# الباب الأول

## « الخلية والنسيج »

# تقسيم الجسم البشري

يتكوّن الجسم البشري من عدد كبير من اللَبِنات الدقيقة التي تُدعى بالذرّات. ترتبط الذرّات بعضها ببعض لتشكّل مركّبات تدعى بالجزيئات. على هذا النحو تنشأ جزيئات البروتين في العضوية على سبيل المثال. تجتمع الجزيئات المختلفة لتشكّل ما يُسمّى العضيّات، وهي أعضاء دقيقة تحتوي عليها كلّ خلية. وتمثّل الخلايا في الجسم البشري درجة التنظيم التالية بالحجم. ويُسمّى اجتماع الخلايا المتماثلة نسيجاً. أما الأعضاء فتتكوّن بدورها من أنواع مختلفة من النسيج. والأعضاء التي تتولّى معاً وظيفة محدّدة تُدعى بـ الجملة أو الجهاز العضوي (جهاز الهضم على سبيل المثال). ويتم توجيه أو السيطرة على كل ما يفعله الإنسان، بل كل ما يحسّ به، من قبل النفْس - أي من قبل الدماغ والأعصاب بالدرجة الأولى -. والحق أن النفْس تتأثر بدورها بالأعضاء، فقد تتبدّل الحالة الانفعالية جراء إفراز هرمونات معيّنة على سبيل المثال (هرمونات الغدّة الدرقية مثلاً).

**الإنسان الكائن الحيّ** ❶ : ثمة علاقة وثيقة بين الإنسان وبيئته، شأنه شأن كلّ كائن حيّ آخر. هو يحتاج إلى البيئة من أجل التزوّد بضروريات الحياة كافة (غذاء، أوكسيجين، ماء إلخ)، وهو يدركها ويؤثّر فيها. وبغية إدراك البيئة والتأثير فيها يمتلك الإنسان أجهزة عضوية خاصة. الجهازين الحسّي والحركي اللذين يتم توجيههما إرادياً كثيراً أو قليلاً، ويتكوّن جانب كبير منهما من نسيج عصبي. لهذا السبب يمكن وصف الجهاز الحسّي- الحركي أيضاً بالجزء من الجسم الذي يساوي الشخصية (الشكل رقم ١).

أما الأجهزة العضوية الأخرى (ومن بينها جهاز التنفّس وجهاز القلب والدوران وجهاز الهضم) فهي مسؤولة عن إمداد العضوية بالمواد الضرورية للحياة وطرح الفضلات من الجسم. ويمكن تسميتها تجاوزاً جهاز الإمداد. وكي يعمل جهاز

الإمداد بسلام ومن دون مشاكل تجري في الجسم باستمرار عمليات لا يعيها الفرد. تقوم كل من الجملة العصبية النباتية (التي لا يمكن التأثير فيها إرادياً) والهرمونات التي تنتجها الغدد وتحرّرها في الدم (الغدد الصمّ) بتوجيه وظائف أعضاء جهاز الإمداد. أخيراً يقوم الدماغ بتوجيه الغدد الصمّ والجملة العصبية النباتية في جانب كبير منهما من دون أن يلاحظ الفرد شيئاً من ذلك. أما الجهاز التناسلي فيخدم في التكاثر.

**أجزاء الجسم وأجوافه** ❷❸: يتألّف الجسم البشري من ثلاثة أجزاء: الرأس مع العنق، الجذع، ثم الأطراف التي نميّز فيها الطرفين العلويين (الذراعين) والطرفين السفليين (الساقين).

تُدعى التجاويف المختلفة في الجسم بـ الأجواف التي تأوي الأعضاء. وتُقسَم أجواف الجسم بشكل عام إلى جوف الجمجمة (الشكل رقم ٢) وجوف الصدر والجوف البطني- الحوضي.

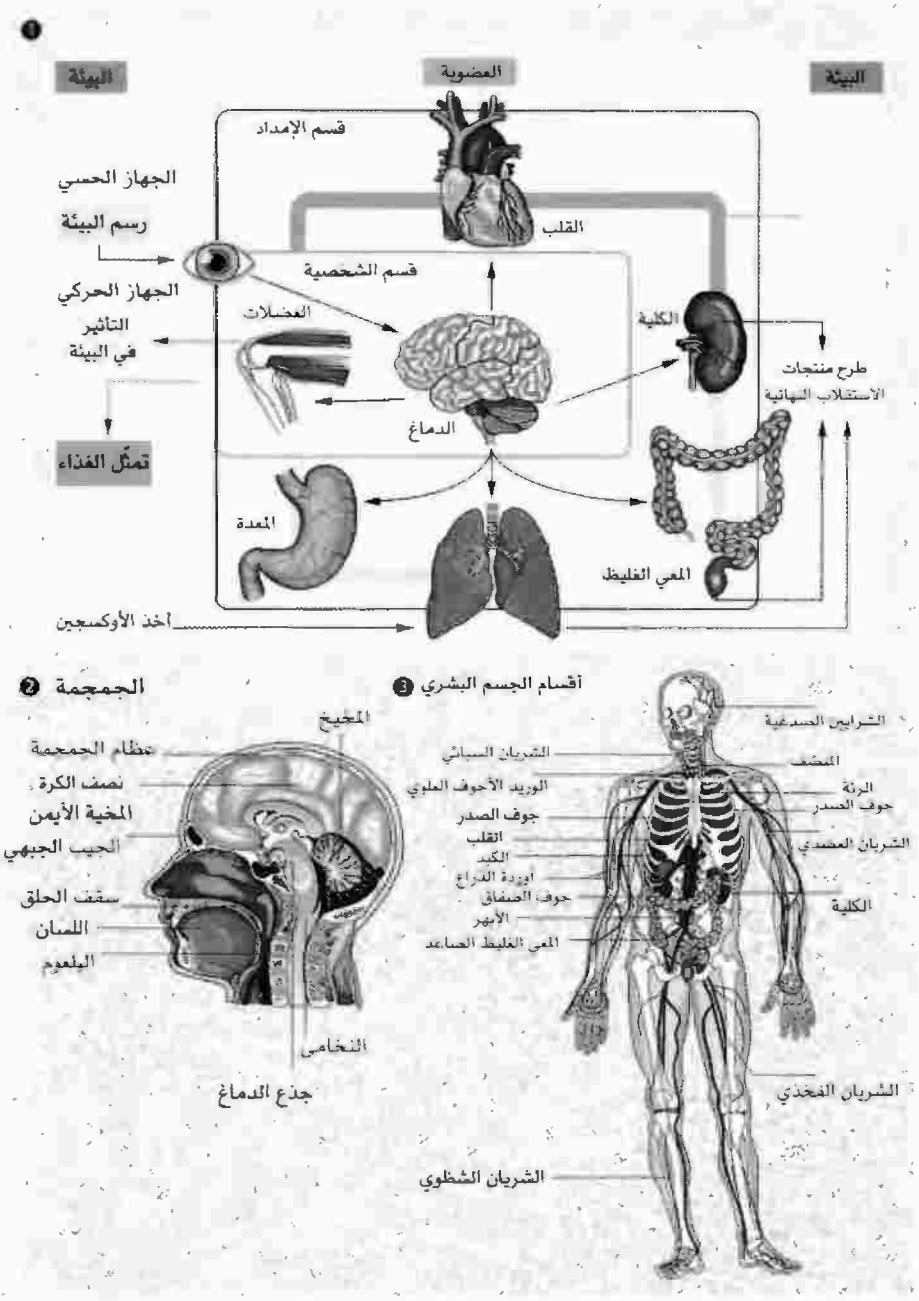
يتكوّن جوف الجمجمة من عظام الجمجمة والسحايا، ويقبع في داخله الدماغ. ويشمل جوف الصدر الحيّز الممتد بين العنق والحجاب الحاجز، ويتشكّل من عظم القصّ والأضلاع الصادرة عنه (الجانب الأمامي) والعمود الفقري الصدري (الجانب الخلفي). يُقسّم جوف الصدر إلى جوفين جنبيّين يحويان الرئتين وحيّز متوسّط (المنصّف) يتواجد فيه أعضاء من بينها القلب وغدّة التوتة. ويخرج من القلب أكبر شريان في الجسم وهو الأبهر، وتصبّ فيه أكبر أوردة الجسم وهي الوريدان الأجوفان العلوي والسفلي (الشكل رقم ٣).

أما الجوف البطني- الحوضي، الذي يفصله الحجاب الحاجز عن جوف الصدر في الأعلى، فيتكوّن من العمود الفقري القطني وعظام الحوض وعضلات البطن. ويقسِم صفاق البطن (البريتوان)، وهو طبقة نسيجية رقيقة، هذا الجوف إلى الجوف الصفاقي والحيّز خلف الجوف الصفاقي والحيّز الواقع أسفل الصفاق.

يحوي الجوف الصفاقي أعضاء من بينها المعدة والكبد والمعي الدقيق والغليظ، بينما تقع خلف الجوف الصفاقي أعضاء من بينها الكليتان، وتقع الأعضاء التناسلية أسفل الصفاق.

**الأبعاد :**

في غضون التطوّر الجنيني تتغيّر أبعاد أجزاء الجسم المختلفة شيئاً فشيئاً. ففي مراحل معيّنة من التطوّر يكون رأس الجنين كبيراً جداً بالنسبة إلى الجسم (أطول من الجسم بمرة ونصف)، بينما يكون رأس المولود الحديث أصغر بكثير ـ لا يزيد حجمه عن رُبع حجم الجسم. أما عند الشخص الإنسان الراشد فيبلغ طول الرأس ثُمن طول الجسم تقريباً .




تقسيم جسم الإنسان

# الخلية

الخلية هي أصغر لَبِنات العضوية الحية. هناك كائنات حية تتكوّن من خلية واحدة فقط (وحيدات الخلية)، وأخرى، كالإنسان، تتألّف من عدد كبير من الخلايا المفردة (يحتوي جسم الإنسان على ١٠٠٠٠ مليار خلية) (كثيرات الخلايا). ولكن خلايا الجسم ليست جميعها متماثلة. يختلف بعضها عن بعض تبعاً لوظيفتها. فهناك، على سبيل المثال، خلايا عصبية وعضلية وضامة ودموية. إذا اجتمع العديد من الخلايا المتماثلة في اتّحاد أكبر، دُعيَ هذا بالنسيج (فالخلايا العضلية مثلاً تشكّل النسيج العضلي). وتتألّف الأعضاء بدورها (كالقلب والكبد على سبيل المثال) من أنواع مختلفة من النسيج (أنسجة عضلية وضامة وعصبية مثلاً).

**الخلية وحدة وظيفية** ❶ : تختلف أنماط الخلايا بعضها عن بعض في بنيتها وحجمها وشكلها ووظيفتها. ويُعدّ هذا التخصّص الخلوي (التمايز الوظيفي) ضرورياً كي تتمكّن العضوية من العمل ككلّ. مع ذلك تتمتّع الخلايا المختلفة بأوجه تشابه أيضاً. فالبنية الأساس للخلايا المفردة متماثلة، وتتحلّى جميعاً بالقدرة على أخذ المواد من السائل المحيط بالخلايا واستقلابها (لتوليد الطاقة منها قبل كلّ شيء) ثم إيداع المواد المحوَّلة في السائل خارج الخلية ثانية (الشكل رقم ١). من هنا فإن الخلايا تساهم في الاستقلاب مساهمة فعّالة. يُضاف إلى ذلك أن معظم الخلايا تنقسم وتُبدي تفاعلات خلوية محدَّدة حيال منبّهات خارجية (منبّهات هرمونية مثلاً). تختلف خلايا الجسم البشري في حجمها. وتُعدّ البويضة الأنثوية أكبر خلية بشرية ويبلغ قطرها ١ملم تقريباً.

تتألّف كلّ خلية من جدار محيط، الغشاء الخلوي، ويُسمّى أيضاً الغشاء البلاسمي. ويوجد في داخل كلّ خلية ما يُسمّى الهيولى، كما تمتلك جميع الخلايا نواة تضمّ، بوجود الصبغيات فيها، الطبيعة الوراثية للشخص المعني. ويحيط بالنواة

ما يُسمّى بالغشاء النووي. إلى جانب النواة توجد في الخلية أعضاء الخلية الدقيقة الأخرى، عضيّات الخلية. ويُسمّى السائل الذي يحيط بهذه العضيّات (ماء مع جزيئات المواد الغذائية) العصارة الخلوية.

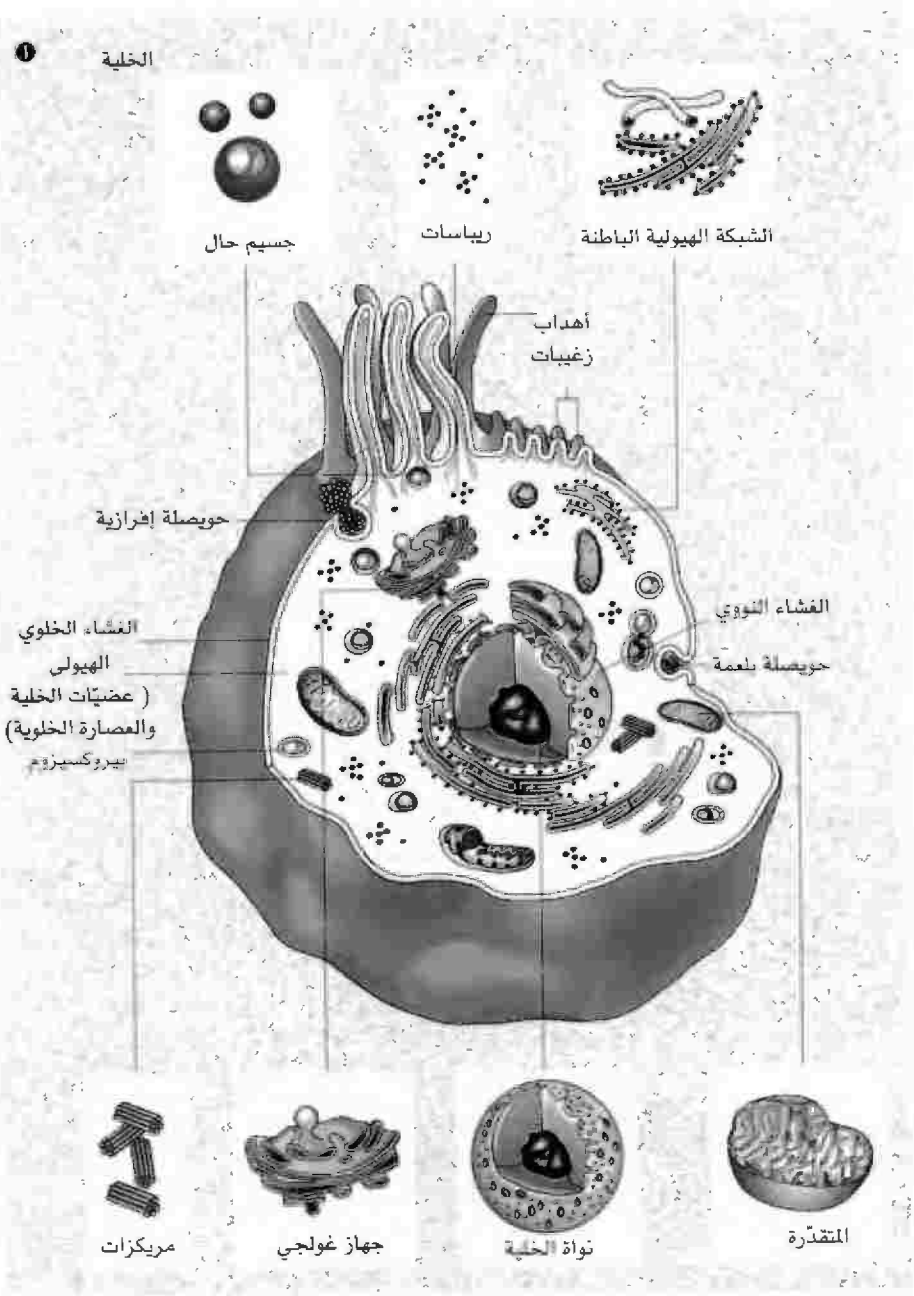
من أهم عضيّات الخلية جهاز غولجي الذي من مهامه طرح الفضلات إلى خارج الخلية، ثم المتقدّرات، «ورشات الطاقة» في الخلية، المسؤولة عن توليد الطاقة، ثم الشبكة الهيولية الباطنة التي تتكفّل، فيما تتكفّل، بنقل المواد ضمن الخلية.

**الغشاء الخلوي:** يؤدي الغشاء الخلوي المغلِّف للخلية أغراضاً مختلفة: بوجوده يسود داخل الخلية - الوسط داخل الخلوي - تركيز للمواد يختلف عن تركيزها خارج الخلية، الأمر الهام بالنسبة إلى تبادل المواد بين الخلية والوسط المحيط بها. فضلاً عن أنه يوفّر الحماية لعضيّات الخلية ويتكفّل بأن تتمكّن الخلية من القيام بوظائفها.

يتكوّن الغشاء الخلوي من طبقة مضاعفة من الشحوم الفسفورية. وهذه الأخيرة عبارة عن مواد دهنية تحتوي على حمض الفوسفور. علاوة على ذلك تتواجد فيما بين الشحوم الفسفورية المفردة جزيئات بروتينية (ما يُسمّى بروتينات النفق) ذات ثقوب في الداخل تصل بين طبقتي الغشاء. إلى ذلك يحمل الغشاء الخلوي مواقع ربط للجزيئات، المستقبلات، تتكفّل بأن تتمكّن مواد محدَّدة تماماً (هرمونات خاصة مثلاً) من أن تلتصق هناك وتمارس مفعولها على الخلية ونشاطاتها. عدا ذلك تتكفّل مواد بروتينية في الغشاء الخلوي بأن يتعرّف الجهاز المناعي على الخلية بوصفها خلية خاصة تنتمي إلى العضوية.

يمارس الغشاء الخلوي رقابة على دخول وخروج المواد من الخلية. ويمكن القول إنه يتولّى مهمة التمييز بين المواد التي يُسمَح لها بـ «العبور» وتلك التي لا يُسمَح لها. هذه السمة الخاصة بالغشاء الخلوي تُسمّى نصف النفوذية أو بالأحرى النفوذية الانتقائية. يمكن للماء ولبعض المواد الأخرى المحلولة في السائل، كالأوكسيجين وثاني أوكسيد الكربون، أن تعبر الغشاء الخلوي دون عائق، بناء على حجم جزيئاتها

الضئيل. فهي تصل من الوسط خارج الخلية إلى الوسط داخل الخلية وبالعكس نتيجة الفوارق في تركيز المواد المختلفة.أما نقل المواد الأخرى إلى داخل الخلية أو خارجها فهو أشد تعقيداً. ومعيار تجاوز مادة للغشاء الخلوي هو قابلية ذوبان هذه المادة في الدهون . كلما كانت ذوبانية المادة في الدهون أفضل، كان نقلها إلى داخل الخلية أبسط. لذلك تحتاج بعض المواد إلى ما يُسمّى جزيئات حاملة تؤثّر على قابلية المادة المحدَّدة للذوبان في الدهون وبالتالي تتيح لها عبور الغشاء الخلوي.


الخلية
جسيم حال
رياسات
الشبكة الهيولية الباطنة
أهداب
زغيبات
حويصلة إفرازية
الغشاء الخلوي
الهيولى
( عضيّات الخلية
والعصارة الخلوية)
الغشاء النووي
حويصلة بلعمة
مريكزات
جهاز غولجي
نواة الخلية
المتقدّرة

الخلية

# عضيّات الخلية

عضيّات الخلية هي «أعضاء» الخلية. ومن بينها نواة الخلية، جهاز غولجي، الجسيمات الحالّة و الشبكة الهيولية الباطنة.

**نواة الخلية** ❶❷ : النواة هي الجزء المركزي للخلية، وتحتوي على المعطيات الوراثية للإنسان التي يتم نقلها إلى الخلايا الجديدة عن طريق الانقسام الخلوي. فضلاً عن ذلك تُعدّ النواة مسؤولة عن قدرة الخلية على القيام بوظائفها.

يغلّف النواة غشاءان يشابهان الغشاء الخلوي في بنيتهما (الشكل رقم ١). يوجد بين الغشاءين تجويف. كما يوجد في كلا الغشاءين، خصوصاً في غضون الانقسام الخلوي، ما يُسمّى المسامات النووية، وهي ثقوب صغيرة يمكن أن تنفذ عبرها البروتينات مثلاً من الهيولى إلى النواة.

تكمن المعطيات الوراثية في داخل النواة، ولا يمكن التعرّف إليها بصورة جيدة إلاّ تحت المجهر وفي أثناء الانقسام الخلوي. وتعمل الصبغيات كحامل للمادة الوراثية، وتحتوي كل خلية على ٤٦ صبغياً (الشكل رقم ٢)، تقوم الأم بتوريث ٢٣ صبغياً منها، بينما يورِّث الأب الـ ٢٣ صبغياً الأخرى. تتألّف الصبغيات مما يُسمّى الحمض النووي الريبي منزوع الأوكسيجين (DNA)، والذي توافق بنيته حلزوناً مضاعفاً ملتفّاً حول محوره يرتبط حبلاه أحدهما بالآخر بدرجات كدرجات السلّم (أسس آزوتية). يتكوّن الحبلان من جزيئات سكر مرتبط بعضها ببعض (ريبوز منزوع الأوكسيجين) وحمض الفوسفور. وتحمل الأسس المرتبطة بجزيئات السكر باستمرار الأسماء: أدنين وتيمين، غوانين وسيتوزين. لا يرتبط الأدنين إلاّ مع التيمين والعكس بالعكس. بينما لايمكن للغوانين أن يرتبط إلاّ مع السيتوزين. ويُسمّى المركّب الناجم عن ارتباط أحد الأسس مع جزيء السكر وحمض الفوسفور نووياً. وتشكّل عدة أزواج من النوويدات المتتالية (النووية في النهاية مرتبط بآخر بوساطة الأسس دائماً) جيناً أو مورّثة.

وتحتوي هذه الجينات على المعلومات المتعلقة ببناء البروتينات الخاصة. وتتكوّن العضوية البشرية من هذه البروتينات التي تتكوّن بدورها من حموض أمينية عديدة مختلفة. إذاً فالجينات هي التي تحدّد بنية العضوية البشرية .

إلى جانب الـ DNA هناك شكل آخر أيضاً من الحموض النووية هو الحمض النووي الريبي (RNA). ويمكن لهذا الأخير أيضاً أن يحمل معلومات وراثية، ولكنه يتكوّن من حبل واحد فقط، ويحتوي على سكر الريبوز بدلاً من الريبوز منزوع الأوكسيجين وعلى الأساس يوراسيل بدلاً من تيمين. تتواجد الحموض النووية الريبية، والتي تلعب أدواراً مختلفة في إنتاج البروتينات ( تركيب البروتين ) في الجسم البشري، فيما تتواجد، في النويّات.

**عضيّات الخلية الأخرى** ❸❹❺❻: تلعب الريباسات، الموجودة بكثرة في الخلية، دوراً كبيراً في تركيب البروتين (> ص. ٢٤).

الشبكة الهيولية الباطنة هي شبكة من التجاويف تفصلها عن الهيولى أغشية (يحتوي البعض منها على ريباسات)، ومهمتها الرئيسة نقل المواد (البروتينات مثلاً) ضمن الخلية (الشكل رقم ٣ ) .

جهاز غولجي مسؤول قبل كل شيء عن نقل مواد من الشبكة الهيولية الباطنة إلى خارج الخلية (الشكل رقم ٤). ويتكوّن من قنيّات صغيرة مرصوف بعضها فوق بعض ومحاطة بغشاء، تنفصل عنها حويصلات صغيرة (حويصلة غولجي) تحتوي على مواد ينبغي نقلها إلى خارج الخلية.

تُعدّ الجسيمات الحالّة والحويصلات التي ينتجها جهاز غولجي بمثابة أعضاء الهضم في الخلية. وهي تضم مواد لا وظيفة لها سواء من الخلية أو غريبة عنها، وتتكفّل الإنظيمات التي تحتويها بحلّ المواد المتلقّاة.

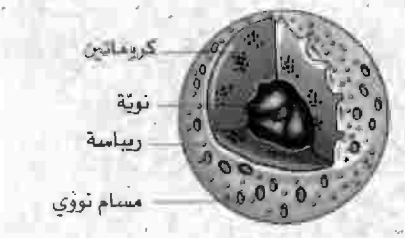
المتقدّرات (الشكل رقم ٥) مسؤولة عن توليد الطاقة في الخلية. وهي تمتلك غشاء داخلياً مع العديد من الالتواءات (أعراف) وتقوم بتوليد الطاقة اللازمة لسائر

العمليات الجارية في الخلية، وذلك انطلاقاً من سكر العنب بشكل خاص، بمساعدة إنظيمات محدّدة وأوكسيجين. وتختزن الطاقة على شكل أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP)، بحيث يكون تحت تصرّف الخلية ما يكفي من الطاقة للقيام بمهامها باستمرار.

أما هيكل الخلية فلا بد من تصوّره على أنه السقالة الداعمة للخلية. وهو يتكوّن من الأنيبيبات المجهرية و الخيوط المجهرية. أما الأنيبيبات المجهرية فهي مجموعة من البنى الأنبوبية الدقيقة التي تتألّف من البروتينات (الشكل رقم ٦)، وتشكّل، علاوة على ذلك، المريكزات التي لها أهميتها في الانقسام الخلوي. أما الخيوط المجهرية فتتكوّن من المواد البروتينية أيضاً، إنما لها شكل الخيوط .

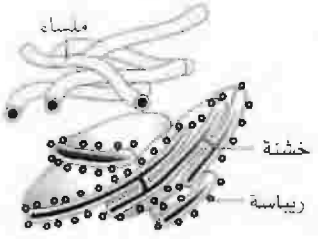
مشتمَلات الخلية ليست عضيّات خلوية، إنما مواد تختزنها الخلية أو تنتجها، وتُصادَف في الخلية بكميات كبيرة (على سبيل المثال القطرات الدهنية في الخلايا الدهنية).

❶ نواة الخلية



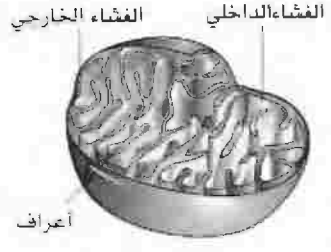

❷ الصبغي

❸ الشبكة الهيولية الباطنة




❹ جهاز غولجي

❺ المتقدّرة




❻ الأنيبيبات المجهرية

عضيات الخلية

# تنظيم الطاقة

كي تستطيع الخلية القيام بكل وظائفها تحتاج إلى طاقة وأوكسيجين قبل كل شيء، ولكن أيضاً إلى ماء. أما الطاقة فتحصل عليها خلايا الجسم عن طريق الغذاء، وأما الأوكسيجين فعن طريق التنفّس. كما يقوم الجسم بسحب جزء من حاجته اليومية من الماء من الغذاء، ولكن الجزء الأكبر منها يغطّيها تناول السوائل.

**توليد الطاقة واختزانها في الخلية** ❶❷: من أجل توليد الطاقة تحتاج الخلية قبل كل شيء إلى الغلوكوز (سكر العنب) الذي يتم حرْقه (أكسدته) في ظل الوارد من الأوكسيجين. وينتج عن هذه الأكسدة ثاني أوكسيد الكربون وماء وطاقة. وتوصَف عملية الأكسدة بأنها تنفّس الخلية أيضاً.

إذا ورد إلى العضوية كمية من سكر العنب تتجاوز قدرتها على استغلالها، حُوِّل جزء من سكر العنب إلى غليكوجين يُختَزَن في الجسم ويمكن استهلاكه عند الحاجة.

تُختزَن الطاقة المكتسَبة من التنفّس الخلوي على شكل أدينوزين ثلاثي الفوسفات (ATP). يتكوّن الـ ATP من جزيء ريبوز (جزيء سكر) ومن الأساس أدينين الحاوي على الآزوت، والذي هو أحد مكوّنات الـ DNA أيضاً، ومن ثلاث زمر فوسفاتية (الشكل رقم ١). إذا تم فصل إحدى هذه الزمر الفوسفاتية لـ ATP من خلال تفاعل كيميائي بوجود الماء، تحرّرت طاقة تستعملها الخلية فيما يُسمّى تفاعلات بنائية (ابتنائية)، كبناء جزيئات البروتين على سبيل المثال (الشكل رقم ٢). جراء ذلك ينشأ عن الـ ATP أدينوزين ثنائي الفوسفات (ADP)، وهو مركّب من أدينين وريبوز وزمرتين فوسفاتيتين. بعد ذلك يُعاد «شحن» الـ ADP بالطاقة من جديد عن طريق عملية التنفّس الخلوي. يتلقّى زمرة فوسفاتية ويتحوّل ثانيةً إلى ATP غني بالطاقة. أما التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها تفكيك الروابط بين الجزيئات (روابط بين جزيئات المواد الغذائية عادة، كسكر العنب مثلاً) بهدف تحرير الطاقة، والتي يمكن استغلالها ثانيةً، فتُسمّى تفاعلات تقويضية.

**محتوى الجسم البشري من الماء** : يتكوّن ٦٠٪ من الجسم البشري من الماء. على سبيل المثال تحتوي كل خلية على الماء (مع المواد المحلولة فيه) الذي يحمل اسم السائل داخل الخلوي. ولكن محتوى الأنسجة من الماء شديد التباين. هكذا يصل محتوى العضلات من الماء حتى ٧٥٪، بينما لا يتجاوز محتوى العظام منه ٣٥٪. ومع تقدّم العمر ينخفض محتوى الجسم من الماء.

تتعلّق كمية الماء الإجمالية المختزنة في جسم الإنسان بوزنه. يُقدَّر محتوى جسم شخص وزنه حوالي ٧٠ كغ من الماء بـ ٤٥ ليتراً (الشكل رقم ٣). ثلاثة أرباع هذا الماء من نصيب السائل داخل الخلوي والربع الأخير من نصيب السائل الموجود خارج الخلايا (السائل خارج الخلوي).

ويندرج ضمن السائل خارج الخلوي المصوّرة الدموية التي تشكّل الجزء الأكبر من الدم (حتى ٦٠٪). ولذلك تُدعى الأوعية الدموية التي توجد فيها المصوّرة الدموية بـ الوسط المصوّري أو الوسط داخل الوعائي.

يُضاف إلى ذلك السائل الذي يوجد خارج الخلايا في ما يُسمّى الوسط الخلالي. يحيط السائل الخلالي بجميع خلايا الجسم. لذلك لابد للمواد الغذائية التي تحتاجها الخلية من أن تصل أولاً إلى الوسط الخلالي قبل أن تتمكّن من دخول الخلايا. وهذا هو أيضاً شأن نواتج التفكيك في الخلية والتي لابد لها هي الأخرى من أن تُساق أولاً إلى الوسط الخلالي قبل أن يتمكّن الجسم من طرحها. كما يُعدّ السائل الموجود ضمن الأوعية اللمفية (اللمف) جزءاً من السائل الخلالي أيضاً.

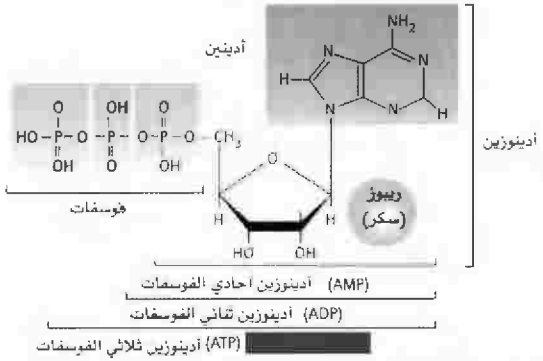
أخيراً يوجد في الجسم سوائل عابرة للخلايا، من بينها السائل الدماغي الشوكي و«سائل التزييت» الموجود في المفاصل. إلاّ أنها تكاد لاتتجاوز ليتراً واحداً، وبالتالي لاتشكّل سوى نسبة ضئيلة من مجموع محتوى الجسم من الماء.

تُقدّر الحاجة اليومية من الماء بـ ٢-٣ ألتار، وينبغي على الأطفال أيضاً أن يتناولوا ما أمكن من السوائل. خصوصاً عندما يكون لديهم ميل شديد إلى الحركة. وتزداد

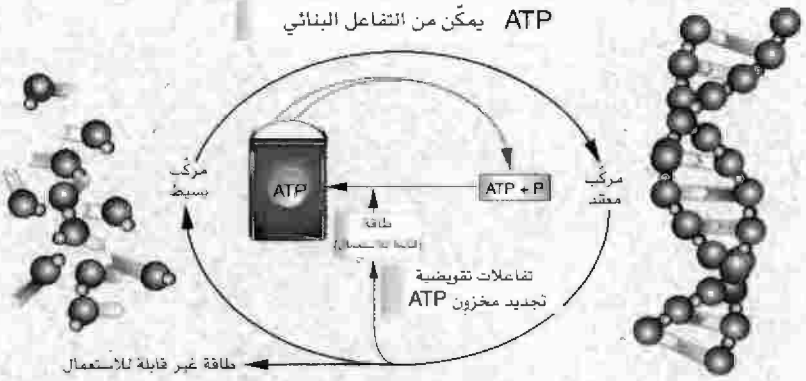
الحاجة إلى السوائل في درجات الحرارة المرتفعة أو في أثناء النشاطات المجهدة، لأن العضوية تخسر الماء جراء عملية التعرّق. وتطرح العضوية البشرية شيئاً من الماء إلى المحيط عن طريق التنفّس أيضاً.

بعد عدة أيام من الحرمان من الماء تحدث مظاهر تجفاف الجسم ـ من بينها تغضّن الجلد وهزاله. ولا تعود الخلايا قادرة على القيام بوظائفها، ما يؤدّي إلى الوفاة، إن لم يتم إمداد الجسم بالماء ثانيةً.

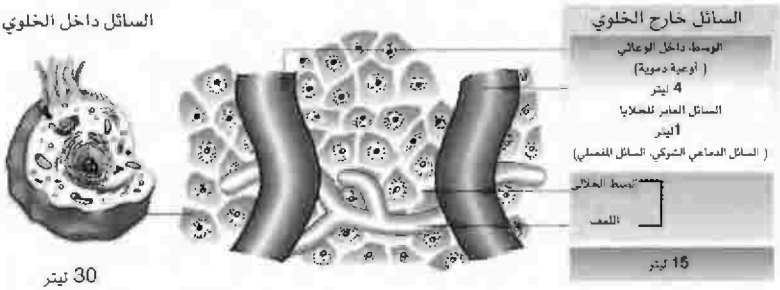
❶ بنية الـ ATP




❷ التقويض والبناء والـ ATP




❸ الأوساط السائلة في الإنسان




## تنظيم الطاقة

# الوسط الداخلي

كي تستطيع خلايا الجسم أداء مهامها بصورة مثالية تحتاج إلى شروط خارجية ثابتة (على وجه التقريب على الأقل). وهكذا يجب أن تتوافر، على سبيل المثال، المواد الموجودة في السائل خارج الخلوي (في مصل الدم مثلاً)، كالصوديوم والبوتاسيوم، بتركيزٍ محدَّد (هناك مجال معين يتراوح ضمنه التركيز). ويُدعى مجموع هذه الشروط الضرورية لقيام الخلايا بوظائفها بـ الوسط الداخلي للجسم. ويتم الحفاظ عليها داخل الجسم في حالة توازن (استتباب) من خلال دارات تنظيمية مختلفة.

**دارة التنظيم** ❶❷: تتكفّل دارات تنظيمية مختلفة ببقاء الضغط، على سبيل المثال، الذي يُدفَع به الدم عبر الشرايين ثابتاً، أو بقاء درجة الحرارة في باطن الجسم ثابتة. كما أن من المهم بالنسبة إلى الخلايا الحفاظ على قيمة PH في الدم ضمن حدود ضيّقة وأن يتم إمدادها بكمية كافية من الأوكسيجين وأن يتم طرح ثاني أوكسيد الكربون الذي تطلقه الخلايا.

عند حدوث اضطرابات في الوسط الداخلي، نتيجة الإصابة بأمراض على سبيل المثال أو نتيجة مؤثّرات خارجية (درجة حرارة الجسم مثلاً)، فإن في حوزة الجسم آليات مختلفة ـ تبعاً لنوع التضرّر ـ لاستعادة التوازن. وإذا لم تعد هذه الآليات كافية، أصبحت المعالجة الطبية ضرورية.

يتّضح على مثال الضغط الدموي كيف تعمل دارة التنظيم (الشكل رقم ١). تقوم آليات الدارة التنظيمية بتكييف الضغط الدموي باستمرار مع الشروط المتغيّرة، بحيث يتم إمداد سائر خلايا الجسم بالدم، وبالتالي بالأوكسيجين والمواد الغذائية. في أثناء الجهد الجسدي مثلاً (ممارسة الرياضة) يجب أن يرتفع الضغط الدموي، إذ أن الخلايا تحتاج إلى المزيد من الأوكسيجين كي تستطيع إنجاز العمل الإضافي.

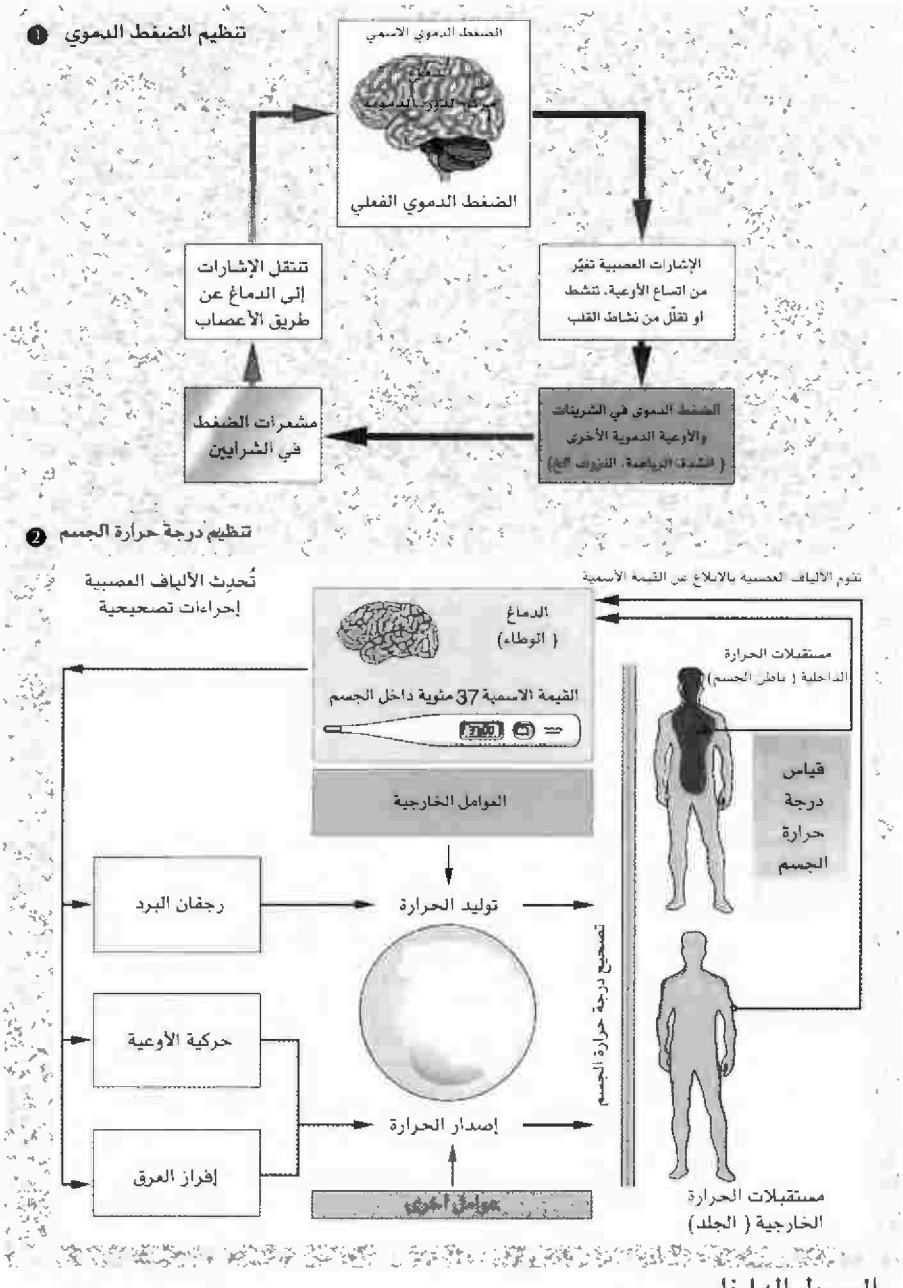
يجري تنظيم الضغط الدموي من قبل الدماغ الذي يضع قيمة اسمية لمستوى الضغط الدموي. بعد ذلك تُنقَل هذه المعلومات عن طريق الجملة العصبية النباتية إلى القلب الذي يقوم بدفع الدم عبر الشرايين إلى الدوران الدموي. إذا توجّب رفع الضغط، تفاعل القلب بتسريع ضرباته وبالتالي دفع المزيد من الدم في الشرايين. ولكن مقاومة الأوعية الدموية تزداد أيضاً (تتضيّق الأوعية) بحيث يجري الدم في الأوعية تحت ضغط أعلى. وبناء على ذلك تقوم مُشعِرات الضغط في الأوعية الدموية بإرسال إشارات إلى الدماغ تبلغه فيها بقيم الضغط الدموي. فيقوم الدماغ بمقارنة القيمة الفعلية بالقيمة الاسمية ويتّخذ إجراءات أخرى، إذا اقتضى الأمر، للتقريب بين القيمتين. وإذا توجّب خفض الضغط الدموي ثانيةً، تباطأت ضربات القلب أو توسّعت الأوعية الدموية. ويمكن خفض الضغط الدموي على مدى أطول عن طريق زيادة طرح البول.

إنما لا يجوز أن ترتفع قيم الضغط الدموي أكثر من اللازم ولا أن تنخفض أكثر مما ينبغي. فالضغط الدموي المفرط في الارتفاع يؤدّي إلى أضرار في الأوعية الدموية على سبيل المثال (وفي الأعضاء الهامة أيضاً)، في حين يحدث في حالة انخفاض الضغط الدموي المفرط نقص في إمداد الأعضاء بالدم (ومن ضمنها الدماغ قبل كل شيء). لذا، فإن المركز المسؤول عن تنظيم الضغط الدموي في الدماغ يحافظ على الضغط الدموي ضمن حدود ضيّقة جداً في الأحوال العادية. إلاّ أنه قد يحدث ارتفاع - لاإرادي - في الضغط الدموي حتى في حالة الراحة وذلك نتيجة أذيات في الأوعية الدموية (جراء تصلّب الشرايين على سبيل المثال، > ص. ٩٦).

في حال استمرار ارتفاع الضغط الدموي لفترة طويلة، تتبدّل القيمة الاسمية لمستوى الضغط الدموي في الدماغ - ترتفع. من هنا، ولتحاشي العواقب الضارة، يرمي الطبّ إلى علاج ارتفاع الضغط الدموي بشكل مبكر.

يتم الحفاظ على درجة الحرارة في الجسم (> ص. ١٠٤) ثابتةً إلى حد كبير عن طريق دارة تنظيمية مشابهة (الشكل رقم ٢). كما هو الحال في الضغط الدموي، يقوم الدماغ بفرض القيمة الاسمية لدرجة حرارة الجسم أيضاً (القيمة المثالية حوالي ٣٧ درجة مئوية). إذا انخفضت درجة حرارة الجسم أكثر مما ينبغي (جراء انخفاض درجة حرارة الخارجية على سبيل المثال)، تضيّقت الأوعية الدموية في الجلد، للإقلال من إعطاء الحرارة إلى الخارج ما أمكن. فضلاً عن ذلك تتقلّص العضلات لاإرادياً ـ ويبدأ الشخص المعني بالارتعاش. على العكس، تتوسّع الأوعية الدموية عندما ترتفع درجة حرارة الحسم أكثر مما ينبغي. وبذلك يعطي الجسم حرارة نحو الخارج. كما أن إنتاج العرق هو آلية تبريد للجسم ـ يتوضّع العرق على امتداد الجلد ويتبخّر. وفي أثناء ذلك تتولّد برودة التبخّر وتنخفض درجة حرارة الجسم.

ثمة دارة تنظيمية أخرى تتكفّل مثلاً بتوافر معدن الكالسيوم في الدم باستمرار، حتى عندما يكون مقداره في الغذاء أقل مما ينبغي. ففي هذه الحالة يُسحَب المعدن من العظام ببساطة، كي لا تعاني خلايا الجسم، التي لا تستغني عن الكالسيوم، من العوز.




الوسط الداخلي

# نقل المواد

كي تستطيع خلايا الجسم أداء وظائفها تحتاج إلى إمدادها بمواد من الخارج (مواد غذائية وأوكسيجين بصورة رئيسية). وفي الوقت ذاته لابد من طرح فضلات الخلايا (ثاني أوكسيد الكربون على سبيل المثال). لهذا الغرض لابد من عملية تبادل مستمر بين الخلايا والسوائل المحيطة بها (المصوّرة الدموية، اللمف، السائل الخلالي).

**تبادل المواد بين الجمل ❶❷**: كي يمكن إيصال المواد الغذائية والأوكسيجين إلى الخلية، لابد لهذه المواد من أن تخرج أولاً من الدم إلى السائل الخلالي. وتتولّى الأوعية الشعرية عملية تبادل المواد بين الأوعية الدموية والوسط الخلالي؛ فجدرانها نفوذة للسائل والجزيئات الصغيرة. على هذا النحو تصل المواد الغذائية والأوكسيجين عبر جدران الشعيرات إلى السائل الخلالي وتعود منه إلى الشعريات . بالمقابل فإن حجم الخلايا الدموية وبروتينات المصوّرة أكبر من أن تستطيع عبور الجدران الشعرية (الشكل رقم ١).

تساهم الأوعية اللمفية الصغيرة أيضاً، الشعيرات اللمفية، في تبادل المواد . وهي، على خلاف الشعيرات الدموية، لا تعطي الوسط الخلالي أية مواد، بل تتلقّى المواد فقط.

بغية وصول المواد «الصحيحة» إلى الخلية، تمتلك الخلايا أغشية نصف نفوذة لا تسمح بالدخول إلى الخلايا إلاّ لجزيئات ذات حجم محدَّد. وتدخل هذه المواد إلى الخلايا عبر السائل الخلالي. ونميّز في عملية تبادل المواد بين الخلايا والوسط الخلالي بين عمليات النقل المنفعل والفاعل (الشكل رقم ٢). في عمليات النقل المنفعلة تصل المواد إلى داخل الخلية أو إلى خارجها من دون أن تضطر الخلية إلى استهلاك طاقة من أجل هذا التبادل. في حين أن الإمداد بالطاقة ضروري من أجل القيام بعمليات النقل الفاعلة. ويتم توظيف عمليات النقل الفاعلة قبل كل شيء من أجل المواد التي لا يسمح لها حجمها الكبير بعبور الغشاء الخلوي.

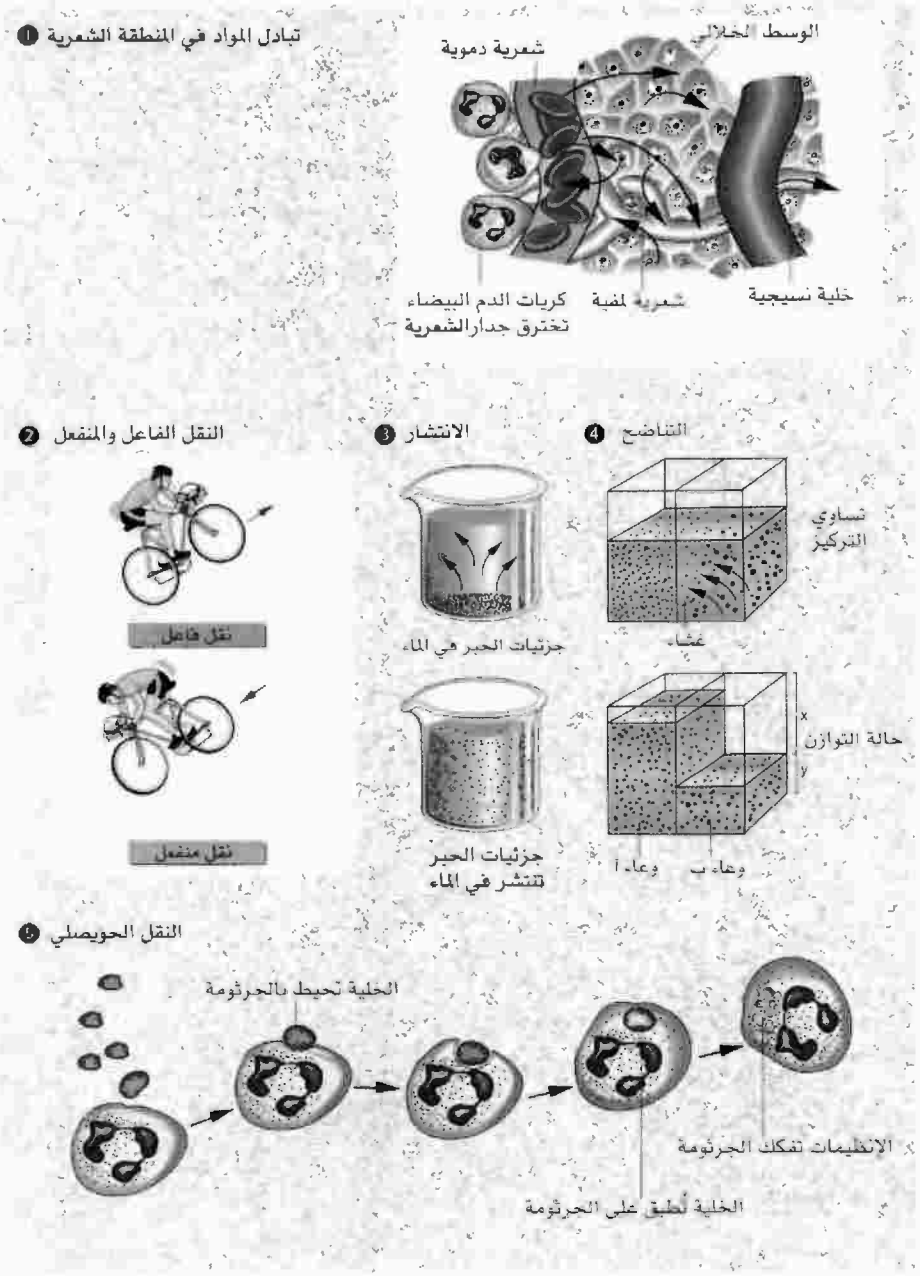
**عمليات النقل المنفعل 3 4** : يصل الكثير من المواد إلى داخل الخلية عن طريق الانتشار (الشكل رقم ٣). ويُقصَد بالانتشار توزّع الجزيئات أو الشوارد في وسط ما (ماء، هواء على سبيل المثال) على امتداد ممال التركيز، هذا يعني أن الجزيئات تنتقل من مكان التركيز الأعلى إلى أمكنة التركيز الأقل، إلى أن ينشأ تركيز متساوٍ. فالأوكسيجين على سبيل المثال ينتقل من الأوعية الشعرية إلى الوسط الخلالي ثم إلى الخلايا عن طريق الانتشار. في الانتشار الميسَّر يتوافر للجزيئات الكبيرة (بعض جزيئات المواد الغذائية مثلاً) بروتينات حاملة في الغشاء الخلوي ترتبط معها وتنقلها إلى الخلية على امتداد ممال التركيز.

في التناضح (الشكل رقم ٤) تتجاوز جزيئات السائل، وليس الجزيئات المحلولة فيه، غشاءً نصف نفوذ كالغشاء الخلوي. إنما لا يحدث التناضح إلاّ عندما يقوم بين السائلين المفصولين بغشاء نصف نفوذ فارق في التركيز ناجم عن محتوى كل منهما من الجزيئات التي لا يمكنها عبور الغشاء. إذاً، تنتقل جزيئات السائل وحدها عبر الغشاء على امتداد ممال التركيز، إلى أن يتساوى التركيزان على جانبي الغشاء نتيجة تدفّق السائل. ويُسمّى فارق الضغط القائم في البداية بين الجانبين الضغط التناضحي.

أما في الترشيح فتعبر السوائل غشاء نصف نفوذ نتيجة فرق الضغط بين جانبي الغشاء.

**عمليات النقل الفاعلة 5** : تندرج ضمن عمليات النقل الفاعل آلية مضخّة الصوديوم والبوتاسيوم. كي تستطيع الخلايا القيام بوظائفها يجب أن يكون تركيز البوتاسيوم في داخل الخلية أعلى وتركيز الصوديوم أقل منه خارجها . وللحفاظ على تراكيز الشوارد هذه يتم إدخال شوارد البوتاسيوم إلى الخلية وإخراج شوارد الصوديوم من الخلية عن طريق بروتينات النفق في الغشاء الخلوي، وذلك مع استهلاك الطاقة (تحويل ATP إلى ADP).

كما تقوم الخلايا بإدخال أو إخراج المواد كبيرة الحجم، كالعوامل الممرضة أو الجزيئات الكبيرة التي لا يمكنها عبور الغشاء الخلوي (النقل الحويصلي، الشكل رقم ٥) . يحيط جزء من الغشاء الخلوي بالمادة المراد إدخالها الخلية بمساعدة ويندمج معها بحيث تنشأ حويصلة صغيرة تقوم بإيصال المادة إلى الخلية. بعد ذلك تتفعّل الجسيمات الحالّة التي تقوم بتفكيك هذه المادة بمساعدة الإنظيمات . يُسمّى هذا الإدخال إلى الخلية الالتقام الخلوي. إذا قامت الخلايا الدفاعية بابتلاع العوامل الممرضة أو الأجسام الغريبة بوساطة الالتقام الخلوي، ثم فكّكتها، دُعِيَت هذه العملية بـ البلْعمة. وإذا أخرجت الخلية المواد عن طريق تشكيل الحويصلات سُمِّيَ هذا التقاظاً خلوياً.


تبادل المواد في المنطقة الشعرية ❶
الوسط الخلالي
شعرية دموية
خلية نسيجية
شعرية لمفية
كريات الدم البيضاء تخترق جدار الشعرية
النقل الفاعل والمنفعل ❷
نقل فاعل
نقل منفعل
الانتشار ❸
جزئيات الحبر في الماء
جزئيات الحبر تنتشر في الماء
التناضح ❹
تساوي التركيز
غشاء
حالة التوازن
وعاء أ
وعاء ب
النقل الحويصلي ❺
الخلية تحيط بالجرثومة
الانظيمات تفكك الجرثومة
الخلية تطبق على الجرثومة

نقل المواد

# تركيب البروتين

البروتينات هي اللَبِنات الأساسية للجسم البشري، إن جاز التعبير . يتكوّن منها قسم كبير من البنى المحتواة في الخلية والإنظيمات (محفِّزات حيوية تقوم بتسريع التفاعلات الكيميائية). تقوم الخلايا بإنتاج البروتينات . وتُسمّى هذه العملية تركيب البروتين.

**الراموز الجيني:**

يتكوّن كل بروتين من عدد كبير من اللبِنات المصطفّة جنباً إلى جنب، هي الحموض الأمينية. ويختزن الـ DNA في كل خلية التعليمة التي تحدِّد الحموض الأمينية التي يتركَّب منها كل بروتين في الجسم البشري. من هنا، لابد للخلية من الرجوع المستمر إلى المعلومات المختزَنة في الـ DNA من أجل إنتاج البروتينات. ويُسمّى جزء الـ DNA الذي يختزن معلومة تشكيل بروتين ما جيناً أو مورِّثة. وتوجد هذه المعلومة في شكل مرمَّز يُسمّى الراموز الجيني.

تشكِّل الأسس الأربعة أدينين، تيمين، غوانين و سيتوزين أساس الراموز الجيني. وتشكِّل كل ثلاثة أسس متتالية في الـ DNA ثلاثية أسسية. وترمز كل من هذه الثلاثيات الأسسية إلى أحد الحموض الأمينية. ويبيّن تعاقب الثلاثيات الأسسية في الـ DNA التسلسل الذي تصطفّ به الحموض الأمينية لتوليد البروتين المطلوب في النهاية. بعض الثلاثيات الأسسية لا ترمز إلى حمض أميني معين، إنما تشير إلى أن بناء البروتين قد انتهى أو بالأحرى إلى أن إنتاج البروتين قد بدأ.

**الانتساخ** ❶: تتواجد المعلومات الوراثية لبناء البروتينات في نواة الخلية، ولكن إنتاج البروتينات يتم الخلية خارج النواة. وبما أنه ليس من السهل على أجزاء الـ DNA، التي تحتوي على المعلومات المتعلّقة بإنتاج أحد البروتينات، أن تنتقل إلى الهيولى، فلابد من نسخها. وتُدعى عملية صنع نسخة عن جزء من الـ DNA بـ الانتساخ.

ولصنع نسخة عن الجزء الضروري من الـ DNA، لابد من فكّ حلزنة هذا الجزء. كما لابد من فكّ الروابط بين أسس الـ DNA بشكل مؤقت. وتتوضّح الآن على هذا الجزء مفكوك الحلزنة أسس تتميمية (على سبيل المثال يجتمع السيتوزين مع الغوانين دائماً، والعكس بالعكس)، لتشكّل مع الجزيئات الريباسية وحمض الفوسفور ما يُسمّى الـ RNA الرسول المعروف بـ mRNA (الشكل رقم ١). بذلك فإن الـ mRNA عملياً هو الصورة السالبة (نيغاتيف) لجزء الـ DNA المعني. وتُسمّى الثلاثية الأسسية على الـ mRNA الرامزة.

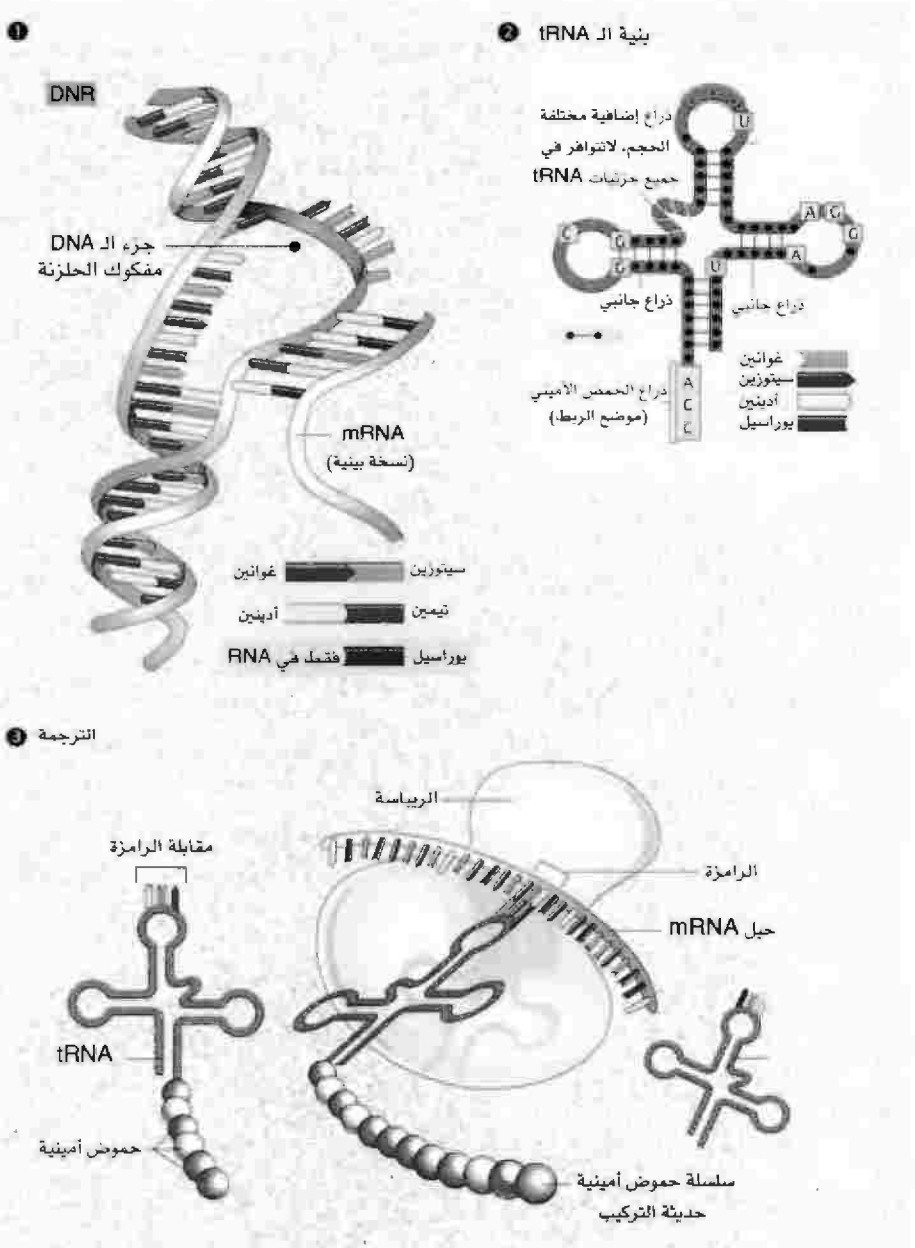
**الترجمة** ❷❸: لإنتاج البروتين اللازم لابد من «ترجمة» المعلومات التي ينقلها الـ mRNA من النواة ـ رامزة الـ mRNA هي في النهاية بمثابة حمض أميني. هذه العملية المسمّاة ترجمة تتطلّب مترجماً. ويتولّى هذه الوظيفة RNA الناقل (tRNA) الذي ينتظر الـ mRNA القادم في هذه الأثناء من النواة إلى الهيولى عند الريباسات ـ مكان تركيب البروتين.

لـ tRNA شكل يشبه وريقة البرسيم ويضم في طرفه العلوي ثلاثية أسسية محدَّدة (مقابلة الرامزة) ويحمل في طرفة السفلي حمضاً أمينياً التقطه من الهيولى (الشكل رقم ٢). أما ما هو الحمض الأميني، فهذا أمر تقرّره الثلاثية الأسسية في الطرف العلوي. يتعلّق الآن الـ tRNA التتميمي بمقابلات الرامزة على الثلاثيات الأسسية أو بالأحرى رامزات الـ mRNA. وتوافق كلّ مقابلة رامزة الثلاثية الأسسية لجزء الـ DNA الذي يرمز إلى حمض أميني معيَّن تمّت ترجمته. ويجري الآن تثبيت الحموض الأمينية المتعلّقة بصورة عابرة بالـ tRNA خلال طور تركيب البروتين بما يُسمّى RNA الريباسي (rRNA)، الذي هو جزء من الريباسة. وفيما بعد يتم ربط البروتين الناشئ (الشكل رقم ٣) ويكون تحت تصرّف الخلية وبالتالي تحت تصرّف العضوية.

### نهاية تركيب البروتين:

عندما ينتهي تركيب البروتين يجري إبلاغ هذا الأمر لـ tRNA، الذي يقوم باستمرار بإحضار حموض أمينية جديدة من الهيولى، وذلك عن طريق ما يُسمّى الرامزة الرادعة. وهذه الأخيرة عبارة عن ثلاثية أسسية لا ترمز إلى حمض أميني معيَّن. بناء على ذلك لا يعود بإمكان أي tRNA أن يتوضّع على الرامزة المعنية لـ mRNA. فقد انتهى تركيب البروتين ـ وهو الآن منتَج جاهز.

ويستطيع الجسم الآن استعمال البروتين: إما أن يُستعمَل في بناء البنى الخلوية أو يمكن أن يغدو فعّالاً كإنظيم أو هرمون.




تركيب البروتين

# الانقسام الخلوي (التفتّل)

تخضع خلايا الجسم البشري إلى عملية تجدّد مستمرة . بينما تموت بعض الخلايا، ينقسم بعض آخر، بحيث تنشأ خلايا جديدة. يُعدّ الانقسام الخلوي شرطاً ضرورياً لنمو العضوية وتجدّد الأنسجة (بعد الإصابة بجرح أو أذية مثلاً). يوجد شكلان من الانقسام الخلوي هما التفتّل والانتصاف (< ص. ٢٨). تنقسم الخلية في التفتّل إلى خليتين ابنتين متماثلتين تضمّ كل منها العدد ذاته من الصبغيات (٤٦ صبغياً).

تنسُّخ الـ DNA :

الانقسام الخلوي عملية معقَّدة للغاية، إذ لابد أولاً من أن تتضاعف المعلومات الوراثية المحتواة في صبغيات الخلية الأم (تنسُّخ الـ DNA)، كي تنشأ خليتان ابنتان متماثلتان وراثياً. يتألّف الـ DNA من حبلين متّصلين أحدهما بالآخر بالأسس (أدينين، تيمين، غوانين وسيتوزين). يتزاوج الأدينين مع التيمين والغوانين مع السيتوزين دائماً. وكي يحصل التنسُّخ لابد من انفصال هذين الحبلين أحدهما عن الآخر. وهذا ما يتكفّل به إنظيم يُدعى بـ DNA- هيليكاز يقوم بفكّ الارتباط بين الأسس. وهكذا ينشأ حبلان من الـ DNA مع أسس غير متزاوجة. بعد ذلك يتوضعّ على كل أساس من الأسس الباقية على الحبلين الأساس العائد له (المتمِّم له) بتأثير إنظيم يُدعى بـ DNA - بوليميراز، بحيث تنشأ في النهاية نسختان من الـ DNA ذي الحبلين. يحدث كل هذا قبل التفتّل الفعلي في ما يُسمّى الطور البيني. كما تحصل في هذا الطور أيضاً مضاعفة مريكزي الخلية اللذين يتألّف كل منهما من تسعة أنيبيبات (الأنيبيبات المجهرية) - المكوَّنة من البروتين توبولين.

**التفتّل ❶ :**

ينقسم التفتّل إلى أربع مراحل تُسمّى الطور الأول والطور التالي وطور الصعود والطور الانتهائي.

في الطور الأول (الشكل رقم ١ a) تنكمش حبال الـ DNA بشكل حلزوني (التكثّف). وكل حبلين متماثلين مرتبطان أحدهما بالآخر ويشكّلان صبغياً مضاعفاً. يُسمّى الموضع الذي يرتبط عنده الحبلان، والذي يُرى تحت المجهر كعقدة، القسيم المركزي. تُدعى أذرع الصبغي، التي تحمل المادة الوراثية الكاملة، بـ شق الصبغي. تتيح عملية التكثّف دراسة «خيوط» الـ DNA مجهرياً، وهي التي لا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي عادةً. عدا ذلك، تنحلّ النويات أثناء الطور الأول ويتوقّف تركيب البروتين كلياً تقريباً. وينتقل كل مريكز إلى قطب الخلية المقابل له، حيث ينمو فيما بينهما الجهاز المغزلي المتكوّن من أنيبيبات مجهرية والذي يلعب دوراً كبيراً في انقسام الخلية.

في الطور التالي (الشكل رقم ١b) ينحلّ الغشاء المحيط بالنواة، فتنطلق الصبغيات في الهيولى. ولكنها بدلاً من أن تتوزّع عبر الخلية، تنتظم الآن في ما يُسمّى خطّ الاستواء في وسط الخلية بين المريكزين المنتقلين إلى قطبي الخلية. ويكون الجهاز المغزلي الآن مكتمل التشكّل؛ وتمتدّ أنيبيباته المجهرية سواء نحو القسيمات المركزية للصبغيات أو من مريكز إلى مريكز.

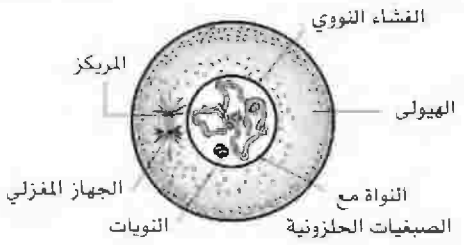
في طور الصعود التالي (الكل رقم ١ c) تنقسم القسيمات المركزية للصبغيات بحيث يحدث انشطار في الشقوق الصبغية، التي كانت حتى الآن مترابطة معاً. وتقوم الآن الأنيبيبات المجهرية للجهاز المغزلي ، والتي كانت ملتصقة على القسيم المركزي، بجذب الشقوق الصبغية إلى قطبي الخلية - تنتقل الشقوق الصبغية للصبغي (المضاعف) كل منها إلى القطب المقابل من الخلية. وتدعم الأنيبيبات المجهرية للجهاز المغزلي الممتدّة من مريكز إلى آخر المريكزين كي لاينجرّان إلى وسط الخلية. كما ترتحل عضيّات الخلية إلى قطبي الخلية . ولا يتواجد الآن في خط الاستواء سوى السائل الخلوي تقريباً (الهيولى).

وفي المرحلة الأخيرة من التفتّل، وهي الطور الانتهائي، (الشكل رقم ١ d)، يتشكّل حول الشقوق الصبغية الموزّعة على قطبي الخلية غشاءان نوويان جديدان. كما تظهر النويات ثانيةً. ويضمحلّ الجهاز المغزلي. وتتخصص الخلية الأم عند خط الاستواء، بحيث تنشأ الآن خليتان. أخيراً تنفكّ حلزنة الشقوق الصبغية للخليتين المتولّدتين حديثاً، بحيث تتواجد كخيوط صبغية دقيقة في النواة من جديد، ولا يعود بالإمكان رؤيتها تحت المجهر الضوئي.

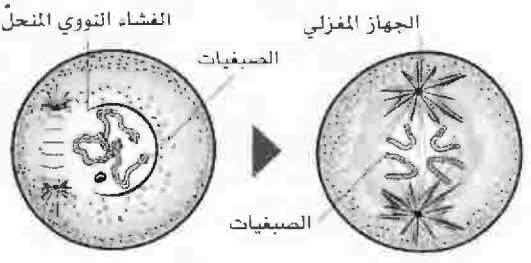
بهذا ينتهي الانقسام الخلوي - لقد نشأت من الخلية الأم خليتان تمتلكان المعطيات الوراثية ذاتها. وباستطاعتهما الآن أداء مهامهما مجدداً. وينطلق تركيب البروتين من جديد. لا يستغرق التفتّل وقتاً طويلاً بنوع خاص - فهو ينتهي في غضون ساعات قليلة.

## الانقسام الفتيلي ❶

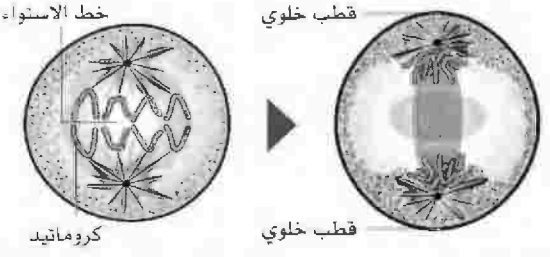
الطور الأول : تتكثف الصبيغيات ① وتنحل النويات ويبدأ كل مريكز بالرحيل إلى قطب الخلية المقابل.



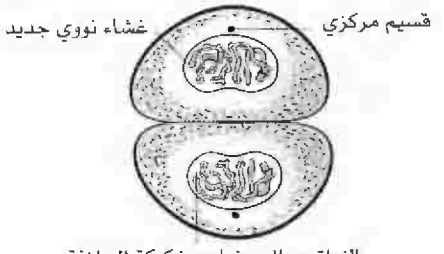

الطور الثاني : ينحل الغشاء النووي وتنتظم الصبغيات في خط الاستواء. يكتمل تشكّل الجهاز المغزلي ②




طور الصعود: الكروماتيدات ③ تتشطر بالجهاز المغزلي وتنسحبُ إلى قطبي الخلية




الطور الانتهائي: يتشكل حول ④ الكروماتيدات المشطرة غشاءان نوويان جديدان. وأخيراً تنقسم الخلية الأم باختناق في خط الاستواء




النواة مع الصبغيات مفكوكة الحلزنة

الانقسام الخليوي - الانقسام الفتيلي

# الانقسام الخلوي (الانتصاف)

على الرغم من الأهمية الكبيرة التي يتمتع بها التفتّل بالنسبة لمجموع العضوية، إلاّ أنه لا يمثّل بالنسبة لمعظم الخلايا سوى مرحلة قصيرة مقارنةً بالزمن الذي تؤدّي فيه الخلية مهامها. تتلو التفتّل أطوار أخرى تتطوّر فيها الخلية حديثة التشكّل وتقوم بوظائفها وتهيّء نفسها للتفتّل مجدداً. تُسمّى هذه الأطوار المختلفة الدورة الخلوية.

الدورة الخلوية ❶: بعد التفتّل يبدأ ما يُسمّى الطور G1 (الشكل رقم ١). في أثناء هذه الفترة تنمو الخلية أولاً وتشكّل (من خلال إنتاج البروتين) سائر السمات التي تميّز نمط الخلية الموافق. وتتساق الخلية إثر ذلك وراء مهامها، قبل أن تعدّ نفسها للتفتّل من جديد.

يتلو الطور G1 الطور S، وهو الفترة الزمنية التي يتم فيها انتساخ الـ DNA <) ص. ٢٦). وبعد ذلك يبدأ الطور G2 الذي «تستريح» فيه الخلية مرة أخرى لفترة قصيرة أو بالأحرى تستعد قبل أن ينطلق التفتّل. تُسمّى هذه الأطوار الثلاثة مجتمعةً الطور البيني أيضاً.

الانتصاف ❷: وهو الشكل الثاني للانقسام الخلوي. ولا يحدث إلاّ في الخلايا التناسلية (البيوض والنطاف) (الشكل رقم ٢). في هذا الشكل من الانقسام الخلوي يتم اختزال عدد الصبغيات (الضعفاني) الأصلي في الخلية (٤٦ صبغياً = ٢٣ من الأم + ٢٣ من الأب) إلى عدد الصبغيات (الفرداني) النصفي (٢٣ صبغياً) (ما يُسمّى الانقسام الاختزالي). السبب: عند اندماج خليتي النطفة والبيضة يجب أن تحتوي الخلية الجديدة، التي سيتطوّر عنها الطفل في النهاية، على ٤٦ صبغياً من جديد. أما الخلايا التناسلية الناضجة التي تنشأ عن الانقسام الاختزالي فتُسمّى الأعراس.

قبل الانتصاف الفعلي تتضاعف المادة الوراثية في كل من البيضة والنطفة على السواء، بحيث يتوافر في كل من هذه الخلايا التناسلية غير الناضجة ٤٦ صبغياً،

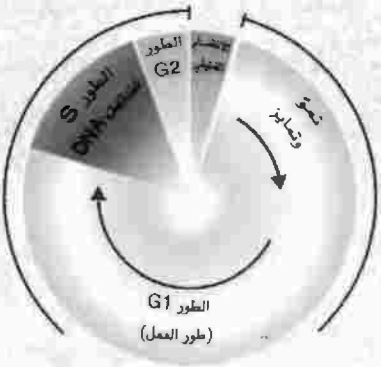
لكل منها أربعة شقوق صبغية. ويجري انقسام المادة الوراثية وصولاً إلى العدد الصبغي الفرداني في أثناء الانتصاف في خطوتين، الانقسام النضجي الأول والثاني. في المرحلة الأولى من الانقسام النضجي الأول، الطور الأول، تتحلزن الصبغيات وترتحل إلى خط استواء الخلية. الخصوصية: تنتظم الصبغيات المتوافقة الآتية من الأم والأب (الصبغيات المتماثلة) بعضها مقابل بعض، حيث يمكن للشقوق الصبغية أن تتراكب. جراء تباعد الصبغيات بوساطة الأنيبيبات المجهرية للجهاز المغزلي قد يحدث أن «تتكسّر» الشقوق الصبغية عند مواضع التراكب هذه، ويتم استبدال هذه القطع، التي تنمو ثانيةً، بشقوق الصبغيات المتماثلة (تعابُر).على النحو تمتزج المادة الوراثية الآتية من الأم والأب (تأشُّب الجينات). يقوم الجهاز المغزلي في الأطوار التالية من الانتصاف بتوزيع الصبغيات المتماثلة على نويتين تحتوي كل منهما عندئذ على ٢٣ صبغياً لكل منها شقان صبغيان.

يتلو ذلك الانقسام النضجي الثاني للانتصاف. كما هو الحال في التفتّل يتم الآن شطْر الشقوق الصبغية بوساطة الجهاز المغزلي وتوزيعها على نويتين. النتيجة: يمتلك كل من هاتين النويتين في النهاية العدد الصبغي الفرداني فقط، إي ٢٣ صبغياً بسيطاً.

يختلف انتصاف الخلية التناسلية الذكرية قليلاً عن انتصاف الخلية التناسلية الأنثوية. يؤدّي الانتصاف إلى نشوء أربع نطاف عن خلية تناسلية ذكرية غير ناضجة، يمتلك كل منها عدد صبغي فرداني (ما يُسمّى إنطاف). أما عن البيضة غير الناضجة للمرأة فتنشأ بيضة واحدة فقط (تكوّن البيضة). ويتم توزيع الصبغيات «الفائضة» على ثلاثة جسيمات قطبية معلّقة بالبيضة. وتحتفظ البيضة الفعلية بالجزء الأكبر من الهيولى مع عدد صبغي فرداني. عند الاندماج مع حيوان منوي تتْلف الجسيمات القطبية. إثر الإلقاح، الذي يجعل البيضة تمتلك العدد الصبغي الضعفاني، تشرع البيضة الملقّحة بالانقسام طبقاً لقواعد التفتّل، بحيث يتطوّر عنها الجنين.

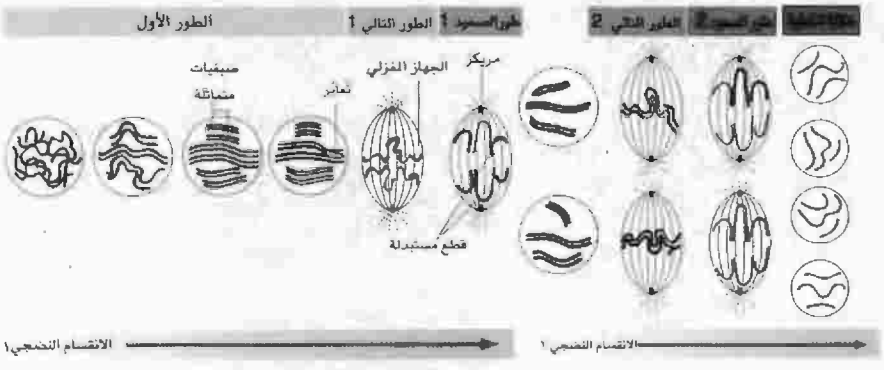
المخطّط النووى ❸ : تختلف الصبغيات بعضها عن بعض. لذلك من الممكن، عن طريق تلوين الصبغيات (صنع المخطّط النووي) والمعاينة المجهرية، الحكْم على وجود عيوب صبغية أو غياب صبغيات أو تضاعفها . يوضع المخطّط النووي في أثناء التفتّل، إذ لا يمكن تقييم الصبغيات مجهرياً إلاّ عندما تكون حلزونية (الشكل رقم ٣). وللمخطّط النووي أهمية خاصة في التشخيص ماقبل الولادة (< ص. ٣٢).

الدورة الخلوية ❶




الطور البيني

الانتصاف ❷




المخطط النووي ❸

الانقسام الخلوي ( الانتصاف)

# الوراثة

باندماج خليّتي البيضة والنطفة يتلقّى نسل الأبوين نصف المعطيات الوراثية من الأم ونصفها الآخر من الأب. من هنا يمكن إثبات وجود تشابه بين مظهر النسل ومظهر الأبوين. وغالباً ما يشبه الطفل أحد الأبوين أكثر من الآخر. يفسِّر لنا علم الوراثة هذا الحال وكيف تُورَّث بعض الأمراض الوراثية.

### الجينات والصبغيات ❶:

تمتلك جميع الخلايا، باستثناء الخلايا التناسلية، ٤٦ صبغياً، ٢٣ منها من الأب و٢٣ من الأم. ونميّز بين ٤٤ صبغياً جسدياً و صبغيين جنسيين هما X و Y (الشكل رقم ١). تمتلك المرأة دائماً صبغيين X، والرجل صبغي X وصبغي Y. توجد الجينات على الصبغيات، ويمثّل كل منها خطّة بناء بروتين محدَّد موجود في الجسم. والكثير من الجينات المختلفة مسؤول عن بروز الصفات الجسدية المفردة.

تُدعى الجينات المتوافقة على الصبغيات (المتماثلة) المتحدّرة من الأم والأب أليل. يمكن لهذه الألائل أن تكون متماثلة بالمطلق. وعندئذ يكون الحامل متماثل الزيجوت (صافي الوراثة) فيما يختصّ بهذا الجين.، ولكن قد يختلف أحدها عن الآخر. وفي هذه الحالة يدور الكلام عن أن الحامل متغاير الزيجوت (مختلط الوراثة) بالنسبة إلى هذا الجين.

يُسمّى مجموع المعلومات الوراثية التي يمتلكها الإنسان في صبغياته النمط الجيني. وتُسمّى الصورة الخارجية للإنسان والمشروطة بالجينات النمط الظاهري.

### القوانين الوراثية ❷❸❹:

وضع «غريغور ماندل» في القرن التاسع عشر ثلاثة قواعد وراثية تبيِّن كيف يمكن أن تتغيّر صفة ما لا تنتقل إلاّ عن طريق عامل وراثي واحد (عن طريق

أليلان). ولهذا الغرض قام بتهجين سلالتين من البازلاء لا تختلفان إلاّ في لون الأزهار (أحمر/ أبيض). ويمكن تكرار هذه التجارب: إذا كان الطقم الصبغي الفرداني للخلايا التناسلية الناضجة (الأعراس) في إحدى النبتتين يضمّ أليل اللون الأحمر (R)، وفي النبتة الأخرى أليل اللون الأبيض (W)، ارتبط الأليلان R و W أحدهما بالآخر دائماً في الطقم الصبغي الضعفاني للجيل التالي. تتمتّع بعض الألائل بقدرة على الظهور أقوى من الأخرى. وهي التي تحدِّد بروز الصفة، ولذلك تُسمّى سائدة، بينما تُسمّى الألائل «الأضعف» متنحّية. وفي نبات البازلاء يكون أليل اللون الأحمر سائداً، لذلك تكون أزهار جميع أبناء الجيل الأول حمراء اللون، على الرغم من أنها متغايرة الزيجوت وبالتالي تُسمّى هجيناً. من هنا يُدعى قانون ماندل الأول بـ قانون وحدة الشكل أيضاً، لأن النبتات جميعها متماثلة.

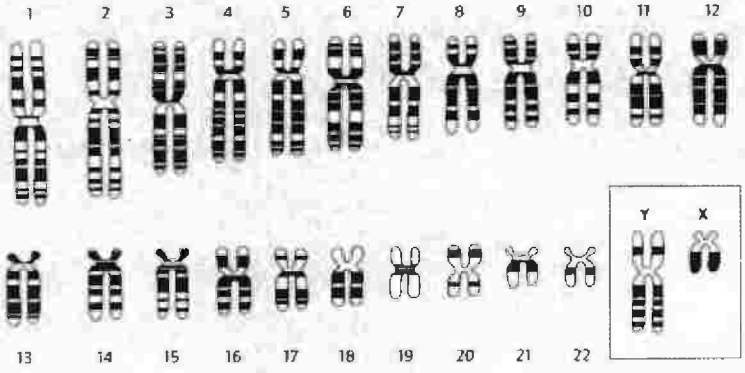
تحتوي أعراس جيل الأبناء هذا إما على أليل R أو أليل W. وعندما ينشأ ثانيةً طقم صبغي ضعفاني عن طريق الإلقاح، يمكن أن يرتبط R مع R أو R مع W أو أيضاً W مع W. وقد وجد «ماندل» أن لتركيب الألائل النسبة ذاتها على الدوام: إحدى النبتات الجديدة تمتلك الأليلان RR وأخرى الأليلان WW، واثنتان تحتويان على الأليلان RW. لذلك يُدعى قانون ماندل الثاني هذا بـ قانون الافتراق أيضاً.

مع تعدّد الاختلافات في الصفات لا تكون الوراثة بهذه البساطة، ويمكن لألائل الصفات المختلفة أن توجد على صبغيات مختلفة في النهاية. ويحصل في الانتصاف توزيع جديد للصبغيات بالصدفة يؤدّي إلى نشوء تراكيب أليلية مختلفة كثيرة. من هنا يُدعى قانون ماندل الثالث هذا بـ قانون الاستقلالية.

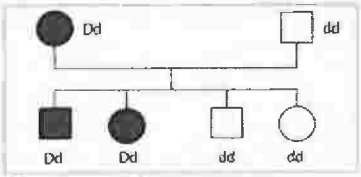
لهذه القوانين أهميتها في نشوء الأمراض الوراثية. وبإمكان الأبوين اللذين يعانيان من مرض وراثي حساب الاحتمال الذي يحكم توريث الجين إلى نسلهما. ونميّز عدة قنوات توريث بمعزل عن كون الجين المرض سائداً وغالباً ما يُطلق المرض الوراثي سلفاً في الحالة متغايرة الزيجوت. تُورَّث بعض الأمراض بشكل

سائد جسدياً (الشكل رقم ٢). وهنا يكون حامل الجين المرِض متغاير الزيجوت في الغالب، هذا يعني أنه يمتلك، إلى جانب الجين المحرِض، جيناً سليماً ولكنه متنحٍّ. إذا كان الشريك سليماً، بلغ احتمال توريث الجين المرِض إلى الأطفال ٥٠٪. في الوراثة الجسدية المتنحّية (الشكل رقم ٣) يكون كلا الزوجين حاملين للجين المرِض المتنحّي، ولكنهما غير مصابين بالمرض شخصياً، لأن كلاً منهما لديه جيناً سليماً أيضاً. ولكن ٢٥٪ من نسلهما سوف يُصاب بالمرض الوراثي. إذا توضّع الجين المرِض المتنحّي على الصبغي X، دار الكلام عن قناة توريث متنحّية صبغوياً - X (الشكل رقم ٤). ويكاد لا يُصاب بمثل هذه الأمراض الوراثية سوى الذكور؛ إذ لا يمكنهم تعديل مفعول الصبغي المعيب بأليل سليم، لأنهم لا يمتلكون سوى صبغي X واحد (مرض الناعور مثلاً).

❶ العدد الصبغي البشري ( الصبغيات الجسدية والجنسية)



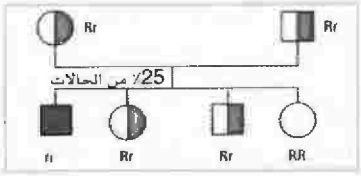

❷ قناة التوريث السائد جسدياً




ذكري أنثوي

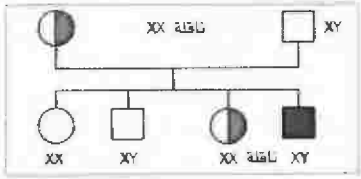
سليم أوسليمة حامل أو حاملة الصفة

❸ قناة التوريث المتنحي جسدياً




سليم متغاير الزيجوت

❹ قناة التوريث المتنحي صبغوياً - X




سليم متغاير الزيجوت

الوراثة

# الأمراض الوراثية

يمكن للأمراض الوراثية أن تنشأ عن تأذّي الجينات أو جراء زيادة أو غياب الصبغيات (ما يُسمّى زيْغ الصبغيات).

**زيْغ الصبغيات** ❶❷❸: يُعدّ الانتصاف ـ نشوء الخلايا التناسلية الناضجة (الأعراس) ـ حدثية معقّدة لدرجة لا يمكن معها استبعاد حصول أخطاء. في الأحوال العادية تشطر الصبغيات المتماثلة الآتية من الأب والأم وتتوزّع على خليتين تناسليتين، ولكن قد يحدث أحياناً أن تلتصق الصبغيات وترتحل معاً إلى خلية تناسلية واحدة تُبدي عندئذ صبغياً زائداً عن العدد. وبالمقابل ينقص الخلية التناسلية الأخرى أحد الصبغيات (زيْغ الصبغيات العددي). صحيح أنه في التعابُر، وهو تبادل أجزاء الشقوق الصبغية بين الجينات المتماثلة (> ص. ٢٨)، يحصل تجميع للجينات، الأمر الذي قد يؤدّي، دون شك، إلى تغيّرات إيجابية في المادة الوراثية (تكيف أفضل مع شروط البيئة مثلاً)، ولكن قد تنشأ عن ذلك صبغيات معيبة. يمكن للصبغيات غير المتماثلة مثلاً أن تتبادل قطعاً في بعض الأحيان (إزفاء الصبغيات) أو تنشأ فجوة صبغية (الشكل رقم ١). وتؤدّي كل أشكال الزيْغ البنيوي هذه إلى إعاقات شديدة.

إذا وُجِدَ في بيضة ملقّحة زيْغ صبغي عددي، حدث الإسقاط في الغالب. ففي حال غياب أحد الصبغيات (على الأقل أحد الصبغيات الجسدية) لا يكون الجنين قابلاً للحياة أبداً، وفي حال زيادة عدد الصبغيات يكون أحياناً غير قابل للحياة أيضاً. والحق أن الطفل الذي يولد مع صبغي زائد يكون معاقاً عقلياً على الدوام وجسدياً في الغالب. أكثر أشكال الزيْغ الصبغي العددي مصادفةً هو تثلّث الصبغي ٢١ والمعروف أيضاً بـ متلازمة داون أو المغولية (الشكل رقم ٢). وهنا تحتوي البيضة الملقّحة على ثلاثة صبغيات بدلاً من صبغيين ٢١. ومن صفات الأطفال المصابين

بمتلازمة داون وضع العينين المميّز وضخامة اللسان وقصر الأصابع وانخفاض التوتّر العضلي. كما يكون الأطفال معاقين عقلياً دوماً، وتتراوح درجة الإعاقة العقلية من الإعاقة الطفيفة إلى الإعاقة الشديدة. وليس من النادر أن تظهر في متلازمة داون تشوّهات في القلب والأمعاء أيضاً.

في حالة الزيْغ العددي في الصبغيات الجنسية (سواء في حالة الغياب أم في حالة وجود صبغي زائد) يكون الأطفال المصابون قابلين للحياة عادةً. وليس من الضروري أن يترافق الزيْغ العددي في الصبغيات الجنسية مع إعاقة عقلية. ولكن المصابين عقيمون في الغالب، كما هو الحال في متلازمة تورنر على سبيل المثال، والتي يغيب فيها عند الفتاة صبغي x واحد، أو في متلازمة كلاينفلتر التي يمتلك فيها الفتى صبغي x زائد.

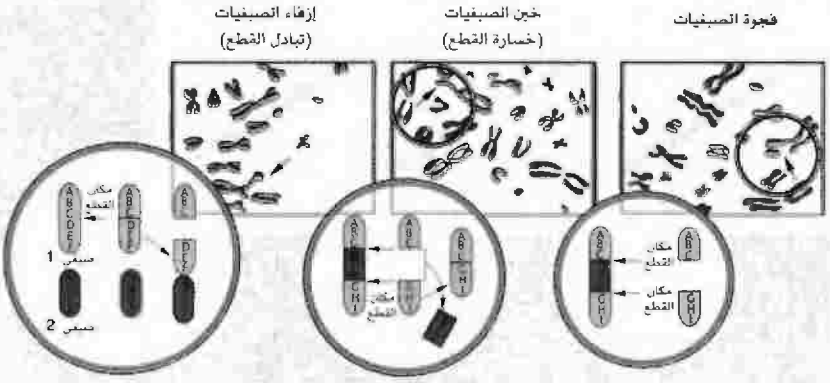
كلما كانت الأم أكبر سنّاً عند الولادة، ازدادت مصادفة زيْغ الصبغيات. على سبيل المثال يُقدَّر احتمال أن تُرزَق أمّ في الأربعين من العمر بطفل مصاب بمتلازمة داون بـ ١: ٢٠، بينما لا يتجاوز هذا الاحتمال في العشرين من العمر ١: ١٥٠٠ (الشكل رقم٣). ويمكن كشف وجود زيْغ صبغيات عند الجنين عن طريق أخذ خلايا من الجنين في أثناء الحمل بمساعدة فحص السائل الأمنيوسي وبالتالي وضع مخطّط نووي.

**طفرة الجين الواحد:**

بيد أن الكثير من الأمراض الوراثية لا ينجم عن زيْغ الصبغيات، إنما عن طفرة الجين الواحد. وهنا يكون أحد الجينات على أحد الصبغيات متغيّراً، هذا يعني أن تسلسل الأسس لا يعود يتّفق مع الأصل. يمكن لمثل هذه الطفرات أن تكون إيجابية دون شك، في حال أدّت إلى تحسّن في تكيّف العضوية (جرثومة على سبيل المثال) مع محيطها (إذا أصبحت الجرثومة مقاومة للصادّات مثلاً). ولكن الكثير من الطفرات يقود عند الإنسان بوجه خاص إلى الأمراض، ذلك أنه لا يعود بالإمكان إنتاج بروتين محدَّد ذي أهمية بالنسبة للجسم. كما أنه ليس من النادر أن تسبّب

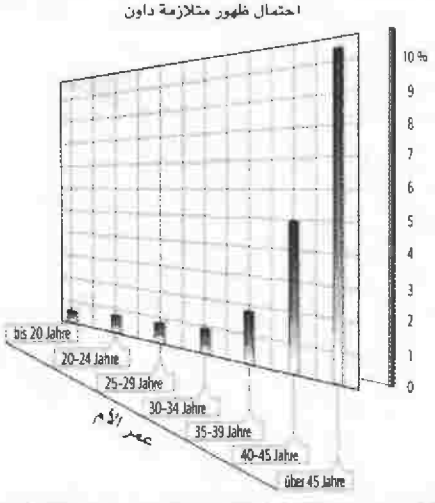
الطفرات الوراثية أمراضاً استقلابية. منها على سبيل المثال اللُزاج المخاطي الذي يُورَّث بصورة متنحّية جسدياً. في هذا المرض تشكِّل غدد الجسم مخاطاً لزجاً يسدّ مخارج الغدد (غدة المعثكلة مثلاً). كما يتشكّل المخاط في القصبات أيضاً، مما يؤدّي إلى مشاكل تنفّسية عويصة.

❶ زيغ الصبغات




❷ متلازمة داون

❸ سن الأمّ وخطورة متلازمة داون




## الأمراض الوراثية

# أنسجة الجسم (النسيج الظهاري، النسيج الضام والداعم)

يتشكّل النسيج في العضوية من اجتماع الخلايا المتماثلة. ونميّز بين أربعة أنواع من الأنسجة: النسيج الظهاري، الذي يبطّن الجسم من الداخل ويحدّه عن الخارج، النسيج الضام والداعم، الذي يساهم في إعطاء الجسم شكله ويدعمه، النسيج العضلي القادر على التقلّص والذي يتكفّل، فيما يتكفّل، بقدرة العضوية على الحركة، و النسيج العصبي المسؤول عن استقبال ونقل التنبيهات .

تتألّف أعضاء الجسم من أنواع مختلفة من الأنسجة. وهنا نميّز بين الخلايا التي تُعنى بالقدرة الوظيفية للعضو وتُجمَع تحت اسم المتن، والنسيج الضام الذي يمنح العضو شكله وتتخلّله الأوعية الدموية والألياف العصبية (ما يُسمّى السَّدى)، والأوساط بين الخلايا، الوسط الخلالي الذي يحتوي على المادة بين الخلايا (ألياف على سبيل المثال).

**النسيج الظهاري ❶ :**

يغطّي النسيج الظهاري سطوح الجسم من الداخل والخارج، وباستطاعته أداء وظائف مختلفة حسب وضعيته في العضوية. نميّز بين الظهارات الداعمة، كالجلد والأغشية المخاطية، التي تقوم بصدّ الأجسام الغريبة (عوامل ممرِضة مثلاً)، وظهارات الارتشاف، التي تقوم بإيصال المواد إلى الأنسجة (كمخاطية الأمعاء التي تقوم بإيصال المواد الغذائية إلى الدم)، وظهارات الإفراز، التي تقوم بإفراز المواد (كحمض المعدة مثلاً)، والظهارات الناقلة، التي تقوم بنقل المواد ضمن أجواف أجهزة عضوية معيّنة (كالغبار مثلاً إلى خارج الطرق التنفّسية).

تختلف الخلايا والطبقات الظهارية في بنائها وشكلها ـ تبعاً لوظيفتها. وهكذا توجد ظهارة منبسطة (الشكل رقم ١ a) ذات خلايا مسطّحة جداً، ظهارة موشورية

متساوية (الشكل رقم ١ b) ذات خلايا أكثر ارتفاعاً، وظهارة أسطوانية (الشكل رقم ١ c) ذات خلايا شديدة الارتفاع. قد يكون النسيج الظهاري مؤلَّفاً من طبقة واحدة أو عدة طبقات، ويمكن للظهارة المنبسطة أن تكون متقرّنة (سطح الجلد مثلاً، الشكل رقم ١ d) أو غير متقرّنة (الغشاء المخاطي، الشكل رقم ١ e). وتحمل خلايا الظهارة الأسطوانية شعيرات (في الأنف مثلاً) ؛ ويدور الكلام عندئذ عن ظهارة زغابية (الشكل رقم ١ f). وتشترك جميع طبقات ا لظهارة في أنها تستقرّ على الغشاء القاعدي.

تشكّل ظهارات الإفراز (وتُسمّى أيضاً الظهارات الغدية) أنواعاً مختلفة من الغدد. تقوم الغدد خارجية الإفراز بطرح إفرازاتها إلى الخارج، إما على الجلد أو الأغشية المخاطية. أما الغدد داخلية الإفراز (الصمّاء) فتقوم بإيداع مفرزاتها في الدم. وهي تفرز الهرمونات قبل كل شيء، لذلك تُسمّى أيضاً غدداً هرمونية.

**النسيج الضام والداعم ❷ :**

يتألّف النسيج الضام والداعم في الجسم من أنواع نسيجية مختلفة، أي من نسيج شحمي وغضروف وعظام. ويتكوّن النسيج الضام من عدد قليل نسبياً من الخلايا التي يتوضّع بعضها بعيداً عن بعض نسبياً أيضاً. وتوجد بين الخلايا المادة بين الخلوية التي تتكوّن من كتلة هلامية أو بالأحرى شبه سائلة (المادة الاستنادية) وألياف مختلفة الأنواع. هذه البنية هي التي تعطي النسيج الضام قدرته على الحفاظ على شكل الجسم ودعمه في آن معاً . يتكوّن النسيج الضام المتماسك (الشكل رقم ٢ a) من خلايا ضامة وألياف المغراء المتينة جداً (كولاجين) والتي تتوضّع على نحو شبكي أو متواز. ويشكّل هذا النوع من النسيج الضام الأوتار العضلية على سبيل المثال. أما النسيج الضام الرخو فمن مهامه دعم أو سند الأعضاء (في جوف البطن مثلاً) واختزان الماء. وهو يحتوي، فضلاً عن ذلك، على خلايا الجهاز المناعي. ميزاته : يتكوّن من عدد قليل من الألياف ومن كمّ كبير من

المادة الاستنادية. أما النسيج الضام الشبكي (الشكل رقم ٢b) فهو من مكوّنات نقي العظم وأعضاء مختلفة. ويتكوّن من ألياف شبكية ويحتوي على مجموعة من الخلايا الدفاعية وغيرها. إلى جاني الألياف المغرائية والشبكية يحتوي النسيج الضام على ألياف مرنة أيضاً تضمن مرونة النسيج.

يُعدّ النسيج الغضروفي جزءاً من هيكل الجسم. والغضروف مقاوم للضغط للغاية، ولكنه مرن أيضاً. ونميّز بين ثلاثة أنواع من الغضاريف (الغضروف الزجاجي، الشكل رقم ٢ c؛ الغضروف الليفي، الشكل رقم ٢ d؛ الغضروف المرن، الشكل رقم ٢ e)، والتي يختلف بعضها عن بعض بما تحتويه من المادة الاستنادية الصلبة والخلايا الغضروفية وألياف المغراء . يشكّل الغضروف الليفي الأقراص الفقرية، ويوجد الغضروف الهيالييني على السطوح المفصلية . ينشأ النسيج الشحمي (الشكل رقم ٢ f) عن النسيج الضام الشبكي الذي توضّعت في خلاياه قطرات شحمية. وهو في الوقت ذاته مخزن طاقة (الشحم المختزن) وحماية من البرودة (شحم البناء). أما النسيج العظمي (الشكل رقم ٢ g) فيشكّل الهيكل، السقالة الداعمة للجسم. وهو يتألّف من خلايا عظمية (عظميات) وألياف مغرائية وأملاح معدنية (كالسيوم، مغنيزيوم، فوسفات) تعطيه صلابته.

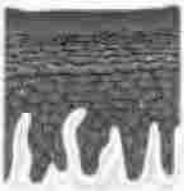
❶ النسيج الظهاري

ⓐ ظهارة منبسطة وحيدة الطبقة

ⓑ ظهارة موشورية متساوية وحيدة الطبقة

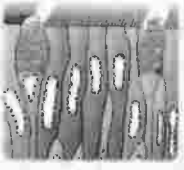
ⓒ ظهارة أسطوانية وحيدة الطبقة

ⓓ ظهارة منبسطة عديدة الطبقات ومتقرّنة



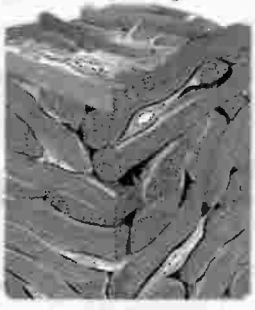
ⓔ ظهارة منبسطة عديدة الطبقات غير متقرنة

ⓕ ظهارة زغابية عديدة الصفوف وخلايا عذبة منتجة للمخاط

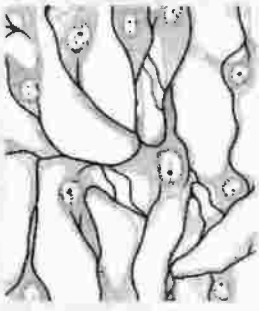


❷ النسيج الضام والداعم

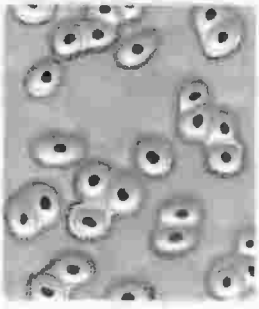
ⓐ النسيج الضام المتماسك



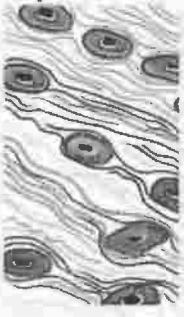
ⓑ النسيج الضام الشبكي



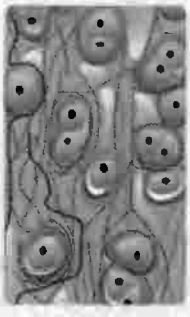
ⓒ الغضروف الهياليني



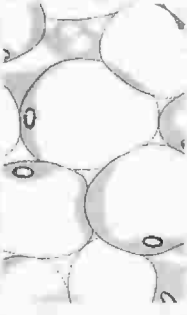
ⓓ غضروف ليفي



ⓔ غضروف مرن



ⓕ نسيج شحمي



ⓖ نسيج عظمي

أنسجة الجسم ( النسيج الظهاري - النسيج الضام والداعم)

# أنسجة الجسم (النسيج العضلي، النسيج العصبي)

يشارك النسيج العضلي في جميع حركات الجسم البشري ـ سواء تعلّق الأمر بحركة الإنسان التنقّلية أم بنقل المواد ضمن الجسم (في أثناء عملي الهضم مثلاً) أو بنشاط القلب .

**النسيج العضلي ❶:**

توفّر البنية الخاصة للخلايا العضلية أساس كلّ حركة: تقلّص الخلايا. تبدو الخلايا العضلية كألياف ممتدة طولياً. وتأوي في داخلها ما يُسمّى الليفات العضلية؛ وهي عبارة عن آلياف مكوّنة من جزيئات بروتينية يمكنها أن تقصُر، مما يؤدّي إلى حدوث التقلّص العضلي. ويتم توجيه تقلّص الخلايا العضلية عن طريق التنبيهات الصادرة عن الجملة العصبية. ونميّز بين أنواع مختلفة من النسيج العضلي تُسمّى خلاياها الألياف العضلية أيضاً: العضلات الملساء والعضلات المخطّطة عرضانياً وعضلة القلب (الشكل رقم ١).

تتّسم العضلات الملساء (الشكل رقم ١ a) بخلاياها الطولانية مغزلية الشكل التي تحتوي على نواة في وسطها. ويكاد يكون من غير الممكن رؤية الليفات العضلية. لا يمكن تحريك العضلات الملساء إرادياً؛ وهي تُصادَف بالدرجة الأولى في السبيل الهضمي (في الأمعاء) وفي الرحم وفي الأوعية الدموية أيضاً.

أما العضلات المخطّطة عرضانياً (العضلات الهيكلية) (الشكل رقم ١ b) فتؤلّف العضلات التي تخضع للسيطرة الإرادية. ومنها على سبيل المثال عضلات الطرفين العلوي والسفلي وعضلات ناحية الفم. يمكن أن يصل طول الخلية العضلية إلى ١٥ سم. وتوجد في داخلها ـ في المنطقة المحيطية ـ نوى عديدة. وتأتي تسميتها العضلات المخطّطة عرضانياً من أنه يمكن أن تُرى تحت المجهر، وفي الاتّجاه

الطولاني، لييفات عضلية حمراء نيّرة وعاتمة بالتناوب. أما سبب لون العضلات الأحمر فيعود إلى ترويتها الدموية الغزيرة وإلى الميوغلوبين الذي يعطيها اللون الأحمر أيضاً. يُحاط كل ليف عضلي بغمد من النسيج الضام. كما يغلِّف العضلة المؤلَّفة من عدد كبير من الألياف العضلية نسيجٌ ضام هو اللفافة العضلية.

صحيح أن ألياف العضلة القلبية (الشكل رقم ١ c) تتكوّن من لييفات عضلية نيّرة وعاتمة أيضاً - أي أنها عضلة مخطّطة عرضانياً أيضاً -، ولكن النوى تتوضّع في وسط الخلية، على خلاف العضلات المخطّطة عرضانياً الهيكلية. عدا ذلك، تشكّل خلايا العضلة القلبية وحدة متماسكة يصونها ما يُسمّى الأقراص المُقحمَة.

**النسيج العصبي ❷:**

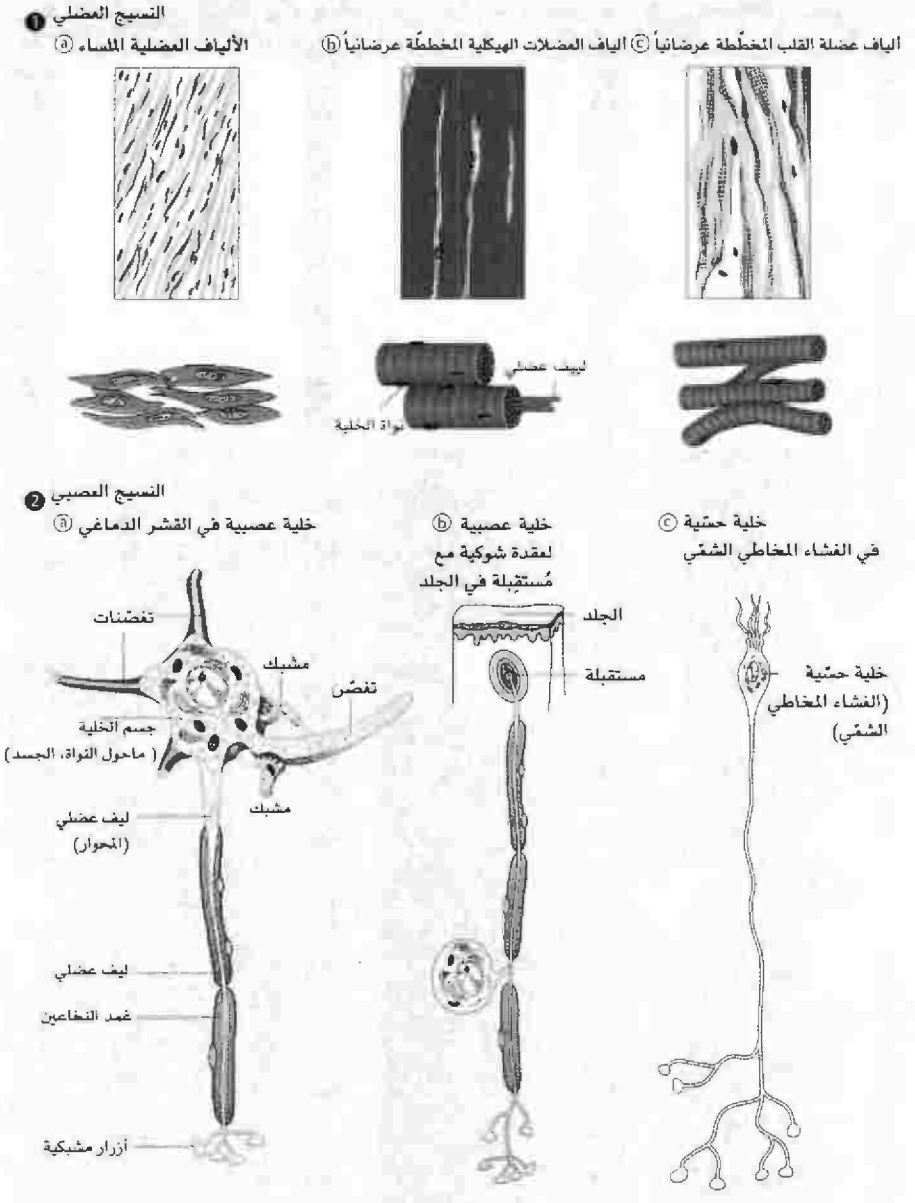
تُعدّ الخلايا العصبية (العصبونات)، وهي المكوِّن الرئيس للنسيج العصبي، أشدّ خلايا الجسم تعقيداً في بنيتها. أما مهمّتها فهي تلقّي الرسائل ونقلها إلى خلايا الجسم الأخرى، ومعالجة المنبّهات واختزانها والاستجابة لها.

أما المسؤول عن نقل المعلومات فهي الاستطالات الصادرة عن جسم الخلية والتي يصل طولها إلى متر واحد وتُسمّى محاور الأعصاب أو المحاوير (كما تُسمّى أيضاً الألياف العصبية). غالباً ما تجتمع عدة محاوير وتسير بشكل متواز لتشكّل الأعصاب. وتُسمّى الاستطالات القصيرة المتواجدة بالقرب من الخلية التغصّنات. وهي تخدم في تلقّي المعلومات التي تنقلها الخلايا الأخرى إلى الخلايا العصبية. إحدى الصفات الأخرى الهامة للعصبونات هي المشابك التي توجد على كل من المحاوير والتغصّنات على السواء. وعبر هذه المشابك تتّصل العصبونات بالخلايا الأخرى - فمهمّتها إذاً استقبال المعلومات ونقلها.

لا توجد الخلايا العصبية في الدماغ فقط، بل في الجسم بكامله، على سبيل المثال في العقد العصبية القريبة من النخاع الشوكي أو في الجلد (الشكل رقم ٢). صحيح أن البنية الأساس للخلية العصبية هي ذاتها دائماً، ولكن المظهر الخارجي

للخلايا العصبية المختلفة يتباين بشدة أحياناً. هكذا تبدو الخلايا الحسّية للغشاء المخاطي الشمّي مختلفةً عن عصبونات الدماغ. ويعود هذا إلى تخصّص الخلايا تبعاً لمهمّتها. يتفرّع عن جسم خلية حسّية في الغشاء المخاطي الشمّي، على سبيل المثال، الكثير من الشعيرات الحسّية الدقيقة. ويُعدّ هذا التخصّص الفائق أحد أسباب عدم قدرة الخلية العصبية الناضجة على الانقسام الخلوي.

كي تتمكّن من القيام بمهامها تتشابك العصبونات فيما بينها. وتوجد هذه التجمّعات الكبيرة٥٨ من العصبونات في الدماغ والنخاع الشوكي، أما التجمّعات الأصغر (العقد العصبية) فتوجد في أمكنة أخرى من الجسم. إلى جانب العصبونات تدخل في تركيب النسيج العصبي الخلايا الدبقية أيضاً. وهي تشكّل، على سبيل المثال، غمد النخاعين الذي يغلّف المحاوير ويحميها. كما تلعب الخلايا الدبقية دوراً هاماً في إمداد الخلايا العصبية بالمواد الغذائية.




أنسجة الجسم ( النسيج العضلي، النسيج العصبي)