الفصل الواحد والعشرون

النفاذيـــة PERMEABILITY

تعنى النفاذية مرور المواد خلال الأغشية الحيوانية ولهذه العملية أهمية قصوى فى حياة الكائن الحى حيث أن هذه العملية تنظم دخول مواد معينة داخل الخلايا وهى ضرورية لتكوين المواد الحية كما انها تنظم خروج المواد الإخراجية والماء التى يجب أن تتخلص منه الخلايا . وتعتمد النفاذية على عاملين رئيسين هما :

١ - خصائص الأغشية الخلوية والنووية فيما يتعلق بمرور الجزيئات .

٢ - القوى الدافعة للجزيئات .

وعلاوة على هذا فإن النفاذية تتأثر كثيرا بالعوامل المحيطة مثل درجة الحرارة والضغط الأزموزى للوسط الخلوى .

الضغط الأزموزى والنفاذية Osmotic pressure and permeability

الضغط الأزموزى ضرورى لحياة الكائن الحى ويلعب دورا أساسيا فى تكوين سوائل جسمية معينة مثل الليمف والسائل بين الخلوى .

ويوضح الضغط الازموزى جيدا فى الخلايا النباتية ، فعندما توضع هذه الخلايا فى محلول له نفس الضغط الأزموزى للمحلول الداخلى فى الخلايا فإن السيتوبلازم يبقى ملاصقا لجدار الخلية . وإذا كان محلول الوسط أكثر تركيزا عن السائل الخلوى فإن الخلايا تفقد ماء وينسحب السيتوبلازم من الجدار السيلوزى الجامد . وعلى العكس ، اذا كان المحلول فى الوسط المحيط اقل تركيزا فإن الخلايا تنتفخ إلى درجة الإنفجار .

وفى الخلايا الحيوانية يسمح غشاء اخلية بنفاذ الماء وبعض المحاليل الذائبة المعينة . ويتم الابقاء على الضغط الأزموزى بواسطة عملية معينة تعمل على تنظيم تركيز المواد المذابة داخل الخلية . على أن مرور المواد المختلفة خلال الأغشية الحيوانية لا يحدث بنفس السهولة .

كما أن الغشاء الخلوى يحافظ على التوازن بين الضغط الأزموزى داخل الخلية والسائل بين الخلوى . وقد تكون المحاليل متوازية الأساس أو عالية الاساس أو منخفضة الأساس بالنسبة للسائل بين الخلوي .

١ - المحاليل متوازنة الاساس Isotonic solutions : التى يتساوى فيها الضغط الBموزى الخارجى مع الضغط الاسموزى داخل اخلية : فمثلا ٩٥٪ محلول كلوريد الصوديوم محلول متعادل الاسس بالنسبة للحيوانات الثدييية .

٢ - المحاليل منخفضة التركيز Hypotonic solutions التى ينخفض فيها الضغط الازموزى خارج الخلية عنه داخل الخلية ؛ فمثلا ٦٦ر٠٪ محلول كلوريد الصوديوم يكون منخفض الأساس فى الحيوانات الثديية ولكنه متعادل الأساس بالنسبة لخلايا البرمائيات .

٣ - محاليل عالية الاساس : Hypertonic solutions ويكون بها الضغط الازموزى الخارجى اكثر ارتفاعا عنه فى الخلايا .

تنظيم الضغط الأزموزى Regulation of osmotic pressure

تنظيم الضغط الأزموزى ضرورى للعمليات الحيوية المختلفة ؛ ففى الثدييات العليا يلاحظأن الكلى هى الأعضاء الرئيسية لتنظيم الضغط اللا أزموزى . ففى هذه الأعضاء يتسبب الضغط السائل للدم فى مرور الماء للخارج من الجلوموريلس (الكبة) glomerulus على هيئة بول . فيلاحظ فى كثير من الحيوانات الأولية أن الفجوة المنقبضة تعمل على الحفاظ على توازن الضغط الازموزى . وهذا العضر أو العضى هو المنظم للضغط الأزموزى وهو الذى يستخلص الماء الزائد من البروتوبلازم ويفرعه الى الوسط المحيط به وهذا هو السبب فى وجود مثل هذه الفجوات فى الأميبا التى تعيش فى المياه العذبة . بينما لا توجد فى نظراتها التيتعيش فى المياه المالحة . ففى الحالة الأولى تكون الأميبا محاطة بمحلول تركيزه أقل بكثير من تركيز الخاية ولهذا فإن الماء ينتشر بالأستمرار داخل هذه الخلية الحيوانية ، وفى الحالة الاخرى فإن الأميبا التى تعيش فى الماء المالح تحاط بمحلول تقريبا متوازن االتركيز مع السائل الداخلى . واذا انتشرت كمية قليلةمن الماء للداخل فإن الحيوان يتخلص منها بواسطة الانتشار البسيط خلال الغشاء الخلوى .

وقد اثبتت التجارب على كرات الدم الحمراء ان هذه الخلايا تنتمى إلى مجموعة الأشياء التى تعرف بأنها المقياس الأزموزى ، وهى الأشياء التى لها القدرة فى أن تغير من أحجامها فى الأوساط المختلفة الأساس بواسطة تبادل الماء فقط .

طرق تعيين نفاذية الخلية Methods of determination of cell permeability

١ - **البلزمة** plasmolysis : تعتمد هذه الطريقة على مشاهدة ظاهرة البلزمة (تغير شكل البروتوبلازم) تحت المجهر من الخلايا الحيوانية التى تستخد كمادة جيدة لدراسة النفاذية وخاصة نفاذية الماء وهى بيض بعض الحيوانات البحرية مثل الكيروبيتروس chropterus وهذا البيض كروى الشكل ذو حجم ثابت فى الظروف العادية ولكنه يتفخ فى المحاليل منخفضة التركيز وتنكمش فى المحاليل المرتفعة التركيز وذلك بدون أن تفقد هذه الخلايا شكلها الكروى . ويمكن تعيين الانتفاخ أو الانكماش بقياس قطر البيضة ثم حساب الحجم .

٢ - **بلزمة الدم** Haemolysis : بهذه الطريق تحسب النفاذية بواسطة قياس البلزمة فى كرات الدم الحمراء عن طريق الكثافات الضوئية المختلفة التى تحدث عن طريق تغيير حدة لون المحلول الذى توجد به كرات الدم الحمراء . وهذا القياس (مرتبط بعامل الوقت) ويعطى فكرة دقيقة عن النفاذية لهذه المادة .

٣ - **النظائر المشعة النشطة** Radioactive isotopes : فى حالة نفاذية الالكترونيات يستحسن أن تدرس عن طريق استخدام النظائر المشعة النشطة . فى هذه الحالة فإن العناصر الأثرية trace elements تستخدم بدلا من المركبات العادية ثم تقاس نفاذيتها عن طريق عداد جيجر Geiger counter وهذه طريقة هامة فى تعيين كمية المادة التى تنفذ داخل الخلية خلال فترة محددة من الزمن .

٤ - **الانتشار والانتقال النشط** Diffusion and active transport :

تسمح الثقوب الدقيقة التى توجد فى الغشاء البلازمى فى انتشار الجزيئات التى لا يتجاوز قطرها ٧ ^{o} . ومن خلال هذه الثقوب تمر بسهولة نسبية المواد التى لا تذوب فى الدهون وذات الاحجام الصغيرة مثل الماء من داخل الخلية Nالى خارجها . وتنتقل المواد خلال الغشاء

البلازمى بواسطة عمليتين رئيسيتين :

١ - الانتشار diffusion ٢ - الانتقال المسهل Active transport

١ - الانتشـار :

وهذا يعنى حركة المواد بطريقة عشوائية بسبب الحركة العادية للمادة حيث تنتشر المادة المذابة من حجرة إلى اخرى عندمـا يكون التركيز أكثر أرتفاعا فى الحجرة الاولى عنه فى الثانية .

$$\text{معدل الإنتشار} = \frac{\text{معامل التركيز} \times \text{القطاع العرضى} \times \text{درجة الحرارة}}{\text{الوزن الجزيئى} \times \text{المسافة}}$$

وقد ذكرنا سابقا أن الغشاء الخلوى ما هو الا صحيفة من الدهون تغطى سطحها طبقة من البرفين . وهذا الغشاء الدهنى البروتينى يعمل كحاجز فاصل بين داخل الخلية وخارجها . فإذا لم تكن المادة قابلة للذوبان فى الدهون فانها لا تستصيع ان تمر خلال الغشاء .

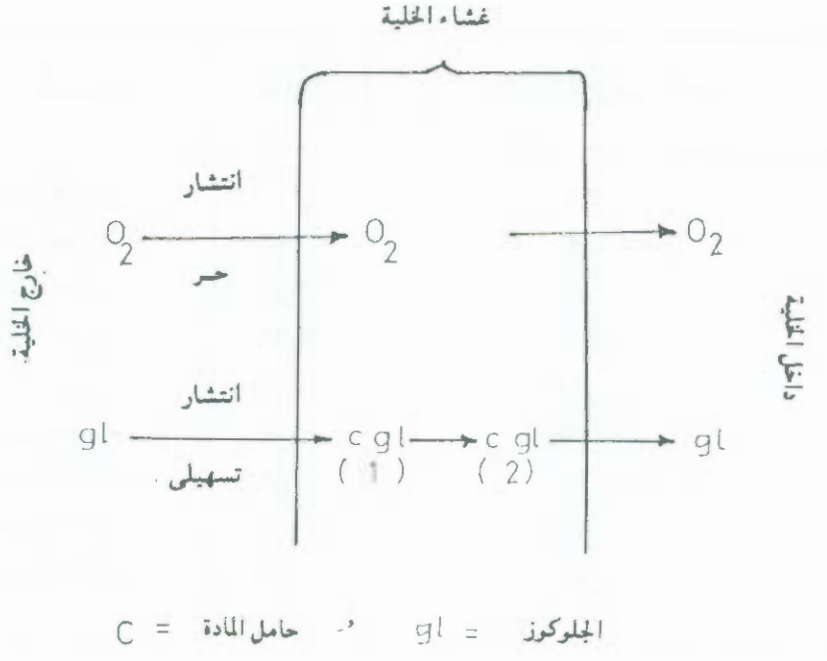
والمواد التى تذوب فى دهون الغشاء الخلوى أيضا فى الماء هى قليلة . وهذه تشمل الاكسجين وثانى اكسيد الكربون والحكول ومواد اخرى ذات اهمية قليلة . وعندما تأتى مادة من هذه المواد وتلتصق بالغشاء فإنها تذوب فى الحال فى الدهن وتنتشر بسهولة علاوة على إنتشارها فى الوسط المائى على جانبى غشاء الخلية . ولذلك فإن الحركة العشوائية للجزئيات قد تدخلها خلال الغشاء أو قد تأخذها مرة ثانية خارج الخلية من حيث أتت . اما اذا ذابت المادة بصعوبة ولا تذوب كلية فى الدهون فإن انتشارها سيتعطل تماما مثل الماء الذى هوعديم الذوبان فى الدهون ولذا فانه لا يمر كلية خلال المواد الدهنيـة ولكن هذا الماء يمر خـلال الثقوب الدقيقة (٨) وينتطبق هذا تماما على الأيونات والجزيئات التى تذوب فى الماء بشرط أن يكون حجم هذه الجسيمات أصغر من حجم الثقب . والجدول التالي يبين علاقة قطر المواد المختلفة بالنسبة لقطر الثقب .

المـــادة	القطر	النسبة الى قطر التغير
جزئ المـــاء	٣	٣٨ر
جزئ اليوريا	٣ر٦	٤٥ر
الكالســيوم	٣ر٨٦	٤٨ر
البوتاســيوم	٣ر٩٦	٤٩ر
الصوديـــوم	٥ر١٢	٦٤ر
جزئ الجلسرين	٦ر٢	٧٧ر
جزئ الجلوكوز	٨ر٦	١ر٠٤٠
جزئ السكروز	١٠ر٤	١ر٣٠
جزئ اللاكتوز	١٠ر٨	١ر٣٥

ولا تزال هناك بعض المواد التى لا تذوب فى الدهون وذات حجم أكبر من حجم الثقب مثل الجلوكوز الذى يستطيع أن يعبر الغشاء عن طريق ما يسمى بالانتشار المسهل أو التسهيلى facilitated diffusion وطريقة الانتشار التى تتم فى مثل هذا النوع من الانتشار تحدث كما يلى :

١ - يتحد الجلوكوز بمادة C ، عند النقطة (١) ويكون المركب cgl وهذا المركب قابل للذوبان فى الدهون بحيث يستطيع أن ينتشر إلى الجانب الاخر للغشاء فى الاصل .

٢ - عندالنقطة (٢) على الجانب الآخر فى الغشاء ينفصل الجلوكوز بعيدا عن الحامل بينما ينتشر الحامل عائدا إلى السطح الخارجى ليلتقط جلوكوزا آخر وينقله الى الداخل . وهلذها فإن تأثير الحامل هو أنه يعمل على ذوبان الجلوكوز فى الغشاء لأنه بدون الحامل لا يستطيع ان يمر خلال الغشاء . ومن المحتمل أن تتواجد أنزيمات معينة تعمل كعامل مساعد لهذه التفاعلات الكيميائية وفى بعض الأمثلة تتم العملية بدون متطلبات من طاقة إضافية .



(شكل ١٢٣)
شكل يوضح عملية الانتشار

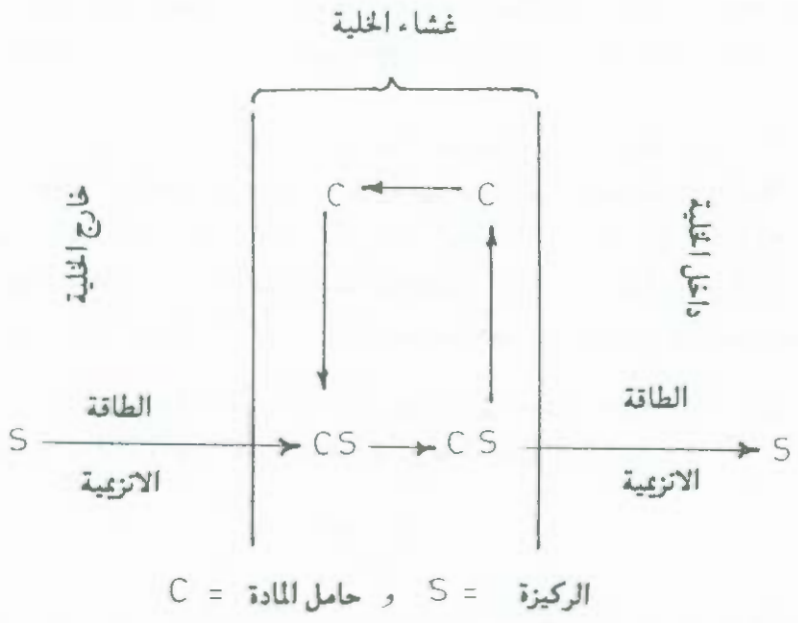
٢ - **الانتقال النشط** Active :

من الواضح أن كل المواد تنتشر من التراكيز العالية الى التراكيز المنخفضة ، ولا توجدما مادة تستطيع أن تنتشر ضد التركيز المنخفض إلى التركيز الأعلى والتى يطلق عليها " صعود التل " . وعملية تحريك الجزئيات إلى صعود ضد التركيز العالى يطلق عليها " الانتقال النشط " . ومن بين المواد التى تنتقل بواسطة الانتقال المنشط هذا خلال الغشاء الخلوى فى بعض اجزاء الجسم واليوريا وبعض السكريات والاحماض الامينية . وعملية الانتقال المنشط متشابهة بالنسبة لكل المراد وهى تعتمد على الانتقال عن طريق المواد الحاملة .

١- المادة (S) تتحد مع الحامل (C) عندما تدخل الغشاء .

٢ - على السطح الداخلي للغشاء تنفصل المادة (S) من الحامل وتنطلق الى داخل الخلية .

٣ - يتحرك الحامل (C) عائدا الى السطح الخارجى ليلتقط كمية أكثر من المادة (S)



(شكل ١٢٤)
شكل يوضح الانتقال النشط

ويتضح أن هناك تشابها بين هذه العملية والانتشار المسهل ولكن الفارق هو أن الطاقة توزع خلال ATP لهذا النظام خلال عملية الانتقال المنشط . ويعتقد أن الحامل ما هو إلا فوسفولبيدات أو بروتين . وتوجد أجهزة متعددة من الحوامل فى كل الأغشية ويختص كل منها فى نقل مواد معينة ؛ فمثلا جهاز حامل ينقل +Na إلى خارج غشاء الخلية ويحتمل أن

ينقل K^+ لداخل الخلية فى نفس الوقت . ويبدو الجهار الحامل Na^+-K^+ مرتبط بالتحلل المائى لمركب ATP . ويوجد أنزيم ATPase مرتبطا بغشاء الخلية . ومن المتفق عليه الآن أن (Na^+-K^+ATPase) مرتبط بالنقل النشط لكل من الصوديوم (Na^+) والبوتاسيوم (K^+) .

قانون ڤانت هوف ماريوت Vant Hoff - Mariotte Law :

ترتبط هذه الطريقة بنفاذية الماء بصورة خاصة . وحسب هذا القانون ، فإن حجم أى جسم - ممكن ان يطلق عليه " مقياس اوزموزى " يتناسب عكسيا مع قوة تركيز الوسط المسحيط . وعلى هذا الاساس ، اذا ازداد حجم الجسم انخفضت قوة تركيز الوسط المحيط وهكذا .

ولتوضيح ذلك القانون ، يفترض أن خلية الدم الحمراء يمكن تمثيلها على أنها نموذج معين فيه غشاء سطحى غير صلب أو جامد يحيط بكمية معينة من الهيموجلوبين والأملاح الذائبة . هذا الغشاء منفذ للماء والانيونات ولكن ليس الكتيونات . ومثل هذا النموذج ينتفخ او ينكمش نتيجة لانتقال الماء فقط عند وضعه فى محلول أقل أو أكثر تركيزا من المحلول الموجود بداخله . وعلى ذلك فانه يمثل مقياسا اوزموزيا نموذجيا حسب قانون ڤانت هوف ماريوت .

فاذا كانت (V) تمثل حجم الخلية ، (T) قوة تركيز الوسط المحيط ، (W) الجزء من حجم الخلية الذى يحتله الماء ، فإن القانون المذكور يمكن تمثيله على الوجه التالى :

$$V = W\,(1/T\text{-}I) + 1$$

وكما سبق ذكره ، فان المحلول مساوى التركيز أو الضغط الأوزموزى وهو الذى يساوى تركيز الخلية الموجودة فى ذلك الوسط . وعلى ذلك فإن مثل تلك الخلية لا تنتفخ ولا تنكمش فى مثل ذلك الوسط . وتعتبر مادة البالزما فى الحيوان محولا مساوى الضغط الازموزى بصورة نموذجية لقوة تركيز فيها ($T = 1.0$) ونفس هذه القيمة (1.0) هى الخاصة بالالكتروليتات والسكريات وغيرها التى تظل فيها الخلايا الحمراء بدون تغير فى شكلها او حجمها .

وعند انخفاض تركيز المحلول يزداد حجم الخلية حتى تصل الى الحجم الحرج (Vn) مع تركيز حرج جديد (Tn) . وأى ازدياد فى الحجم بعد ذلك ينتج عنه تحلل الهيموجلوبين . وفى

هذه الحالة تكون (A) ممثلة مساحة سطح الخلية التى تكون كروية فى تلك الحالة وعلى هذا تكون :

$$Tn = \frac{W}{(Vn\ No - I) + W}$$

والحجم الحرج لخلية الدم الحمراء فى الانسان هو (1.6 Vo.) . ويتضح من هذا القانون أن خلايا الدم الحمراء تعتبر مقياسا أوزوموزيا نموذجيا . وهذا واضح مما يلى :

١ - يوجد حجم حرج معين لحجم الخلية الحمراء يتوقف على قوة تركيز المحلول فى الوسط المحيط وبالطبع على كمية الماء التى تخترق غشاء الخلية . وأى ازدياد فى هذا الحجم الحرج يؤدى إلى تحلل الخلايا وتهدمها .

٢ - خلايا الدم الحمراء لا تتحلل بنفس الطريقة فى التركيز الواحد . ويرجع السبب فى ذلك اختلاف كميات الماء فيها وأشكالها وأحجامها الأصلية .

٣ - فى المحاليل مرتفعة التركيز ، يوجد حد أعلى لانكماش الخلايا نتيجة لفقدان الماء منها . وقد وجد بصورة عامة أنه عند وضع تلك الخلايا فى محلول مرتفع التركيز لدرجة ٢٠٪ ملح الطعام ، فإن نصف كمية الماء الموجودة بها هى التى تفقد فقط فى تلك الحالة . ولا تخضع كمية الماء المتبقية لعوامل الضغط الازموزى عندئذ . ويتسبب فقدان ذلك الماء من خلايا الدم الحمراء إلى ارتفاع معدل تركيب الهيموجلوبين فيها الى حوالى ٦٠٪ ، وعلى ذلك فإن هذا الهيموجلوبين يتبلور ولا سبيل عندئذ لخروج الماء من تلك البلورات .

وقد وجد بصفة عامةان نفاذية الماء تتراوح بين ١ - ٣ ويتم تقديرها باحتساب عدد الميكرونات المكعبة من الماء التى تمر خلال ميكرون ، مربع من سطح الخلية خلال دقيقة واحدة عند درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية .

نفاذية الايونات (قانون دونان للتوازن)

Permeability to ions (Donnans Law of Equilibrium)

المعروف ان جزيئات المواد غير الالكتروليتينية (التى لا تتحلل فى الماء الى ايونات

مشحونة) تخترق غشاء الخلية بكفاءة اكثر عن الحبيبات المشحونة والايونات) . وتلعب الأيونات دورا أساسيا فى الحفاظ على النشاطات البيولوجية ولدخولها او خروجها من الخلايا أهمية بالغة وذلك بالنسبة للشحنات الكهربائية التى تقوم بحملها . ويمكن جعل هذا النوع من النفاذية عن طريق " قانون دونان للتوازن " (العلاقة التى توجد بين اثنين من محاليل الالكتروليتات يفصل بينهاغشاء لا يسمح بمرور أحد الايونات) وذلك على الصورة الاتية :

فإذا تم وضع محول من كلوريد الصوديوم (Na^+cl^-) على أحد جانبى غشاء شبه منفذ ، ووضع على الجانب الآخر محلول كلوريد البوتاسيوم (K^+cl^-) فإن الأيونات تستمر فى المرور فى الاتجاهين حتى يتم التوصل إلى حالة من التوازن على جانبى هذا الغشاء .

ولكن اذا وضع على احد جانبى مثل هذا الغشاء محلول كلوريد الصوديوم وعلى الجانب الآخر محلول غير قابل للنفاذ مثل أحمر كونغو Congo red وهو يتكون من الصوديوم ومادة اخرى يشار لها بالحرف R ، فإن مرور المواد فى تلك الحالة يمكن تمثيله على الوجه التالى اخذا فى الاعتبار ان الحرفين b,a يشيران إلى اعداد الايونات على جانبى هذا الغشاء .

I	II
a. Na^+	b. Na^+
a. Cl^-	b. R^-

ويلاحظ ان ايونات الصوديوم (Na+) والكلوريد (cl-) تمر خلال هذا الغشاء فى الاتجاه I ---- II وكذلك الاتجاه المضاد حتى يتم التوصل إلى نوع من التوازن أو التعادل عندما تكون سرعة الانتشار متماثلة على كلا الجانبية . فإذا اشير إلى عدد الايونات التى تنتقل خلال الغشاء من الحجرة I بالرمز × فاإه عند التوصل الى حالة التوازن سيكون فى الحجرة II نفس عدد الايونات الاصلى b بالضافة إلى عدد × الذى يمثل الايونات القادمة من الجانب I ، اى سيكون (b+x) ومن الناحية الأخرى ، فإنه سيكون فى الحجرة I سيكون هناك عدد ينقص بمقدار × كما هو موضح فيما يلى :

I	II
$a - X. Na^+$	$b + x. Na^+$
$a - X. Cl^-$	$b. R^-$
	$x. Cl^-$

ولما كانت سرعة الإنتشار من الجانب I الى الجانب II موازيا لتركيز أيونات الصوديوم (Na+) والكلوريد (cl-) فى الجانب I ، فإن هذا يمكن أن يعبر عنه بأنه $(a-x)2$. وفى نفس الوقت فإن سرعة الانتشار فى الجانب المضاد ، اى من الجانب II الى الجانب I سيكون موازيا لحاصل ضرب تركيز الصوديوم (Na+) والكلوريد (cl-) فى الجانب II ويكون $(b+x)x$. ويتم التوصل إلى التوازن الأيونى عندما تكون سرعة الإنتشار متساوية فى كلا الاتجاهين حسب ما هو موضح فيما يلى :

I II

$$(a - x)^2 \;===\; (b + x) \quad x$$

ومن هذه المعادلة التى يطلق عليها " معادلة دونان الاساسية"

Donnan's fundamental equation

- تركيز أيونات كل من الصوديوم (Na+) والكلوريد (cl-) متساو فى الحجر او الجانب I .

- عدد أيونات الصوديوم (Na+) أكثر إرتفاعا فى الجانب II عنه فى الحجرة I .

- تركيز أيونات الكلوريد (cl-) أكثر إرتفاعا فى الحجرة I عنه فى الحجرة II .

- تركيز أيونات الصوديوم (Na+) فى الحجرة II أكثر إرتفاعا عن تركيز الكلوريد (cl-) .

اهمية توازن دونان فى النشاطات الخلوية :

Significance of Donnan's equilibrium in cellular activities :

يلعب قانون دونان للتوازن دورا هاما فى تفسيدانتشار المواد القابلة للنفاذ خلال الأغشية الحيوانية والمواد غير القابلة للنفاذ فى تلك الحالات وكيفية التوصل إلى التوازن عندئذ . رتمثل البروتينات مثل هذه المواد غير النفاذة . وعلى أساس هذا القانون فإن الاختلاف بين كمية البيكربونات والكلوريد فى كل من خلايا الدم الحمراء ومصل الدم (مع اعتبار

الهيموجلوبين ممثلا للايونات غير النفاذة) قد أمكن تفسيره . والمعروف أن الهيموجلوبين يوجد بمعدلات مرتفعة فى خلايا الدم الحمراء .

وبجانب ذلك ، فإن الأيونات المعدنية (الأينونية والكاتيونية) تدخل الخلايا وتخرج منها . ومن المحتمل أن تبادلها يتم بمعدل نشط فى الخلايا والانسجة أثناء مراحل النمو وذلك لأن تركيد الأملاح يظل ثابتا بينما تكون كتلة البروتوبلازم فى حالة إزدياد . وهى كذلك مرتفعة ايضا فى الخلايا الافرازية التى يمكن إحلالها بأملاح مثيلة من الدم عن طريق إنتشارها خلال الأغشية الدموية . وبالمثل فإن تبادلا نشطا يحدث فى تلك المواد فى الأنسجة العضلية والعصبية أثناء نشاطاتها الفسيولوجية .

كذلك اوضح قانون دونان أن احتراق الأيونات المعدنية مختلف عن بعضها (ويعنى الاختراق penetrability السرعة النسبية التى تغير بها مادة معينة الغشاء البلازمى تحت الظروف القياسية) وظاهرة الإختراق هذه خاصية مميزة لمثل تلك المواد ، بينما تعتبر النفاذية permeability خاصية مميزة للغشاء الخلوى . والمعروف أن الأنيونات anions لها معدل اختراق اسرع من الكاتيونات Cations (cl- > Na+) ، ويمكن تمثيل معدل اختراق الأنيونات على الوجه التالى :

النيترات اكثر من الكلوريد اكثر من الخلات اكثر من الاكسالات اكثر من الكبريتات

Nitrate > Chloride > Acetate > Oxalate > Sulphate

ويكون فى حالة الكاتيونات :

Potassium > Sodium > Lithium > Magnesium > Calcium .

وفى حالة السكريات ، فإن عددا كبيرا من جزيئات الجلوكوز تنتشر داخل الخلايا للحفاظ على التوازن ، غير أنه بالنسبة للسكريات الأخرى (مثل السكروز) فإن مركبات أقل منها قد تعمل على الحفاظ على هذا التوازن . ويرجع السبب فى ذلك الى أن الجلوكوز مطلوب بشدة بواسطة الخلايا ويتم استخدامه بصفة مستمرة فى النشاطات الحيوية على حين أن السكروز يطئ فى عملياته الحيوية .

اختراق المواد الصلبة والسائلة Penetration of solids and salts :

من النواحي المرتبطة بمناشط الغشاء الخلوى عمليتا البلعمة والابتلاع phagocytosis والارتشاف pinocytosis . وعن طريق هاتين العمليتين تمر المواد الصلبة والسائلة داخل الخلية . ولما كانت العمليتان متشابهتين فإنه يطلق عليهما معا الانتقال الداخلي endocytosis وعكس ذلك عملية الطرد الخارجى exocytosis التى يتم عن طريقها طرد المواد خارج الخلية .

الابتلاع أو البلعمة phagocytosis :

تشير هذه الظاهرة إلى ابتلاع الخلية لحبيبات صلبة قد تصل فى حجمها إلى حد إمكان رؤيتها بواسطة الميكروسكوب الضوئى المعتاد وذلك مثل البكتريا وذلك هو السبب فى هذه التسمية التى تعنى عملية الأكل .

(شكل ١٢٥)

الخطوات المتتابعة لعملية البلعمة حيث يتقارب القدمان الكاذبان ويندمجان معا لادخال المادة الغذائية

وفى هذه الحالة يتم ابتلاع هذه المواد عن طريق تكوين أقدام كاذبة ، وتلتقى هذه مع بعضها بحيث تندمج الأغشية الخلوية لتلك الأقدام لتتكون فجوت معينة محاطة بغشاء الخلية (شكل ١٢٥) . وتشاهد هذه الظاهرة فى العديد من الاوليات بصورة عامة وبعض انواع البعديات (الميتازوا) مثل الخلايا البيضاء الحبيبية وبعض خلايا الأنسجة الضامة . كما أن اخذ الخلايا للحبيبات الصبغية يعتبر أيضا عملية بلعمة .

وتختلف الخلايا عن بعضها بالنسبة لخاصية البلعمة هذه ، فعلى سبيل المثال يمكن لبعض الخلايا أن تبتلع الفيروسات بينما لا يستطيع غيرها ذلك . وفى مثل تلك الخلايا البالعة تأخذ الفيروسات فى التكاثر والتضاعف ويزداد عددها بكثرة واضحة . كذلك تختلف الخلايا السرطانية عن بعضها فى قدرتها الابتلاعية حيث يكتسب البعض منها تلك الخاصية لا توجد فى البعض الاخر . ويرى بعض الباحثين أن عملية البلعمة هذه اكثر انتشارا فى الخلايا الليفية السرطانية فى المزارع النسيجية عنها فى الخلايا الليفية السوية . وبالإضافة إلى ذلك

فإن بعض الخلايا لها خاصية اختيارية فيما يتعلق بهذا النشاط الإبتلاعى . وعلى ذلك ، فإن هناك خلايا تبتلع حبيبات الأحمر المتعادل neutral red الصبغية ، بينما لا تبتلع البكتريا العصوية أو حبيبات الكربون . وبالمثل ، فإن الخلايا التى تنتج من الخلايا وحيدة النواة يحدث بها تحور فى مقدرتها البلعمية عن الخلايا العادية التيى تستطيع ابتلاع تلك البكتريا العصوية والحبيبات الكربونية .

وفى جميع هذه الحالات ، فإنه ليس من الضرورى أن تخترق الجسيمات المبتلعة غشاء الخلية ولكن على الاغلب فإن تلك الجسيمات تصبح ملامسة لغشاء الخلية ثم تغوص فى مادة الخليةالتى تفيض حولها . وفى بعض الأحيان تحمل هذه الجسيمات أجزاءا من أغشية الخلية داخل السيتوبلازم حيث تذوب أو يتم هضمها .

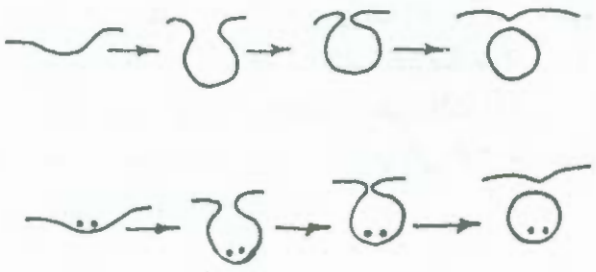
الارتشاف Pinocytosis :

تشير هذه الكلمة الى شرب الخلايا للمحاليل السائلة ، وذلك على عكس كلمة الإبتلاع التى تدل على عملية الأكل ، وقد وصفت عملية الإرتشاف هذه لأول مرة بواسطة العالم لويس (Lewis, 1931) . وبهذه الوسيلة فانه عند وضع الخلايا فى محاليل استزراع الخلايا والانسجة التى تحتوى على مواد سائلة معقدة التركيب من البروتينات وغيرها مما لا تستطيع الانتشار خلال أغشية الخلايا ، إلا أنه يمكن ابتلاعها عن طريق نشاطات الأقدام الكاذبة وحال دخول قطرات هذه المواد داخل الخلية ، فإنها تحاط بأجزاء من أغشية الخلية ، ثم تختفى بعد ذلك تدريجيا حيث تصبح من مكونات المادة السيتوبلازمية . وبعبارة أخرى ، فإن لفظ الإرتشاف يستخدم عادة لوصف طريق تكوين الفجوات الخلوية .

(شكل ١٢٦)
الخطوات المتتابعة لعملية الارتشاف

وذلك عن طريق تكوين حواف أو (شراشيب) نشطة من أغشية الخلايا التى تهبط بعد ذلك داخل الستوبلازم . وتتميز هذه الخلايا بأن حوافها متموجة وليست ملساء كمعظم الحالات . وقد أمكن متابعة تكوين مثل هذه الحواشى ونشاطاتها بواسطة التصوير العلمى .

وكما لوحظ فى محاليل استزراع الخلايا والأنسجة ، فإن الخلايا البلعمية الكبيرة macrophages تتميز بنشاط أرتشافى أكبر عنه من بقية الخلايا الاخرى . كذلك شوهد أن خلايا السركوما sarcoma السراطانى لها قدرة واضحة على عملية الارتشاف هذه ، وذلك أيضا فى مزارع الخلايا ، وعلى ذلك فإنها تشابه الخلايا البلعمية الكبرى فى هذا المجال . ومن ناحية أخرى . فان العالم لويس قد ذكر عام ١٩٤٧ أن خلايا الكرسينوما carcinoma قد لا يمكنها القيام بعملية الارتشاف هذه لأنها أولا خلايا طلائية جالسة أى مرتكزة (مثبتة) على أنسجة أخرى ولا يمكنها تكوين أقدام كاذبة .



(شكل ١٢٧)

(أ) خطوات عملية ارتشاف دقيق (ب) عملية ارتشاف أوسع مدى

الارتشاف الدقيق أو الارتشاف الشفطى أو الادمصاصى :

Micropinocytosis and rhopheocytosis (cell aspiring)

فى مثل تلك الحالات ، لا تقوم الخلايا بتكوين أقدام كاذبة ، ولكن غشاء الخلية يندغم للداخل فى السيتوبلازم مكونا حويصلات صغيرة (شكل ١٢٦) .

والفرق بين العمليتين المذكورتين هو أنه فى حالة الشفط أو الإدمصاص فإنه يستلزم التصاق الجزئيات المرتشفة بغشاء الخلية ، إما فى حالة الإرتشاف الدقيق ، فإن المواد الصلبة أو المحاليل المرتشفة لا يتعين أن تلتصق بغشاء الخلية ولكن يتم أخذها داخل التجاويف الخلوية مباشرة .

الطرد الخلوى Clasmatosis :

تتم هذه العملية على عكس عملية الارتشاف ؛ ففى هذه الحالة تمتد من غشاء الخلية زوائد معينة محتوية على مواد معينة ، ثم تنفصل هذه الزوائد عن غشاء الخلية ، وفى هذه

الحالة فإن أجزاء غشاء الخلية هذه تتحلل أو تختفى ، وبذلك فإن هذه المواد تترك الخلايا دون اختراق أغشيتها .

وهناك ثلاثة أمثلة لعملية طرد المواد هذه : المثال الأول هو الخلايا كبيرة الأنوية megakaryocytes الموجودة فى نخاع العظام والتى تمتد منها أجزاء صغيرة من أقدامها الكاذبة خلال جدران الأوعية الدموية حيث تتكسر أو تتفتت مكونة الصفائح الدموية . والمثال الثانى الخاص بالخلايا البنكرياسية الحية عند وضعها فى الصبغات الحيوية . هذه الخلايا تقوم بتكوين زوائد من أغشيتها الخلوية التى تحتوى على السيتوبلازم وبعض المواد الافرازية . ثم تنفصل هذه الزوائد عن اغشية الخلايا فى تجويف القناة البنكرياسية حيث تنساب اليها المواد الافرازية . أما المثال الثالث فإنه يوجد فى الغدة الدرقية حيث لوحظ فى الخلايا الحية أن هناك مواد غروانية معينة تصل إلى داخل تجاويف الحوصلات الخلوية تكون محتواه داخل أغشية سيتوبلازمية . وهذه تنفصل من الخلية بما يؤدى إلى تحرر أو انطلاق هذه المواد الغروية من الخلايا (بدون المرور خلال غشاء الخلية) .