عندما يكون الأكسچين في الدم غير كاف–على سبيل المثال خلال التمرينات الرياضية المضنية للغاية مثل الركض.

مرة أخرى يتم تحويل سكريات الدم إلى ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)، لكن هذه المرة يظهر ناتج جانبي - حمض اللاكتيك، هو الحمض الذي ينتج إحساس الحرقان المألوف في العضلات التي تعرضت لنشاط مفرط.

بيولوجيا الخلية

الخلايا

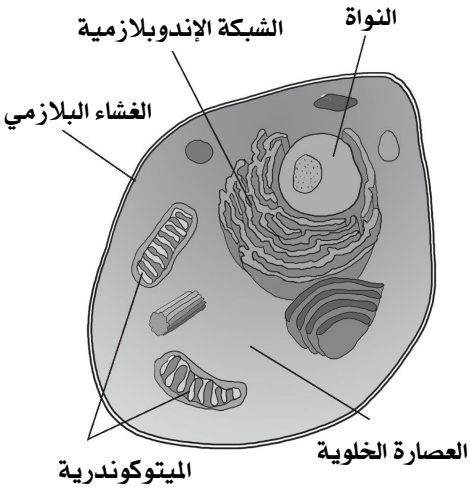
الخلية هي الوحدة الأساسية لجميع الكائنات الحية، وتحتوي أجسام الحيوانات والنباتات الكبيرة على تريليونات من الخلايا، وتسمى هذه الكائنات باسم الكائنات متعددة الخلايا، بينما هناك كائنات حية أخرى– مثل البكتيريا– تتكون من خلية واحدة، ويطلق عليها كائنات وحيدة الخلية.

تتكون الخلايا من مادة بروتينية، وهي تمثل الآلات الأساسية في علم الأحياء، حيث تتم فيها جميع العمليات المسئولة عن بقاء الحياة مثل: إنتاج الطاقة، ونمو الأنسجة، والتوازن، وإنتاج الهرمونات. ولكل نوع من الخلايا وظيفة معينة تحددها مجموعة الإنزيمات داخل الخلية والتي تؤثر على معدل تفاعلات كيميائية حيوية معينة.

وتأتى الخلايا في نوعين أساسيين هما: بدائيات النواة وحقيقيات النواة، بالإضافة إلى المكونات المنفردة في الخلايا والتي يطلق عليها "عضيات الخلية".

وقد طرح عالما الأحياء الألمانيان: ماتياس شلايدن وثيودور شوان عام 1839 نظرية الخلية في علم الأحياء لأول مرة، إلا أن مصطلح "خلية" أقدم من ذلك كثيرًا– فقد استخدمه العالم الإنجليزي روبرت هوكي للمرة الأولى في القرن السابع عشر

حقيقيات النواة



حقيقيات النواة هي النوع الأكثر شيوعًا من بين النوعين الأساسيين للخلية، وتشكُّل أحد المكونات الأساسية في جميع الحيوانات والنباتات متعددة الخلايا تقريبًا، إلا أن بعض الكائنات وحيدة الخلية تنتمي إلى حقيقيات النواة أيضًا، وتُعرف باسم "الطلائعيات".

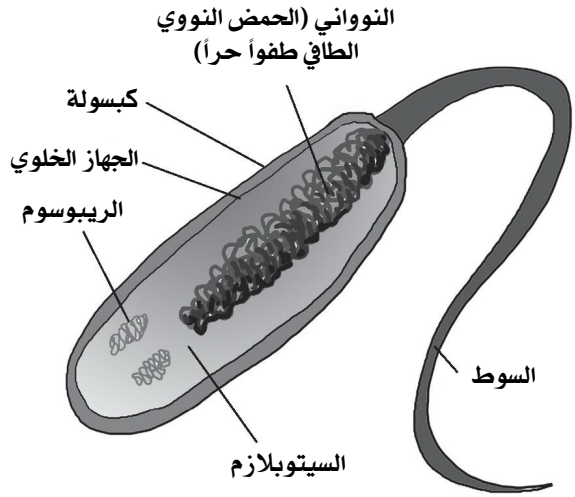
أحيانًا يطلق مصطلح حقيقيات النواة على الكائن الحي بأكمله أو على الخلايا المكونة له.

يتراوح حجم الخلايا حقيقية النواة ما بين بضع مايكرونات (1/ 1000 من المليمتر) وحتى مليمتر واحد، وهي أكثر تعقيدًا لذلك فهي أكبر من نوع الخلايا الأساسي الآخر الذي يسمى "بدائيات النواة".

للخلية حقيقية النواة النموذجية غلاف خارجي يُعرف باسم "غشاء البلازما"، ويشار إلى جسم الخلية داخله باسم "السيتوبلازم" ويتكون من سائل مائي يطلق عليه "العصارة الخلوية"، وتنغمس فيه عضيات الخلية المتنوعة محاط كل منها بغشائه، وتحمل كل عضية في الخلية وظيفة محددة لابد أن تؤديها بنفسها داخل الخلية، فالميتوكوندريا تقوم بتوليد معظم طاقة الخلية في صورة ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP)؛ إنزيمات مخزنة في التجاويف معروفة باسم الفجوات الخلوية، ووحويصلات الخلية، والجسيمات الحالة، بينما الريبوسومات هي مصانع البروتين للخلية والتي تنتج الأنسجة الجديدة طبقًا للخطة المخزنة في الحمض النووي للكائن الحي، ويقع الحمض النووي نفسه في نواة الخلية.

أما خارج الخلية مباشرة توجد بنية مسامية يطلق عليها "الشبكة الإندوبلازمية" تتولى نقل البروتينات المصنعة حديثًا وطيها. وهناك بنية هيكلية تشبه السقالة تقوم بتدعيم الخلية كلها وتُعرف باسم "الهيكل الخلوي".

بدائيات النواة



هي أبسط النوعين الأساسيين للخلية، الفرق الجوهري بينها وبين أبناء عمومتها حقيقيات النواة، هو الغياب الكامل لنواة الخلية – بدلا من النواة، تطفو المادة الوراثية لهذه الخلايا طفوا حرا في حزمة تسمى" النووانى " في مركز الخلية.

وفي حين يمكن لحقيقيات النواة أن تكون متعددة الخلايا، فإن بدائيات النواة دائما أحادية الخلية – الأمثلة الأساسية على ذلك هي البكتريا والعتائق.

لبدائيات النواة عضيات أقل في السيتو بلازم. وبدائيات النواة مثلها مثل حقيقيات النواة في أن لديها ريبوسومات وغشاء بلازمي ؛ بالإضافة إلى أن لها غلافا بعد الغشاء يسمى "الجدار الخلوي". تشكُّل معظم بدائيات النواة البكتيرية موطنا للبلازميدات– أطوال من الحمض النووي ليست مرتُبطة بـ (النووانى). وبعض بدائيات النواة لها أذيال تسمى "السوط" والتي تستخدمها للدفع. بساطة تركيب بدائيات النواة تعني أنها تميل إلى أن تكون أصغر حجما من حقيقيات النواة – في الحقيقة، قد تصل إلى عرض 1/10 من الميكرون (0.0001 من المليمتر).

نواة الخلية

أحد الأغراض الأساسية للنواة هو التحكم في الوظائف الأخرى للخلية. تقع النواة في مركز الخلية حقيقية النواة وهي موطن لكروموسومات الحمض النووي الذي يحمل الشفرة الوراثية للكائن الحي، ويحيط بالنواة غشاء مزدوج الجدار يسمى "غلاف النواة" مزود بثقوب مسامية يمكن لجزيئات البروتين الصغيرة وجزيئات الحمض النووي

الريبوزي أن تعبرها لتؤدي وظيفتها كمرسلات كيميائية بين النواة وبقية الخلية، لكن لا يمكن للبروتينات الكبيرة أو جزيئات الحمض النووي أن تعبرها في حين أن جسم الخلية مدعم ببنية الهيكل الخلوي، نجد أن النواة موجودة في إطار ليفي يسمى "الصفائح النووية"، ويشار إلى مكونات النواة جميعا أحيانا باسم بلازما النواة.

وهناك نوع من الكائنات الدقيقة يسمى "الأوليات "له نواتان- تقوم إحداهما بالتحكم في انقسام الخلية بينما تقوم الأخرى بتنظيم الوظائف الأخرى للخلية

الكروموسومات

هي أطوال من الحمض النووي داخل نواة الخلايا حقيقية النواة تحمل المعلومات الوراثية لبناء نسخ طبق الأصل من الخلية خلال عملية انقسام الخلية ولصناعة البروتينات خلال التعبير الچيني.

لدى البشر 22 نوع مختلف من الكروموسومات يطلق عليها "الكروموسومات المتماثلة"، إلا أن كل خلية من خلايا الجسم - والتي تُعرف باسم" الخلايا الجسدية"- تحتوي نسختين متطابقتين من كل كروموسوم مرتُبة في أزواج، ويضاف إلى تلك الكروموسومات الأربعة وأربعين زوج من الكروموسومات الجنسية التي تحدد ما إذا كان الكائن الحي ذكرا أم أنثى، وبالتالي يصبح العدد الكلي للكروموسومات الموجودة داخل النواة 46 كروموسوم، وقد يختلف هذا الرقم في سلالات أخرى - على سبيل المثال؛ لدى القطط 38 كروموسوم بينما نبات الذرة ليس لديه سوى 20 فقط.

ولكل كروموسوم طول مختلف ويحمل چينات مختلفة- عند البشر، يوجد چين العيون بنية اللون على كروموسوم 15 بينما من المعتقد أن كروموسوم 2 يلعب دورًا مهماً في تحديد الذكاء. ويتسبب شذوذ الكروموسومات في بعض الأمراض؛ على سبيل المثال البشر الذين يعانون من متلازمة داون لديهم نسخة إضافية من كروموسوم 21

الصيغة الصبغية

يتحدد عدد نسخ كل كروموسوم موجود داخل نواة الخلية عن طريق الصيغة الصبغية

للخلية. عند البشر، الخلايا الجسدية التي تكون الجسم خلايا متضاعفة" - أي أن هناك نسختين من كل كروموسوم موجود في كل خلية. أما الجاميتات (الأمشاج)- خلايا الحيوانات المنوية الذكرية والبويضات الأنثوية - فهي خلايا فردية أي أن كل خلية تحتوى على نسخة واحدة فقط من كل كروموسوم.

وعند اتحاد حيوان منوي مع بويضة عند الحمل سيقوم الكروموسومان القادمان من الأب والأم بتكوين كل زوج من الكروموسومات الناتجة في خلية الزيجوت (البويضة المخصبة).

وهناك أنواع أخرى من الكائنات الحية التي قد يكون لها أكثر من نسختين من كل كروموسوم في نواة الخلية- وهو وضع يُعرف باسم "تعدد الصيغ الصبغية"، فالقمح الصلب مثلا رباعي الصيغة الصبغية- أي أن كل خلية جسدية له فيها أربع نسخ من كل كروموسوم في النواة.

الميتوكوندريا

الميتوكوندريا هي نوع آخر من العضيات الموجودة في الخلايا حقيقية النواة، وهي مسئولة عن إنتاج معظم طاقة الخلية من المغذيات من خلال تكون جزيء ثلاثي فوسفات الأدينوسين(ATP)، وهي تقوم أيضا بتصنيع ريبوسومات الحمض النووي الريبوزي والحمض النووي الريبوزي الرسول، والبروتينات المختلفة بالإضافة إلى التحكم في الأيض داخل الخلية.

يتراوح عرض الميتوكوندريا من نصف ميكرون وحتى بضع ميكرونات (1/ 1000 ملليمتر) وطولها حوالي 10 ميكرون. قد تحتوي الخلية على ميتوكوندريا واحدة وحتى آلاف الميتوكوندريا اعتمادا على نوعها.

وتحتوى الميتوكوندريا مثل نواة الخلية على الحمض النووي -مرتُب في صورة كروموسوم وحيد متصل ببعضه البعض من نهايتيه مكونا حلقة. ويمثل الحمض النووي الميتوكوندري أقل من 1٪ من الحمض النووي الكلي في الخلايا،ولا تورث الميتوكوندريا إلا من خلال أم الكائن الحي ويتم تمريرها فعليا دون تغيير من جيل إلى آخر، وقد أدى ذلك إلى فكرة

"ميتوكوندريا حواء"؛ السلف الأنثوي لجميع البشر والتي ينحدر منها مباشرة حمضنا النووي الميتوكوندري. ومن المعتقد حاليا أنها قد عاشت في أفريقيا منذ حوالي 200000 سنة مضت.

الريبوسومات

الريبوسومات هي المصانع التي يتم فيها تصنيع البروتينات من الوحدات الأساسية للأحماض الأمينية، وتلك المكونات الخلوية الكروية التي يصل عرضها إلى 20 نانومتر فقط ومصنوعة من الحمض النووي الريبوزي والبروتينات تأخذ ما يسمى الحمض النووي الريبوزي الرسول، وتستخدم المعلومات المخزنة فيه، لتقوم بتصنيع جزيئات البروتين عديدة الببتيد الطويلة.

يتم إنتاج الحمض النووي الريبوزي الرسول داخل نواة الخلية، حيث يأخذ نسخة من المعلومات الوراثية الموجودة على الحمض النووي للكروموسومات، ويقوم بتكويدها في تسلسل نيوكليوتيد مكونة بنيتها الخاصة في عملية يطلق عليها النسخ(Transcription)، ثم ينتقل الحمض النووي الريبوزي الرسول من خلال الثقوب المسامية الموجودة في غلاف النواة المحيط بها ليحمل خطة البروتينات إلى موقع الريبوسومات، وهناك يتحرك الريبوسوم على طول سلسة الحمض النووي الريبوزي الرسول قارئا تسلسل المعلومات ورابطًا الأحماض الأمينية وفقًا لذلك؛ وتسمى تلك العملية التي يتم من خلالها تصنيع البروتينات من الحمض النووي الريبوزي الرسول اسم الترجمة (translation)، وتعمل بعض عقاقير المضادات الحيوية عن طريق إيقاف عمل بعض الريبوسومات داخل البكتريا مما يدمر قدرتها على أداء وظائفها.

البلازميدات

هي أجزاء دائرية من الحمض النووي يشيع وجودها في الخلايا حقيقية النواة، وخاصة البكتريا. يمكن أن يتواجد الآلاف منها في خلية واحدة، ويقوم بلازميد الحمض النووي عادة بتخزين بضع آلاف قاعدة من أزواج المعلومات الوراثية،ويقوم رمزها الوراثي

بتخزين تعليمات الوظائف التي يجب على الخلية تنفيذها وهي غالبا العمليات الدفاعية مثل بناء مقاومة ضد المواد السامة أو تحطيم المركبات الكيميائية التي يحتمل أن تكون ضارة أو تصنيع البروتينات التي تهاجم كائنات حية أخرى.

وتستخدم البلازميدات في التعديل الوراثي كوسيلة لإدخال الرمز المعدل وراثيا إلى خلايا الكائن الحي وكوسيلة للإنتاج الجماعي للبروتينات-عن طريق إدخال الرمز الوراثي للبروتين داخل بلازميد الحمض النووي وإدخال البلازميد إلى خلية البكتريا، ويمكن خداع الخلية وجعلها تقوم بعمل العديد من نسخ البروتين الجديد.

الالتهام الذاتي

الالتهام الذاتي هو عملية وحشية تخضع لها الخلية أحيانا، فيها تقوم الخلايا حرفيا بالتهام نفسها. ويلعب الالتهام الذاتي دورا حيويا في الصحة الكلية للكائن الحي المضيف، فالخلية تضحي ببعض أجزائها غير المهمة لتوفير المغذيات الضرورية لتزويد المكونات الأخرى لها اللازمة للعمليات الأساسية بالوقود.

وقد تقوم الخلايا بعمل ذلك عندما يكون مصدرها المعتاد للمغذيات نادرًا، أو لتتخلص من العضيات التالفة أو حتى لتخلص نفسها من العدوى البكتيرية، يتشكُّل غشاء مزدوج حول الجزء الذي سيتم التهامه من الخلية مكونا حزمة تُعرف باسم "جسيم الالتهام الذاتي" الذي يندمج مع مكون خلوى آخر يسمى "اليحلول" مما يؤدي لتسرب الإنزيمات إلى الجدار مزدوج الغشاء لهضم ما يحتويه

انقسام الخلية

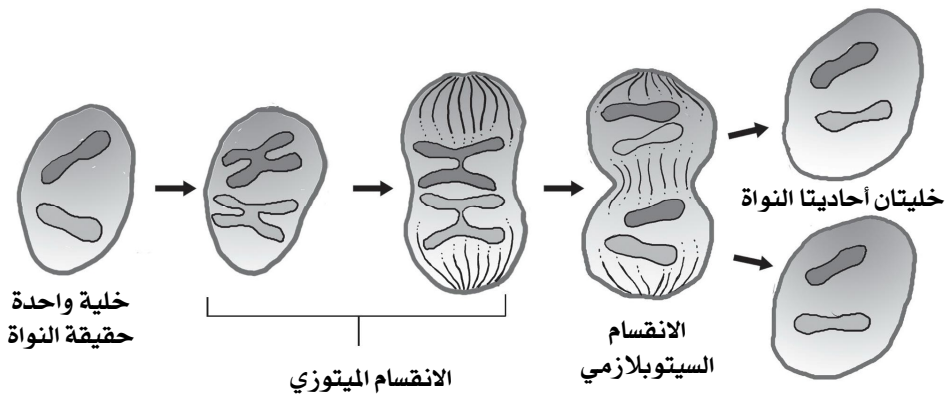
تسمى العملية التي تقوم فيها الخلايا الحيوية بعمل نسخ من نفسها باسم انقسام الخلية، وتتم بطرق مختلفة اعتمادا على نوع الخلية - حقيقية النواة أم بدائية النواة. تنقسم الخلايا حقيقية النواة من خلال عملية ذات خطوتين للانقسام الميتوزي متبوعة بالانقسام السيتوبلازمي.

يبدأ الانقسام الميتوزي بتكرار الحمض النووي (الدنا) داخل نواة الخلية لكي ينفك

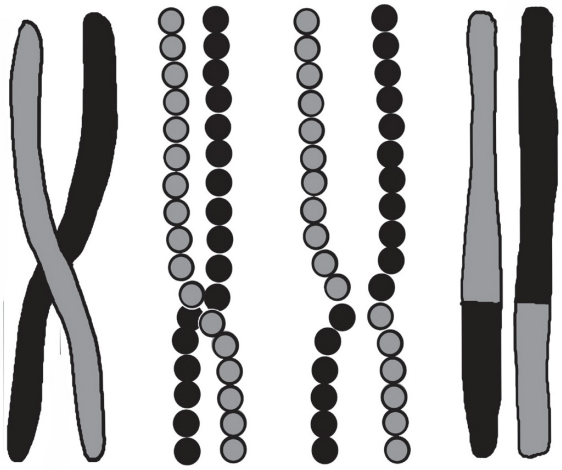
يبدأ الانقسام الميتوزي بتكرار الحمض النووي (الدنا) داخل نواة الخلية لكي ينفك اللولب المزدوج لجزيء الحمض النووي بمحاذاة طوله، ثم ترتُبط قواعد النوكلوتيدات في كل نصف بقواعد جديدة لتكون نسختين من الجديلة الأصلية، ثم يتبع ذلك الانقسام السيتوبلازمي الذي تنقسم فيه نواة الخلية إلى نصفين لتكون نواتين تضم كل نواة منهما نسخة من جديلة الحمض النووي، وفي النهاية ينقسم باقي سيتوبلازم الخلية لتتكون خليتان حقيقيتان النواة اللتان كانتا خلية واحدة من قبل.

تسمى العملية المكافئة لذلك في الخلايا بدائية النواة التي لا تحتوى على أنوية "الانشطار الثنائي"، وفي هذه الحالة تتفكك كتلة الحمض النووي الشريطية الطويلة الموجودة في منتصف الخلية وتكرر نفسها بأسلوب مشابه للانقسام الميتوزي مكونة نسختين، ثم تبدأ الخلية بعد ذلك في التمدد، وأثناء هذا التمدد تنفصل جدائل الحمض النووي الجديد ويتمدد الغشاء البلازمي للخلية، حتى ينقسم إلى جزأين لتنتج خليتين بدائيتين النواة جديدتين.

وتتكون مستعمرات من الخلايا من خلال تلك العمليات-وكما هو الحال في جميع الكائنات الحياة، تستمر الخلايا في التطور من الخلية المخصبة الأولى وحتى البلوغ.



الأمشاج (الجاميتات)



تقاطع الكروموسومات

للكائنات الحية التي تتكاثر جنسيًا خلايا جرثومية تُعرف باسم الجاميتات. في الحيوانات- بما فيها البشر- تسمى الجاميتات الذكرية "حيوانات منوية"(sperms) وتسمى الجاميتات الأنثوية "بويضات" (eggs)، أو (ova).

في حين أن خلايا الجسم العادية عند البشر خلايا متضاعفة - أي أن لها نسختين من كل كروموسوم؛ واحد من كل والد- نجد أن الجاميتات لها نسخة واحدة فقط؛ فهي خلايا فردية.

عند الحمل تتجمع الجاميتات من كلا الوالدين لتكوين الخلية الأولى من النسل- وتسمى الزيجوت التي تحتوى على نسختين من كل كروموسوم، كل نسخة مأخوذة من جاميتات كل والد، وتتكون الجاميتات في عملية تسمى "الانقسام الميوزي" التي تتم كما تتم عملية انقسام الخلية، إلا أن بدلا من تكوين خليتين تتكون أربع خلايا - كل منها يحتوى على نسخة واحدة من كل كروموسوم، وأثناء الانقسام الميوزي تحدث عملية ثانوية يطلق عليها "وتقاطع الكروموسومات"، وتقوم تلك العملية بخلط الحمض النووي بكفاءة بين كل كروموسوم من الكروموسومين الموجودين في الخلية المنقسمة، بحيث لا تكون الكروموسومات في الجاميتات الناتجة نسخًا مباشرة.

الأنسجة

تتكون الكائنات الحية من مجموعة كبيرة من أنواع الخلايا المختلفة التي تؤدي كل منها وظيفة محددة. عند البشر، يوجد حوالي 210 نوع مختلف من الخلايا المسئولة عن الخصائص

المختلفة لأجزاء الجسم، ويُعرف التجمع الكبير لخلايا من النوع نفسه باسم النسيج، ثم بعد ذلك تتحد أنواع مختلفة من الأنسجة لتكون الأعضاء الداخلية للكائن الحي مثل الكبد، والقلب والمخ بالإضافة إلى الدم والعظام، والجلد، والجهاز المناعي.

يوجد لدى الحيوانات أربع فئات مختلفة من النسيج: "النسيج العصبي"الذي ينقل النبضات الكهربية إلى المخ ومنه والتي تحمل المعلومات الحسية والإشارات العضلية، و"النسيج العضلي" الذي له القدرة على الانكماش استجابة للنبضات العصبية التي تمكن الحيوان من الحركة؛ و"النسيج الضام" المسئول عن ضم أنواع النسيج الأخرى معا ويشمل العظام، والغضاريف الموجودة في المفاصل؛ وأخيرًا "النسيج الظهاري (الطلائي)" الذي يكون الجلد والتغطيات الوقائية الأخرى للأعضاء والقنوات.

أما الأنسجة النباتية فهي أبسط من ذلك، ولها ثلاثة مكونات رئيسة: "نسيج البشرة" الذي يشكل التغطية الخارجية للنبات، و"النسيج الوعائي" المسئول عن تدوير مغذيات النبات، و"النسيج الأرضي" الذي يقوم بتصنيع وتخزين الطاقة خلال عملية البناء الضوئي.

التمايز الخلوي

يقوم الجسم بتصنيع أنواع أخرى من الخلايا إلى جانب الخلايا الجسدية التي تشكُّل الأنواع المختلفة من أنسجة الكائن الحي، وهذه الخلايا هي "الخلايا الجرثومية" أو "الجاميتات"، وهي تستخدم في علم الأحياء التناسلي لتمرير چينات الآباء إلى ذرياتهم. وهناك نوع ثالث من الخلايا ألا وهو "الخلايا الجذعية" التي يمكنها أن تنمو لتصبح ضمن النطاق الواسع للخلايا الأكثر تخصصا في الجسم، ويطلق على العملية التي تتحول فيها الخلايا الجذعية إلى أنواع أخرى من الخلايا الجسدية اسم"التمايز الخلوي"، وهي تحدث أولا في المرحلة الچنينية لنمو الكائن الحي عندما تتمايز ما تسمى بالخلايا الجذعية الچنينية لأول مرة. لدى البالغين مخزون من الخلايا الجذعية التي يمكنها أن تتمايز إلى خلايا ضرورية لإصلاح تلف نسيجي عند اللزوم.

وبعض المخلوقات مثل هيدرا المياه العذبة يمكن أن يحدث فيها التمايز الخلوي لنوع واحد من الخلايا الجسدية إلى نوع آخر- عن طريق تحويلها إلى خلية جذعية أولًا ثم إعادة عملية

التمايز الخلوي لتتحول إلى النوع الذي تحتاجه لشفاء إصاباتها. وبهذه الطريقة يمكن للهيدرا التي انشطرت إلى جزأين أن تنمو متحولة إلى اثنتين من الهيدرا الجديدة.

علم الأحياء الدقيقة

الكائنات الحية الدقيقة

علم الأحياء الدقيقة هو العلم الذي يدرس الكائنات الحية الدقيقة المكونة من خلية واحدة، أو مجموعة من الخلايا الصغيرة جدًا لدرجة أنها لا ترى بالعين المجردة، وتُعرف أشكال الحياة تلك باسم " الكائنات الحية الدقيقة"، أو أحيانًا تُعرف باسم "الميكروبات".

ويمكن أن تتكون الكائنات الدقيقة أما من خلايا بدائية النواة أو حقيقية النواة، ويمكنها أن تعيش في جميع أجزاء الأرض- من أعماق المحيطات، وحتى أعالي الغلاف الجوي.

وتنتمي معظم سلالات الحياة على كوكب الأرض إلى الميكروبات، وتنقسم الميكروبات بدائية النواة إلى مجموعتين- البكتيريا، والعتائق. أما الميكروبات حقيقية النواة فتظهر في مجموعات أكثر تنوعًا؛ حيث تنقسم إلى عدد من الفئات: "الطلائعيات" وهي الميكروبات حقيقية النواة أحادية الخلية؛ وهناك أيضًا ميكروبات حيوانية، بالإضافة إلى النباتات الميكروبية والفطريات.

يمكن للكائنات الحية الدقيقة أن تكون حاملة للأخطار أو جالبة للمنافع للكائنات الحية الأكبر منها؛ فبعض سلالات البكتيريا مثل (الجمرة الخبيثة)، و(إيكولاي، سريشيا) يمكنها أن تسبب أنواع ضارة من العدوى، بينما هناك ميكروبات ضرورية للأداء السليم للجهاز الهضمي لدى الحيوان ولصحة البيئة ككل؛ حيث أنها تقوم بتحليل الفضلات العضوية وإعادة تدويرها.