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 فوضي 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 بأخر ، 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 ببلايين المرات .

ولقد تغير منذ ستينيات القرن العشرين إدراك الأركيولوجيين لما ينقبون عنه ، لقد تأكدوا أن رسابات التربة ، وشظايا الأواني الفخارية ، والبقايا الحيوانية والنباتية ، وغيرها مـــن الحطام الذي كانوا يتخلصون منه في السابق ، قد تحفظ داخلها والنباتية ، وغيرها من الحطام الذي كانوا يتتخلصون منه في السابق ، قد تحفظ داخلها آثاراً صريحـة عن بنيتها المعقدة يستمر لآلاف السنين بـل 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 الأركيويوجي وما يمكن أن يكشف لنا عنه ، فلقد طالما اهتم العلماء بالخلايا داخل الكائنات الحية ، وبالتركيبات تحت الخلوية داخل هذه الخلايا ، وهي التركيبات التى تشكل ميكانيكا الحياة ، وها هم يتتحولون إلى مرحلة أبعد ، إلى الجزيئات التي تجعل هذه التركيبات تعمل ، وتضم هذه الجزيئات المواد الكربوهيدراتية والدهنية التي تزود عمليات الحياة بالطاقة ، والبروتينات التي تتبى الأسلحة الحية وتنظم العمليات البيولوجيا ، والجزيئات التي تشفر لهذا كله : ال (د ن ا) في كل خلية .

ال (د ن ا) : الدنا :

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 الذى 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 .

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

وكل أنواع (الدنا) تتركب من نفس النيوكليتيدات الأربعة : أدنين (A) ، ثايمين (T) ، جوانين (G) ، وسيتوزين (C) ، ولكن هذه النيوكليتيدات 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 نيوكليتيدات الأدنين والثيميدين متساوية كذلك الأمر بالنسبة للجوانين والسيتوزين . أي أن A/T = ١ ، G/C = ١ تقريباً .

ويتكون النيوكلوتيد من ثلاثة أجزاء: سكر خماسي الكربون (دي أكسيريبوز) ، 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 (البايريميدينات) أو ثنائية الحلقة مثل الأدنين والجوانين في (البيورينات) وعندما تتصل النيوكليتيدات في جديلة (خيط) الدنا ، فإن مجموعة الفوسفات التي تتصل بذرة الكربون رقم خمسة (برايم خمسة) في قاعدة سكرية ، تتصل بالذرة رقم ثلاثة في القاعدة المجاورة ، والخيط 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 للداخل ، وأثبت (واطسن وكريك) أن نموذج الدنا يتكون من خيطين (جديلتين) يأخذان شكل سلم ، قائميه هما العمود الظهري الفوسفاتي السكري ، ودرجاته من القواعد ، وأن الأدنين يقابل الثايميدين 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 جزئى 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

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

ويتكون الجينوم من مجموع الجينات ، أي كل الدنا الموجود في أي خلية من خلايا الفرد ، وفي عام ١٩٧٧ ابتكر العلماء وسيلة لتحديد تتابع النيوكليتيدات 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 الجزيئية :

١- إنزيمات التحديد :

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

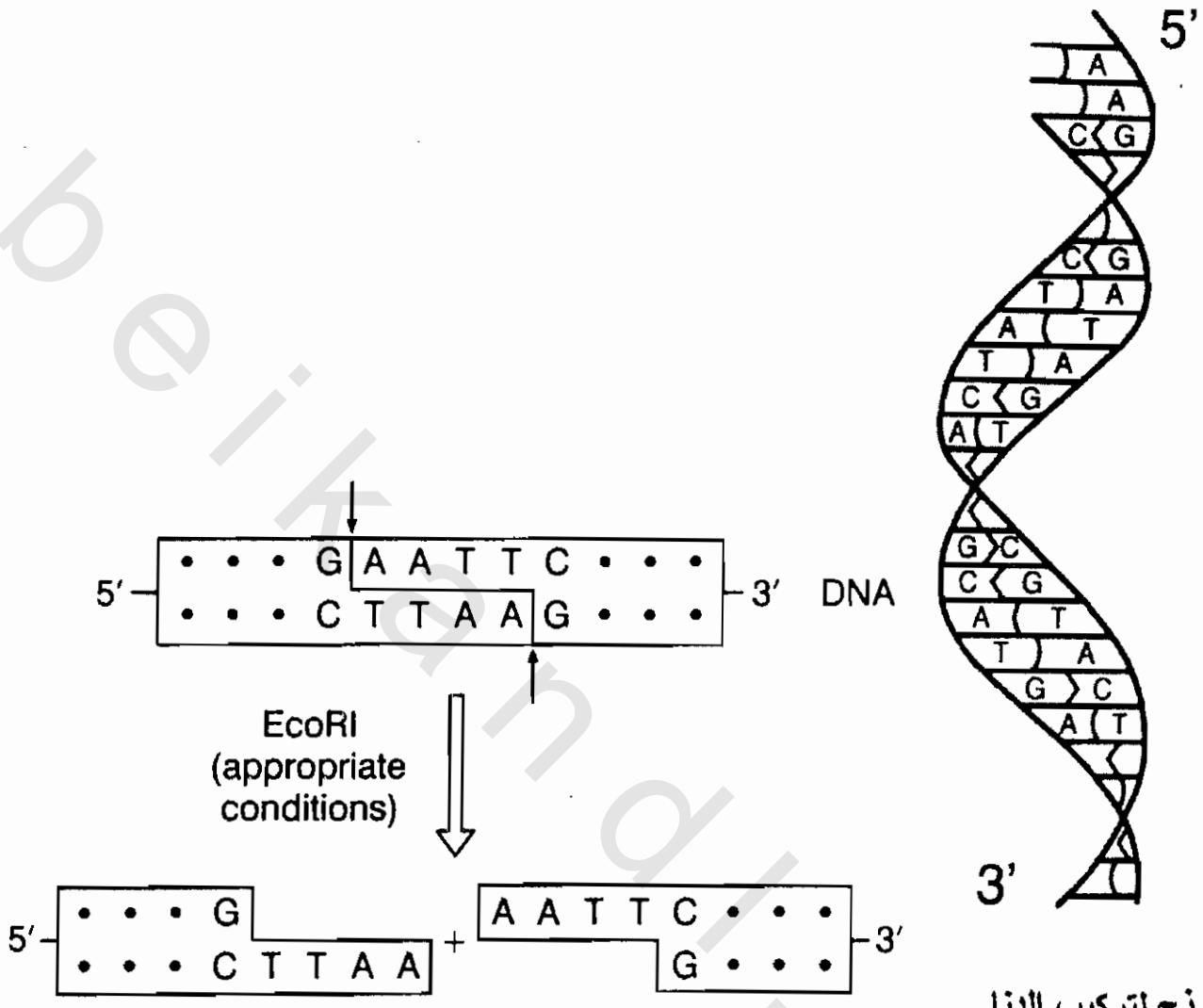
٢- التفريد الكهربى :

يستخدم التفريد الكهربي ، في فصل الجزيئات الكبيرة (مثل الدنا والبروتين) في مزيج من جزئيات متشابهة ، بتمرير تيار كهربي في وسط من (جل الأجاروز) ، فتتحرك الجزيئات خلال الوسط بسرعات مختلفة تبعاً لحجمها والشحنة الكهربية 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 الكهربي مع إنزيمات التحديد ، الذي تقطع الدنا إلى أجزاء اذات أحجام مختلفة ، وعند تفريدها كهربياً ، ثم صبغها ببروميد الإثيديوم ، يمكن التعرف علي أجزاء الدنا المختلفة باستخدام الأشعة فوق البنفسجية .

٣- تفاعل البوليميريز المتسلسل (PCR) :

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



نموذج لتركيب الدنا

إنزيم التحديد يقطع الدنا فى نقطة تتابع محددة

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

وفى البداية يسخن محلول يحتوي على شطية الدنا والبادئتين والنيوكليتيدات ، 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 حديثتي التخليق بعد ذلك كقالب لجديلة أخرى ، وهكذا يتضاعف عدد الجدائل 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 وتباعد هذه التتابعات يساعد في تشكيل خريطة التتابع ذي العلامة .

٤- وصل الدنا (الدنا المطعم) Recombinant DNA :

عملية وصل الدنا هي عكس عملية تحديد الدنا ، ففيها يتم استخراج جين أو شظية من الدنا وتوصيلها بشظية من دنا غير بشري ، يسمي البلازميد ، والدنا الهجين الناتج في المعمل عن وصل قطع الدنا المطعم .

وتمر هذه العملية بالخطوات التالية :

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

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

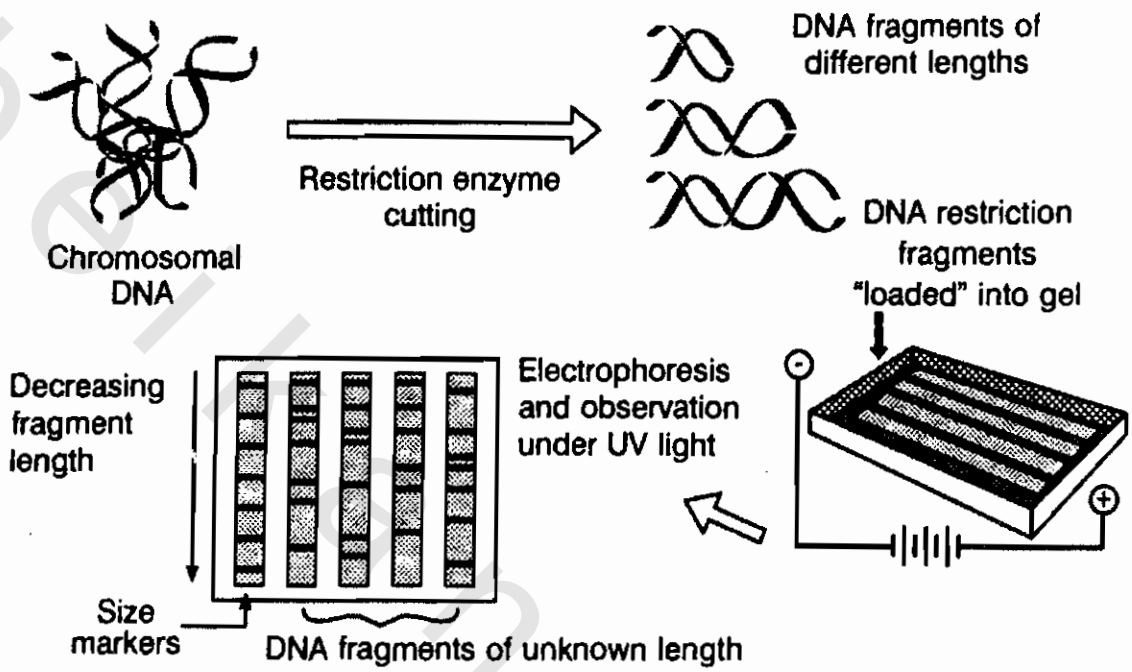
(٣) وصل الدنا المطلوب بالبلازميد باستخدام إنزيم الوصل (لايجيز) .

والبلازميد كيان من الدنا غير كروموزمي ، 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 كالجبن ، وتنظيف وفصل المواد العضوية في بعض الصناعات ، ومنها الصناعات الغذائية ، واستنباط محاصيل نباتية مقاومة للأمراض وذات انتاجية عالية .

٥- تتابع الدنا :

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



التفريد الكهربى للدنا باستخدام جل الأجاروز

ديديوكسي نيوكليوتيدات مختلفة ، فتتولد 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 والجنوبي : في هذه الطريقة يتم التعرف علي تتابع دنا أو رنا في خليط من دنا ورنا مختلفة . والتهجين الجنوبي يختص بالدنا ، والشمالي بالرنا ، وكلمة جنوبي تعود للعالم إدوارد سوذرن (جنوبي) الذي اكتشف الطريقة ، وفي هذه الطريقة تستخدم شظية مكملة من الدنا معملة 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 الإيستروجين في دراسة التئام العظام .

٧- الحيوانات عبر الوراثية : الحيوانات عبر الوراثية هي حيوانات تحمل خلاياها مادة وراثية مأخوذة من حيوان آخر ، فمثلاً قد تحمل الفئران عبر الوراثية 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 لانتاج نسخ عديدة من جين واحد أو من شظية دنا «كلونة الدنا» .

٩- بصمة الدنا : تستخدم التقنيات الحديثة في تفريد الدنا ، لتعطي صورة (دناوية) متفردة .

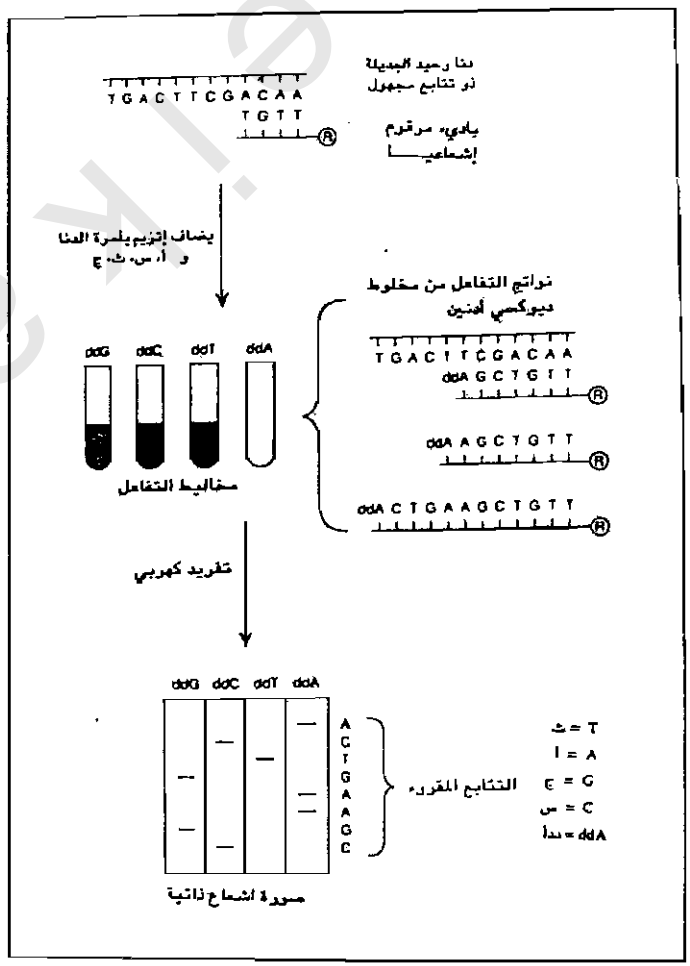
١٠- الدنا المصنع (تخليق الدنا) : يمكن الآن تصنيع جينات في المعامل ، من مزارع من البكتريا ، ويمكن لبعض المعامل التي تملك (آلات الجينات) أن تتحكم في إنتاج جدائل دنا قصيرة نسبياً ، في أي تتابع مطلوب وهذا (الدنا حسب الطلب) يستخدم في تجارب لصناعة البروتينات ، وبتغيير الشفرة باستبعاد أحد الأحماض الأمينية من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

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

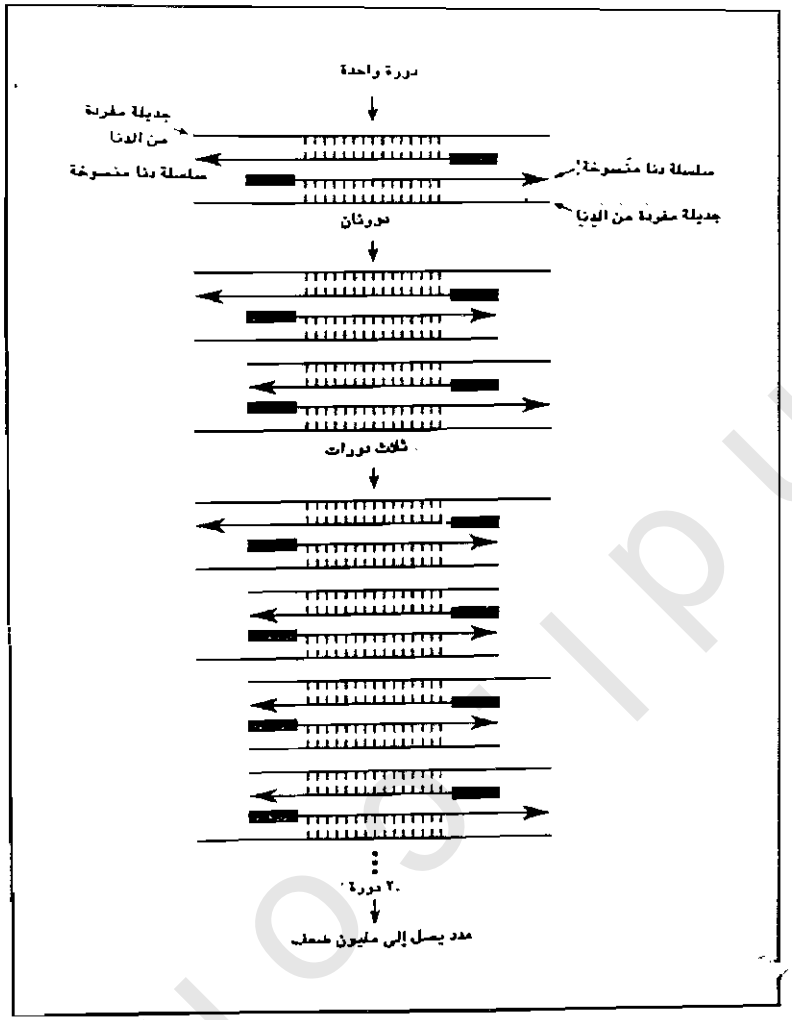
١٢- المسبر (المسبار) : جزيء وحيد الجديلة (خيط) من الدنا أو الرنا ، يمثل تتابع معروف معلم بالنظائر المشعة ، أو مناعياً ، وتستخدم المسابر في كشف تتابع قواعد مكملة عن طريق التهجين .

التطبيقات فى مجال الأركيولوجيا :

حتي 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 علي فحص الأحجام والأبعاد



تحديد التتابع الانزيمي للدنا باستخدام نوتيدات داي ديوكسي مرقومة إشعاعيا : تقنية فريدريك سانجر.



تضاعف الدنا عن طريق تفاعل البوليميريز المتسلسل.

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 الدي أكسيريبونيوكليك (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 ، وتجيب 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 أو لا ، ثم تؤخذ العينة من نقطة تعبر عن الحالة محل الشك ولهذا فإنه لا شيء يفوق الخبرة .
* يجب إتمام الوصف الدقيق ، وتصوير الصور الفوتوغرافية ، وعمل صور الأشعة ، قبل أخذ العينات ، لكى يتوافر سجل ثلاثي الأبعاد للبقايا التي يعثر عليها .

التلوث :

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

من مصادر أخرى بخلاف المصدر المعني بالدراسة ، فالبقايا الحيوية قد تتأثر بدنا من الكائنات الموجودة بالتربة ، والكائنات التي تتغذي علي 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 تتابعات لدا من عينات بشرية أو حيوانية عتيقة ، تعتبر بالمقاييس الحديثة «لا يعتمد عليها» . ولذلك لابد من إجراء البحوث في أكثر من جهة علمية مستقلة ، وهناك تقنيات تهدف إلى تقليل فرص التلوث والتعرف على التلوث (والملوث) إن حدث .

عمليات ما بعد الدفن (التافونومى) :

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 (السبحيات) التي يورث من الأم فقط ، أسهل من الحصول عليه من دنا النواة ، ربما بسبب كثرة عدد نسخ دنا السجيات التي يمكن الحصول عليها ، وتركيبها الحلقي الأصغر حجماً .

التطبيقات :

- تحديد (نوع) الفرد الذي جاءت منه العينة ، يمكن تحديد الذكر من الأنثي 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 تتابعات 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 علي القرابة** : يقدم الدنا وتحليلاته أفضل الأبحاث التي تحدد هوية البقايا الحيويـة . وتعتد الطريقة علـى فحص الدنا المعني 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 ، ولإيفانوف وفي كثير من حالات الطب الشرعي .

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 النياندرثال 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 علي 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 (تريبونيما الذي يسبب الزهري ، وتعرف عليه (رولو) كدنا سبحي حلقي كذلك تمكنت (جيرتى) من التعرف على الليبيدات التي تكون غلاف ميكروب (الميكوبكتريوم) الذي يسبب السل ، وهو غلاف يعجز الماء الأرضي عن إذابته وغسله .

وعثر على ميكروب الكلوستريديوم الذي يمكن أن يسبب التسمم البوتيوليني 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 (للشيستوزوم) 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 تنضج تقنيات الدنا ، كانت المعلومات عن مجاميع الدم من بين أهم المعلومات التى تساعد في تقسيم البشر إلى مجموعات ، بناء علي فروق طفيفة في التركيب البروتيني لمكونات معينة بالدم ، تنشأ بدورها مباشرة عن تباين وراثي ، ومن أهمها مجاميع ABO ، والبروتينات التي تسمى جلوبيولينات المناعة ، وتباينات زخرى 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 خرطنت بتفاصيل تكفي لمقارنات عالمية ، وجمع الوراثيون معلومات عن تباينات البروتين من نحو ٥٠٠ عشيرة بشرية من كافة أنحاء العالم ، وبدأوا في رسم خرائط تمثل الأصول العالمية للتنوع الوراثي 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) للسبحيات وتطبيق نفس المنطق الذي كان قد طبقه على الألبيومين، ومع تلميذته (ربيكا كان)، و(مارك ستونكينج) أن يتعقبوا الخطوط السبحية لكل البشر الأحياء إلى أنثى شائعة كانت تحيا منذ ٢٠٠ ألف عام في منطقة بافريقيا سموها (حواء الميتوكوندريا) ، أو أمنا السبحية .

الجينوم النباتي يوجد في ثلاثة أجزاء : دنا النواه ودنا الميتوكوندريا (السبحيات) ودنا الكلوروبلاست . ولا يعرف دنا نواة النباتات إلا مرقعاً ، وإن خرطنت 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 أسيا ، 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 والبقر والجمال ؟ وما هي الأصول التي تجمع بين هذه الحيوانات ، وغيرها من الحيوانات البرية أو المتوحشة ؟ وأين حدثت أول عمليات الإستئناس ؟ 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 .

الجزيئات الاخرى : تحدثنا في فصول سابقة عن الليبيدات والمعلومات التي يمكن أن نحصل عليها من تحليل بقايا الليبيدات حتى ولو كانت أقل من واحد على ميلون 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 والسليولوز ، 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 كصورتي المرآة : نموذج D

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 إلي L** في حمض الأسبارتيك في الأسنان تدل على العمر عند الوفاة ، ولكن نسبة الخطأ هي في حدود ± ١٥ 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 ألاَّ 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 بتري سنة ١٨٩٩ ، وطبقه على الأعمال الفخارية ، عندما لاحظ أن نمط صناعة الفخار تتغير مع مرور الزمن ، بعضها يسود ، ثم يذوي 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 علي 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 ، فتتحول مادة الهيدروكسي أباتيت في العظام إلي فلورو أباتيت .

هناك طرق بيولوجية للتأريخ المطلق مثل معدل نمو حلقات الأشجار ، وهو العلم الذي أرسي 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 .

التأريخ بواسطة الكربون المشع :

اكتشف العلماء منذ أربعينيات القرن الماضي أن الأشعة الكونية في طبقات الجو العليا ، قادر ة على تحويل النيتروجين ١٤ (ن ١٤) إلى كربون ١٤ (ك ١٤) وهو نظير نشط إشعاعياً . والكربون المشع وغير المشع يتحدان مع الأوكسجين ليكونا ثاني أكشيد 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 يبقي 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 ك١٤ يعرف بمدة نصف الحياة وهي ٥٧٣٠ سنة ، أي أن المادة التي تحتوي على جرام واحد من ك ١٤ ، كانت تحتوى 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 التى 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 فى أقصاها إلى ٤٠ ألف سنة .

ويعيب 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

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 الأوبسيديان . 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 الإلكترونيات 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 .

obeikandl.com

المراجـــع

أ - المراجع العربية :

١) **المعجم الطبي الحديث** : بشاي ، ميلاد . مكتبة الأنجلو المصرية ١٩٨٦ .

٢) **تراث مصر** : تحرير جيه . آر . هاريس . ترجمة : بدير ، صالح . المجلس الأعلى للآثار (مصر) ٢٠٠٤ .

٣) **الديانة المصرية القديمة** : تشرني ، ياروسلاف . ترجمة : قدري ، أحمد . المجلس الأعلى للآثار (مصر) ١٩٨٧ .

٤) **الطب المصري القديم** : كمال ، حسن . المؤسسة المصرية العامة للتأليف والترجمة والطباعة والنشر .

٥) نبش الماضي ، علم الآثار 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 الأجنبية :

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 OsteoIgy. Academic Press. 2000.

obeikandl.com