

البيولوجيا الجزئية

عندما نظر ليفنهوك من خلال عدسات ميكروسكوبه ، منذ ثلاثة قرون مضت ، إلى قطرات من ماء بركة ، تحول ما كان يبدو ماءً صافياً شفافاً ، ليصبح تحت التكبير بالميكروسكوب الضوئي ، حياة مزدحمة في فوضى بمقياس غير مسبوق ، وأوضح الميكروسكوب منذ ذلك الحين ، أن النمط التي تبدو بسيطة على أحد المستويات ، تظهر تحت مستويات أكثر دقة ، وقد شملت عناصر مركبة بشكل أو بآخر ، ويمر العالم بمرحلة مشابهة ، ولكن على مستوى أكثر دقة بكثير مما كان على الأمر عند اكتشاف الميكروسكوب ، دقة لا تحسب بعشرات أو مئات المرات ولكن ببلابين المرات .

ولقد تغير منذ ستينيات القرن العشرين إدراك الأركيولوجيين لما يتقنون عنه ، لقد تأكدوا أن رسابات التربة ، وشظايا الأواني الفخارية ، والبقايا الحيوانية والنباتية ، وغيرها من الحطام الذي كانوا يتخلصون منه في السابق ، قد تحفظ داخلها والنباتية ، وغيرها من الحطام الذي كانوا يتخلصون منه في السابق ، قد تحفظ داخلها آثاراً صريحة عن بنيتها المعقدة يستمر لآلاف السنين بل ربما ملايين السنين ، وأن هذه الآثار قد تحمل جزيئات يمكن تعقبها وتحليلها ، وفي أحوال كثيرة تحمل هذه الجزيئات قصة طويلة يمكن أن تحكي .

وفي ثمانينيات القرن الماضي كانت الأركيولوجيا البيولوجية قد بلغت سن الرشد ، فكانت البحوث عن البيئة الطبيعية والممارسات الزراعية ، وأنماط السكن وصحة المجتمعات ومستوياتها الغذائية ، تجعل الحياة تدب في شعوب ما قبل التاريخ والحضارات التي اختفت ، وفتح باب السجل الأركيولوجي وما يمكن أن يكشف لنا عنه ، فلقد طالما اهتم العلماء بالخلايا داخل الكائنات الحية ، وبالتركيبات تحت الخلوية داخل هذه الخلايا ، وهي التركيبات التي تشكل ميكانيكا الحياة ، وها هم يتحولون إلى مرحلة أبعد ، إلى الجزيئات التي تجعل هذه التركيبات تعمل ، وتضم هذه الجزيئات المواد الكربوهيدراتية والدهنية التي تزود عمليات الحياة بالطاقة ، والبروتينات التي تنبئ الأسلحة الحية وتنظم العمليات البيولوجية ، والجزيئات التي تشفر لهذا كله : ال (د ن ا) في كل خلية .

ما الذي يجعل البويضة الملقحة تنقسم ، لتنتج هذه الكتلة من الخلايا التي تنمو وتتكاثر حتى تأخذ الشكل المميز للفرد ؟ ما الذي يجعل كل منا مميزاً عن الآخرين ؟ ما الذي يجعل لنا صفات مشتركة كأعضاء في السلالة البشرية ؟ الإجابة : المعلومات الوراثية (الجينية) التي تتحكم في كل الصفات الموروثة ، ووحدتها هي الجين ، ومادتها الوراثية هي الدنا .

ال (د ن ا) : الدنا :

في أواخر أربعينيات القرن الماضي اكتشف العلماء أن كل أفراد سلالة معينة (حيوانية أو نباتية) يمتلكون (دنا) له نفس التركيب الكيميائي تقريباً ، وأن هذا التركيب يختلف من سلالة إلي أخرى .

وكل أنواع (الدنا) تتركب من نفس النيوكليوتيدات الأربعة : أدنين (A) ، ثايمين (T) ، جوانين (G) ، وسيتوزين (C) ، ولكن هذه النيوكليوتيدات لا توجد بنسب متساوية ، كما تختلف هذه النسب بين السلالات والأجناس المختلفة ، ودنا أنسجة الفرد الواحد ، أو دنا أفراد مختلفين من سلالة واحدة لهم نفس تركيب هذه القواعد ، أكثر من هذا : عدد نيوكليوتيدات الأدنين والثيمين متساوية كذلك الأمر بالنسبة للجوانين والسيتوزين . أي أن $A/T = 1$ ، $G/C = 1$ تقريباً .

ويتكون النيوكليوتيد من ثلاثة أجزاء: سكر خماسي الكربون (دي أكسيربوز) ، مجموعة فوسفات تتحد من السكر عند ذرة الكربون الخامسة ، وواحدة من أربع قواعد تتحد مع السكر عند الذرة الأولى وقد تكون القاعدة ذات حلقة واحدة مثل الثايمين والسيتوزين (البيرييميدينات) أو ثنائية الحلقة مثل الأدنين والجوانين (البورينات) وعندما تتصل النيوكليوتيدات في جديلة (خيطة) الدنا ، فإن مجموعة الفوسفات التي تتصل بذرة الكربون رقم خمسة (برايم خمسة) في قاعدة سكرية ، تتصل بالذرة رقم ثلاثة في القاعدة المجاورة ، والخيطة الذي يتكون من مجموعة السكر والفوسفات المتعاقبة يسمى عمود الظهر الفوسفاتي السكري ، ويتميز بمجموعة هيدروكسيل حرة في إحدى نهايته (٣) ، ومجموعة فوسفات حرة في النهاية الأخرى (٥) .

وقد أثبتت أبحاث انعطاف الأشعة السينية أن الدنا يلتوي في شكل حلزون أو لولب ، تتعامد فيه القواعد علي طول اللولب ، وأن عمود الظهر الفوسفاتي السكري يقع في خارج اللولب أم القواعد فهي تتجه للدخل ، وأثبت (واطسن وكريك) أن نموذج الدنا يتكون من خيطين (جديلتين) يأخذان شكل سلم ، قائميه هما العمود الظهر الفوسفاتي السكري ، ودرجاته من القواعد ، وأن الأدنين يقابل الثايمين في حين يقابل الجوانين السيتوزين ، وكل زوج من القواعد في أي درجة يتحدان برابطة هيدروجينية وكل خيط من الخيطين يسير عكس الخط الآخر ، ولذلك يوصف جزئي الدنا بأنه لولب مزدوج .

وقبل إنقسام الخلية ، يتضاعف الدنا ، بحيث يكون نصيب كل خلية نسخة كاملة من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم ، ونظراً لأن كل خيط متكامل مع الخيط المقابل له ، فإن كل خيط عند التضاعف يعطي المعلومات اللازمة لانتاج

خيوط مكمل له ، وقبل تضاعف الدنا ، تنفك لولبة الجزيء ، وينفصل الخيطان ، ليستعد كل منهما لاستقبال خيوط جديد .

ويتكون الجينوم من مجموع الجينات ، أي كل الدنا الموجود في أي خلية من خلايا الفرد ، وفي عام ١٩٧٧ ابتكر العلماء وسيلة لتحديد تتابع النيوكليوتيدات في الدنا (والرنا) ، وقد أتاح هذا آلية لوصف ترتيب الجينات بدقة على جزيء (الدنا) .

ومعظم الجينات توجد كنسخة واحدة ، أو عدد قليل من النسخ في الجينوم ، ولكن قد يوجد بالجينوم عدد كبير - مئات - من نسخ الجينات التي تلزم لتكوين الرنا والهستونات .

وهناك جزء كبير من الدنا لا يقوم بدور في تكويد (تشفير) الرنا أو البروتينات ، ولا يعرف حتى الآن دور تكرار الجينات ، أو الدنا غير المشفرة على وجه الدقة ، وأكبر جينوم لحيوان السلامندر ، ومع ذلك فإن عدد البروتينات في هذا الحيوان أقل من الإنسان .

أدوات وتقنيات البيولوجيا

الجزئية :

١- إنزيمات التحديد :

تستخدم إنزيمات معينة في التعرف على تتابعات نيوكليوتيدية معينة ، وتقطع جزيئات الدنا عندها ، ولذلك فهي تسمى «المشارط البيولوجية» . وكانت هذه الإنزيمات مخضر أصلاً من البكتريا . وحالياً توجد مئات الأنواع من هذه الإنزيمات ، عشرات التتابعات التي توجد عشوائياً على طول الدنا ، يمكن أن يتعرف عليها إنزيم أو أكثر من هذه الإنزيمات ، فتقطع الدنا إلى أجزاء من أحجام مختلفة .

٢- التفريد الكهربى :

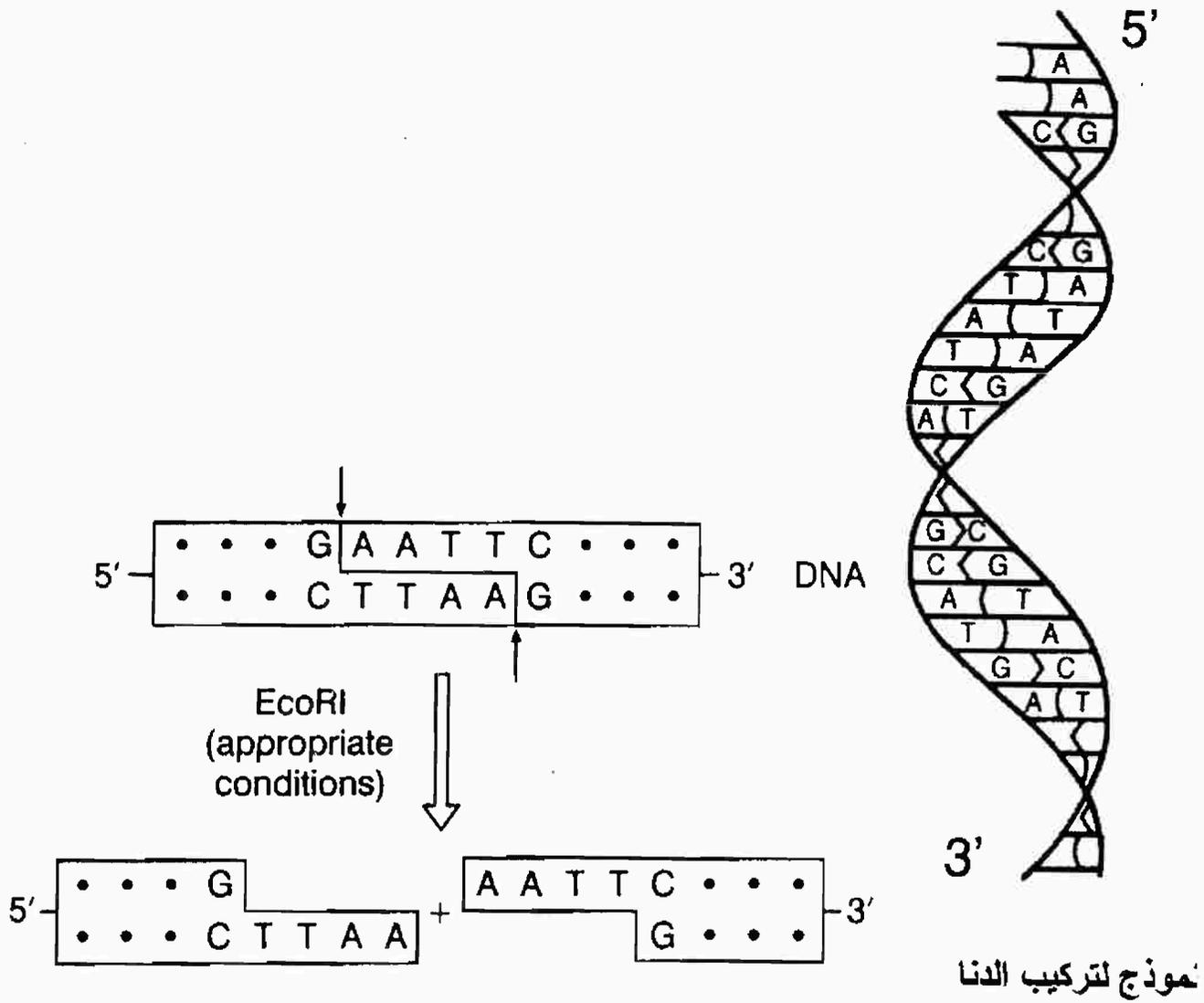
يستخدم التفريد الكهربى ، في فصل الجزيئات الكبيرة (مثل الدنا والبروتين) في مزيج من جزيئات متشابهة ، بتمرير تيار كهربى في وسط من (جل الأجاروز) ، فتتحرك الجزيئات خلال الوسط بسرعات مختلفة تبعاً لحجمها والشحنة الكهربائية التي تحملها (الدنا ذو شحنة كهربية سالبة) ، مبتعدة عن القطب السالب ومتجهة إلى القطب الموجب ، وبعد فترة زمنية محددة تترتب الجزيئات ترتيباً مميزاً تبعاً للمسافة التي تحركتها .

وعادة ما يستخدم التفريد الكهربى مع إنزيمات التحديد ، الذي تقطع الدنا إلى أجزاء ذات أحجام مختلفة ، وعند تفريدها كهربياً ، ثم صبغها ببروميد الإثيديوم ، يمكن التعرف على أجزاء الدنا المختلفة باستخدام الأشعة فوق البنفسجية .

٣- تفاعل البوليميريز المتسلسل

(PCR) :

نتج هذه العمليات أعداد هائلة من نسخ تتابع دنا معين ، ويتطلب الأمر : نوعان من البادئات كل منهما مكمل لطرف من طرفي شطية الدنا المطلوب تكثيرها ،



إنزيم التحديد يقطع الدنا في نقطة تتابع محددة

وإنزيم يسمى البوليميريز ، وهو يتحمل الحرارة وله خاصية القدرة على إضافة النيوكليوتيدات لجلديلة الدنا ، وكمية كبيرة من النيوكليوتيدات .

وفي البداية يسخن محلول يحتوي على شطية الدنا والبادئتين والنيوكليوتيدات ، فتنفصل جديلتا الدنا بتأثير الحرارة ، وتقوم البادئتان بتقوية طرفي الدنا ، كل بما يكمله ، يضاف إنزيم البوليميريز بعد التبريد فيقوم بنسخ نسخة الدنا ما بين البادئتين على الطرفين ، وتعمل كل من جديلتي الدنا حديثي التخليق بعد ذلك كقالب لجديلة أخرى ، وهكذا يتضاعف عدد الجداول مع كل دورة من التسخين والتبريد ، ويمكنك هذا التفاعل من الكشف عن وجود تتابع معين في عينة دنا ، وتحديد هوية جين مخرطن أو غير ذلك من المناطق الكروموزومية . وترتيب وتباعده هذه التتابعات يساعد في تشكيل خريطة التتابع ذي العلامة .

عملية وصل الدنا هي عكس عملية تحديد الدنا ، ففيها يتم استخراج جين أو شطية من الدنا وتوصيلها بشطية من دنا غير بشري ، يسمى البلازميد ، والدنا الهجين الناتج في المعمل عن وصل قطع الدنا المطعم .
وتمر هذه العملية بالخطوات التالية :

٤- وصل الدنا (الدنا المطعم)

: Recombinant DNA

(١) قطع الدنا المطلوب من الكروموزوم بواسطة إنزيمين من إنزيمات التحديد .

(٢) التعرف على الدنا المطلوب بواسطة التفريد الكهربائي ، وعزله من محلول الأجاروز .

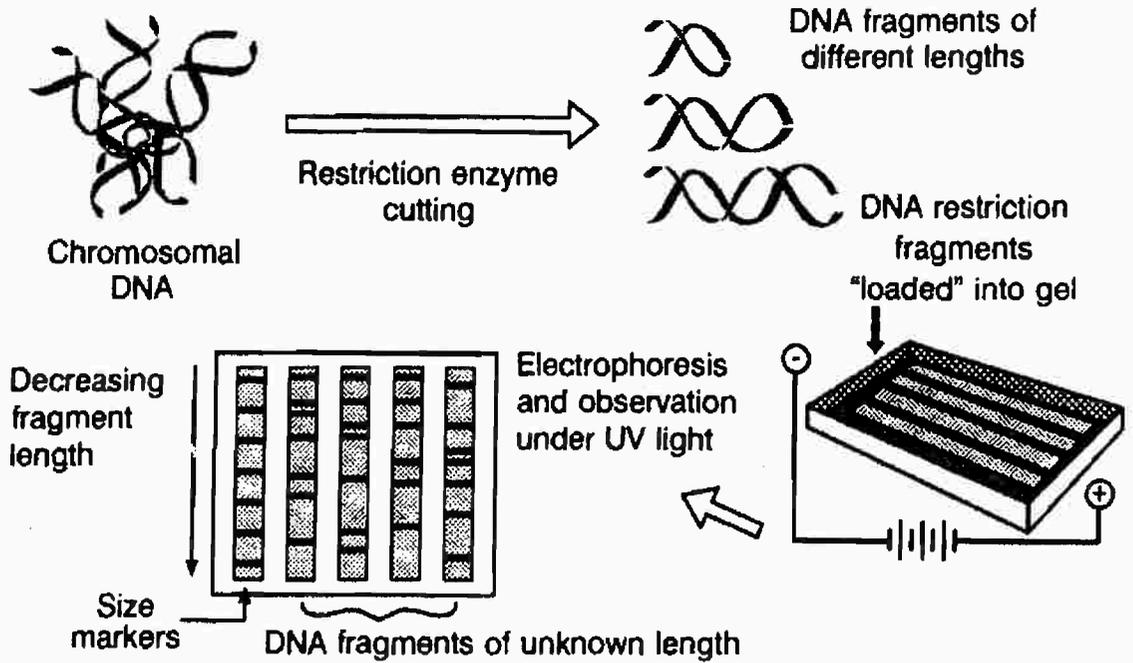
(٣) وصل الدنا المطلوب بالبلازميد باستخدام إنزيم الوصل (لايجير) .

والبلازميد كيان من الدنا غير كروموزومي ، ويتضاعف مستقلاً عن الكروموزومات ، ويمكن أن يولج فيه دنا غريب يتضاعف معه . وتوجد البلازميدات في البكتيريا .

وتستخدم هذه التقنية في تشخيص الأمراض الوراثية ، وتشخيص بعض الأمراض كالتهاب الكبد الفيروسي ، صناعة الفاكسينات ، تصنيع بعض الكيماويات عن طريق الكائنات الدقيقة ، صناعة الخمائر والإنزيمات في بعض الصناعات كالجبين ، وتنظيف وفصل المواد العضوية في بعض الصناعات ، ومنها الصناعات الغذائية ، واستنباط محاصيل نباتية مقاومة للأمراض وذات إنتاجية عالية .

المقصود بالتتابع هو ترتيب النيوكليوتيدات في الحمض النووي أو ترتيب الأحماض الأمينية في البروتين ، وهناك عدة طرق لترتيب النيوكليوتيدات ، أكثرها شيوعاً طريقة إنهاء التسلسل التي ابتدعها (فريد سانجر) وتسمى طريقة التتابع بالديديوكسي ، وفيها تتم أربعة تفاعلات في وقت واحد ، باستخدام أربعة

٥- تتابع الدنا :



التفريد الكهربى للدنا باستخدام جل الأجاروز

ديديوكسي نيوكليوتيدات مختلفة ، فتولد عائلة من شظايا الدنا يمكن الفصل بينها بالتفريد الكهربائي عالي التباين ، والحجم النسبي لهذه الشظايا يحدد تتابع الدنا وباستخدام الشفرة الجينية يمكن تحديد تتابع الأحماض الأمينية من الدنا المكمل .

٦- التهجين الشمالى والجنوبى :

في هذه الطريقة يتم التعرف على تتابع دنا أو رنا في خليط من دنا ورنا مختلفة . والتهجين الجنوبي يختص بالدنا ، والشمالى بالرنا ، وكلمة جنوبي تعود للعالم إدوارد سوزن (جنوبي) الذي اكتشف الطريقة ، وفي هذه الطريقة تستخدم شظية مكاملة من الدنا معاملة إشعاعياً (radiolabeled) وتسمى المسبار (probe) ، يمكنها أن تهجن مع شظية الدنا أو الرنا المطلوبة . وتستخدم هذه الطريقة في التعرف على الجينات الجديدة وطفرات الجينات المعروفة ، وتشخيص الأنيميا المنجلية ، وجين مستقبل الإستروجين في دراسة الشام العظام .

٧- الحيوانات عبر الوراثةية :

الحيوانات عبر الوراثةية هي حيوانات تحمل خلاياها مادة وراثية مأخوذة من حيوان آخر ، فمثلاً قد تحمل الفئران عبر الوراثةية مادة وراثية بشرية .

٨- الكلونة :

عملية تنتج بها من خلية واحدة وبطريقة غير جنسية ، مجموعة من الخلايا (كلونات) كلها متطابقة وراثياً . وفي تكنولوجيا الدنا المطعم يسمى استخدام الأساليب المختلفة لإنتاج نسخ عديدة من جين واحد أو من شظية دنا «كلونة الدنا» .

٩- بصمة الدنا :

تستخدم التقنيات الحديثة في تفريد الدنا ، لتعطي صورة (دناوية) متفردة .

١٠- الدنا المصنع (تخليق الدنا) :

يمكن الآن تصنيع جينات في المعامل ، من مزارع من البكتريا ، ويمكن لبعض المعامل التي تملك (آلات الجينات) أن تتحكم في إنتاج جداول دنا قصيرة نسبياً ، في أي تتابع مطلوب وهذا (الدنا حسب الطلب) يستخدم في تجارب لصناعة البروتينات ، وبتغيير الشفرة باستبعاد أحد الأحماض الأمينية من بروتين معين ، يمكن التعرف على دور الأحماض الأمينية المختلفة في وظائف البروتينات .

١١- الخريطة الوراثةية :

باستخدام التقنيات المتقدمة ، أصبح من الممكن تحديد المواقع النسبية للجينات على جزيء الدنا وتحديد البعد بينها في وحدات ارتباط أو وحدات فيزيقية .

١٢- المسبر (المسبار) :

جزيء وحيد الجديلة (خييط) من الدنا أو الرنا ، يمثل تتابع معروف معلم بالنظائر المشعة ، أو مناعياً ، وتستخدم المسابر في كشف تتابع قواعد مكاملة عن طريق التهجين .

التطبيقات فى مجال

الاركيولوجيا :

حتى عام ١٩٩٥ ، لم يكن من الممكن تحديد ما إذا كانت جمجمة عثر عليها ، تخص رجلاً أو امرأة بطريقة لا تقبل الشك . تغير هذا الحال الآن ، لقد كانت الطرق التقليدية في تحليل البقايا العظيمة تعتمد على فحص الأحجام والأبعاد

والأشكال ، أما الآن فإن التقدم الرائع في ميادين علمية متعددة ، جعل من الممكن تحليل التركيب الجزيئي للعظام ، وفي ظروف معينة تحتفظ البقايا الحيوية بكميات من حمض الادي أكسيربيونيوكليك (د ن أ) والأحماض الأمينية والنظائر المختلفة ، تسمح باستخراجها وتحليلها . ويحتاج الأمر بطبيعة الحال إلى إمكانيات متقدمة بشرية ومعملية ، ولكن النتائج يمكن أن دقيقة جداً ، وتجب على تساؤلات لم يكن في مقدور الأبحاث التقليدية الإجابة عليها ، وأصبحت هذه التقنيات هي الطرق المفضلة في الأبحاث الأركيولوجية .

أخذ العينات :

وهذه الطرق الحديثة عالية التقنية ، لا تعني إهمال القواعد الأساسية في البحث عن وكشف وإعداد وتوثيق وصيانة وحفظ البقايا الحيوية ، كما حددناها في الفصول السابقة . بل على العكس فإن أي خطأ في هذه الخطوات قد يؤثر بدرجة خطيرة على النتائج ، بالإضافة لتفاصيل هذه الخطوات يجب على الباحث أن يراعي النقاط الآتية :

* إذا كانت التحاليل الجزيئية سوف تجرى على عينات جديدة ، فإن عمليات الكشف يجب أن تعدل لكي تتفادى تلوث العينات بمواد أو مركبات حديثة ، وتختلف الخطوات تبعاً لطبيعة الموقع والوقت المتاح ، والإمكانيات المتوفرة ، والأبحاث المطلوبة ، والحد الأدنى ، يتطلب قفازات معقمة من اللاتكس ، وأكياس شبكية رقيقة ، ووسائل لتعقيم أدوات الكشف ، وعلى الأقل يجب أن تؤخذ عينات التحليل للدنا باستخدام هذه الوسائل .

* تتدهور حالة البقايا الحيوانية بعد فترة قصيرة من استخراجها ، بسبب اختلاف الحرارة والرطوبة وتيارات الهواء ، ويجب استشارة الخبراء في أفضل طرق أخذ العينات .

* التسجيل الدقيق لكل تفاصيل الموقع ، أمر هام للغاية ، بما في ذلك أخذ عينات من التربة المحيطة بالبقايا .

* يجب أن تؤخذ العينات بحيث لا تسبب ضرراً أو تدميراً ، ولا تؤثر على الصفات المورفولوجية وفي نفس الوقت توفر أفضل المعلومات المتاحة ، ففي حالة الشك في تغير أو مرض معين يجب أن تفحص البقايا بدقة أولاً ، ثم تؤخذ العينة من نقطة تعبر عن الحالة محل الشك ولهذا فإنه لا شيء يفوق الخبرة .

* يجب إتعام الوصف الدقيق ، وتصوير الصور الفوتوغرافية ، وعمل صور الأشعة ، قبل أخذ العينات ، لكي يتوافر سجل ثلاثي الأبعاد للبقايا التي يعثر عليها .

المشكلة الأولى لدراسات الدنا القديم ، هي التلوث بالدنا الخارجي ، أي الدنا

التلوث :

من مصادر أخرى بخلاف المصدر المعنى بالدراسة ، فالبقايا الحيوية قد تتأثر بدنا من الكائنات الموجودة بالتربة ، والكائنات التي تتغذى على البقايا الحيوية ، وبدنا من الباحثين وعمال التنقيب ، وأمناء المتاحف والعلماء والفنيين بالمعامل ، وتفاعل البوليميريز المتسلسل يفضل تكثير الدنا جيد الحفظ ، وعادة ما يكون هو الدنا الغريب الملوث ، أو دنا تجارب سابقة في نفس الجهاز . وقد ثبت أن كثير مما نشر عن تنابعات لدا من عينات بشرية أو حيوانية عتيقة ، تعتبر بالمقاييس الحديثة «لا يعتمد عليها» . ولذلك لا بد من إجراء البحوث في أكثر من جهة علمية مستقلة ، وهناك تقنيات تهدف إلى تقليل فرص التلوث والتعرف على التلوث (والملوث) إن حدث .

بعد الوفاة تحدث بالأنسجة الحيوية سلسلة من التفاعلات تعتمد على سبب الوفاة ، وأنماط الدفن والتحنيط ، وموقع الدفن والدياجنيسيس (التغير في خواص العظام الكيماوية والطبيعية والحيوية بعد الموت) ، ويبدو أن حفظ الدنا يتوقف على عوامل بيئية ، أكثر مما يتوقف على مرور الزمن . فالأنسجة التي تحتفظ بتكوينها الظاهر والميكروسكوبي ، تقدم دنا أكثر من غيرها . وفي الأماكن الباردة أفضل من الدافئة ، والجافة أفضل من الرطبة .

ومن الواضح أن دنا الميتوكوندريا (السيجات) التي يورث من الأم فقط ، أسهل من الحصول عليه من دنا النواة ، ربما بسبب كثرة عدد نسخ دنا السجات التي يمكن الحصول عليها ، وتركيبها الحلقي الأصغر حجماً .

- تحديد (نوع) الفرد الذي جاءت منه العينة ، يمكن تحديد الذكر من الأنثى بدقة متناهية ومن كمية ضئيلة جداً من البقايا العضوية .
- أبحاث الدنا تعد بإمكانيات توفر معلومات عن الأصول الجغرافية للأفراد . ودنا الميتوكوندريا الذي يمثل جزء صغيراً من الجينوم ، يورث من الأم فقط ، ومناطق متعددة من هذه الدنا تبدي تباينات مختلفة بين البشر المحدثين ، وتحديد تنابعات هذه المناطق يسمح بدراسة الأصول الجغرافية لشعوب المتعددة ، وباستخدام تقنيات الدنا ، أمكن للباحثين في الطب الشرعي التعرف على بقايا الجنود الأمريكيين الذين قتلوا في الحرب الكورية .
- والتعرف على القرابة : يقدم الدنا وتحليلاته أفضل الأبحاث التي تحدد هوية البقايا الحيوية . وتعتمد الطريقة على فحص الدنا المعنى ومقارنته بدنا الأقارب المحتملين ، واحتمال التماثل بين أفراد لا يمتون بصلة القرابة ، أمر نادر الحدوث ، ويفيد هذا التحليل في حالات الدفن الجماعي والقتلي في الحروب والشخصيات التاريخية ، مثل ما حدث بالنسبة لعائلة رمانوف ، وإيفانوف وفي كثير من حالات الطب الشرعي .

عمليات ما بعد الدفن (التافونومي) :

التطبيقات :

ويجب أن نتذكر هنا أن تحديد العلاقات الأسرة بين أفراد من العصور القديمة يحتاج إلى تحاليل أكثر تفصيلاً وتعقيداً ، أكثر مما يحدث حالياً .

■ التعرف على السلالة أو النوع : يختلف التتابع في أجزاء محددة من الدنا بين السلالات والأنواع المختلفة من الحيوانات والنباتات ، وقد ثبت أن دنا الميتوكوندريا في إنسان النياندرتال مختلف في تتابع مناطق منه عن التتابعات في دنا الميتوكوندريا في البشر المعاصرين .

■ الأمراض : بعض الأمراض وراثية ، ويمكن التعرف عليها باستخدام تقنيات الدنا في العينات الحيوية القديمة . كذلك يمكن التعرف على بعض الأمراض من التعرف على العنصر المسبب للمرض بتحديد الدنا الخاص بهذا العنصر ، ولعل أفضل مثال هو تكثير دنا ميكروب الدرن (السل) من مومياوات مصرية وبيروفية . كذلك الأمر بالنسبة لميكروب (تريونيمما الذي يسبب الزهري ، وتعرف عليه (رولو) كدنا سححي حلقي كذلك تمكنت (جيرتي) من التعرف على الليبيدات التي تكون غلاف ميكروب (الميكوبكتريوم) الذي يسبب السل ، وهو غلاف يعجز الماء الأرضي عن إذابته وغسله .

وعثر على ميكروب الكلوسترديوم الذي يمكن أن يسبب التسمم البيوتوليوني والتتانوس ويقاوم الحرارة والجفاف والكيماويات السامة والمطهرات ، لأنها تستطيع تكوين الجراثيم ، ولا نعرف بالضبط المدة التي يمكن أن تحمي فيها هذه الكبسولات الدقيقة ما بداخلها من دنا يحمل المعلومات الوراثية لهذا الميكروب الخطير ، وقد عثر على أنماط من جنس كلوستريديوم في أمعاء بعض مومياوات محنطة قديمة ، وإن كان معظمها من الفلورا الحميدة .

وقد وصف ميلر (١٩٩٣) طريقة لتشخيص البلهارسيا في مومياوات المصريين القدماء عن طريق الكشف عن الأجسام المضادة (للشistosوم) في جلد ومخ أجساد بشرية غير محنطة صناعياً من عصور ما قبل الأسرات ، كما كشف ميلر عن الأجسام المضادة لطفيل الملاريا في مومياوات من نفس العصور باستخدام اختبار (الباراسايت : ت م - ف) .

وقبل أن تنضح تقنيات الدنا ، كانت المعلومات عن مجاميع الدم من بين أهم المعلومات التي تساعد في تقسيم البشر إلى مجموعات ، بناء على فروق طفيفة في التركيب البروتيني لمكونات معينة بالدم ، تنشأ بدورها مباشرة عن تباين وراثي ، ومن أهمها مجاميع ABO ، والبروتينات التي تسمى جلوبيولينات المناعة ، وتباينات زخري لا تعرف خارج الوسط الطبي . وجمعت بيانات عن مجاميع بروتين عديدة ذات تباين وراثي سمحت بأن تستعمل في مسح عالمي ، وفي نفس الوقت كان العمل قد بدأ

في تجميع بيانات عن الجينات التي خرطت بتفاصيل تكفي لمقارنات عالمية ، وجمع الوراثة معلومات عن تباينات البروتين من نحو ٥٠٠ عشيرة بشرية من كافة أنحاء العالم ، وبدأوا في رسم خرائط تمثل الأصول العالمية للتنوع الوراثة البشري ، وبالإضافة للتطور في الأركيولوجيا البشرية وتاريخ اللغات ، فقد أمكن تمثيل الرحلات الكبرى في ماضي الإنسان ، من وإلى مختلف القارات والمناطق في مختلف العصور والحقب . وتمكن (ويلسن) ، باستخدام تتابع (أندرسون) للسبقيات وتطبيق نفس المنطق الذي كان قد طبقه على الألبومين ، ومع تلميذته (ريبيكا كان) ، و(مارك ستونكينج) أن يتعقبوا الخطوط السببية لكل البشر الأحياء إلى أثنى شائعة كانت تحيا منذ ٢٠٠ ألف عام في منطقة بافريقيا سموها (حواء الميتوكوندريا) ، أو أمنا السببية .

الجينوم النباتي يوجد في ثلاثة أجزاء : دنا النواه ودنا الميتوكوندريا (السبقيات) ودنا الكلوروبلاست . ولا يعرف دنا نواة النباتات إلا مرقعاً ، وإن خرطت منه مناطق وراثية معينة خرطنة جيدة ، وهذه لها عادة أهمية اقتصادية ، وقد ساعدت تقنيات الدنا في تسجيل التاريخ التطوري لكثير من المحاصيل ، فقد يكون منشأ الذرة في مكان ما من المكسيك ، وربما بدأت زراعة القمح في الهلال الخصيب ، والأرز في شرق آسيا ، كما تفيد دراسة الدنا في تحديد الأصول المشتركة لنباتات الحبوب البرية والمحاصيل الزراعية ، ومتى وأين تمت عملية (استئناس) النباتات البرية .

متى تم استئناس بعض الحيوانات مثل الكلب والقط والحصان والبقرة والجمال ؟ وما هي الأصول التي تجمع بين هذه الحيوانات ، وغيرها من الحيوانات البرية أو المتوحشة ؟ وأين حدثت أول عمليات الاستئناس ؟ وهل حدثت في مكان واحد انتشرت منه بعد ذلك إلى مناطق العالم المختلفة ؟ أم أن مناطق المنشأ كانت متعددة ؟ أسئلة تجيب عنها دراسات الدنا ، والجزئيات الأخرى .

تحدثنا في فصول سابقة عن الليبيدات والمعلومات التي يمكن أن نحصل عليها من تحليل بقايا الليبيدات حتى ولو كانت أقل من واحد على مليون أو بليون من الجرام ، كما ذكرنا أهمية الفيتوكريستالات والفيتوليثات ، وبلورات الفيتين ، في التعرف على النباتات ، وتحليل المواد التي توجد على أسطح الأوعية الفخارية ، وأدوات طحن الحبوب ومنها جسيمات النشا والسليلوز ، وعرفنا كيف نعثر على مواد الكيتين والشمع المقاومة للتحلل وتنبئ عن استخدام خضروات معينة كالكرنب كغذاء ، وعلى الكيراتين بروتين الشعر والريش والقرون وما يحويه من حمض السيستين وتأثر النظائر المشعة فيه حسب وجوده في الغذاء .

أما الأحماض الأمينية فهي تتكون في صورتين كصورتى المرأة : نموذج D

الجزئيات الأخرى :

ونموذج L ونموذج L هو الذي يدخل في تركيب البروتينات ، وبمرور الوقت يتحول إلى نموذج D في عملية تسمى (المراسمة) ، وقد حدثت محاولات لاستخدام النسبة D إلى L في تحديد التاريخ (Dating) ولكنها فشلت ، لأن هذه النسبة تتأثر بعمليات ما بعد الدفن ، ولكن هناك تطبيقات لهذه النسبة :

■ نسبة D إلى L في حمض الأسبارتيك في الأسنان تدل على العمر عند الوفاة ، ولكن نسبة الخطأ هي في حدود ± 15 سنة .

■ درجة (مراسمة) حمض الأسبارتيك ذات صلة بدرجة حفظ الدنا ، فبعد مرحلة معينة من مراسمة هذا الحمض لا يوجد دنا صالح للتكثير . وعلى هذا فإن مراسمة حمض الأسبارتيك تقيم مدى الاعتماد على استعادة الدنا القديم والتأكيد على سلامة النتائج .

وفي الفصل الخاص بالغذاء أوردنا أهمية المعلومات التي نحصل عليها ، عند تحليل العناصر النادرة والنظائر المشعة ، في العظام والأسنان ودورها في تحديد أنماط الغذاء القديمة .

تحديد التاريخ

تحديد التاريخ (dating) هو وضع الأحداث عبر الزمن ، وأرجو ألا أكون مخطئاً لو أطلقت عليه تعبير (التأريخ) . والتأريخ قد يكون نسبياً ، عندما يحدد تاريخ الأشياء بالنسبة إلى بعضها ، ولكنه لا يعطي تاريخاً محدداً دقيقاً ، أو يكون مطلقاً وهو الذي يعطي الأشياء والأحداث تاريخاً توقيتياً دقيقاً .

التأريخ النسبي قد يعتمد على المعلومات الجيولوجية مثل دورة الصخور ، وعلوم طبقات الصخور الرسوبية ، أو يعتمد على المعلومات الأركيولوجية ، مثل علم تراكم الطبقات الأركيولوجية الذي يعتمد على أن الطبقات السفلي في موقع أثري هي أقدم من الطبقات الأعلى ، ويمكن دمج المعلومات الجيولوجية مع المعلومات الأركيولوجية عند مقارنة مواقع مختلفة . وهناك أيضاً نظام التسلسل أو التتابع ، الذي ابتكره سير وليام فليندرز بيري سنة ١٨٩٩ ، وطبقه على الأعمال الفخارية ، عندما لاحظ أن نمط صناعة الفخار تتغير مع مرور الزمن ، بعضها يسود ، ثم يزوي وتقل شعبيته في فترات متتابعة من الوقت .

أما التأريخ المطلق فهو يتكون من ثلاثة عناصر : نقطة بداية محددة، نقطة نهاية محددة ، ومعدل معروف عبر النقطتين ، ومن أهم وسائله طرق قياس التاريخ الإشعاعية ، التي تعتمد على خاصيتي النشاط الإشعاعي والتحلل الإشعاعي ، وهناك

أيضاً وسائل غير إشعاعية لقياس التاريخ مثل الظواهر الجيولوجية مثل معدلات التحات والتعرية ، وتراكم الطبقات الأرضية وتراكم بعض العناصر ، مثل تتابع تراكم طبقات الجبس (سلفات الكلس) وكربونات الكلس المتبلور ، وتراكم الفلورين في العظام كلما زاد عمرها بعد الموت ، فتنحول مادة الهيدروكسي أباتيت في العظام إلى فلورو أباتيت .

هناك طرق بيولوجية للتأريخ المطلق مثل معدل نمو حلقات الأشجار ، وهو العلم الذي أرسى قواعده (دوجلاس) في بداية القرن العشرين ، عندما لاحظ اختلافاً في عرض حلقات النمو السنوية في أشجار الصنوبر الصفراء ومثل دراسة وقياس معدل نمو الشعاب المرجانية .

اكتشف العلماء منذ أربعينيات القرن الماضي أن الأشعة الكونية في طبقات الجو العليا ، قادرة على تحويل النيتروجين ١٤ (ن ١٤) إلى كربون ١٤ (ك ١٤) وهو نظير نشط إشعاعياً . والكربون المشع وغير المشع يتحدان مع الأوكسجين ليكونا ثاني أكسيد الكربون الذي يصبح جزء من الغلاف الجوي ، ويدخل النباتات أثناء تنفسها والحيوانات عن طريق غذائها على هذه النباتات ، كما يصل إلى المحيطات أثناء تبادلها الغازي مع الغلاف الجوي . وعندما تموت الشجرة (تتوقف عن التنفس) أو يموت الحيوان أو الإنسان (يتوقف عن التغذية) تتوقف هذه المخلوقات عن التعامل مع ثاني أكسيد الكربون ولكن ك ١٤ يتحلل ببطء ، في حين يبقى ك ١٢ مستقراً كما هو . وإذا توافرت المعلومات عن نسبة وجود ك ١٢ وك ١٤ ومعدل انحلال ك ١٤ ، فيمكننا معرفة عمر (الكربون المشع) في المادة المتاحة للبحث . ومعدل تحلل ك ١٤ يعرف بمدة نصف الحياة وهي ٥٧٣٠ سنة ، أي أن المادة التي تحتوي على جرام واحد من ك ١٤ ، كانت تحتوي على ٢ جرامين من ك ١٤ منذ ٥٧٣٠ سنة مضت . وقد نال (ليبي) جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٦٠ ، عن أبحاثه في التأريخ بالكربون المشع ، وتدعى المعامل التي تستخدم تقنية انحلال الكربون ، أنها تستطيع باستخدام عدد من الجرامات من الكربون أن تصل إلى دقة تصل إلى ± ٤٠ إلى ٥٠ سنة ولمدة تعود إلى ٣٠ إلى ٤٠ ألف سنة ، أما المعامل التي تستخدم أسلوب الاسبكترومتر الكتلي المتسارع (AMS) ، فهي تباهي بأنها تستخدم فقط عدة مليجرامات من الكربون بدقة تصل إلى ± ٨٠ إلى ٤٠٠ سنة ، ولمدة تعود في أقصاها إلى ٤٠ ألف سنة .

ويجب طرق استخدام الكربون المشع أنها تعتمد على أن نسبة التحلل ثابتة ، وأن معدلات تحلل ك ١٤ وتكونه كانت ثابتة وهذا غير مؤكد ، كما أن بعض عناصر

التأريخ بواسطة الكربون المشع:

التربة قد تؤثر على الكربون وتلوثه ، وعلمنا في فصول سابقة أن بعض النباتات تتعامل مع ك ١٤ بمعدلات مختلفة عن نباتات أخرى .

وهناك طرقاً أخرى للتأريخ تعتمد على نظائر أخرى نذكر منها : اليورانيوم - ثوريوم إلى هيليوم - رصاص ، والبوتاسيوم ٤٠ إلى الأرجون ٤٠ ، وروبيديوم ٨٧ إلى سترونشيوم ٨٧ ، وهناك نظم الانشطار التلقائي لليورانيوم ٢٣٨ ، كما يستخدم أسلوب التوهج الحراري في التعرف على العمر المطلق للفخار ، لا يعتمد على المقارنة مع مواد مشابهة مثل طريقة تميؤ الأوسيدان . والتوهج الحراري ينتج من جزء من الطاقة المنبعثة عن التحلل الإشعاعي في المعدن وحوله ، يتم تخزينه في صورة إلكترونات محبوسة ، وتنطلق هذه الطاقة في صورة ضوء عند التسخين الشديد ، الذي يطلق الإلكترونات التي تتحد مع أيونات الذرات المرتبة شبكياً في البلورات . ومقدار التوهج الحراري يعادل التوهج الحراري الذي تراكم في الفخار منذ تم حرقه في العصور القديمة .

المراجع

أ- المراجع العربية:

- ١) المعجم الطبي الحديث : بشاي ، ميلاد . مكتبة الأجلو المصرية ١٩٨٦ .
- ٢) تراث مصر : تحرير جيه . آر . هاريس . ترجمة : بدير ، صالح . المجلس الأعلى للأثار (مصر) ٢٠٠٤ .
- ٣) الديانة المصرية القديمة : تشرني ، ياروسلاف . ترجمة : قدرى ، أحمد . المجلس الأعلى للأثار (مصر) ١٩٨٧ .
- ٤) الطب المصري القديم : كمال ، حسن . المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر .
- ٥) نبش الماضي ، علم الأثار القديمة والبحث عن الدنا ، القديم : مارتن . ترجمة : مستجير ، أحمد . دار العين ٢٠٠٣ .
- ٦) الشفرة الوراثية الإنسان ، القضايا العلمية والاجتماعية لمشروع الجينوم البشري . تحرير : كيفلس ، دانييل وهود ، ليروي .

ب- المراجع الاجنبية:

- 1) Browthwell, D. R.: Digging up Bones. British Museum (Natural History). 1963.
- 2) Elliot-Smith, G. and Dawson, W. R.: Egyptian Mummies. Kegan Paul International London and New York. 1991.
- 3) Encyclopaedia Britanica. Macro paedia. 5. Pages 496-513. Fifteenth Edition. 1982.
- 4) Mann, R. and Murphy, S.: Regional Atlas of Bone Diseases. Charles C. Thomas. 1990.
- 5) Ikram, S. and Dodson, A.: The Mummy in Ancient Egypt. The American University in Cairo Press. 1998.
- 6) Ikram, S. and Iskander, N.: Non-Human Mummies. The Supreme Council of Antiquities Press Cairo. 2002.
- 7) Nunn, F. J.: Ancient Egyptian Medicine. British Museum Press. 1997.
- 8) Reeves, N. : The Complete Tutankhamun. The American University in Cairo Press. 1997.
- 9) Szymanska, H. and Babraj, K.: Mummy. Polish Academy of Arts and Sciences. Cracow, 2201.
- 10) White, T. D.: Human Osteology. Academic Press. 2000.