبب في انفجار الخلية الحيوانية نتيجة زيادة الضغط في داخلها.

ولا بد من الإشارة، وبشكل مستقل عن الحلول الذي يتم بانتقال الماء البطيء بالانتشار البسيط، إلى وجود قنوات للماء Water Channels تدعى الأكوابورينات Aquaporins التي تزيد بشكل كبير من إمكانية عبور الماء لغشاء الخلية. وتكون هذه القنوات المائية نفوذة للماء وغير نفوذة للأيونات وتوجد بكثرة في الخلايا الحيوانية التي يتضمّن عملها نقل كميات كبيرة من الماء كالخلايا الظهارية في النسيج الكلوي وخلايا الغدد العرقية.

للحلول تطبيقات غذائية منزلية فيمكن حفظ اللحوم المملحة بتمرير كميات من الملح على سطح قطعة اللحم، بحيث يؤدي ذلك إلى خروج الماء من خلايا اللحم وتأخير نمو الجراثيم والفطريات التي تحتاج إلى الماء لتنمو في النسج الحيوانية. كما نستطيع الحفاظ على المخللات والمرئيات باستخدام تراكيز عالية من الملح والسكر على الترتيب، وبذات الآلية.



الشكل (2): تأثير ثلاثة محاليل الأول متساوي الضغط الحلولي Isotonic والثاني منخفض الضغط الحلولي Hypotonic والثالث مرتفع الضغط الحلولي Hypertonic على الخلية الحيوانية.

- **الانتشار الميسّر**

يدعى الانتشار ميسّراً عندما يتوسطه **بروتين حامل**، وذلك لأن المادة لا يمكنها المرور عبر غشاء الخلية بدون مساعدة البروتين حامل معيّن، أي أن هذا البروتين ييسّر انتشار المادة إلى الطرف أو الجانب الآخر.

الفرق بين الانتشار البسيط والميسّر يتمثّل بالسرعة، فسرعة الانتشار البسيط تزداد مع ازدياد تركيز المادة المنتشرة، أما سرعة الانتشار الميسّر فتتوقف عند سرعة معينة هي **سرعة البروتين الحامل.**

ثانياً: النقل الفعال (الفاعل)

عندما ينقل الغشاء الجزئيات أو الشوارد عكس مدروج أو ممال التركيز، أي من المنطقة ذات التركيز المنخفض إلى المنطقة ذات التركيز المرتفع، بوجود بروتين حامل، وبصرف طاقة، فإن هذه العملية تدعى بالنقل الفعّال.

من المواد التي تنتقل بهذه الطريقة نذكر: شوارد الصوديوم، وشوارد البوتاسيوم، شوارد الكالسيوم، وشوارد الحديد، وشوارد الهيدروجين، وشوارد الكلور، وشوارد اليود.

المحاليل

يتكون المحلول من:

- سائل مذيب (الماء في المحاليل البيولوجية).
- مواد ذائبة أو معلّقة فيه (الأيونات، والأملاح، والغلوكوز.....)

تصنّف المحاليل إلى:

- **محاليل متساوية الضغط الحلولي (متعادلة التوتر) Solution Isotonic:** يكون فيها تركيز الذوائب مساوي لتركيزها داخل الخلية، لذا لا يحدث تناضح للماء، ومن أمثلتها السائل (المصل) الفيزيولوجي NaCl 0.9%، الشكل (3).

الشكل (3): السائل الفيزيولوجي متساوي الضغط الحلولي أو متعادل التوتر NaCl 0.9%.

- **محاليل مرتفعة الضغط الحلولي (عالية التوتر) Hypertonic Solution:** يكون فيها تركيز الذوائب أعلى من تركيزها داخل الخلية، لذا يتحرك الماء إلى خارج الخلية لتنكمش بذلك الخلية، ومن أمثلتها المحلول الملحي NaCl 10% أو NaCl 30%.
- **محاليل منخفضة الضغط الحلولي (منخفضة التوتر) Hypotonic Solution:** يكون فيها تركيز الذوائب أقل من تركيزها داخل الخلية، لذا يتحرك الماء إلى داخل الخلية لتنتفخ بذلك الخلية وقد تنفجر، ومن أمثلتها الماء المقطّر.

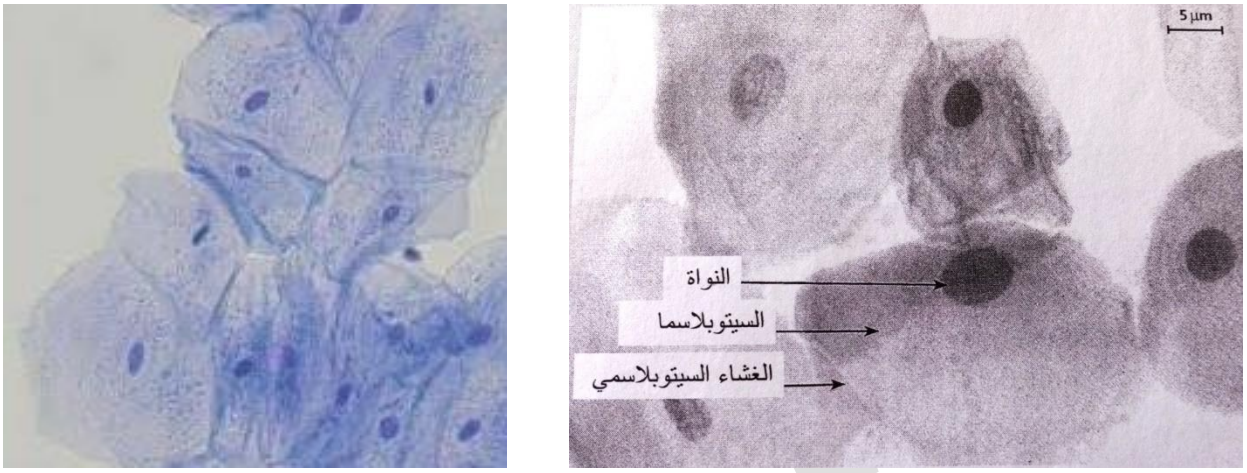
طريقة تحضير العينة الرطبة لخلايا باطن الخد (الشدق)

1. يكشط باطن الخد باستخدام ماسحة قطنية أو خافض لسان.
2. تمسح الكشطة على شريحة زجاجية جافة ونظيفة في منتصفها.
3. يوضع فوقها قطرة من الماء العادي (ماء الصنبور).
4. توضع ساترة زجاجية نظيفة بزاوية حادة 45° وتلقى بهدوء فوق العينة، ويصبح المحضّر عندها جاهزاً للدراسة تحت المجهر الضوئي.

في حال أردنا تلوين العينة:

5. تضاف للمسحة قطرة من أزرق الميتيلين، وتترك لمدة دقيقة واحدة.
6. يزال بعدها الصباغ بالماء العادي.

7. تترك الشريحة لتجف في حرارة الغرفة.
8. توضع ساترة زجاجية نظيفة، وتدرس تحت المجهر الضوئي، الشكل (4).



الشكل (4): خلايا باطن الخد (الشدق) الملوّنة بأزرق الميتيلين، حيث تظهر الأجزاء الرئيسة الثلاثة للخلية الحيوانية.

لدراسة تأثير المحاليل المائية المختلفة على خلايا الشدق:

9. تحضّر ثلاث عينات من خلايا الشدق.
10. بعد تلوين كل عينة بأزرق الميتيلين لمدة دقيقة واحدة، يزال الصباغ للعينة الأولى بالماء العادي أو السائل الفيزيولوجي، وللعينة الثانية بالمحلول الملحي NaCl (10% أو 30%)، وللعينة الثالثة بالماء المقطّر.
11. تترك الشرائح لتجف في حرارة الغرفة، ثم تدرس تحت المجهر الضوئي.

انتهت الجلسة... بالتوفيق للجميع