

## كراسات «عروض»

سلسلة غير دورية تصدرها المكتبة الأكاديمية

تعنى بتقديم اجتهادات حديثة حول العلم والمستقبل

مدير التحرير أ. أحمد أمين

رئيس التحرير أ.د. أحمد شوقي

المراسلات : المكتبة الأكاديمية

١٢١ ش التحرير - الدقى - القاهرة ت : ٧٤٨٥٢٨٢ - فاكس ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

# الجنس والموت

## دراما بيولوجية

obekandi.com

# الجنس والموت

## دراما بيولوجية

تأليف

وليام كلارك

عرض

د. زينب شحاته مهران



الناشر

المكتبة الأكاديمية

ش.م.م

٢٠٠١

William Clark  
Sex and The Origins of Death  
Oxford Univerriity Press, 1996

حقوق النشر

الطبعة الأولى ٢٠٠١م - ١٤٢٢هـ  
حقوق الطبع والنشر © جميع الحقوق محفوظة للناشر :

**المكتبة الأكاديمية**

شركة مساهمة مصرية  
رأس المال المصدر ٩,٩٧٣,٨٠٠ جنيه مصري

١٢١ شارع التحرير - الدقى - الجيزة

القاهرة - جمهورية مصر العربية

تليفون : ٧٤٨٥٢٨٢ - ٢٣٦٨٢٨٨ (٢٠٢)

فاكس : ٧٤٩١٨٩٠ (٢٠٢)

لا يجوز استنساخ أى جزء من هذا الكتاب بأى طريقة  
كانت إلا بعد الحصول على تصريح كتابى من الناشر .

هي الثالثة في مشروع « الكراسات » ، الذى تصدره « المكتبة الأكاديمية » .  
والكراسات تعنى بمحورين كبيرين : العلم والمستقبل . لذلك فقد حملت السلسلة  
الأولى عنوان « كراسات مستقبلية » ، وقد بدأ ظهورها عام ١٩٩٧ ، وفى عام  
١٩٩٨ ظهرت السلسلة الثانية تحت اسم « كراسات علمية » . وقد فكرنا فى البداية  
أن تضم السلسلتين ، بجانب التأليف والترجمة ، عروضاً مطولة لبعض الإصدارات  
المهمة ، التى لا تلاحقها حركة الترجمة . إلا أن أنشط أعضاء أسرة الكراسات ،  
وللكراسات أسرة ممتدة ترحب دائماً بالأعضاء الجدد ، أقول أن أنشط الأعضاء  
الصدىق الدكتور محمد رؤوف حامد ، الأستاذ بهيئة الرقابة الدوائية ، اقترح أن تصدر  
العروض فى سلسلة خاصة بها . وقد كان اقتراحاً موفقاً كما أرجو أن يوافقنى  
القارئ .

والكتب المختارة للعرض فى السلسلة لا تأتى فقط من اقتراحات هيئة التحرير ،  
حيث قدم أعضاء الأسرة مقترحاتهم التى حظيت بالترحيب . والباب مفتوح لكل  
من يرغب فى المشاركة . وإذا كانت السلسلة قد بدأت بمجموعة من الكتب  
الصادرة بالإنجليزية ، فإننا نطمح أن تشمل العروض القادمة كتباً تصدر فى لغات  
أخرى ، لا تشملها عادة خطط الترجمة كاليابانية والروسية والصينية ، بالإضافة إلى  
الفرنسية والألمانية . فرغم أن الأخيرتين أكثر حظاً نسبياً ، إلا أن كم المترجم  
 والمعروض لا يقارن بما يتم بالنسبة للإنجليزية .

والحديث عن « العروض » يذكرنا بالجهود السابقة ، التى لا ننكرها . بل  
نحاول أن نكمل مسيرتها . فبالنسبة للعروض الموسعة ، تذكر جهود الهيئة العامة  
للاستعلامات بالنسبة للمجالات التى تهتمها . كما أن العروض المتوسطة ، التى  
أصدرتها هيئة الكتاب فى التسعينيات ، ضمن سلسلة « تراث الإنسانية » لا يمكن  
إغفالها . وهما مثالان يقصد بهما الإعتراف بفضل سبق ، دون أن ندعى الحصر .  
وإن كنا ، فى الوقت نفسه ، نظن أن السلسلة الحالية هى الأولى التى تعنى بالعرض  
التفصيلى للكتب .

تحكى لنا دراما بيولوجية شديدة الجدية والإثارة فى آن واحد. إن الإنسان هو  
الكائن الوحيد الذى يعلم أنه لابد وأن يموت يوماً ما ، أو هكذا نعتقد . وهو أيضاً  
الكائن الوحيد الذى درس العلاقة بين ظهور الجنس والتزاوج فى عالم الحياة وبين

أصول الموت كما يوضح هذا الكتاب . إننا ندفع ثمن المعرفة و ثمن الجنس !!  
 وفى هذا الكتاب العلمى الجاد يتحدث مؤلفه وليام كلارك عن معنى الموت  
 ونشأته ، وعن الموت المبرمج ، وعن تواصل الموت بالحياة. وهو ينطلق من خلفيته  
 العلمية كأستاذ للمناعة ورئيس لقسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية والتكوينية  
 بجامعة كاليفورنيا ( لوس أنجلوس ) ، حيث نشر بحثاً متميزة فى الاستجابة  
 المناعية للخلايا، وله كتاب مشهور عن الحروب المناعية التى تجرى داخل الجسم  
 وعنوانه At war within .

وقد قامت بعرض الكتاب الدكتور زينب شحاته ، أستاذة الأبحاث بوحدة  
 الأبحاث الطبية الأمريكية بالعباسية ، والحاصلة على الدكتوراه فى الكيمياء الحيوية  
 والبيولوجية الجزيئية من جامعة جورج تاون . وإذا كانت الدكتوراه زينب تنضم إلى  
 أسرة الكراسات للمرة الأولى فإن لها عدد كبير من المؤلفات والترجمات للأطفال  
 أساساً ، حيث تقدم لهم المعلومات البيولوجية المبسطة ( ثلاثة أجزاء فى موسوعة  
 علوم الحياة الصادرة عن دار المعارف ، ترجمة لبعض أعمال سلسلتى إعرف جسمك  
 والمستكشفون الميكروسكوبيون Microexplorers ، بالإضافة إلى بعض القصص  
 المنشورة التى ما زالت تحت النشر ) . كما أنها لا تتوانى عن كتابة المقالات وإلقاء  
 المحاضرات والمشاركة فى البرامج الإعلامية التى تدعم جهود الثقافة العلمية ، وقد  
 إنضمت أخيراً إلى لجنة الثقافة العلمية بالمجلس الأعلى للثقافة . والحقيقة أننى كأحد  
 أفراد أسرة الكراسات أرحب بالدكتور زينب شحاته وأعبر عن تقديري لإلتزامها بإنجاز  
 العمل فى ظروف خاصة شديدة الصعوبة .

د.د. أحمد شوقى

يناير ٢٠٠١

الصفحة	الموضوع
٩	المقدمة
١١	١ - موت خلية
١٤	٢ - الوجه الآخر للموت
٢٠	٣ - الجنس ، الإنعزال ، وأصول الموت الخلوى
٣١	٤ - من الجنس إلى الموت : لغز الشيخوخة
٣٨	٥ - التسلسل الطبقي للخلايا : تعريف موت المخ
٤٢	٦ - الوقوف على حافة الهوة : الفيروسات والجراثيم ... ومعنى الحياة

obeykandi.com

## كتاب الجنس وأصل الموت

### المقدمة :

يبدأ المؤلف حديثه في المقدمة عن الموت فيقول أن الموت هو الحقيقة المطلقة التي يعلمها الإنسان جيداً ويشعر بها دوناً عن الكائنات الأخرى على كوكب الأرض. والموت يشكل أعمالنا وتجاربنا في الحياة ، كما أنه شيء مريع مثلما هو شيء مثير وعجيب . ويركز علم الثاناتولوجي Thanatology ، الفرع من الطب الخاص بدراسة عملية الموت ، على التأثيرات النفسية والاجتماعية لعملية الموت . ولكن هذا العلم لا يبحث في طبيعة وماهية ظاهرة الموت نفسها . أما علم الأمراض فهو يعطى وصفا بالتفصيل للتغيرات التي تحدث في الجسم وفي خلاياه وأنسجته خلال المرض وعملية الموت . فأخصائي علم الأمراض يعرف تماماً كيف يفرق بين الأنسجة السليمة والأنسجة المصابة بالمرض ، كما يعرف كيف يفرق بين الأنسجة الميتة والأنسجة الحية . ولكنه لا يستطيع أن يدرك طبيعة الخط الرفيع الذي يفصل بين الحياة والموت .

وهنا يبدأ المؤلف بطرح أول أسئلته العميقة : ما هو الموت ؟ فيرد بأن إحدى الطرق التي تساعد على فهم ظاهرة الموت هي دراسة أصغر وحدة للحياة البشرية ، الخلية الحية . فهي أصغر جزء من جسم الإنسان يمكن وصفه بأنه « حى » ، كما يمكن وصفه عندما تغيب عنه الحياة ، بكونه ميتاً . وي طرح المؤلف عدة أسئلة : كيف تبدو الخلية الميتة ؟ وماذا تفتقد ؟ ولماذا تكون ميتة ؟ وكيف تحولت من حية إلى ميتة ؟ وكيف ماتت ؟ ويعتقد أن هذه الأسئلة كلها هامة حيث أن موت الإنسان يبدأ بموت عدة خلايا في جسمه .

ولهذا يعرض المؤلف الموت من منظورين : في المنظور الأول يتحدث عن موت الشخص - الكيان التكاملية للشخصية والإرادة والذاكرة والعواطف ومئات الصفات الأخرى التي تميز الشخص عن غيره ، والتي تسكن في جزء من المخ يسمى بالقشرة المخية cerebral cortex . كما يضيف أن فقدان كيان الشخصية الذي ينتج عن توقف وظيفة القشرة المخية يعتبر من أهم الملامح التي تحدد موت الإنسان . وفي المنظور الثاني ، يتناول الموت البيولوجي ، وهو موت الخلايا التي يتكون منها الكائن الحي سواءً كان إنساناً ، دودة ، أم غير ذلك ، ففي كل تلك الحالات يبدأ موت الكائن بموت بضعة خلايا من جسمه . ويضيف المؤلف بأن الدراسات التي بحثت في موت الخلايا قد كشفت عن نواحي غامضة ومعقدة عن طبيعة عملية الموت في الكائنات عديدة الخلايا ، مثلنا .

ويعطى مثلا على عملية انتحار الخلايا التي تحدث بصفة عامة في الجسم. كما أن دراسة الكائنات وحيدة الخلية الأقدم تطوريا تشير إلى أن وصول الخلايا لمرحلة الشيخوخة senescence وموتها بعد ذلك ليست من الصفات الحتمية لكل أشكال الحياة على الأرض. فالموت الحتمي obligatory الذى ينتج من وصول الخلايا إلى مرحلة الشيخوخة هو عملية ربما لم تأت إلى الوجود إلا بعد بليون عاما من ظهور أول أشكال الحياة. ويعتقد أن هذا الشكل من الموت المبرمج قد بدأ فى الظهور تقريبا فى نفس الوقت الذى «بدأت» فيه الخلايا تجرب عملية التكاثر الجنسي، وربما كان هذا يعبر عن فقدان البراءة!

ويختم المقدمة بتأملات عميقة فيقول: وفى محاولات فهم هذا الكون المترالى يجد الإنسان نفسه أمام هوة سحيقة فيقف أمامها وينظر من خلال التلسكوبات محاولا اكتشاف ضباب المجهول. أما إذا عكس الاتجاه، ونظر إلى العالم الداخلى، من خلال ميكروسكوبات قوية لتساعده على دراسة عملية الموت على مستوى الخلايا والجزيئات والذرات، فإنه يجابه مرة أخرى بهوة سحيقة يحوم من حولها الضباب أيضا، هذه الهوة هى التى تفصل ما بين ظاهرة الحياة والأشياء الجامدة فى العالم الطبيعى. وبينما نحن نتوغل عبر الميكروسكوب إلى الأعماق، نجد شيئا ما من الجانب الآخر فى الأعماق ينظر إلينا بفضول... فالموت يعيدنا مرة ثانية إلى الحياة.

## الفصل الأول

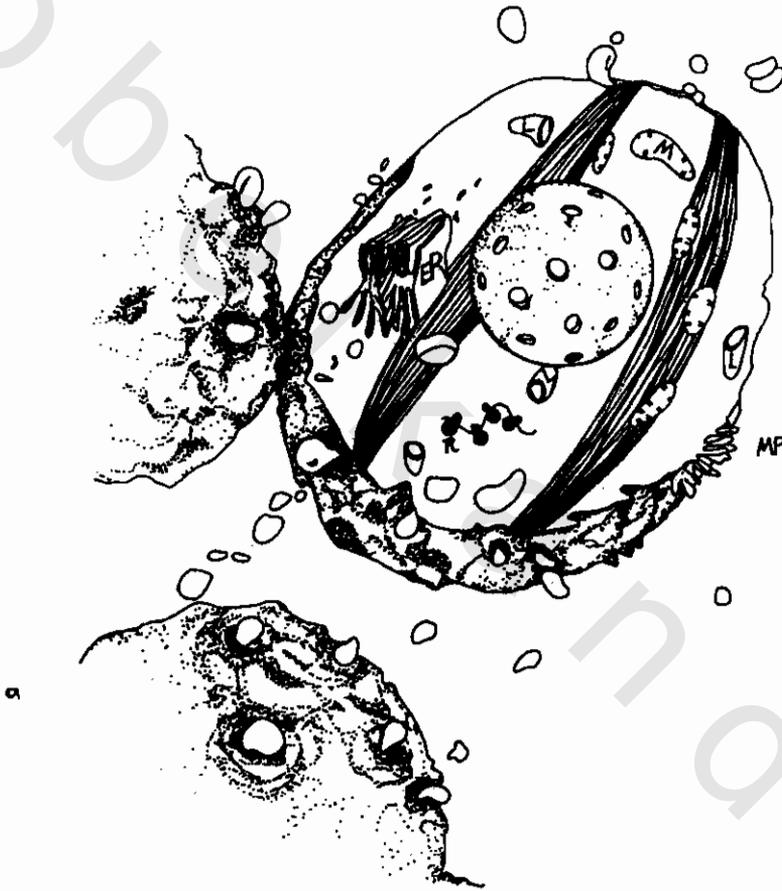
### موت الخلية

يبدأ الفصل بالفكرة البديهية : أن موت الإنسان لهو نتيجة طبيعية لموت الخلايا التي تكون جسمه ، ثم يطرح الأسئلة المحيرة : ماذا يعنى الموت على مستوى الخلية الواحدة ؟ وكم عدد خلايا الجسم التي يجب أن تموت حتى يموت الجسم ، وللإجابة على هذه الأسئلة يدخل المؤلف فى شرح لتاريخ الخلية الحية السحيق فيذكر بأن أوائل الخلايا الحية قد ظهرت منذ ٤ بلايين عاما مضت وأنها لم تتجمع لتكون الحيوانات المتعددة الخلايا إلا بعد ٢ بليون عاما من تكونها . ثم يتحدث بعد ذلك باختصار عن تطور الكائنات وحيدة الخلايا إلى حيوانات ونباتات ويوضح أن التطورات فى صناعة الميكروسكوبات كان لها الفضل فى إثبات أن النباتات والحيوانات تتكون من خلايا ، ثم بعد ذلك اكتشف أن الخلية الحية المتناهية فى الصغر هى نفسها تحتوى على تكوين هيكلى غاية فى الدقة والروعة وأنه يؤثر فى وظيفتها . ويتحدث بعد ذلك عن تركيب الخلية ومحتوياتها وكيف أن التطورات فى الميكروسكوب الالكترونى قد أدت إلى فهم تركيبات الخلية ووظائفها .

ويذكر المؤلف أن معظم خلايا الجسم تولد وتعيش وتموت فى ظلام كامل ولا ترى ضوء النهار أبداً . ولكن فى بداية الحياة عن كوكب الأرض كان الأمر مختلفاً ، فالخلايا لم تكن تعيش فى الظلام إلا فى حالة وجودها تحت صخرة فى أعماق البحار . وكانت كل خلية تعيش حياة مستقلة بمفردها . ولكن عندما بدأت تنتظم مع غيرها فى كتل من الخلايا ، فقد بدأت عندئذ فى اكتساب حياة أكثر أمناً . فالتجمع فى الكتلة الحيوية كان وسيلة هامة للهروب من أخطار التعرض لأشعة الشمس الضارة . ولكن كان هناك عيبا يشوب هذه الحياة الأمنة الجديدة ، فالخلايا التى التحدت لتصبح كتلا متعددة الخلايا قد أصبحت فى نفس الوقت ضعيفة . فبمجرد أن تعودت هذه الخلايا على الحياة الأكثر سهولة فى البيئة الجديدة ، فقد بدأت تفقد قوتها وقدرتها على المرونة فى التعامل بمفردها مع الأحوال المتغيرة لتي لا تمثل البيئة المناسبة لها . ولهذا نجد أن خلايا الجسم البشرى تكون أكثر عرضة للمخاطر من البيئة المحيطة بالمقارنة بمعظم الكائنات الوحيدة الخلية .

ويعبر المؤلف عن ضرورة فهم الكيفية التى تعيش بها الخلايا حتى نفهم الكيفية التى تموت بها . ويشرح ملامح تركيب الخلية ووظائفها ويطلب منا أن نتخيل بأننا دخلنا فى إحدى الخلايا التى يتكون منها القلب . فخلايا القلب لها

وظيفة خاصة بها : فهي تنقبض فى تناسق مع بعضها لتدفع الدم إلى الجهاز الدورى فى الجسم . وتحتوى هذه الخلايا على مجموعة من الطبقات البروتينية ذات القدرة العالية على الانقباض وتشغل أكثر من نصف الحجم الفارغ فى الخلية .



شكل ٩ : النظام الداخلى لخلية انقباضية

يوضح هذا الشكل مكونات الخلية الانقباضية من الداخل ، وفيها نرى النواة فى المركز، كما نرى ألياف انقباضية تمتد من أحد أطراف الخلية إلى الطرف المقابل . وفى خلية القلب ، تشغل هذه الألياف ما يقرب من ٧٥٪ من حجم الخلية الداخلى . ويوجد العديد من أجهزة الميتوكوندريا فى السيتوبلازم وبعضها يرتبط بالألياف الانقباضية . كما يوجد بها جهاز الشبكة الاندوبلازمية الذى يعد من المواقع الرئيسية لإنتاج البروتينات . وتقوم الريبوسومات بتصنيع البروتينات . ونرى هنا بعض الريبوسومات المرتبطة بسلسلة من الرنا المرسل الذى يسبح حرا فى السيتوبلازم ، والليسوسومات التى تختص بهضم الفضلات الداخلية . وتحاط الخلية بغشاء يحتوى على عدد من المضخات والقنوات التى تساعد على مرور المواد من وإلى الخلية .

ثم يلفت النظر أن هذه الخلية التي دخلناها على وشك الموت ، الموت الناتج من توقف سريان الدم لهذه المنطقة من القلب . ويذكر أن أول علامة تدل على هذه الحالة هي: حدوث بطء تدريجي في تحرك نهر اللمف الذي يتدفق على سطح الخلايا . وأن هذه الحالة نتجت من تراكم الدهون والكوليسترول في أحد فروع الشرايين الصغيرة مما أدى إلى ضيقه خلال السنوات السابقة . وبمجرد ما أن تشعر الخلية بالنقص في إمداد اللمف على سطحها فإنها تشعر بأن شيئاً خطيراً على وشك الحدوث . فالنقص في اللمف يعنى نقصاً في المواد الحيوية الضرورية للحياة المذابة في هذا السائل (الغذاء والأكسجين) . وتتوقف عندئذ مولدات الطاقة في الخلية عن العمل وتتناقص كمية مركب الطاقة ( الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP ) حتى تقل عن المستوى المطلوب للحفاظ على وظائف الخلية الطبيعية .

وبالطبع تبدأ وظائف الخلية في الانهيار حيث أنها تعتمد على مركبات الطاقة هذه . ومن الوظائف التي تتأثر في بداية الأمر وظيفة المرور عبر غشاء الخلية . فيفقد الغشاء القدرة على التحكم في المرور ، ويندفع الماء إلى الخلية فتنتفخ ويتشقق الغشاء تدريجياً حتى تنفجر الخلية وتدفع بمحتوياتها عديمة الفائدة إلى نهر اللمف الذي يكون قد اقترب من الجفاف . وتمر هذه الأحداث في آلاف الخلايا التي يتسبب الشريان المسدود في موتها . وتقوم خلايا الدم البيضاء بالتهام الخلايا الميتة ومحتوياتها لتنظيف الموقع .

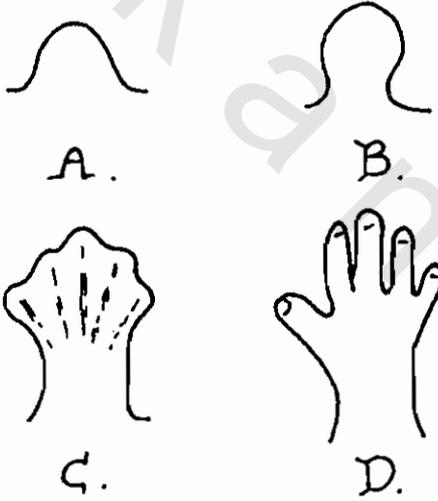
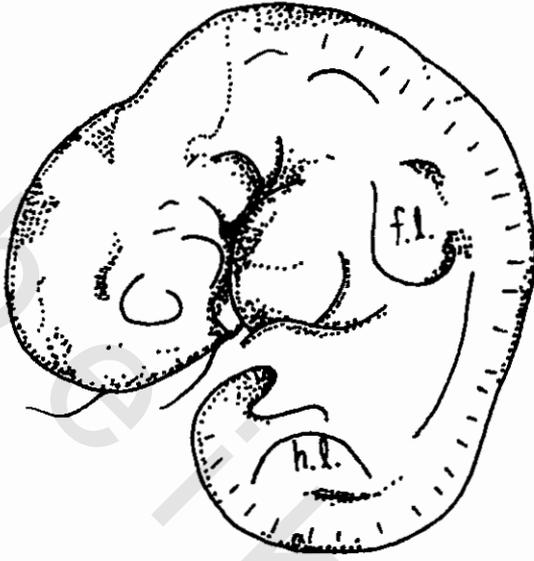
أن الخلية التي نعيش مع أحداثها هي خلية من خلايا قلب رجل في الثانية والستين من عمره . فلقد ظل قلبه ينبض بكفاءة في صدره لعدد من النبضات فاقت ٢ بليون نبضة ، أرسلت معها دم الحياة إلى جميع أنحاء جسمه . ولكنه الآن شاحب الوجه ويرقد مثل كتلة رخوة على أرضية منزله وذلك بعد إصابته بنوبة قلبية حادة . فقامت زوجته باستدعاء رجال الإسعاف الذين قاموا بإسعافات أولية له ثم نقلوه بعد ذلك إلى المستشفى .

## الفصل الثانى

### الوجه الآخر للموت

يذكر المؤلف أن موت خلية القاب الذى عشنا معه فى الفصل السابق يصور الوجه القبيح للموت والذى يتمثل فى حالة العنف والفضوى الناتجة عن حرمان هذه الخلية من الأكسجين . فهذا النوع من الموت الذى يحدث نتيجة لحادثة يطلق عليه التنكز necrosis ، وهو النوع من الموت الذى يحدث لخلايا الجسم الضعيفة عندما يختل اتزان الظروف المدعمة للحياة فيها وهو نفس النوع الذى ينتج من تسمم الخلايا عند تعرضها لسموم البكتريا والكائنات الدقيقة الأخرى . ويصاحب هذا النوع من الموت بتدمير شامل لمكونات الخلية ، وباندفاع الماء إلى داخلها ثم بانفجارها بعد ذلك .

ولقد ساد الاعتقاد لعدة سنوات بأن موت التنكز هو النوع الذى تموت به الخلايا . ولكن تبين بعد ذلك أن هناك نوعاً آخر من الموت ويختلف كثيراً عن النوع الأول . فهذا النوع الثانى لا ينتج عن حادثة معينة ، ولكنه ينتج من تنشيط برنامج كان مختزناً فى الخلية منذ بداية حياتها . وكانت هذه الدراسات بداية مجال جديد فى الأبحاث العلمية يطلق عليه « موت الخلايا المبرمج » وهو من المجالات فى أبحاث الطب والبيولوجيا الجزيئية . ولفحص هذا النوع من الموت يركز المؤلف حديثه على عملية نمو الجنين فى الرحم ، حيث أن الموت يلعب دوراً حيوياً فى عملية تشكيل إنسان جديد . ففى الأسابيع الثمانية الأولى من الحياة ، يمر الجنين بمرحلة انقسام مستمر للخلايا ، وهى الفترة التى توضع فيها الخطة العامة للجسم . وفى نهاية الأسبوع السادس يمكن تمييز ثلاثة أجزاء للذراع : الذراع الأعلى ، والساعد واليد . وتكون اليد فى هذه المرحلة أقرب إلى شكل مضرب البنج بونج من شكل الأداة التى تعد لتمسك القلم أو لتلعب الكمان فى المستقبل . فالأصابع الأولية لا تكون منفصلة بل تكون متصلة طويلاً بشبكات من الأنسجة . ولكن فى الفترة ما بين اليوم السادس والأربعين والثانى والخمسين فى حياة الجنين البشرى ، تختفى شبكة الخلايا التى تربط الأصابع ببعضها تاركة وراءها خمسة أصابع مميزة وجميلة الشكل .



شكل ٢: مراحل نمو اليد البشرية

في نهاية الأسبوع الرابع من نمو الجنين تنشأ الأطراف من جذعه وتبدأ في الظهور على هيئة انتفاخات صغيرة . وفي الأسبوع الخامس تبدأ بدايات الأطراف في الظهور بطريقة واضحة (الشكل العلوي وشكل A) . ونهاية الأسبوع الخامس تكون الأطراف الأمامية قد اتخذت شكل المجداف ( شكل B) . وبعد ستة أسابيع ونصف تبدأ المادة الغضروفية في تكوين عظام اليد ولكن الأصابع تظل متصلة بشبكة من الخلايا ( شكل C) . وبعد مرور شهرين يكتمل نمو اليد وتظهر أطراف للأصابع (شكل D) .

وتحدث نفس هذه العملية لتشكيل القدم بأصابعها المميزة . ولقد تم وصف هذه العملية منذ حوالي مائة عام ، بدون أن يتساءل أحد عن مصير الخلايا التي كانت تكون الشبكة بين الأصابع . وتبين بعد ذلك أن هذه الخلايا لا تتحرك لتدخل

فى تكوين أجزاء أخرى من الجسم ، ولكنها تموت . ففى فترة أيام قليلة ، تموت كل خلية من الخلايا المكونة للشبكة بين الأصابع . ولكنها لا تمر بموت عنيف فوضوى مثل خلية القلب ، بل تموت استجابة لأوامر مسجلة فى داخل كل واحدة منها . وعندما تصلها هذه الأوامر فى صورة إشارات من البيئة حولها ، تستجيب هذه الخلايا وتنفذ الانتحار .

ويوضح المؤلف الفرق بين موت التنكز والموت الانتحارى . فموت التنكز هو قتل خلية لا تريد أن تموت وغير مخطط لها أن تموت ، فالخلية تموت بسبب تغييرات مهلكة فى البيئة من حولها . أما الموت الانتحارى فيحدث بطريقة هادئة منظمة بحيث أن الخلايا لا تنفجر ولا تلقى بمحتوياتها فى البيئة من حولها . فالموت الانتحارى للخلايا يكون استجابة لبرنامج داخلى ليس باستطاعتها التحكم فيه . ففى كل خلية من خلايا الجسم يوجد برنامج للتدمير الذاتى مخزن داخلها ، ويتم تنشيطه والعمل به عند الحاجة . ويوجد هذا البرنامج فى شريط الدنا (مادة الوراثة) فى نواة الخلية . وعندما يحين وقت الانتحار ، يتم عمل نسخة من البرنامج الموجود فى شريط الدنا وإرسالها خارج النواة إلى السيتوبلازم . وعندما يتم استلام وقراءة هذه النسخة تبدأ الخلية فى تدمير كل الدنا الموجود فى نواتها . ولا يحدث هذا الموت نتيجة لتسرب الانزيمات المحللة للدنا إلى النواة ، بل أن كل العوامل المحللة للدنا تكون قابعة فى النواة ، فى انتظار الوقت المناسب والإشارة الضرورية لبدء العمل وتحليل الدنا إلى قطع صغيرة عديمة الفائدة .

ويشير المؤلف إلى أن عملية تدمير الدنا تحدث دون أن تشعر بها بقية مكونات الخلية فى أول الأمر . وذلك بسبب تراكم نسخ من جينات تحمل الأوامر والوصفات التى تحتاجها الخلية لحياتها ، وقد تكونت هذه النسخ وتم إرسالها للخلية قبل تحليل الدنا . وملاحظة الخلية من الخارج لا يدل على وجود أى خلل يحدث داخلها فى البداية . ثم تأتى أول إشارة بوجود خلل فى داخل الخلية من الغشاء الخلقى . فتبدأ الخلية فى كسر الروابط التى تربط غشاءها بالخلايا الأخرى ، وبهذا تبدأ فى الانفصال عن بقية الأسرة الخلوية وكأن القدر كتب لها مصيراً مختلفاً عن بقية جيرانها من الخلايا . وحينئذ تبدأ الخلية فى رقصة الموت الهادئ ، ويبدأ الغشاء فى التمزج وكأن هناك موجات تنهادى على سطحه ، ثم تبدأ أجزاء من الخلية فى التكور والانفداع للخارج والانفصال التام عن الخلية فى صورة حويصلات .



شكل ٣: الموت الانتحاري للخلية

الحالة التي نراها هنا نشأت من خلية كانت ، فى أول الأمر ، محاطة بغشاء خلوى محدد. أما الآن فقد بدأت الخلية تتحلل إلى أجسام عديدة تندفع منها ، ويحتوى كل جسم منها على جزء صغير من مكونات الخلية الأصلية . وتم رسم هذه الصورة من صورة التقطت بالميكروسكوب الإلكتروني لخلية تنتحر .

ولقد تم تسجيل وصف تشريحي لأحداث انتحار الخلية لأول مرة فى عام ١٩٧٢ بواسطة ثلاثة من العلماء من اسكتولاندة فى جامعة ابردين Aberdeen University . واطلقوا على هذه العملية اسم ابيتوزيز apoptosis ، وهى كلمة يونانية تصف عملية وقوع البتلات من الزهرة أو الأوراق من الشجرة . فهذه الصورة تصف بدقة شكل الخلية المنتحرة إذا ما شوهدت من خلال ميكروسكوب الكترونى قوى . فتشاهد أجزاء من الخلية ، وبعض أجهزتها مثل الريبوسومات ، والميتوكونديريا والليسوسومات وهى محاطة بجزء من الغشاء الخلوى على شكل حويصلة ثم تنفصل بهدوء من جسم الخلية . ويطلق عليها الأجسام الابيتوزية apoptotic bodies . ومن الغريب أن تفاعلات الحياة تحدث داخل كل من هذه الأجهزة لبعض الوقت ، فالريسومات تظل محتفظة بقدرتها على صنع البروتين وكذلك الميتوكونديريا تظل قادرة على صنع جزئيات الطاقة ATP . ويبدو الأمر وكأن هذه المكونات الخلوية لا تدرك أنها قد انفصلت من الخلية التى تنتمى إليها . ويتم التعبير عن هذه الحالة من الهدوء حتى فى مناطق الغشاء المحيط بالخلية ، حيث لا توجد أية إشارات عن الموت

الذى تمر به هذه الخلية : فلا توجد قطع ممزقة من الغشاء الخلوى ، ولا آثار لمحتويات الخلية الكيميائية ، ولا آثار لمخلفات الخلية تسبح فى اللmf . وسرعان ما يتم التقاط هذه الأجسام الابيتوزية بواسطة الخلايا المحيطة حيث تهضم فى أجهزة الليسوسومات . ونجد بهذا أن الخلايا الملتهمة لا تشعر بموت الخلية ، وبالتالي فإنها لا ترسل أى إشارات لتنبه جهاز المناعة . ونرى من هذا أن الخلايا التى تنتحر تترك وراءها أنسجة طبيعية فى حالة جيدة ، ومغمورة بسائل اللmf الحامل للأكسجين والمواد الغذائية .

ويعطى المؤلف بعض الأمثلة التى تدل على أهمية الدور الذى يلعبه الموت الانتحارى (ابيتوزيز) فى حياة الكائن الحى . فى المثال الأول يتناول دور الموت الانتحارى للخلايا فى تكوين الجهاز العصبى . فالخلايا العصبية تتصل ببقية خلايا الجسم عن طريق الألياف العصبية التى تحمل الومضات impulses الكهربائية لتحت خلايا الجسم على القيام بوظائف معينة . ففى مرحلة معينة من نمو الجنين ، تكون الخلايا العصبية أعداداً كبيرة من هذه الألياف العصبية وتوجه للخلايا التى تحتاج إلى وصلات عصبية . وينجح حوالى نصف هذا العدد من الألياف فى تكوين هذه الوصلات ، ولكن النصف الآخر يفشل فى تكوينها ( بسبب عدم وجود موقع على غشاء بعض هذه الخلايا لترتبط به الليفة العصبية ) . وتكون النتيجة أن تنتحر هذه الخلايا العصبية ( التى تفتقر إلى موقع لارتباط الليفة العصبية ) .

ويدل المثال الثانى على أن عملية الموت الانتحارى للخلايا لا تتوقف بعد الميلاد وإنما تحدث فى مراحل الحياة المختلفة . فخلايا المناعة تنتج فى أعداد مهولة تزيد عن حاجة الجسم ، والخلايا الليمفاوية ( خلايا الدم البيضاء ) تولد وتسبح فى الدم لعدة أسابيع . وخلال هذه الفترة إذا قابلت أجساماً غريبة عن الجسم ، وإذا ما نجحت فى التخلص من هذه الأجسام خلال هذه الفترة الزمنية فإنها سوف تمنح الفرصة لتعيش لفترة أطول تمتد إلى سنوات . أما إذا لم تعثر الخلايا الليمفاوية على أجسام غريبة فى فترة التجربة الأولى ، أو إذا لم تنجح فى التخلص من هذه الأجسام الغريبة ، فإن الموت الانتحارى يكون هو مصير هذه الخلايا .

ويشير المثال الثالث أن خلايا المناعة تمارس الموت الانتحارى عندما تتعرض لكمية زائدة من الإشعاع . فلأن خلايا المناعة تتكاثر بصفة مستمرة ، فهى بذلك تكون أكثر حساسية لأضرار الإشعاع . ويساعد الإشعاع فى تكوين طفرات فى الدنا . وعندما تتكون الطفرات فى خلايا المناعة فإنها تصبح فى منتهى الخطورة ، حيث أنها قد تغير من سلوك هذه الخلايا وتجعلها تهاجم خلايا الجسم السليمة بدلا من خلايا

الجسم المصابة بالسرطان أو الفيروسات . ولهذا يتم التخلص من خلايا المناعة المصابة بالطفرات عن طريق الموت الانتحارى . ويوضح المثال الرابع أن جهاز المناعة يعمل على حث خلايا الجسم المصابة على الانتحار . فقد كان من المعروف أن الخلايا التائية القاتلة ( أحد أنواع الخلايا الليمفاوية ) تهاجم الخلايا المصابة بالفيروسات والمصابة بالسرطان ، ثم تقتلها . ولكن العلماء توصلوا إلى أن الخلايا القاتلة تلتصق بالخلايا المصابة ، وتعطيها إشارة تأمر فيها الخلية المصابة بالانتحار . فتنفذ الخلية المصابة الأمر وتنتحر ، وبهذا فالخلايا القاتلة تحمل شفرة الأمان التى تحث الخلية المصابة على استخدام برنامج الموت الانتحارى .

يتبين مما سبق أن الموت الانتحارى للخلايا هو عملية مبرمجة تخدم الكائن الحى طوال حياته ، لتعطى الكائن الفرصة ليعيش فترة أطول ولينتج ذرية أكبر . وأصبح من الواضح أن موت الخلايا الانتحارى هو جزء طبيعى وضرورى من إيقاع حياة الإنسان والحيوانات .

ويذكر المؤلف أن جذور الموت الانتحارى للخلايا تمتد إلى الماضى السحيق فى تاريخ التطور. فدودة الينماتودا البدائية سى إيجانز *C. elegans* ، وهى دودة صغيرة جداً ، تبدأ حياتها كخلية واحدة ثم تتكاثر حتى تصل إلى مرحلة النضوج ويتكون جسمها من ٩٥٩ خلية بالضبط . وخلال فترة النمو من خلية ملقحة إلى مرحلة النضوج ، يتم تكوين ١٣١ خلية زائدة ولكنها لا تعيش لترى مرحلة النضوج . نفى فترة حوالى ٧ ساعات تعتمد هذه الخلايا إلى الانتحار .

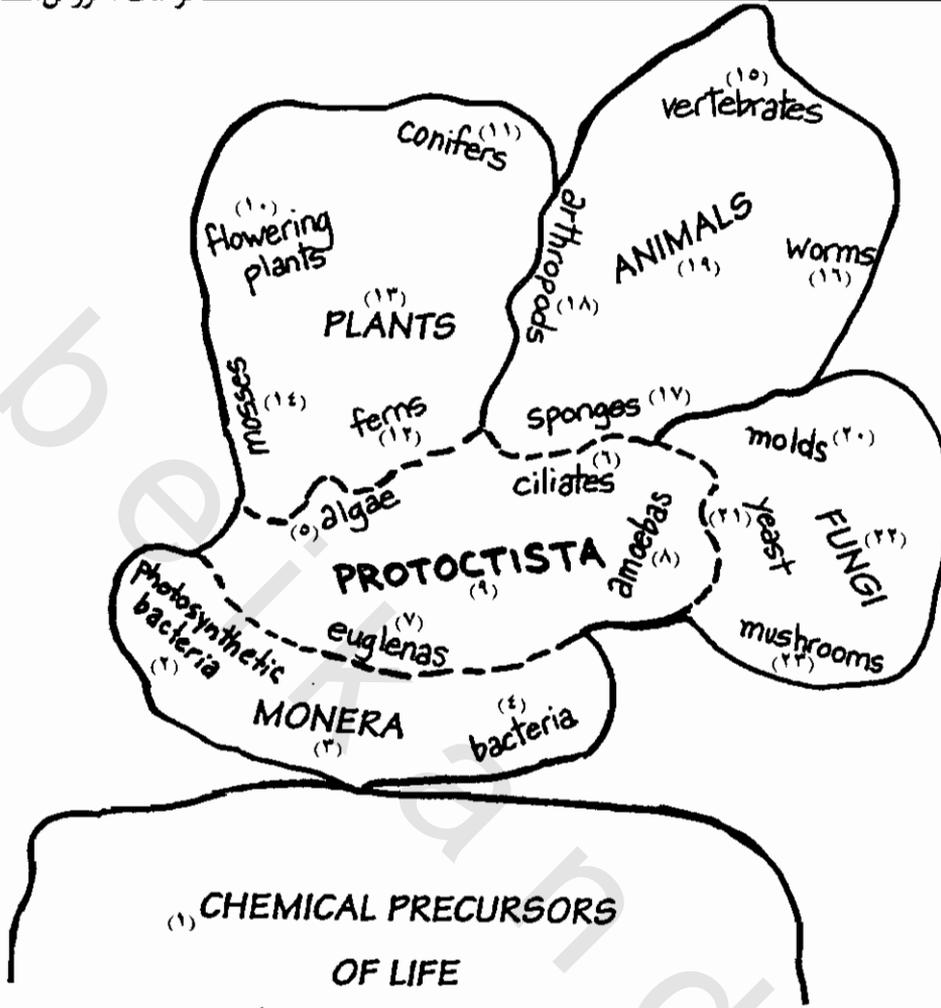
ولأن هناك تشابهاً فى عمليات الموت الانتحارى التى تحدث فى موافق بيولوجية مختلفة ، فقد قام العلماء بتقديم مفهوم « موت الخلية المبرمج » . كما بدأ العلماء الآن فى التعرف على بعض الجينات التى تتحكم فى برنامج الموت الخلوى، وتم التعرف على جينات فى دودة سى إيجانز تحمل شفرات للموت . كما تم التعرف على جينات تحمل شفرات قادرة على عكس عملية الموت الخلوى المبرمج بعد أن تبدأ . ويحاول العلماء حالياً التعرف على الجينات المماثلة فى الإنسان . ويختم المؤلف الفصل الثانى بالسؤال : من أين جاء الموت الخلوى المبرمج ؟

## الفصل الثالث

### الجنس ، الإنعزال . وأصول الموت الخلوي

يبدأ هذا الفصل بالسؤال : الموت .. لماذا ؟ ثم يطرح بعد ذلك أسئلة أخرى : لماذا تموت الخلايا على أية حال ؟ وهل هناك شيء في أصل طبيعة الحياة يتطلب أن تموت كل الكائنات الحية ؟ ويدعو بعد ذلك إلى الحديث عن أول الخلايا التي ظهرت على الأرض ، حتى يتم إدراك الإجابات على هذه الأسئلة . فيحكي بأن أول أشكال الحياة كانت لكائنات وحيدة الخلية تعيش بصورة مستقلة وحررة مثل البكتريا . فهذه الكائنات تمثل أبسط تركيب قادر على القيام بالوظيفة الحيوية الأساسية لجميع الكائنات : تكاثر الكائن الحي من أجل إنتاج ذرية من نوعه عن طريق تضاعف الدنا ثم نقل هذا الدنا إلى الذرية . ويعتقد أنه ليس من الواضح حتى الآن أن هذه الكائنات البسيطة كانت أو ما زالت تشترك في الخاصية الثانية الرئيسية للحياة وهي : الموت المبرمج الإجبارى . فالبشر والحيوانات تموت وتحمل آليات تساعد على الموت . ولكن الأمر يختلف بالنسبة للكائنات وحيدة الخلية . فعلى الرغم أن الكثير منها قد يموت بسبب الحوادث أو الجوع ، إلا أنها لا تحتوى على برنامج يحتم عليها الموت . وبهذا فإنه يبدو أن ظاهرة الموت المبرمج لم تبدأ في نفس الوقت الذى بدأت فيه الحياة . ويؤكد المؤلف أن هذه الجملة من أهم المقولات فى علم البيولوجى . ويعتقد أن الموت الإجبارى قد ظهر على المسرح بعد حوالى بليون عام من بدايات الحياة . ويدعو للحديث عن كيفية تطور الكائنات وحيدة الخلية إلى كائنات متعددة الخلايا حتى يتم إدراك بداية الموت الإجبارى للخلية .

فى حديثه عن الكائنات وحيدة الخلية يشير المؤلف على أنها تحتل مملكتين من الممالك الخمس التى تنقسم إليها كل الكائنات الحية ( البكتريا والسيانو بكتريا - الأوليات أو البروتستا - الفطريات - النبات - الحيوان ) .



شكل ٤ : المجموعات الرئيسية لتطور الكائنات الحية .

يوضح الشكل أحد التقسيمات التطورية البسيطة لمجموعات الكائنات الحية الرئيسية

\* التالي ترجمات للكلمات داخل كل مجموعة بدأ من الأسفل :

Chemical precursors of life	١ - المواد الكيميائية الأولية للحياة
Photosynthetic bacteria	٢ - بكتريا التمثيل الضوئي
Monera	٣ - مملكة المونيرا
bacteria	٤ - البكتريا
algae	٥ - الطحالب
Ciliates	٦ - البروتستا ذات الأهداب
euglenas	٧ - اليوجلينيات
amoebas	٨ - الأميبات
Vertebrate	١٥ - الفقاريات
worms	١٦ - الديدان
sponges	١٧ - حيوانات الاسفنج
arthropods	١٨ - الحيوانات المفصليّة
Animals	١٩ - الحيوانات
Protoctista	٩ - مملكة البروتستا
Flowering plants	١٠ - النباتات الزهرية
Conifers	١١ - الصنوبريات
ferns	١٢ - نباتات السرخس
Plants	١٣ - النباتات
mosses	١٤ -

فمملكة المونيرا monera تشمل البكتريا ، وهى تكون حوالى نصف الكتلة الحيوية على وجه الأرض . والبكتريا الموجودة على الأرض اليوم تمدنا بنافذة على الماضى وتعطينا فكرة عما كانت عليه الكائنات وحيدة الخلية الأولية فى الماضى السحيق ، على الرغم من أن هناك اختلافات بين ما يوجد اليوم وما كان فى الماضى. فلقد بدأت البكتريا حياتها فى فترة كان الغلاف الجوى خالياً من غاز الأوكسجين . ثم حدثت زيادة تدريجية فى نسبة الأوكسجين فى الغلاف الجوى منذ حوالى ٢ بليون سنة مضت ، وكان لهذا الحدث أبعاد رئيسية . فالأوكسجين غاز يساعد على التآكل ، فهو يجعل الحديد ينهار ويصدأ ، كما يعتبر مثل الدمار المنتقم لمعظم الجزئيات العضوية التى أسست عليها الحياة . ولهذا كان على الكائنات التى تنتمى لمملكة المونيرا أن تطور نظاماً متخصصة لتحمى نفسها من أضرار الأوكسجين . أما الكائنات التى فشلت فى تطوير هذه النظم ، فلم يكتب لها البقاء .

ويحكى المؤلف كيف أن بعض أنواع البكتريا حاولت أن تتخذ أسلوب العيش فى تجمعات خلوية multicellularity فكونت مستعمرات وتجمعات تشترك فى الحصول على الطعام . وعلى الرغم من ذلك فقد فشلت البكتريا بصفة عامة أن تكتشف المزيد من مزايا العيش فى تجمعات خلوية . واستطاعت بعض كائنات المونيرا أن تتميز وتنجح فى تكوين ممالك جديدة ، فكونت مملكة البروتستا ثم بعد ذلك مملكة الفطريات . وهناك صفات هامة تميز كائنات البروتستا عن كائنات المونيرا . فشرط الدنا الوراثى فى كائنات المونيرا يوجد على هيئة حلقة متصلة بغشاء الخلية ويسبح معظمه حراً ومكشوفاً فى السيتوبلازم . ولهذا أطلق على هذه الكائنات اسم كائنات « بدائية أو أولية النواة » prokaryotes لأنها لا تحتوى على نواة ذات غشاء يسكن فيها الدنا . أما كائنات البروتستا ، وبقية الكائنات الحية الأكثر تطوراً ، فتنحدر على نواة لتخزين وحماية الدنا الوراثى . كما أن الدنا فى هذه الكائنات مغلف ببروتينات الهستونات ومقسماً إلى أجزاء تسمى الكروموسومات ، وهى تركيبات مستقيمة وليست حلقيه ، وأطرافها تحتوى على تركيبات دنا مميزة تسمى بالتيلوميرات تمنع التصاق أطراف الكروموسوم الواحد مع بعضها أو مع أى كروموسوم آخر. كما أن البروتستا ، وبقية الكائنات حقيقية النواة تتميز عن المونيرا فى احتوائها على نسختين متشابهتين من كل كروموسوم diploidy . وبهذا فأى ضرر يلحق بنسخة أى جين ، يسبب ضرراً أقل على الكائن الحى ، فى معظم الأحيان ، بفضل توفر نسخة أخرى من هذا الجين . وهذه ميزة لا تتوفر لدى كائنات المونيرا لأنها تحتوى على كروموسوم واحد وبالتالي يكون لديها نسخة واحدة من كل جين .

ويكمل المؤلف حديثه فيذكر أن معظم كائنات البروتستا ما زالت تعيش في صورة وحيدة الخلية ، إلا أن بعضها تحول إلى كائنات متعددة الخلايا . ونجد في هذه الكائنات لأول مرة عمليات الاتصال بين الخلايا التي تعيش في المستعمرة وبدايات تقسيم العمل بين هذه الخلايا . وتطورت بعض أنواع البروتستا متعددة الخلايا لتصبح أكبر الكائنات حجما على وجه الأرض ، فنوع الطحالب الذي يطلق عليه كيب Kelp ينمو ليصبح طوله ٣٠ أو ٤٠ مترا . ومع هذه المرحلة الجديدة في حياة البروتستا ، نجدها قد بدأت في اكتساب أجهزة داخلية تساعدها على البقاء في البيئة المليئة بالأكسجين ، وذلك بفضل التعايش الداخلي الذي حدث بينها وبين بعض أنواع البكتريا القديمة التي تسللت داخل البروتستا لتتخذ منها مسكنا ، وفي نفس الوقت استفادت خلية البروتستا من الطاقة التي تولدها هذه البكتريا (نظرية التكافل في نشأة الخلايا الراقية) .

ويعتقد المؤلف أن ظاهرة الموت المبرمج للكائن الحي قد بدأت خلال مرحلة التحول من المونيرا إلى البروتستا ( التي حدثت منذ حوالي بليون عاما مضت ) . ويدعو المؤلف إلى النظر في بدايات الموت المبرمج للكائن الحي والتي صاحبت تطور المونيرا إلى البروتستا ، ويعبر عن أنه خلال هذه المرحلة التطورية بدأت الكائنات وحيدة الخلية لأول مرة في تجربة التكاثر الجنسي . فكائنات المونيرا تتكاثر بعملية الانشطار والتي تشمل تضاعف الدنا في الخلية ثم انقسام الخلية إلى خليتين متطابقتين بحيث تحتوي كل خلية على نسخة مطابقة من الدنا ، ثم تنمو كل واحدة وتنضج وتنقسم بدورها بعد ذلك ، وهكذا . وبهذا فهذه الكائنات لا تموت أبداً ، أنها خلايا خالدة (إلا لو ماتت نتيجة للجفاف أو ندرة الغذاء أو أي تغير آخر في البيئة) . ويؤكد أنه إذا وضعت خلية واحدة من خلايا البكتريا في بيئة مناسبة تتوفر فيها المواد الغذائية وظروف الحياة المناسبة وتكون خالية من أي كائن آخر يفترسها ، ففي هذه الحالة سوف تستمر هذه الخلية في الانقسام بلا أي توقف ، ومن المحتمل ألا نعثر في هذه المزرعة على خلية واحدة ميتة . ولكن الواقع غير ذلك ، فالبكتريا لا تستطيع أن تتكاثر بلا حدود لأن الغذاء يندر بعد فترة مما يؤدي إلى موت البكتريا ، ولكنه موت ناتج عن حادثة .

ويشير المؤلف أن هناك صفة تنعدم في معظم الكائنات وحيدة الخلية التي تنقسم بالإنشطار البسيط ، ولكنها توجد في الخلايا التي تنقسم بالتكاثر الجنسي ، وهي : التقدم المبرمج والتدريجي في عمر الخلية أو عمر الكائنات التي تتكون منها (التشيخ)، وهو تقدم مستقل عن الأحداث والظروف البيئية . فلقد كان الموت الناتج

عن حادثة موجودا منذ بدايات ظهور الحياة . أما موت الكائن المبرمج ، فالمؤلف يعتقد أنه ظهر تقريباً في نفس الوقت الذي ظهر فيه التكاثر الجنسي ، وأن الموت المبرمج والتكاثر الجنسي بدءا في فترة كانت الكائنات وحيدة الخلية لها السيادة على الأرض.

ثم يتحدث بعد ذلك عن أن التكاثر الجنسي ظاهرة حيرت وما زالت تحير علماء البيولوجي وخاصة علماء علم التطور منهم ، وذلك لأن الكثير منهم يعتقدون أن الجنس وسيلة تكاثر مكلفة ومهدرة للموارد . أما التكاثر الانشطاري بسيط ويحدث بكفاءة عالية ويتكلف القليل من الموارد . وعلى الرغم من ذلك ، فبمجرد ظهور التكاثر الجنسي فإنه أصبح تدريجياً هو الطريقة السائدة لتكاثر جميع أشكال الحياة الأكثر تطوراً . ويتساءل المؤلف عن السبب في ذلك . فيدعو للنظر في ظاهرة التكاثر الجنسي لأول مرة في تاريخ التطور . فيتناول الحديث عن عملية الاقتران conjugation التي تحدث بين كائنات وحيدة الخلية ولكنها حقيقية النواة كمثال . فهذه العملية تشمل تلاصق خليتين واختلاط أجزاء من الدنا الموجود بهما ، ثم يليها انقسام مستقل للخليتين . ومن أهم ملامح هذا الانقسام الجنسي هو : أن الخلايا الذرية تكون مختلفة وراثياً عن الخلايا الأبوية قبل قيامها بعملية الاقتران . وهذا بعكس ما يحدث في الانقسام اللاجنسي (الانشطاري) الذي تكون فيه الخلايا الذرية مطابقة وراثياً للخلايا الأبوية . ويعتقد المؤلف أن هذه الصفة التي تفرق بين التكاثر الجنسي واللاجنسي هي أهم صفة يتميز بها التكاثر الجنسي ، ولكنه يعتقد أن هذه الصفة تحمل معها بذور مشكلة خطيرة ، وأن الطبيعة قامت بحل هذه المشكلة بواسطة اختراع التقدم الإجباري في عمر الخلايا (التشيخ) والموت الإجباري.

ثم يتحدث بعد ذلك عن مزايا التكاثر الجنسي ويلخصها في ميزتين أساسيتين : (١) أن التكاثر الجنسي يولد تغييرات وراثية ينتج عنها صفات جديدة تساعد الأنواع على التكيف مع ظروف البيئة التي تختلف من حين لآخر . فالكائنات التي تتكيف مع البيئة المتغيرة هي الكائنات التي تبقى وتستمر في التكاثر وزيادة نوعها . (٢) أن التكاثر الجنسي يسمح بإصلاح أو حذف الأخطاء الوراثية - الطفرات . فإذا كان كائن ما يحمل طفرة في أحد الجينات فإنه خلال التكاثر الجنسي ، تختلط كروموسومات هذا الكائن مع كروموسومات كائن آخر وينتج عن هذا خلطة جديدة من الكروموسومات تنتقل إلى الذرية . وفي هذه الخلطة يكون أحد الجينات من الكائن الأول حاملاً للطفرة ، ويكون هناك نسخة ماثلة من نفس الجين (جاءت من

الكائن الثاني) ولكنها غالباً ما تكون نسخة سليمة فلا تظهر آثار الطفرة الضارة . ويضيف أنه من المحتمل أن تحصل أحد أفراد الذرية على نسختين من الجين ذى الطفرة ، وفي هذه الحالة فإن هذه الفرد لا يعيش كثيراً ويموت قبل أن يتكاثر وتموت معه نسخ الجينات غير السليمة ، وبهذا يقل عدد هذه النسخ الضارة فى العشيرة .

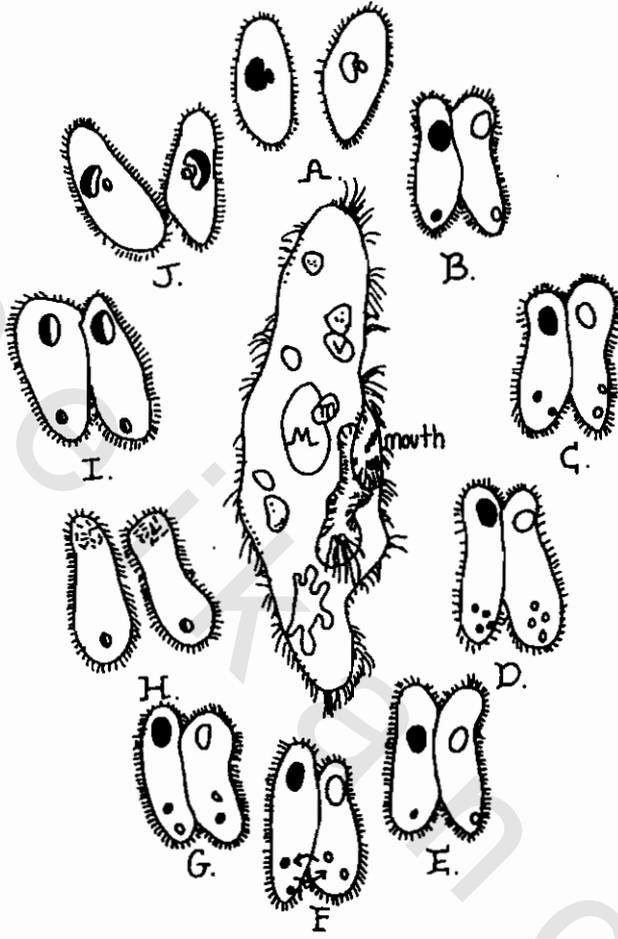
ويعتقد المؤلف أن هناك علاقة بين التكاثر الجيسى الذى يحدث فى كائن الباراميسسيوم وحيد الخلية وبين أصل الوسيلة التى يتكاثر بها البشر . ويعرف كائنات الباراميسسيوم بأنها كائنات ذات الأهداب تعيش فى برك المياه العذبة فى أنحاء العالم . ومع أن هذه الكائنات وحيدة الخلية إلا أنها تتميز بأحجام كبيرة جداً أكبر من حجم معظم البكتريا بملايين المرات ، ولأنها كائنات حقيقة النواة ، فإنها تحتفظ بالدنا الخاص بها فى نواة ، ويوجد لديها نوعين من الأنوية . ويشير إلى أنه فى نهاية القرن التاسع عشر بدأ علماء البيولوجى يدركون أن هناك فرقا جوهريا بين خلية البكتريا وخلية كائن البروتستا الكبيرة مثل الباراميسيوم . فعملية التكاثر لدى البكتريا تكون محددة بوفرة الغذاء والمكان ، أما فى حالة الباراميسيوم فقد لاحظ العلماء علامات تدل على وجود الموت الإجبارى الذى يعتمد على الزمن والذى يحدث حتى فى ظل توفر الغذاء . ومثال على ذلك ، أنه إذا وضع حيوان باراميسسيوم واحد فى طبق مزرعة وترك لينمو فى وفرة من الغذاء والمكان ، فإنه سوف يتكاثر بالانشطار مثل البكتريا فى أول الأمر ، ثم يقل معدل التكاثر تدريجيا ، حتى أنه بعد مرور حوالى ٢٠٠ انقسام تتوقف الذرية عن الانقسام ثم تموت ، فى حالة ما إذا استمرت فى الانقسام بالانشطار . ولكن إذا ما حدث وتصادف أن بعض خلايا الباراميسسيوم تكاثرت بالاقتران، فإن ذرية هذه الخلايا التى اقترنت تتكاثر بالانشطار وبمعدل أسرع ، فى نفس الوقت الذى تموت فيه الخلايا الذرية التى جاءت من خلايا غير مقترنة .

وبهذا يعتقد المؤلف أن الخلود حالة مضمونة للبكتريا التى تنقسم بالانشطار فقط. أما الخلود للأنواع الأخرى فهو يتوقف على التكاثر الجيسى . ثم يطرح السؤال : لماذا كان استخدام الجنس فى التكاثر مصاحبا لبداية الموت المبرمج ؟ فيعضى التفسيرات التالية : (١) أن الخلايا الذرية (الناجئة من الخلايا التى تتكاثر جنسيا) تكون مختلفة وراثيا عن الخلايا الأبوية ، وأنه إذا ورت زوج من الجينات المعطوية فإن الكائن يموت وتموت معه الجينات المعطوية وتنعدم أو تقل عددها فى العشيرة . (٢) السبب الآخر يتعلق بظاهرة تحدث لأول مرة فى الباراميسسيوم والبروتستا التى تتكاثر جنسيا وهى : فصل الدنا الذى يستخدم لأغراض التكاثر بالاقتران عن الدنا الذى يستخدم لأغراض إدارة عمليات الخلية الحيوية اليومية . وكل نوع من الدنا

يحفظ في نواة منفصلة . فهناك النواة الكبيرة التي تحتوى على الدنا الذى يدير جميع الأنشطة الحيوية اليومية مثل التغذية والحركة والتنفس . كما يوجد نواة صغيرة ثنائية الكروموسومات diploid ، ولكن لا يتم قراءة أو استخدام الدنا فيها إلا عندما تكون الخلية على وشك الانقسام ، فينشط الدنا فى هذه اللحظة (وسوف يتم شرح هذه النقطة بالتفصيل لاحقا) .

ويصف المؤلف بشيء من التفصيل ما تقوم به النواتان فى البراميسيوم . فعندما ينقسم البراميسيوم لا جنسيا ، فإن الدنا فى كل نواة ينقسم إلى جزئين وتحصل كل خلية جديدة على نسخة من كل نواة . وبعد ذلك تدخل النواة الصغيرة فى حالة نوم عميق ، مثلما كانت فى الخلية الأم ، وتستمر النواة الكبيرة فى العمل فى إدارة العمليات الحيوية اليومية . أما إذا انقسم البراميسيوم جنسيا (بالاقتران) ، فالنواة الصغيرة تلعب اخرا

فخليتا البراميسيوم اللتين تتكاثران بالاقتران تتبادلان النواتين الصغيرتين ويتم خلط الكروموسومات مع بعضها ، وينتج أنوية صغيرة رباعية الكروموسومات tetraploid ، وإذا استمر التكاثر بالاقتران فسوف يتم إنتاج أنوية ثمانية الكروموسومات وأعداد مضاعفة أكبر . ولهذا فقبل أن يتم تبادل الكروموسومات بين الخليتين فى عملية الاقتران ، تقوم النواتان الصغيرتان بعملية الانقسام الاختزالي : فتنقسم كل نواة صغيرة إلى نواتين بحيث تكون كل واحدة أحادية الكروموسومات haploid ، ثم تنقسم كل نواة جديدة إلى نواتين ، فينتج أربعة أنوية صغيرة أحادية الكروموسومات . ويتم اختيار واحدة من هذه الأنوية وحفظها وتدمير الثلاثة الأخرى . فتنقسم النواة المختارة مرة أخرى فتصبح كل خلية بها نواتين صغيرتين . وهنا تنتقل نواة صغيرة من كل خلية إلى الأخرى (هذا هو الاقتران) ، وبهذا تحتفظ كل خلية بنسخة من كروموسوماتها الأصلية وتحصل على نسخة جديدة من كروموسومات الخلية الأخرى، وتصبح الخلية ثنائية الكروموسومات. وتحدد النواة الثنائية الكروموسومات الجديدة شخصية الأفراد الناتجة من عملية الاقتران . فإذا ما وجد جين معطوب فى أحد الكروموسومات الأحادية ، فإن المجموعة الجديدة التى تنتج من الاقتران قد تحمل جينا سليما يعالج الخطأ فى الجين المعطوب. وقد يحدث فى حالات قليلة أن تحمل المجموعة الجديدة من الكروموسومات جينا معطوبا آخر مما قد يؤدي إلى موت الفرد بسبب وجود نسختين من الجين المعطوب . ويشير المؤلف أن عملية الاختزال هذه تحدث فى عملية التكاثر البشرى لإنتاج خلايا البويضة والحيوان المنوى فى حالة أحادية الكروموسومات بحيث ينتج من اندماجهما خلية ثنائية



شكل ٥ : التكاثر الجنسي في البروتستازات الأهداب

في (A) نجد خليتين مختلفتين وراثياً (من خلايا الباراميسيوم) ولكل منهما نواة كبيرة ( ) ونواة صغيرة ( ) . وفي (B) تلتصق الخليتان وتنتج كل نواة كبيرة إلى طرف من الخلية وتنتج النواة الصغيرة إلى الطرف المقابل . وفي (C) تنقسم كل نواة صغيرة مرة واحدة بالانقسام الاختزالي . وفي (D) تنقسم الانوية الصغيرة الناتجة مرة أخرى لإنتاج 4 أنوية احادية الكروموسومات في كل خلية . في (E) تتحلل ثلاثة من الانوية الصغيرة وتختفى . أما النواة الصغيرة الباقية (F) فإنها تنقسم مرة لإنتاج نواتين متطابقتين ، وهنا تنتقل نواة صغيرة من كل خلية إلى الأخرى ( كما في G ) . ثم يحدث في كل خلية اتحاد بين النواتين الصغيرتين لإنتاج نواة صغيرة ثنائية الكروموسومات (H) . ثم تدير هذه النواة الصغيرة الجديدة عملية إنتاج نواة كبيرة جديدة وتحلل النواة الكبيرة القديمة (I) . وبعد ذلك تنفصل الخليتان عن بعضهما وتتخذ الانوية مواقعها في الخلية (J) . في هذه المرحلة يصبح لدينا خليتان متطابقتان وراثياً لبعضهما ولكنهما مختلفتين وراثياً عن تكوينهما الوراثي الذي كان هناك قبل عملية الاقتران . فبدأ كل خلية منهما في الانقسام الانشطاري لإنتاج خلايا متطابقة وراثياً معها .

الكروموسومات . ويوضح المؤلف أن هناك خطوة إضافية تحدث في كائنات الباراميسسيوم أثناء التكاثر الجنسي . فقبل انفصال الخليتين المقترنتين ، تقوم النواة الصغيرة بعملية تضاعف الدنا ، وتستمر الأنوية الجديدة في مضاعفة أجزاء من الدنا لإنتاج نواة كبيرة جديدة وبعدها تتحلل النواة الكبيرة القديمة وتموت .

ويتساءل المؤلف عن العلاقة بين كائنات البروتستا ذات الأهداب والموت البشرى؟ فيجيب أن هناك الكثير مما يمكن أن نتعلمه من هذه الكائنات . ويشرح بأنه في عملية التكاثر الجنسي التي نراها في الباراميسسيوم فإننا نواجه لأول مرة بولادة نوع جديد من الدنا الذي لا يتم نقله إلى الجيل التالي . وأن عملية فصل الدنا في حجرتين (النواة الصغيرة والكبيرة) لا تحدث في البكتريا ، وأن النوع الجديد من الدنا الذي لا يستخدم في التكاثر يتم تدميره والتخلص منه .

ويعتقد المؤلف أنه يمكن القول بأن الموت المبرمج للنواة الكبيرة الذي يحدث في الباراميسسيوم يؤذن بموت الجسد البشرى ( كما سوف يتضح بعد ذلك ) . أما الدنا الموجود في النواة الصغيرة فإنه يعزل ويتم حمايته خلال دورة حياة هذه الخلايا ويستخدم فقط في التطعيم أو التوليف recombination مع الدنا الموجود في فرد آخر خلال التكاثر الجنسي . ويتم نقل نسخ من هذا الدنا إلى الأجيال التالية من الخلايا . وهذا بعكس ما يحدث في دنا النواة الكبيرة فهو لا ينقل للأجيال التالية لأن هذه الأجيال سوف تحدد وراثيا بالدنا المطعم recombinant الموجود في النواة الصغيرة . كما أن الدنا الموجود في النواة الكبيرة قد تراكتت فيه الطفرات التي تكونت في دورات التكاثر اللاجنسى السابقة ، والتي لم يتم معالجتها . ولهذا فيقع على عاتق النواة الصغيرة الجديدة أن تنتج نواة كبيرة جديدة بها دنا جديد لإدارة الخلايا الجديدة . ويبدو أنه بعد أن بدأت عملية عزل وحماية الدنا المخصص للتكاثر في الباراميسسيوم ، فإن هذه العملية أصبحت عملية رسمية صاحبت تحول بعض البروتستا والكائنات الأكثر تطوراً إلى كائنات متعددة الخلايا ، بصفة دائمة .

وهنا يتناول المؤلف الحديث عن المزايا التي تتمتع بها الكائنات متعددة الخلايا . ويذكر منها أن الكائن يمكنه أن يتخذ حجماً كبيراً مع الاحتفاظ بالحجم العادي للخلايا . كما يضيف أن أهم ميزة هي القدرة على تخصيص وظائف معينة تقوم بها أنواع مختلفة من الخلايا . وبمجرد أن أصبحت حقيقيات النواة كائنات متعددة الخلايا ، تم الاحتفاظ بالدنا المخصص للتكاثر في نواة منفصلة توجد في أنواع متخصصة من الخلايا . وتسمى هذه الأنواع بالخلايا الجنسية Germ cells ، وهي مثل الأنوية الصغيرة ( في الباراميسسيوم ) ، لها وظيفة واحدة ، وهي نقل الدنا من

جيل إلى جيل آخر بواسطة التكاثر الجنسي . أما بقية الخلايا الجسمية الأخرى somatic cells ، فإنها تحمل نفس المجموعة من الكروموسومات ولكنها تستخدم الدنا فيها للقيام بوظائف الجسم اليومية .

كما أن هذه الخلايا الجسدية تنقسم بالانشطار البسيط ولا تنقسم بالانقسام الاختزالي أو الجنسي . فالغرض الوحيد من هذه الخلايا الجسدية ، من وجه نظر الطبيعة ، هو أن تساعد الخلايا الجنسية على البقاء والقيام بوظيفتها حيث أنها الخلايا الحامية للدنا .

ويعقد المؤلف مقارنة بين الدنا في الخلايا الجنسية وذلك في الخلايا الجسدية ، فدنا الخلايا الجنسية يتغير خلال عمليات التوليف أو التطعيم recombination مع الدنا القادم من الخلية الأخرى ، مما يساعد على إصلاح الأخطاء الوراثية . أما الدنا في الخلايا الجسدية ، مثل حالة دنا النواة الكبيرة في الباراميسيوم ، فإنه يصبح فائضا، زائدا عن الحاجة ، وقد يصبح خطرا بسبب ما يتراكم فيه من طفرات تتكون خلال عدد كبير من الأجيال ، حتى يصبح هذا الدنا «نفاية وراثية» ، غير قادرة على إدارة الخلية . ويشير إلى أنه قبل مرحلة ظهور البروتستا مثل الباراميسيوم ، كان الدنا الجسدي هو دنا الخلية الجنسية ، وقبل قدوم الكائنات المتعددة الخلايا ، كانت الخلية الجسدية هي الخلية الجنسية . وأن الخلايا الجنسية في الحيوانات والبشر (والتي هي خلايا أحادية الكروموسومات) هي الوريثة للأنبوية الصغيرة (في الباراميسيوم) وهي السليلة لكائنات المونيرا والبروتستا غير الجنسية الأولية . ويضيف أن هذه الخلايا الجنسية ( في الحيوانات والإنسان ) هي الخلايا الوحيدة التي احتفظت بقدرتها على الخلود . ففي مرحلة ما من حياة الكائن ، تترك هذه الخلايا الجسم الذي تنتمي إليه لتتحد مع خلايا جنسية أخرى من فرد آخر ، وتتكاثر لإنتاج كائن آخر به مجموعة من الخلايا الجنسية . وعندما يحدث ذلك ، فإن الساعة الموقوتة للموت المبرمج يعاد ضبطها من جديد فلا تموت هذه الخلايا الجنسية . أما بقية خلايا الجسد ، فإنها تكون مبرمجة لتموت ، وبعد أن تنجح في مهمتها (حماية الخلايا الجنسية لتبقى وتعيش) ، فلا يكون هناك حاجة إليها ولا للدنا المخزون فيها . فيأتي لنا الموت .

ويوضح المؤلف أن ما يحدث في أجسامنا لا يختلف عما يحدث في بقية الحيوانات . فمع مرور الوقت تشيخ الخلايا الجسدية وتموت بعد ذلك . فالتكاثر الجنسي ينقذ الخلايا الجنسية من الموت (فتخرج من الجسد) ولكنه لا ينقذنا نحن . فكائنات الباراميسيوم والكائنات حقيقيات النواة وحيدة الخلية يتجدد شبابها مع التكاثر الجنسي ، وذلك لأن الكائن هو نفسه الخلية الجنسية (الكائن والخلية

الجنسية شيء واحد) . وبمجرد ما تم عزل الدنا الجسدى عن الدنا الجنسى (دنا التكاثر) ، أصبح الجنس إلزاميا ، ولكنه لا يجدد الشباب للخلايا الجسدية (لنا نحن) . ويضيف المؤلف بأن السعى نحو حجم أكبر للخلية ، ثم نحو تكوين كائنات متعددة الخلايا ، بعد ذلك ، قد أدى إلى تكوين دنا إضافى (الدنا الجسدى) بجانب الدنا الجنسى . وقد أدى استخدام الجنس فى عملية التكاثر إلى ضرورة التخلص من الدنا الجسدى فى نهاية كل جيل . فمع الموت ينتهى كائن له صفات معينة ويترك خلاياه الجنسية لإعداد كائن جديد له صفات جديدة ربما تكون أفضل من أبوية .

ويؤكد المؤلف أن خلق وعزل الدنا غير المستغل فى التكاثر (الدنا الجسدى) لم يحدث أبدا فى الخلايا التى تتكاثر لا جنسيا . وأن الموت المبرمج أمر ضرورى لفهم الميزة البيولوجية التى يتصف بها الجنس كجزء من عملية التكاثر . فالبروتستا والحيوانات التى جاءت من بعدها على خط التطور الذى أدى إلى الإنسان قد كوت الدنا الجسدى . وكان هذا التحول استجابة للحاجة إلى كمية أكبر من الدنا لإدارة العمليات الحيوية للكائنات التى تزداد بصفة مستمرة فى حجمها . ولكن بمجرد أن تم ارتباط هذا الاتجاه مع الجنس ، جاء الموت كنتيجة حتمية .

وينهى الفصل الثالث بالفكرة أن بعض خلايا الجسم قد تموت بسبب إصابة أو مرض ، مثل خلية القلب فى الفصل الأول ، ولكن خلايا الجسم التى تعيش فى حالة سليمة سوف تموت بسبب الموت الإجبارى المقدر لها ، كما سوف يشرح فى الفصل التالى .

## الفصل الرابع

### من الجنس إلى الموت : لغز الشيخوخة

يبدأ الفصل الرابع بالفكرة المنطقية بأن موت الكائن الحي يحسب بموت كل خلية من خلايا جسده . ثم يتساءل عن معنى الموت الإجبارى على مستوى الخلية، وكيف يتشيخ الخلية وكيف تموت بعد ذلك . ثم يذكر القارئ بالفكرة التي ذكرت سابقا أن الخلايا الجنسية هي النوع الوحيد من بين جميع خلايا الجسم الذي يحتفظ بقدرته على الخلود ، ويتساءل كيف تصبح هذه الخلايا خالدة . فهذه أسئلة هامة فى مجال الأبحاث فى تشيخ (تقدم عمر) الخلايا والكائنات . ويعرض المؤلف نظريتين أساسيتين عن الآليات البيولوجية التى تفسر الموت الإجبارى . فالنظرية الأولى تنبع من مدرسة المؤمنين بالمذهب الانهيارى catastrophists ، وتنادى بأن الخلايا فى الكائن تتوقف عن الانقسام فى نفس الوقت الذى يصل فيه الكائن إلى مرحلة النضوج الطبيعى . وعندئذ ، يتناقص المعدل فى عمليات بناء الجزيئات الحيوية حتى تتوقف . وهنا يتوقف معدل التجدد الخلوى وتصبح الجزيئات الحيوية بالية غير قادرة على القيام بأعمالها وينتج عن ذلك أن تبلى الخلية وتصبح غير قادرة على القيام بمهامها الحيوية وتموت . والنظرية الثانية تنبع من مدرسة الناديين بالبرمجة الوراثية ، فهم يعتقدون أن التفسير يقع على مستوى أعمق من ذلك . فإستنادا على الفكرة بأن مراحل النمو والتطور المبكرة التى تحدث للكائن الحي أثناء تكوينه وهو جنين تقع تحت التحكم الوراثى ، فهم يطرحون الافتراض : لماذا لا تكون مراحل التطور المؤدية إلى التحلل والموت هى الأخرى واقعة تحت التحكم الوراثى ؟ ويستندون فى فرضهم إلى الظاهرة بأن هناك اختلافات كبيرة فى فترات حياة الكائنات المتعددة الخلايا مع أنها جميعا تتكون من نفس الأنواع من الجزيئات الحيوية . فحيث أنه لا يوجد اختلافات كبيرة بين البروتينات فى الفأر وتلك فى الإنسان ، فما الذى يجعل هذا الكائن يعيش ١٠ سنوات والآخر يصل إلى ٨٠ سنة . ولهذا فهم يعتقدون أن الموت هو الآخر مبرمج وراثيا ، مثل لون العين ومستوى الكوليسترول .

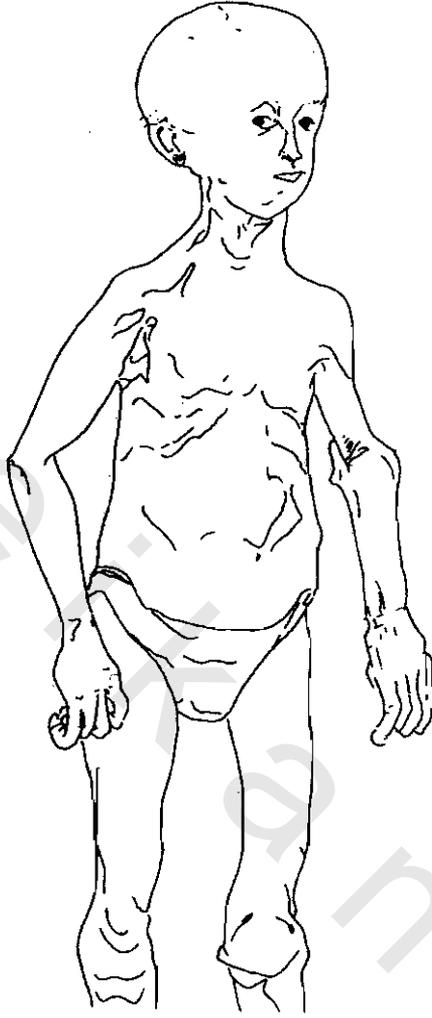
وعندما يكون الحديث عن الحديث عن الجزيئات الحيوية ، فالجزء الذى يسبب القلق إذا ما أصبح باليا هو غالبا جزءا من الدنيا . فهذا الجزء يقع تحت تهديدات مستمرة بحدوث الطفرات . فالدنا فى الكروموسومات الأحادية فى الخلايا الجنسية يكون فى حالة تساعد على الوصول إليه بسهولة وإصلاحه بسهولة ، حيث أن الخلايا الجنسية تحتوى على كمية كبيرة من الانزيمات التى تصلح الدنيا . وعلى العكس من ذلك نجد أن الخلايا الجسدية تحتوى على كمية أقل من هذه الانزيمات

وتقل هذه الكمية مع تقدم عمر هذه الخلايا ، ويصبح عندها من الصعب إصلاح الدنا فيها ، مما يؤدي إلى تراكم الطفرات فيها وتكوين بروتينات معطوبة تزيد من مشكلة وجود البروتينات السليمة البالية ، وتكون النتيجة الطبيعية هي موت الخلايا .

ويعطى المؤلف بعض الأمثلة التي توضح دور الوراثة في إطالة عمر الإنسان . أولاً: أن التوائم المتطابقة وراثياً تتساوى تقريباً فترة حياتهم ، بحيث يكون الفرق الزمني في موت أحدهما عن الآخر في المتوسط ٣٦ شهراً . أما التوائم غير المتطابقة فيكون الفرق الزمني في توقيت موت الواحد عن الآخر حوالى ٧٥ شهراً . أما في حالة الاخوة والأقارب Siblings المختارة عشوائياً ، فالفرق الزمني في توقيت الموت بينهم يكون ١٠٦ شهراً . وبهذا فكلما كان الأفراد أكثر تشابهاً وراثياً ، كانت فترة حياتهم أكثر قرباً في طولها . ثانياً : يعطى مثلاً عن دور بعض الأمراض الوراثية في تعجيل الشيخوخة ومنها مرض هتشيون جيلفورد Hutchison - Gilford . فالأطفال التي تصاب بهذا المرض تمر بعملية نضج كاملة حتى الموت خلال الخمسة عشرة عاماً الأولى من حياتهم .

ففى أول عامين من العمر يصبح الجلد كثير التجاعيد ، وتظهر ملامح العجز على الوجه ، ويتساقط شعر الرأس ، وما يتبقى منه يكون شائباً . فهذه الأطفال تمر من مرحلة الطفولة إلى الشيخوخة بدون أن تمر بمرحلة المراهقة . ويعتقد أن هذه الظاهرة تنبع من جين معين له دور فى عملية نضج الخلايا ، ولكن لم يتم التعرف عليه بعد .

وبعد ذلك يعطى المؤلف مثلاً على دور الوراثة فى تقدم الشيخوخة والموت على المستوى الخلوى . فتقنية زراعة الأنسجة أوضحت أنه عندما يتم عزل خلايا الأنسجة الرابطة من جسم الإنسان وزرعها فى بيئة تحتوى على ما تحتاجه من المواد الغذائية والغازات والحرارة (شروط النمو) فإن هذه الخلايا تبدأ فى الانقسام الانشطاري (مثل البكتريا) ، ولكن بعد أسابيع قليلة فى المزرعة يظهر الفرق الحقيقى بين انقسام خلايا الجسم فى المزرعة وانقسام البكتريا . فالبكتريا تستمر فى الانقسام طالما توفر لها الإمداد الغذائى والبيئة المناسبة للنمو . أما فى حالة الأنسجة الرابطة فى المزرعة ، فإن معدل انقسامها يبدأ فى الهبوط حتى تتوقف تماماً عن الانقسام ، ولا تعود للانقسام مرة أخرى مهما توفرت لها عوامل التغذية والنمو . وبعد حوالى أسبوع من التوقف عن الانقسام تموت هذه الخلايا . ويعتقد المؤلف أن هذه الخلايا كانت تسير وفق برنامج محدد زمنياً للانقسام ، وعندما انتهى الوقت المحدد لهذا البرنامج توقفت الخلايا عن الانقسام . وتطرح هذه الدراسات الفكرة بأن الخلايا فى أجسام الحيوانات والإنسان تحتوى على برنامج داخلى يحدد فترة حياتها مسبقاً .



شكل ٦ : طفل مصاب بمرض الشيخوخة

يمثل هذا الرسم الإيضاحي شكل طفل في الثالثة عشرة من عمره مصابا بمرض الشيخوخة المبكرة. ويلاحظ أن حجم الرأس أكبر من المعتاد وأن ملامح الوجه صغيرة (كما هو واضح في الأنف والذقن) . كما أن الرأس خالية من الشعر ويمكن رؤية الأوردة الزرقاء الصغيرة عليها وعلى الجبهة . ويكون الجلد متجعدا في معظم أنحاء الجسم ، كما تظهر ملامح النقرس في معظم المفاصل ، مثل الركبة والكعور .

في بحثه عن التفسيرات ، يطرح المؤلف سؤالاً هاماً : كيف تموت الخلايا التي تصل إلى أقصى حد في قدرتها على الانقسام وأداء وظائفها ؟ ويقترح بأن الإجابة ربما تكون واضحة بمناقشة التجارب التي تجرى على حيوان التيتراهيمنا tetrahymena ( ينتمي لمملكة البروتستنا وابن عم حيوان الباراميسيوم ) . فهذا الحيوان ، مثل الباراميسيوم ، يحتوى على نواتين : نواة كبيرة لها دنا لإدارة الوظائف الحيوية للخلية ، ونواة صغيرة بها دنا مخصص فقط لأغراض التكاثر . وعندما يتكاثر هذا الحيوان بالاقتران ، تنقسم النواة الصغيرة لإنتاج نواة كبيرة وتحلل النواة الكبيرة

القديمة بدون المساس بالنواة الجديدة ، وكأن النواة الكبيرة القديمة قد بدأت فى تنفيذ برنامج للتدمير الذاتى ، وهو يشبه برنامج انتحار الخلايا apoptosis فى الحيوانات الأكثر تطورا . واقترحت الدراسات الحديثة أن جزء من برنامج التدمير الذاتى هذا يكون محددا بجينات فى النواة الكبيرة القديمة نفسها ، وبهذا يبدو أن آخر الأعمال التى تقوم بها النواة الكبيرة القديمة هى أن تقوم بنسخ جينات لتنفيذ حكم الإعدام على نفسها . ويشير المؤلف أن الدرس المستفاد من البروتستا هو أن عملية إصلاح الدنا الخاص بالعمليات الحيوية ( غير التكاثر ) ، هى عملية مكلفة وصعبة ، ولا تستحق عناء الإصلاح . ولهذا فمن الأسهل تدمير هذا الدنا الجسدى القديم والبدء من جديد مرة أخرى . وإذا كان الدنا الجسدى معزول فى خلايا منفصلة ، فهى أيضاً تموت ، ولسوء الحظ أن هذه الخلايا التى تموت هى نحن !

ويطرح المؤلف سؤالاً عميقاً آخر : هل الموت فى نهاية مرحلة تشيخ الخلايا المبرمج senescence هو نتيجة انتحار الخلايا ؟ ويشير بأنه ربما يبدو لأول وهلة أن انتحار الخلايا ليس له أى علاقة بتشبيخ الخلايا المبرمج . فانتحار الخلايا عملية تحدث خلال السنوات النشطة من حياة نمو الحيوان وبخاصة خلال مراحل تكوين الجنين . كما أن هذه العملية تلعب دوراً فى منتصف العمر كعملية دفاعية ضد أضرار التعرض للإشعاع . أما التشيخ فهى عملية لا تحدث إلا فى نهاية حياة الحيوان لتؤدى إلى تدمير الخلايا الجسدية التى تكون قد امتلأت بالدنا المصاب بالطفرات الكثيرة التى يصعب إصلاحها . ثم يطرح سؤالاً هاماً آخر : هل الموت الناتج عن انتحار الخلايا ، والموت الذى يحدث فى نهاية المطاف لمرحلة التشيخ ، هل هذان النوعان من الموت يختلفان عن بعضهما فى الواقع ؟ فيجب أنه من المعتقد أن هذين النوعين يقعان تحت تأثير البرمجة الوراثية والتنظيم الجينى . كما يبدو أنهما قد بدأ فى نفس الوقت من تاريخ التطور . ففى حيوانات التتراهيمنا والباراميسيوم يبدو أن وظيفة انتحار النواة الكبيرة لها علاقة بالتكاثر الجينسى (الحاجة للتخلص من الدنا الذى لا ينقل للجيل القادم ) ، ثم يكرر بأن هذا هو الهدف من التخلص من الخلايا الجسدية التى لم يعد هناك حاجة إليها .

وتركيزاً على رؤية أعمق للعلاقة بين التشيخ والموت المبرمج للخلية ، يعطى المؤلف مثالا على ما يحدث فى الخلايا الجسدية عندما تصل إلى نهاية مرحلة hayflick limit . فخلال المراحل النهائية من حياة الأنسجة الضامة المزروعة fibroblasts تتوقف الخلايا عن الانقسام وتظل ساكنة فى انتظار الموت . وعندما تموت فإنها تمر بمراحل لها علامات وملامح تشبه العلامات المميزة للموت

الانتحاري للخلايا . ويشبه هذا النوع من الموت الموت الانتحاري الذي تمر به الخلايا الصغيرة عمرا (الأكثر شبابا) . فيطرح المؤلف السؤال : هل موت الخلايا في نهاية حياة الحيوان المتعدد الخلايا هو أيضاً موت انتحاري ؟ هل موت الخلية المبرمج يحدد فترة حياة الخلية وكذلك فترة حياة الكائن نفسه ؟ فيجيب على ذلك بأنه من غير المحتمل أن تكون علامات الشيخوخة كلها جزء من نفس البرنامج الذي يؤدي إلى انتحار الخلايا ، ولكن من المحتمل أنه عندما تفقد الخلايا قدرتها على أداء وظائفها ، نتيجة للتشيخ ، فإنها تدرك عندئذ أن الوقت قد حان لتخرج من اللعبة وتنتهي حياتها .

ويذكرنا المؤلف بأن الخلايا الجنسية تشبه الخلايا التي تتكاثر لا جنسيا (مثل البكتريا) ، ولهذا فهي خلايا شبه خالدة لا تموت . ويرجع السبب في ذلك أن لها القدرة على تصحيح الطفرات الضارة التي تحدث في الدنا بها . ثم يطرح الفكرة : إذا كنا قد انحدرنا من هذه الخلايا الخالدة ( الخلايا الجنسية ) ، فكيف أصبحنا نحن أفراداً فانية ؟ ويعيد صياغة السؤال بطريقة مفصلة : ما الذي يجعل خليتين من الخلايا الجنسية الخالدة (تندمجان مع بعضهما لإنتاج خلية مخصبة) تعملان على تكوين كائن فان ؟ وهل تفقد صفة الخلود أثناء انقسام الخلية المخصبة إلى الخلايا الجنينية ؟ ويجيب قائلاً : أن الإجابة تبدو في أن جميع خلايا الجنين ، في البداية على الأقل ، تكون لديها صفة الخلود . وعندما تبدأ عملية تميز الخلايا ، فإن كل الخلايا تصبح فانية وتفقد صفة الخلود ، وتبدأ في عملية التشيخ ، ويبدأ العمل في تأسيس الطريق إلى الموت ، حتى قبل أن يتخذ الجنين شكل الإنسان . ويضيف أنه حتى هذه المرحلة يمكن إعادة صفة الخلود للخلايا مرة أخرى . ويعطى مثالا على ذلك من دراسة خلود الخلايا الأولية للجنين في المعمل باستخدام الخلايا الجنينية المنشئة embryonal stem cells . فهذه الخلايا يمكن عزلها بفصل جنين الفأر من الرحم بعد الإخصاب وقبل عملية زرعها في الرحم ، ويكون الجنين في هذه المرحلة مكونا من كرة بها حوالي ١٠٠ خلية . ولقد تم تحديد العوامل البيئية أثناء زرعها لمنعها من الاتجاه إلى الطريق المؤدى إلى تميز الخلايا والاحتفاظ بها كخلايا منفصلة منشئة . وإذا ما تم خلط هذه الخلايا بكرة من الخلايا blastocyst المعزولة حديثا ، فإن الخلايا المنشئة سوف تشارك في عملية تكوين الكائن الجديد ، مما يدل على أن هذه الخلايا لم تفقد قدرتها على توليد الخلايا والتكاثر . ويضيف بأنه من الممكن عن طريق التربية الإنتقائية بالتزاوج بين ذرية الفئران التي انجبت بهذه الطريقة (المذكورة سابقاً) ، فإنه من الممكن إنتاج فأر مطابق من الناحية الوراثية للفأر الذي تم نزع الخلايا المنشئة منه ، وهذا الفأر الوليد بدوره سوف ينتج ذرية مشابهة للفأر

صاحب الخلايا المنشئة . وتدل هذه التجربة على أن الخلايا الجنينية المنشئة هي خلايا خالدة . أما إذا أعيدت التجربة باستخدام خلايا من مراحل نمو جنينية متقدمة، فإن هذا لا يؤدي إلى تكوين كائن جديد ، مما يدل على أن الخلايا المنزوعة من مراحل نمو تلى مرحلة الخلايا المنشئة قد فقدت قدرتها على تكوين كائن جديد. وأنه على الرغم من قدرتها على الانقسام لفترة أطول في المزرعة ، إلا أنها حتما سوف تموت بعد ذلك . ويؤكد المؤلف على أن فكرة أن صفة الفناء تمثل برنامجا محددًا يقع تحت تأثير وتحكم العوامل الوراثية ، لهي فكرة هامة . فمن وجهة نظر التطور ، يعد ظهور عملية التشيخ أو تقدم العمر والموت في الخلايا الجسدية ، وما ينتج عنه من تدمير للدنا في هذه الخلايا ، حدث يطلق عليه « اكتساب وظيفة جديدة » gain of function . فهذه الوظيفة (الموت والتشيخ) لم توجد من قبل وبمجرد ظهورها لأول مرة في بعض الكائنات ، ثم تثبيت الجينات التي تحكمها بسبب المميزات التي تدل عليها .

ويشير المؤلف إلى وجود بعض البرامج التي تمثل صمامات الأمان الكامنة في الخلية لتمنع عودتها إلى حالة الخلود . فيتساءل : من يستفيد من هذه البرامج ؟ من يستفيد من الموت والتشيخ ؟ ويعود ليكرر مرة أخرى أن الفائدة الوحيدة من ذلك تبدو في انتقال الدنا من جيل لآخر عبر الخلايا الجنسية ، وهو في نفس الوقت يحمل معه الأوامر والتعليمات التي تحدد تشيخ وموت الجيل الجديد من الخلايا الجسدية . ثم يتساءل : هل تستطيع خلايا الجسد البشرية الهروب من مصيرها المبرمج في جيناتها ؟ ويجيب بالحديث عن الخلايا التي تم عزلها من ورم السيدة هنريتا لاكس التي كانت مصابة بسرطان في عنق الرحم . فلقد دلت التجارب على أن هذه الخلايا (اطلق عليها اسم هيللا) كانت تنمو بشراهة واستلزم نموها إمدادات مستمرة من المواد الغذائية وأنها كانت بيئة ممتازة لنمو الفيروسات . وسرعان ما أصبحت خلايا هيللا HeLa من أكثر أنواع الخلايا انتشاراً في الأبحاث العلمية . وبذلك فإن سلوك هذه الخلايا يوضح: أن الموت ليس شيئاً أساسياً لتاريخ الحياة . فالخلايا السرطانية منذ بداية تكوينها بدأت تسلك مثل الكائنات الوحيدة الخلية البدائية ، لأنها تنمو بلا حدود طالما توفر لها الغذاء والأكسجين ، وبهذا فقد تم إعادة ضبط ساعتها البيولوجية لتصبح خالدة ولا تموت أبداً . وهذا يوضح أن خلايا السرطان المعزولة من جسم الإنسان قد ارتدت إلى الحالة التي كانت قد منحت للخلايا الأولية على الأرض : القدرة على الخلود . ولكن هذه الخلايا السرطانية لا تتمتع بالخلود والحرية إلا إذا تم نزعها من الجسم وزرعها في مزرعة الأنسجة ، أما إذا بقيت داخل الجسم فإنها تحدث المصائب ، لأنها تستمر في النمو والانتشار في

الجسم حتى تقضى عليه وعلى نفسها أيضاً . ثم يطرح المؤلف السؤال المنطقي : كيف توقف خلايا السرطان برنامج الموت المحدد وكيف تتحاشاه ؟ فيشرح أن التفسير الأرجح هو أن الموت والتشيخ المبرمج لهما عمليتان تعملان في جميع الخلايا وحتى الخلايا الجنسية وخلايا الجنين الأولية . ولكن تأثير الموت يقاوم بفضل وجود الجينات المثبطة للموت death repressor genes التي تنتج بروتينات تتدخل وتعطل برنامج الموت المبرمج وعملية الشيخ . وأن خلود الخلايا الجنينية يكون بفضل عمل هذه الجينات . وعندما تبدأ الخلايا في التميز ويبدأ تثبيط عمل عدد كبير من الجينات ، فإن الجينات المثبطة للموت تكون من بين أول الجينات التي يتم تثبيطها ، أما جينات الموت فهي لا تثبط في هذه الظروف . وبهذا فيبدو أن الخلايا السرطانية قد وجدت طريقة لتنشيط الجينات المثبطة للموت مرة أخرى ، أو طريقة لتثبيط جينات الموت .

ويتناول المؤلف الحديث عن نهايات الكروموسومات ( تسمى بالتيلوميرات telomers ) والتي تمنع أطراف الكروموسومات من الالتصاق مع بعضها . ويتم إضافة التيلوميرات بواسطة انزيم التيلوميريز وذلك بعد كل انقسام للدنا . وقد لاحظ الباحثون أن تشيخ الكائن يصاحبه نقص تدريجي في طول التيلوميرات ، حتى تختفى تماماً ، مما يجعل الكروموسومات تلتصق ببعضها ، ويؤدي ذلك إلى صعوبة في تضاعف الدنا فتتوقف عملية انقسام الخلية . كما تم ملاحظة أن خلايا هيلا بها كمية كبيرة من أنزيم التيلوميريز ، وأن نفس الشيء ينطبق على الخلايا المنشئة والخلايا الجنسية . ويبدو من هذا أن أنزيم التيلوميريز مرشح جيد لأن يكون أحد الجينات التي تثبط الموت (على الأقل في الإنسان) . أما جينات الموت ، فلقد تم التعرف على بعضها ، والأكثر إثارة منها هو الجين الذي يشفر إلى البروتين ب 53 . فعندما تحدث أضرار بالدنا في الخلية (ناجمة عن التعرض للإشعاع مثلاً ) يتم تنشيط هذا الجين ، فيحث الخلية على الانتحار . وليس من الغريب أن الطفرات في جين ب 53 من أكثر الطفرات شيوعاً في حالات السرطان في الإنسان . كما يبدو أن ب 53 يلعب دوراً في عملية تشيخ الخلايا في الإنسان .

## الفصل الخامس

### التسلسل الطبقي للخلايا: تعريف موت المخ

في الفصل الخامس يتناول المؤلف قضية تعريف حالة الموت من الناحية الاكلينيكية ، وهي القضية التي تثير كثيرا من الجدل في الولايات المتحدة الأمريكية والبلاد المتقدمة . ويعطى مثلا على ذلك الحالات المرضية التي تؤدي إلى أن يدخل المريض في حالة غيبوبة طويلة تنتج من توقف في وظيفة القشرة المخية (الناج من الحرمان الطويل من الأكسجين) .



**Figure 7. Major anatomical divisions of the brain.** The cerebral cortex (Cx) is the region of the brain housing those functions most associated with "human-ness": thinking, memory, awareness of oneself and of the environment. The thalamus (T) is like an air traffic control tower; it sorts

ولكن مع استمرار وظائف جذع المخ brain stem . وأن هذه الحالة من الممكن أن تؤدي إلى حالة خمول متصل حيث يفقد الإنسان كل الوظائف العليا للقشرة المخية ويظل غائبا عن الوعي . ويوضح المؤلف أن هذه القضية لم تكن تثير جدالا قبل عام ١٩٥٠ ، حيث كان إعلان حالة الموت عملية بسيطة يعلنها أى طبيب بناء على توقف ضربات القلب وتوقف عملية التنفس . ولكن مع المنجزات التكنولوجية فى مجالات الطب وبخاصة تقنيات التحكم فى الإنقباضات العضلية والتهوية المساعدة defibrillation and assisted - ventilation technologies ، فإنه أصبح من الممكن استمرار حياة المريض الذى يتوقف قلبه عن الدق وتتوقف عملية التنفس عنده . حتى أن حوالى ٢٠ ٪ من الذين يمرون بهذه الحالة المرضية يعودون مرة أخرى إلى ممارسة حياتهم بدون أن يعبروا من باب الموت بفضل هذه التقنيات . ولكن ٨٠ ٪ من المرضى يستمرون فى هذه الحالة المستمرة من غياب الوعي . وبناء على ذلك ، أصبح من الضرورى صياغة معايير ومقاييس جديدة لتعريف موت المخ . كما أن الاتفاق على معايير لموت المخ كان ضروريا لتحديد الظروف والشروط المسموح بها لنزع الأعضاء من جسم الميت لزرعها فى أجسام من يكون بحاجة ماسة إليها . وكانت هذه المعايير ضرورية لسبب آخر يختص بالتأمين على الصحة وعلى الحياة . فبمجرد إعلان الوفاة تسقط حقوق الفرد القانونية والاجتماعية تماما . وأيضاً يتوقف التأمين الصحى وتبدأ الإجراءات لدفع التأمين على الحياة .

ويذكر أنه فى عام ١٩٨١ قامت لجنة الرئيس المختصة بدراسة المشاكل الأخلاقية فى مجالات الطب والأبحاث السلوكية والطبية الحيوية بالتعاون مع مختلف المنظمات الصحية لتصميم وإعداد « مرسوم إعلان الموت » Uniform Determination of Death Act (UDDA) . وتأسست هذه الوثيقة على معايير أساسيين لتعريف الموت :

(١) يعتبر الفرد ميتا إذا حدث له توقف لا رجعى irreversible فى وظائف الجهاز الدورى والتنفسى .

(٢) يعتبر الفرد ميتا إذا حدث له توقف لا رجعى فى كل وظائف المخ كله بما فى ذلك الجزء الخاص بجذع المخ brainstem .

ويشير المؤلف إلى أن هناك بعض القلق من المعيار الثانى للموت ، حيث أنه ينادى بأن يكون المخ كله ميتا حتى يعلن الإنسان ميتا . وبهذا فإذا كان هناك شخص

ماتت عنده وظائف القشرة المخية (فأصبح غائبا عن الوعي) ولكنه يتنفس وقلبه يدق (لأن المخ ما زال يعمل) ، فإن هذا الشخص يعتبر حيا ولا يمكن إعلانه ميتا من الناحية القانونية حتى لو ظل غائبا عن الوعي لسنوات طويلة . وقد اثار بعض هذه الحالات الجدل حيث أن البعض يعتقد أنه على الرغم من أن وظائف جذع المخ مهمة لبقاء الجسد حيا إلا أنها لا تعنى إلا القليل فيما يخص الحياة الحقيقية للإنسان والتي تعتمد على وجود كيان وشخصية معينة لهذا الإنسان ودور فعال يميز كل إنسان عن غيره . فيشير المؤلف أنه عندما نصف الموت فنحن لا نقول « أن جسد فلان مات » ولكننا نقول « الشخص الفلاني قد مات » . وعلى هذا الأساس ، فالبعض يعتقد أن مقياس الحياة الحقيقي يتوقف على قدرة الإنسان على رؤية العالم من حوله والتفاعل معه والعيش مع ذكريات الماضي بحلها ومرها . هذه كلها وظائف القشرة المخية ، وإذا فقد الإنسان هذه الوظائف بلا رجعة حتى لو استمر قلبه في الدق فإن البعض يتساءل عن معنى كون هذا الإنسان حيا .

وقام المؤيدون للتركيز على تعريف الموت بأنه موت القشرة المخية بالدعوة إلى التركيز على موت الكيان الشخصي وليس موت الجسد . ومن هذا المنظور ، فإنه يمكن السماح بتعريف الموت على أنه الفقد غير الرجعي لوظائف المخ العليا (الخاصة بالقشرة المخية) ، وبخاصة وظائف الوعي والإدراك ، بدلا من تركيز التعريف على فقد وظائف المخ الكلية (بما فيها وظائف جذع المخ) . ويشير المؤلف أن هذه الأمور التمييزية هي أمور تخص الإنسان وحده من بين الكائنات . فهذه المناقشات والجدال لا تنشأ في حالات موت الكائنات الوحيدة الخلية أو حتى المتعددة الخلايا الأخرى . ويذكرنا بما تم مناقشته في الفصول السابقة بأن موت الكائنات المتعددة الخلايا قد نشأ من الحاجة للتخلص من الدنا الزائد والخلايا التي تخزنه (خلايا جسم الكائن) ، وأن بعض الخلايا الجنسية يصبح خالدا عندما ينقل إلى كائن آخر (الذرية) . كما أن موت الحيوانات يسجل عندما تموت كل خلية في الجسم . فهذا التعريف للموت ينطبق على كل الممالك الخمسة للكائنات الحية . ولكن البشر قد طرحوا فكرة جديدة حول بيولوجي موت الإنسان : فكرة التسلسل الطبقي لخلايا الجسم hierarchy of somatic cells . وذلك لأننا نميز بين خلايا الجسم ونجعل خلايا المخ على قمة هذا التسلسل . نحدد بأن موت الشخص يحدد بموت خلايا المخ وبخاصة خلايا جذع المخ حتى لو كانت معظم خلايا الجسم الأخرى حية ، بفضل أجهزة الأحياء والإفاقة .

ويذكر المؤلف الجانب الآخر من الجدل فيقول أن أمر إعادة تعريف الموت

ليطبق على الإنسان فقط من الأمور التي تزعج المؤيدين لتعريف الموت بأنه موت المخ كله . فهم يؤمنون بأن تعريف الموت للحيوانات يؤسس على موت جميع الجسم وبأنه من غير المفروض أن نطلق على إنسان يجرى الدم فى عروقه ويدق قلبه بأنه إنسان ميت . ويتساءل المؤلف : لماذا نحتاج إلى تعريف خاص للموت عند الإنسان ؟ هل من أجل توفير المال لشركات التأمين والمستشفيات ؟ هل من أجل نزع الأعضاء من الجسم لزرعها فى جسم من يحتاجها ؟ وبما أن الموت حدث خاص ومقدس ، هل يجب أن نعيد تعريفه على أساس أسباب اقتصادية ومفيدة ؟ ويذكر بعد ذلك بعض الحالات التى كانت محور جدال لسنوات وأنه بسبب الجدل المستمر حول هذه القضايا فإنه قد تم إصدار قانون فيدرالى فى ديسمبر ١٩٩١ يطلب من المستشفيات أن تجعل المريض يملأ استمارة عند دخوله يوضح فيها برغبته بعدم السماح لاستمرار حياته بواسطة الأجهزة إذا ما أصيب بحالة غيبوبة مستمرة . ويختم الفصل الخامس بأنه مع التقدمات المستمرة فى أجهزة الأحياء من الإغماء resuscitative procedures ، والتي تساعد على إطالة عمر الإنسان لفترة أطول ، فإن المشاكل الناتجة عن هذه القضايا سوف تصبح أكثر تضخماً . وينادى بأن استمرار المرضى أحياء بواسطة هذه الأجهزة يجب أن يتم بموافقة المجتمع . ويقترح بأن الجدل يجب أن ينتقل من دوائر المؤتمرات العلمية والأكاديمية إلى الدائرة الأوسع الخاصة بالمناقشات السياسية وعلى جميع أفراد المجتمع المساهمة فيها .

## الفصل السادس

### الوقوف على حافة الهوة : الفيروسات والجراثيم ...

#### ومعنى الحياة

يبدأ المؤلف هذا الفصل بالسؤال : كيف لنا أن نعرف أن خلية ما ميتة ؟ ويذكر بأنه من الصعب تحديد الحالة الحيوية للخلية بمجرد النظر إليها من خلال الميكروسكوب ، إلا بعد أن تمر فترة على موتها وتكون قد بدأت في التحلل . ثم يسأل مرة أخرى قائلاً : ما الذى تفتقده الخلية فى اللحظة التى تموت فيها ؟ وما هى الدلائل التى تعرف الخلية بأنها حية ، والتى فى غيابها تصبح الخلية ميتة ؟ فيجيب بأن هناك العديد من المعايير التى تستخدم لتعريف الحياة فى الخلية ومن أهمها القدرة على استهلاك المواد الغنية بالطاقة واستخراج الطاقة منها واستخدامها فى العمليات الحيوية التى تتوقف عليها الخلية (عمليات الأيض metabolism) . ويشير أن هذا التعريف للحياة فى الخلية يصبح أكثر تعقيداً إذا ما نظرنا إلى آلية من آليات البقاء تسمى بالحياة الخفية cryptobiosis ، وذلك لأن الكائن الذى يستخدم هذه الآلية يبدو ميتاً بأى معيار آخر نطبقه . ويزيد الأمر تعقيداً أن هذه الآلية إنعكاسية بحيث أن فى نهاية المرحلة التى تبدو مثل الموت يخرج الكائن منها إلى الحياة مرة أخرى قادراً على القيام بكل العمليات الحيوية . وتعتبر هذه الآلية واحدة من الخطط الاستراتيجية التى تستخدمها الخلايا لمواجهة الأزمات التى تنشأ بين الحين والآخر ، مثل ندرة الماء والغذاء . وتستخدم هذه الآلية بواسطة بعض أنواع البروتستا ويطلق عليها فى هذه الحالة بالأوكياس cysts ، كما تستخدمها أنواع قليلة جداً من الحيوانات المتعددة الخلايا ، مثل نوع من الجمبرى يسمى Artemia salina . وهو نوع يعيش فى مياه على درجة كبيرة من الملوحة وأحياناً فى برك تكون المياه قد تبخرت منها حتى أصبح تركيز الملح فيها من ٢ إلى ٨ أمثال قدر تركيز الملح فى المياه المالحة العادية . ويتكاثر هذا النوع عن طريق إنتاج بويضات تكون جنيناً ينمو إلى حالة النضوج ، ولكن فى حالات الجفاف ، يتم تغليف الجنين ( فى مرحلة مبكرة من النمو ) بأغلفة كيتينية chitinous تشبه المادة التى تغلف الحشرات (مثل الخنافس) ، ويطلق على هذه الأجنة بالأوكياس . وتبدو هذه الأوكياس جافة وجمادة مثل حبات الرمل وتستطيع البقاء على قيد الحياة حتى لو جفت مياه البركة تماماً ، كما تستطيع أن تبقى فى هذه الحالة لمدة سنوات .

ويذكر المؤلف تجربة قام بها كل من ارت سكولتشي Art Skoultschi وهارولد

مورويتز Harold Morowitz في فترة الستينيات وتتلخص كالآتي : تم تقسيم مجموعة من أكياس جمبرى الارتيميا إلى مجموعتين ، وحفظت المجموعة الأولى في درجة حرارة الغرفة ، أما المجموعة الثانية فقد تم تجميدها في سائل الهليوم تحت ضغط منخفض ودرجة حرارة منخفضة وصلت إلى درجة أقل من ٢,٢ درجة فوق الصفر المطلق (الصفر المطلق يعادل ٤٦٠ درجة فهرنهايت تحت الصفر) ، وحفظت في هذه الدرجة لمدة ٦ أيام . ومن المعروف أن في هذه الدرجة تتوقف جميع العمليات الطبيعية ، حتى أن حركة الذرات تقترب من حالة السكون وتكاد تخلو هذه المنظومة من الطاقة وكمية التحرك momentum . وقد وصف العالمان الدلالات الخاصة بوضع الكائن البيولوجي تحت هذه الدرجة من البرودة كما يلي : أنه إذا وضع الكائن الحي تحت درجة الحرارة المنخفضة هذه ، فإن ما يبقى من الكائن هو البنية . وعندما ينجح الكائن في البقاء في هذه الظروف ، فإن هذا يدل على أن كل المعلومات اللازمة لعمل منظومة قادرة على الاستجابة بالطريقة البيولوجية ، كل هذه المعلومات لا بد أن تكون مخزونة في بنية الكائن . وعندما أعيدت الأكياس المجمدة إلى درجة حرارة الغرفة ووضعت في ماء مالح مخفف ، فلم يكن هناك فارق كبير بين الأكياس التي نجحت في الفقس وبين تلك التي وضعت في درجة حرارة الغرفة (المجموعة الأولى) . واستنتج العالمان أن بقاء منظومة بيولوجية معقدة التركيب مثل أكياس الارتيميا بعد معالجتها في درجة حرارة قرب الصفر المطلق ، يدل على أن كل المعلومات الضرورية لتحديد منظومة الكائن الحي تكون مخزونة في الشكل الثلاثي الأبعاد للذرات . ويؤكد المؤلف أنه في درجة حرارة ٤٦٠ فهرنهايت تحت الصفر ، لا يمكن أن توجد أي قاعدة حيوية vital principle ديناميكية تكون متفقة مع أي من القواعد الطبيعية المعروفة حيث أن كل ما يتبقى في هذه الحالة هو ترتيب معين من الجزيئات والذرات في الفراغ . وي طرح المؤلف المناظرة القوية التالية على مستوى الخلايا الفردية : أنه يمكن تعريف «احتمال وجود الحياة» على أنه التفاعل بين الطاقة الديناميكية الحرارية thermodynamic energy المنتشرة في كل مكان وبين جزيئات حيوية معينة مرتبة في تركيبات محددة . ويضيف بأن هذا التفاعل وحده لا يضمن بالضرورة ولادة الحياة كما نعرفها ، ولكنه (التفاعل) يخلق حركات جزيئية داخل البنية لتجعل الخلايا تحول الغذاء والأكسجين إلى أشكال من الطاقة تستخدم في العمليات البيولوجية ، ومنها مساعدة الخلايا في القيام بمهمتها الكبرى : حماية الدنا ومساعدته على أن يضاعف من نفسه . ويتوفر الظروف الخارجية المناسبة (الغذاء والأكسجين) فإن الحياة سوف تبدأ وتتقدم .

ويطرح المؤلف الفكرة بأنه إذا كانت الحياة نتاج التفاعل بين البنية والطاقة ، فإن

الموت على مستوى الخلية يمكن أن يمثل فقدان البنية أو الطاقة . وأنه إذا لم تعود الطاقة الحرارية لأوكياس الارتيميا ، فإنها لن تعود إلى الحالة الحية مهما كانت بنيتها محفوظة . ويضيف بأنه مع مرور الوقت تكون هذه الأوكياس معرضة للتحلل والإضرار بواسطة المركبات الكيميائية في البيئة من حولها وبواسطة الإشعاع الساقط عليها ، وأن هذه الأضرار تتراكم ولا يتم إصلاحها ( حيث أن العمليات الحيوية تكون في حالة سكون ) ويستمر تراكم الأضرار حتى تصل إلى حد لا تعود معه الحياة حتى لو توفرت لها الطاقة الحرارية بعد ذلك . ففي هذه الحالة يحدث تغيير جذري في بنية الأوكياس يمنع عودتها للحياة حتى لو توفرت لها الطاقة ، وتكون الأوكياس في هذه الحالة في عداد الموتى .

وبحثا عن طبيعة الحياة وطبيعة الموت ، يعطى المؤلف مثالا آخرًا على الكائنات البيولوجية التي تثير الأسئلة العميقة عن طبيعة الحياة والموت ، أنها الفيروسات. فهي بصفة عامة تفتقر إلى صفات الخلايا الحية، وذلك لأنها خاملة حيويًا وتفتقر إلى الصفات التركيبية الخلوية (مثل النواة وبقية الأجهزة) . فيمكن اعتبار الفيروس ميتا لأنه يتكون من غلاف لا يوجد تحته أى أجهزة أخرى ، ويمكن اعتباره حيا عندما يقوم بأهم وظيفة تقوم بها الكائنات الحية - التكاثر . ويشير المؤلف أن الفيروس يكشف عن الأساسيات المجردة الخاصة بتعريف الحياة وأنه يطرح أسئلة محيرة عن عملية التكاثر . فالتكاثر عند البشر يكون مرتبطا بالأسباب النبيلة (إنجاب الأولاد يعبر عن الحب بين الرجل والمرأة وعن الثقة في مستقبل الجنس البشرى) ، ولكن بالنسبة للفيروسات ، ما الذى يجعل سلسلة من الدنا محاطة بعدد من البروتينات الخاملة ترغب فى أن تضاعف من نفسها وتتكاثر ؟ من أين تأتى هذه الحاجة الملحة للتكاثر ؟ وما الذى يحكمها وينظمها ؟ وهنا يلجأ المؤلف إلى سرد قصة افتراضية ليشرح بها المشكلة التي تطرحها الفيروسات .

أنه يوجد جراح مخ عالمى الشهرة ومعروف بقدرته على نزع الأورام الخبيثة من المواقع العميقة فى المخ مثل جذع المخ ، وفى يوم ما يكتشف أنه مصاب بورم فى جذع المخ . فيتملكه الخوف لفترة لأنه يعلم أن هذا النوع من الأورام حتما يسبب الموت ، وأنه إذا ما قام جراح آخر بنزع هذا الورم فإن فرص خروجه حيا من العملية ضئيلة جدا . وفجأة تبرى فكرة خلافة فى عقله : أنه بشيء من التدريب وقليل من المساعدة من بعض الأصدقاء فإنه يمكن أن ينزع الورم بنفسه . فيتدرب خلال بضعة أسابيع على استخدام المرايا والأضواء ومساعدة الأصدقاء للقيام ببروفة على العملية . وتقرر أن يتم فتح الجمجمة باستخدام مخدر موضعى وأن يقوم هو بإجراء العملية لنفسه . وبدأت العملية وكان فتح الجمجمة مؤلما أكثر مما كان يتوقع ، فلقد

راقب المنشار وهو يقطع لحمه وعظامه ، وراقب بعد ذلك مساعديه وهم يزيحون طبقات أغشية المخ للكشف عن الورم . وشرع بعد ذلك فى العملية التى تدرّب عليها وتطلبت منه مجهوداً كبيراً وقوة تحمل وأعصاب حتى أنه بمجرد أن انتهى من نزع الورم من مخه خارت قواه ووقع فى نوم عميق . وقام مساعديه بخياطة الجرح والجمجمة وإعادة كل شىء إلى مكانه مرة أخرى . وأفاق العالم فى اليوم التالى وتمت العملية بنجاح . ويعلق المؤلف أنه إذا ما حدثت هذه القصة فى الواقع فإنها سوف تنشر فى الكتب وتتحول إلى دراما تليفزيونية وربما إلى فيلم سينمائى . وسوف يتم الاحتفال بالعالم ودعوته لإلقاء محاضرة أمام الرابطة الطبية الأمريكية . ويشير أنه بالتركيز على الدراما البشرية الطبية لهذا الإنجاز ، فإننا سوف نفقد الفرصة لإلقاء نظرة مثيرة على ما قد يطلق عليه «هوة البيولوجى الكبرى» ultimate abyss of biology ويطلب منا أن نعيد النظر فى هذا الحدث ولكن من المنظور البيولوجى البحت .

وباستخدام المنظور البيولوجى لتحليل الحدث يشير المؤلف إلى أن مخ العالم كان هو المحرك الأساسى وليس العالم نفسه ، وأن المخ هو الذى قام بالفحص والتخطيط للإجراءات اللازمة عملها . ويشرح بأن المخ استخدم كل المعلومات والخبرات التى حصل عليها خلال سنوات التعليم الطبى ليفسر معلومات معينة حصل عليها بخصوص ما أصابه هو . وباستخدام البيانات المخزنة فيه وقدرته على التفكير العقلانى . استنتج المخ أن بعض خلاياه قد تحولت إلى خلايا سرطانية وأنه (المخ) فى طريقه إلى الموت . ثم أدرك المخ بعد ذلك أن لديه كل المعلومات التى يحتاجها لينقذ نفسه من الموت ، فهو يعرف أنه يستطيع أن يصلح من نفسه . وأدرك المخ أن الطبيب الذى يسكن فى جسده مجهز بمجموعة من الأيدى والأصابع التى يستطيع المخ أن يتحكم فيها بدقة رائعة . وبهذا فقد أدار المخ العملية خطوة بخطوة وبذلك أنقذ نفسه من موت مؤكد .

ويتساءل المؤلف: ما الذى جعل المخ يسلك مثل هذا السلوك الغريب؟ ولماذا أراد أن ينقذ نفسه ليبقى؟ وماذا نعى عندما نقول أن المخ «يريد» شيئاً ما؟ ثم يشير إلى أن المخ كان قادراً على إدارة سلسلة من التفاعلات التى صممت لإنقاذ نفسه ، فما الذى دفع المخ لعمل ذلك؟ وإجابة على هذه الأسئلة يعرض المؤلف لتفسيرات من نوعين من العلماء . النوع الأول يشمل علماء بيولوجيا الخلية وسوف يفسرون الحدث كالاتى : لأن المخ مكون من خلايا ، فإنه من الطبيعى أن تكون هذه الخلايا لديها رغبة لأن تبقى وتعيش . ويشير المؤلف أن هذه الفكرة محتملة لأن كائنات

المونيرا والبروتستا وحيدة الخلية مجهزة بقدرات على الاستجابات المختلفة لضمان بقائها . فإذا كانت هذه الخلايا البدائية لديها تصميم على البقاء ، فلماذا لا تكون خلايا المخ هي الأخرى لديها نفس الرغبة في البقاء ؟ ويأتى التفسير الآخر من النوع الثانى من العلماء ، علماء البيولوجيا الجزيئية ، فهم يفسرون الأمر من مستوى أكثر عمقا : أن كل خلية فى الجسم تدار وتحكم بالدنا الموجود بها ، وأن كل خلية تحتوى على صورة لكينونتنا البيولوجية الكاملة مخزونة فى الشريط الوراثى - الدنا . وبما أن كل خلية تدار وتحكم بالدنا فيها ، فإنه ليس من الصعب استنتاج أن الدنا هو الذى شعر بقرب الفناء والموت فى هذه القصة الخيالية وليس المخ ولا خلايا المخ .

وهنا يعود المؤلف بنا إلى موضوع الفيروسات ويقول أن هذه الكائنات اثبتت قدرتها على البقاء والتكاثر منذ أزمان بعيدة قبل ظهور الإنسان . ويعقد مقارنة بين البشر والفيروسات فيقول أنه فى محاولتنا لتفسير الحياة والموت فإننا نغزل قصصا عن الحب والاختيار الحر . ومع ذلك فنحن نواجه بدوافع بيولوجية لا نفهمها . فنحن نحظى بالرعاية منذ الصغر ، ثم ننمو ، ثم نحب ، ثم نتزوج ، ثم ننجب أطفالا نرعاهم ونربيهم حتى يكبروا . ومن ناحية أخرى نجد الفيروس الذى يتكون من بضعة بروتينات ملفوفة حول سلسلة من الدنا ، وهو يمثل أصغر الكائنات البيولوجية ، ومع ذلك فقد وهب بدافع هائل على إنتاج ذرية له . فالفيروسات تنفذ القدر المخصص لها وهو التكاثر ثم التكاثر ثم التكاثر ، وهذا القدر مكتوب على سلسلة بسيطة من الدنا . ويتساءل المؤلف : هل يمثل الدنا واللغة المكتوبة عليه ضالتنا المنشودة لفهم الحياة والموت ؟ فيجيب بأن اللغة على الدنا هى التى تحدد تركيب كل جزيء يساهم فى بنية الخلية الحية وأن هذه البنية تتفاعل مع الطاقة والغذاء والأكسجين حتى تسمح للخلية بالقيام بمهمتها : عمل نسخ من الدنا ونقلها إلى الجيل التالى . ويعتقد المؤلف أن الدنا البشرى ، أقل ثقة فى نفسه من الدنا الفيروسي ، وذلك لأن دنا الإنسان يصنع مئات التريلونات نسخ من نفسه (مجموعة لكل خلية فى الجسم) حتى يضمن نقل عدد قليل من النسخ للجيل التالى، ثم يأمر الدنا بعد ذلك بتدمير مئات التريلونات النسخ الأخرى - وهنا يكون موتنا .

ويسأل المؤلف السؤال الأزلئ : ما الذى يدفع الدنا لأن ينتج نسخا من نفسه ؟ ولماذا يهتم بذلك ؟ وهل تحتوى حروف النيوكليوتيدات التى يتكون منها الدنا على رسالة تبث الحياة فى عملية التكاثر ؟ ويشير إلى أن لغة الشفرة الوراثية (الجينات) تمثل نسبة ضئيلة من المعلومات على شريط الدنا وأن العلماء حتى الآن لم يصلوا إلى تفسير اللغة المكتوبة على بقية الدنا (الدنا غير المشفر) . ولكن عندما حاول بعض

العلماء تحليل المعلومات على الدنا باستخدام البرامج الحاسوبية التي تستخدم لتحليل تركيب اللغات والمعلومات بها ، فإنهم وجدوا أن هناك تشابهاً كبيراً بين لغات البشر واللغة المكتوبة على الدنا غير المشفر . فيسأل المؤلف : وهل يمكن أن تكون الرسالة التي تدفع الدنا لعمل نسخ من نفسه موجودة ومخزونة في الدنا غير المشفر ؟ وهل يمكن أن تكون المفاهيم الفكرية التي نعتقد أنها تنشأ من عقولنا هي الأخرى مخزونة هناك أيضاً ؟ فيجيب بأننا لم نتوصل بعد إلى هذه المعرفة وأن هذه المنطقة هي نقطة ذوبان البيولوجي في الكيمياء البحتة ، حيث يختفى خط وجودنا . وهنا ينهي الفصل ببعض التأملات الفلسفية : أن هنا تتمثل حافة الهوة البيولوجية ، وعلى الرغم من أنها غير محددة وغامضة ، إلا أنها تمثل التفاعل بين الطاقة التي تتخلل الكون مع البنية التي تنتج الحياة . وأنه من خلال هذا السطح البيئي ، فإننا نرى جانبى كياننا البشرى ، كما يستطيع بعض البشر إدراك الذات الالهية .

رقم الإيداع : ٢٠٠١/٢٦١١

**ISBN : 977-281-163-4**

مطابع المدار الأساسية

تليفون/فاكس : ٥٤٠٢٥٩٨