مقاومة المادة الوراثية الـDNA للتحلل العضوي واهميتها في علم الآثار

م. د. عمر رحيم خلف
جامعة سامراء – كلية التربية

المقدمة

تعد المادة الوراثية الأساس في إعطاء الكائن الحي لهويته فهي المسؤولة عن جميع الصفات التي يحملها سواء كانت صفات مظهرية او تشريحية او فسلجية، كما وتعمل على نقل تلك الصفات من الإباء الى الأبناء وعبر الأجيال المختلفة. اذ تمتاز هذه المادة بالثابتية والاستقرار فهي لا تتأثر بالعوامل البيئية بسهولة، كما وأنها موجودة في جميع خلايا الكائن وبشكل متساوي لذا فان تحليل أي جزء منه وفي أي مرحلة عمرية سوف تعكس حالته وعلى نحو دقيق. أضف الى ذلك قدرتها على كشف اعداد كبيرة من التباينات مما يجعلها مؤهلة لإيجاد أي اختلاف مهما كان طفيفا وبين أقرب الافراد بالإضافة الى قدرتها على تتبع تلك التغيرات عبر الأجيال. لذا هدف بحثنا الى معرفة اسباب مقاومة المادة الوراثية لعوامل التحلل العضوي عبر الازمان وما هي أنواع المادة الوراثية الـ DNA ضمن خلايا الكائنات الحية وما مصادر الحصول عليها وكيفية الاستفادة من خاصية مقاومتها للتحلل العضوي في مجال علم الاثار والتعرف عن بعض الاكتشافات والتطبيقات الناجحة في علم الاثار والتي اعتمدت في ذلك على مقاومة المادة الوراثية لعوامل التحلل العضوي ، مما يتيح الفرصة امام باحثينا لسبر اغوار المادة الوراثية والاستفادة منها في التنقيبات الاثرية لاسيما في بلد زاخر بحضاراته العريقة مثل العراق.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تركيب المادة الوراثية Structure of DNA

تتكون المادة الوراثية من سلسلة عديدة البوليمر على هيئة شريط ثنائي متحلزن مكونة من وحدات تدعى النكلوتيدات والتي يبلغ عددها ضمن المادة الوراثية في نواة الانسان بـ 3.250 مليار نكلوتيدة والتي تتكون بدورها من اتحاد سكر الرابيوز الخماسي منقوص الاوكسجين مع مجاميع الفوسفات والقواعد النيتروجينية. اثنان من هذه القواعد هي البايرميدينات Pyrimidines التي تحتوي على حلقة بنزين واحدة وهما الثايمين Thymine والسايتوسين Cytosine، اما القاعدتان النيتروجينيتان الاخريان فهما البيورينات Purines التي تحتوي على حلقتي بنزين وهما الادنين Adenin و الجوانين Guanine. عندما ترتبط القاعدة النيتروجينية مع السكر منقوص الاوكسجين فإنها تكون مركبا يدعى نيوكليوسايد Nuclosid وعند ارتباط سكر النيوكلوسايد مع مجموعة الفسفور يتكون ما يدعى بالنيوكليوتايد(ينظر الشكل رقم (١))[١]. والتي عند اتحادها مع بعضها نحصل على شريط من المادة الوراثية طوله 1.74 سم داخل نواة كل خلية من خلايا الانسان والبالغ عددها 100 بليون خلية. وهذا يعني ان طول المادة الوراثية في جميع خلايا الانسان تعادل طول المسافة بين الأرض والشمس والتي تقدر بـ $1.44 \times 10^{8-}$ كيلومتر[٢].

يتم الارتباط بين كل نكلوتيدة بالتي تليها من خلال اصرة تعرف بأواصر الفسفور ثنائية الاستر، ان اتجاهات ارتباط ذرة الكاربون الخامسة للسكر في النيوكليوتايد مع ذرة الكاربون الثالثة لنيوكليوتايد آخر تستمر على طول الشريط '3←'5 مما يولد قطبية معينة تعتبر مهمة جدا في التضاعف والوظيفة الوراثية، وتعد من الاواصر القوية جداً والتي تشكل العمود الفقري للمادة الوراثية مما يكسب الأخيرة مقاومة عالية للأضرار وخصوصا عوامل التحلل العضوي[٣]. كما تحتوي المادة الوراثية على نوع اخر من الاواصر والتي تربط شريطي المادة الوراثية مع بعضهما والتي تعرف بالأواصر الهيدروجينية وهي مرتبة بطريقة لا تنكسر فيها الرابطة الا إذا تعرضت الى طاقة حرارية عالية قد تصل الى 100م° وهو مالم يتوفر في الخلية ولكنه متوفر في المختبر، ويساعد ذلك في فصل شريطي المادة الوراثية عن بعضهما حيث تدعى عملية فصل الأشرطة باستخدام الحرارة العالية بالمسخ Denaturation[٤]. علاوة على ذلك توجد ضمن المادة الوراثية أواصر تعرف بالأواصر غير المحبة للماء وتقع بين السطوح الملساء للقواعد النيتروجينية مما يزيد من ثبوتية الجزيئة وكذلك تمنع الماء من الدخول كمنافس لتلك القواعد، بالإضافة الى كل هذه الاواصر يوجد العديد من الايونات الموجبة مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم الموجودة في السائل المحيط بالمادة الوراثية والتي تعمل على معادلة الشحنة السالبة للأخيرة وبالتالي تمنع انحراف السلسلة الوراثية بواسطة التيار الكهربائي وعدم استقرارها [١].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ولزيادة ثباتيه شريط المادة الوراثية وحماية جزيئته من التحطم بواسطة انزيمات التحلل النووي Nucleases فهو يعمل على لف نفسه حول بروتينات قاعدية تعرف بالهستونات اذ تلتف حوالي ١٤٦-١٦٠ زوج قاعدي من الشريط حول ثمان جزيئات من البروتينات الهستونية وهي H4,H3,H2A,H2B مكونا تركيب يعرف بالنيوكليوسوم Nucleosoe ، كما يعمل جزيء تاسع من البروتينات الهستونية وهو H1 على تثبيت اللفتين من الخارج مما يزيد من مقاومة الشريط للتحطم(٥).

تمتاز المادة الوراثية بسرعة رجوعها الى حالتها الطبيعية بمجرد زوال عوامل التحلل العضوي غير الطبيعة كالحرارة الضغط العاليين وارتفاع الاس الهيدروجيني والرطوبة وعودتها الى وضعها الطبيعي من خلال احتوائها على أنظمة اصلاح الاضرار مثل الإصلاح الضوئي Photoreactivation والإصلاح الاستئصالي Excision repair وإصلاح عدم التلاؤم Mismatch repair وغيرها من أنظمة الإصلاح التي تحتويها المادة الوراثية وهي بذلك تختلف عن اغلب المواد العضوية والتي عندما تمسخ وتتحلل لا ترجع الى وضعها الطبيعي(٥). كل هذه العوامل جعل من المادة الوراثية مقاومة لعوامل التحلل العضوي مما قلل من حدوث التغيرات والطفرات في تركيبها، اذ يقدر معدل الطفور فيها بـ $10^{-5} - 10^{-6}$ و هذا يعني قدرتها على المحافظة على تركيبها وقابليتها على نقل المعلومات الوراثية عبر الأجيال دون تغيير(٦).

المادة الوراثية القديمة (الدنا القديم) The Ancient DNA

يعرف الدنا القديم بانه الحمض النووي المعزول من العينات القديمة، اذ يوفر فرصة فريدة لإعادة بناء المسارات التطورية من خلال الجمع بين الخصائص المورفولوجية مع المعلومات الجينية من عينات الأنواع القديمة والتي يمكن مقارنتها مع الأنواع المعاصرة. وقبل تحليل الدنا القديم كان يعتمد في الدراسات التطورية والتصنيفية على المقارنة بين الأنواع المعاصرة للسكان مع العينات القديمة ومع ذلك فان مثل هذه الدراسات لا تغطي الا دراسات التاريخ التطوري في حين ان الاعتماد على عينات الدنا القديم يمكن استخدامه في جميع الدراسات (٧). يعزل الحمض النووي القديم من الانسجة القديمة كالعظام والاسنان والانسجة الأخرى، ومع ذلك فان التحقق من صحة الدنا القديم قد يعوق الاعتماد على بعض نتائج التحليل بسبب التلوث الذي قد يحصل في تركيبه (٧).

اشارت الدراسات الى ان استخدام الجزيئات الكيميائية في الخلية مثل البروتينات القديمة والتي تكون اقل استقرارا بسبب تعرضها للمسخ يقلل من أهميتها في تشخيص العينات القديمة (٨). لذلك اهتمت الدراسات التحقق من أسباب تلف الحمض النووي بتأثير الزمن ودرجة

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الحرارة وظروف الدفن [٩]. ونظراً للتقدم الحاصل في مجال البيولوجيا الجزيئي توضحت مسارات جديدة في حقل الدنا القديم تم من خلالها التعرف على طبيعة المادة الوراثية لأشباه البشر والمعروفين باسم Hominins واللبائن المنقرضة وأسباب اندثار تلك الكائنات[١٠].

تطبيقات الدنا القديم Applications of ancient DNA

ساهمت دراسة الدنا القديم في العديد من التطبيقات الناجحة بما في ذلك فهم الاحداث الوراثية ما قبل التاريخ والمتعلقة بتطور الجينوم البشري [١١]. ويمكن اجمال التطبيقات التي اعتمد فيها على الدنا القديم في مجال علم الاثار بالآتي:

أولا– ساعد الدنا القديم في اثبات العلاقة الوراثية بين اشباه البشر Hominins والانسان الحديث وإعادة بناء السلالات البشرية Phylogeny [١٢]. كما اكتشف بالاعتماد على الحمض النووي القديم وجود تداخل بين مجتمعي الانسان المعاصر وانسان النيادرتال [١٣].

ثانيا– فسر الاثار والاحداث البيئية المختلفة على اتجاهات هجرة الانسان وعلى النظام البيئي بشكل عام [١٤]. فقد وجد الباحثين حصول هجرات من سيبيريا الى أمريكا الشمالية قبل ٥٥٠٠ عام بالاعتماد على الدنا القديم المعزول من مومياء رجل الاسيكمو والذي عثر عليه في جزيرة جرينلند والذي يعتقد انهم الأجداد الأصليين الذين انحدر منهم سكان أمريكا المعاصرين وشعب الاينويتInuit(الاسكيمو) [١٥].

ثالثا– ساعد على فهم ودراسة التفاعلات بين مختلف البشر واجدادهم المنقرضين [١٦].

رابعا– لعب الدنا القديم دورا فعالا نحو فهم الديناميات الاجتماعية ما قبل التاريخ باستخدام مؤشرات الدنا ومنها تكرار التتابعات القصيرة الترادفية Short Tandem Repeats (STRs) والتعدد الشكلي للنكلوتيدات المفردة Single Nucleotide Polymorphism (SNP) [١٧]. اذ تمكن علماء الاثار المصريون بمساعد علماء الأنثروبولوجيا والوراثة الجزيئية من تحديد طبقات العمال الذين بنوا الاهرامات من خلال التعرف على طبيعة المادة الوراثية لهم والتي تم استخراجها من بقايا العظام والاسنان. كما استطاعوا التعرف على طبيعة غذاء أولئك العمال من خلال مادتهم الوراثية، اذ من المعروف ان ترتيب معلومات المادة الوراثية يكون استجابة للتغيرات المحيطة بالكائن. فالأفراد الذين يعتمدون على المصادر النباتية في غذائهم وهم طبقات العمال الدنيا كان ترتيب المعلومات الوراثية لديهم مغاير لما هو علية الحال في الافراد الذين يعتمدون في غذائهم على المصادر الحيوانية وهم رؤساء العمال والمهندسين[١٨].

خامسا– اعطى نظرة ثاقبة للعلاقة بين مختلف الظواهر وللانتخاب الحاصل في السكان عبر العصور باستخدام تقنية SNP، فقد ساعد الدنا القديم من خلال بقائه عبر العصور وعدم تأثره بعوامل التحلل العضوي على نقل صورة عن الانسان القديم وما كان عليه من هيئة ومواصفات

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

مظهرية وتشريحية قد يمتاز بها افراد حضارة معنية والتي قد تؤدي الى ازدهار حضارتهم ، مقارنة مع اقوام اخرين من حضارات أخرى أدت العاهات المرضية والتشوهات الخلقية والمنقولة من خلال المادة الوراثية الى زوال تلك الحضارات ودمارها [١٨] .

سادسا– ساهم الدنا القديم في فهم اليات الفوعة والمسببات المرضية التي كانت شائعة في مناطق معينة او في عصور قديمة دون غيرها [١٩]. فقد امكن التعرف على نوع من بكتريا السل *Mycobacterium tuberculosis* في سكان مصر القديمة وفي مراحل مبكرة من عمر مملكة ابيدوس Abydos ، اذ تم التعرف على سلالات من هذه البكتريا في عشرة مقابر مختلفة وهذا لا يدعم فقط التنوع الحاصل في هذه البكتريا وانما يدعم قوة تركيب الدنا في محافظته على تركيبه وايصال تلك المعلومات الى الوقت الحاضر[٢٠]. كما تم اكتشاف تفشي مرض اللشمانيا الاحشائية *Leishmania donovani* في سكان مصر القديمة وسكان النوبة العليا Upper Nubia بالاعتماد على الدنا القديم المتحصل عليه من مومياوات يتراوح عمرها حوالي ٤٠٠٠ سنة[٢١]. وقد نجح العلماء في تشخيص التسلسل الجيني لطفيلي المثقبات الكروزية *Trypanosoma crusi* والتي تسبب داء شاغاس من مومياوات تم العثور عليها في جبال الانديز والتي قدر عمرها بحوالي ٤٠٠٠ سنة، مما يدعم قدرة الدنا القديم كونه مادة بيولوجية تقدم تقرير تقريبي عما جرى في الماضي[٢٢].

سابعا– ساعد في الإجابة على بعض الأسئلة التاريخية وتحديد الصلات الاسرية للشخصيات التاريخية، فقد اعتمد على المادة الوراثية في معرفة افراد السلالات الحاكمة في مصر القديمة من خلال تحليل المعلومات الوراثية والتي بقيت ثابتة دون تغيير على الرغم من بقاء تلك المومياوات مطمورة لألاف السنين. اذ من المعروف ان الابن يأخذ نصف معلوماته الوراثية من الاب والنصف الاخر من الام مما ساعد العلماء في تشكيل أشجار النسب الخاصة بتلك السلالات وارجاع الأبناء الى ابائهم الحقيقيين. كما سهل على العلماء معرفة التسلسل الزمني لتولي تلك السلالات مقاليد الحكم في مصر القديمة[٢٣].

تفسخ المادة الوراثية الـDNA بعد الوفاة في العينات القديمة

The DNA decay in archeological samples

عرف التافونومي Taphonomy بانه عملية تدهور وتحلل الكائن الحي بعد الموت، اذ بمجرد وفاة الكائن الحي تبدأ عملية تدهور وتحلل المادة الوراثية ذاتيا، من خلال انزيمات التحلل النووي Nucleases بالتزامن مع الانحلال الذاتي في كل الجسم من حيث النشاط الايضي والتركيب الخلوي. لذا يبدا الدنا بسرعة بعملية اصلاح نفسه من الضرر الحاصل لحفظ معلوماته

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الوراثية، اذ من مميزات الدنا هيكله القوي او ما يعرف بعموده الفقري Back bone والذي يوفر لهذه الجزيئة الاستقرار الكيميائي مقارنة بأقرب أنواع المواد الوراثية الأخرى والمتمثلة بالـRNA لذا يسارع الدنا في اصلاح هيكله من الاضرار [٩].

ينتج التدهور الحاصل بعد الموت في تركيب المادة الوراثية بشكل رئيسي من خلال تفاعلين مهمين هما التحلل المائي Hydrolysis والاكسدة Oxidation. اذ يعمل التحلل المائي على إزالة البيورينات من العمود الفقري لسلسلة الدنا مما يؤدي الى تدمير وكسر جزيئات الحمض النووي [١١]. اما الاكسدة فتحدث في العديد من المواقع الفعالة ضمن تركيب الدنا مثل مواقع القواعد النيتروجينية ومواقع ارتباط سكر الرايبوز منقوص الاوكسجين – مجموعة الفوسفيت المكونة للعمود الفقري بوجود الاوكسجين [٢٤].

تعرقل هاتان العمليتان استرجاع التسلسل الصحيح للمادة الوراثية وتحدان من تصحيح الاضرار مما يودي الى توقف انزيم التضاعف DNA polymerase باستخدام تقنية الـPCR ، كما ان إزالة مجموعة الأمين من السايتوسين والتي غالبا ما تكون شائعة سواء في الدنا القديم او الحديث تؤدي الى عدم تصحيح وإدخال القواعد النيتروجينية اثناء التضاعف بالـPCR. وقد لوحظ ان شظايا الدنا الناتجة بسبب الكسور في شريط الدنا قد تسبب توقف عملية التضاعف بالـ PCR في مرحلة المسخ مما ينتج شظايا صغيرة لا تكون مستقرة اثناء التضاعف [٢٤].

المحافظة على الدنا القديم في العينات القديمة

The ancient DNA preservation in archeological samples

لازال الاعتماد بشكل واسع وفعال على الدنا للتعرف على الكثير من الحقائق والاسرار في العصور الماضية على الرغم من الاضرار التي قد تتراكم تدريجيا عبر تلك العصور. وقد لاحظ العلماء ان اغلب تلك الاضرار ناتجة بفعل ظروف الدفن والمحتوى الملحي والتعرض للإشعاع وتوافر الاوكسجين الحر والماء، علاوة على ذلك فان تغير درجة الحموضة في البيئة قد يساهم في حدوث تلف المادة الوراثية[٢٥]. لذا اكدت الدراسات على وجود عدة عوامل يجب تحققها لإدامة وبقاء الدنا دون تفسخ او تحلل ومنها وضع العينات العضوية في بيئات تمتاز بظروفها المعتدلة من تركيز الملح ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة مما يزيد من عمر الدنا الى مدة قد تصل الى ١٠٠٠٠٠ سنة. فقد لوحظ ان حفظ تلك العينات في درجات حرارة منخفضة وتركيز ملحي عالي سوف يعمل على تحطيم انزيم التحلل النووي Nuclease. كما ان تقليل درجة الرطوبة من ٥–١٠ درجات سوف يقلل من معدل تدهور الدنا وذلك عن طريق زيادة القوة الايونية [٩].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

علاوة على ذلك فان امتزاز المادة الوراثية لمادة الهيدروكسبيتوت Hydroxyapatite يمكن ان يخفض مستوى التحلل من خلال تقليل مستوى حذف البيورينات مما يزيد من فرصة استرداد الدنا لوضعة الطبيعي، ومع ذلك يمكن ان يقال بان تحلل الحمض النووي الدنا هو اقل من غيره من المركبات العضوية داخل خلايا الكائنات الحية [٢٦].

مصادر عزل الدنا القديم Sources of ancient DNA isolation

غالبا ما يتم الحصول على الدنا القديم من الهياكل العظمية الصلبة والتي تمتاز بمقاومتها لعوامل التحلل العضوي والتي يكون لها دور بالغ الأهمية في البحوث الاثرية. فقد استخلص الدنا القديم من جميع انسجة الجسم الصلبة والمقاومة لعوامل التحلل مثل العظام والاسنان والشعر، الا ان كمية الدنا المستخلص ونقاوته كانت متباينة بين نسيج واخر. وقد اكدت الدراسات ان أكثر الانسجة التي يمكن الحصول من خلالها على أكبر كمية من الدنا وأكثرها نقاوة هي ملاط الاسنان Teeth cementum. اذ كانت نسبة الدنا المعزول اعلى بخمس مرات مقارنة بباقي الانسجة، مما يجعله غني بالمادة والوراثية ويرجح كفته كأفضل عينة للمواد البشرية القديمة تعطي دنا خالي من الشوائب والاضرار الناتجة عن البيئة [٢٧]. يرجع السبب في كون الاسنان النسيج الاوفر حظا لعزل عينات دنا منه اقل ضررا مقارنة بباقي اجراء المومياوات الى وجود طبقة المينا والتي تعمل على حماية الدنا من الظروف البيئة المختلفة، كما تعمل هذه الطبقة على تقليل مسامية الاسنان مما يجعله اقل عرضة للتلوث، مقارنة بالعظام والتي تكون ذات مسامات أكبر مما يجعل محتواها من الدنا أكثر قابلية للتلوث [٢٨]. كما ان استخراج الدنا القديم من نسيج العظم يتطلب إزالة جميع المكونات الخلوية من بروتينات وغيرها ومن ثم إزله الكالسيوم منه وسحقه مما قد يودي الى حدوث تأثير سلبي على العينات المعزولة وبالتالي تلفها[٢٨].

انواع المادة الوراثية الموجودة خارج النواة واهميتها في علم الاثار

The type of genetic material outside the nucleus and its importance in archeology

تضم الخلية بالإضافة الى المادة الوراثية الموجودة ضمن النواة مواد وراثية أخرى تقع خارج النواة أي في سايتوبلازم الخلية والتي قد تلعب دورا محدودا في الكشف عن التباينات بين الافراد بسبب صغر حجمها، مما قد ينعكس على اهميتها في التعرف على ما مر به الكائن الحي من تغيرات عبر الزمن [٢]. ومن اهم تلك المواد الوراثية التي تقع خارج النواة هي المادة الوراثية للمايتوكندريا Mitochondrial DNA(mtDNA) والمادة الوراثية للبلاستيدات Plastids DNA (ptDNA)، اذ يختلف الحامض النووي في النواة Nuclear DNA(nDNA) عن كلى

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الحمضين النوويين في المايتوكوندريا والبلاستيدة، في ان الاخيرين يتعرضان للمطفرات بشكل اكبر مقارنة بالحامض النووي في النواة والذي يكون محميا بالبروتينات التي يلتف حولها وهي البروتينات الهستونية Histone proteins بينما لا توجد مثل هذه البروتينات في كلى الحامضين، بالإضافة الى ذلك فان للمادة النووية في النواة نظام اصلاح DNA-Repair system يعمل على اصلاح الاضرار التي تسببها المواد المختلفة ، بينما لا يوجد مثل ذلك النظام في كلى الحمضين مما يجعل من مادتهما الوراثية اكثر عرضة وحساسية للمواد المسببة للسمية الوراثية من المادة النووية في النواة [٢٩].

دنا المايتوكندريا Mitochondrial DNA (mtDNA)

تحتوي المايتوكوندريا على DNA من نوع خاص وكذلك الحال بالنسبة لعمليتي التضاعف والترجمة. فقد تبين ان الجينوم المايتوكونديري في اللبائن ذو شكل دائري مغلق وهو عبارة عن شريط ثنائي محلزن، يحتوي على من ٢-١٠ نسخ من الجينات. في الابتدائيات يتكون mtDNA من ١٥،٠٠٠-١٨،٠٠٠ bp وهذا الطول ضروري لحمل المعلومات الاساسية لعمل المايتوكوندريا[٣٠].

يتركبmtDNA في الانسان من bp١٦,٥٦٩ ، حيث ان ترتيب هذه النيوكليتيدات واضح ومعروف. اما الكائنات الاخرى مثل الخمائر والنباتات الراقية فان جزيئاتmtDNA فيها أكبر بمقدار من ٥-٢٥ مرة مقارن بالحيوانات[٣١].

يحتوي mtDNA في اللبائن على (٣٧) جين تشفر لنوعين من rRNA وهما (16Sو1S) كما ويشفر لحوالي (٢٢) نوع من tRNA وهي معنية بنتاج البروتينات التي تحتاجها المايتوكوندريا في عملها(ينظر شكل رقم (٢))[٣٢].

يحكم توارث المايتوكوندريا في الحيوانات نمطين اولهما تيم عن طريق انتقال دنا المايتوكوندريا mtDNA من الام بشكل خاص الى ابنها، اذ ينتقل mtDNA من الخلية البيضية للام الى البيضة المخصبة Zygote المكونة للجنين وتقدر كمية mtDNA المنقولة من الام بـ^{3}١٠ اكثر من خلية الحيمن . ففي الانسان تساهم الانثى فقد في نقل mtDNA الى الخلية الجديدة [٣٢]. اما في الفئران فيحدث تسرب قليل لـ DNA المايتوكوندريا لخلية الحيمن الى البيضة المخصبة ، بينما لوحظ في بلح البحر Mussels دورا واضحا للاب في نقل mtDNA الى الخلية الجديدة [٣١].اما النمط الثاني للتوارث فيحدث من خلال البلازما المأخوذة من حيوان مختلف عن النسيج Heteroplasmy والذي يعكس التعدد الشكلي ploymorphism في الافراد، أي ان الفرد يحمل عدد من اليلات (mtDNA) الحيوية والتي يحضر لاختلاف في انسجة الجسم [٣٣].

لقد تمت الاستفادة من هذا النوع من الدنا في مجال علم الاثار من خلال تحديد القرابة الوراثية

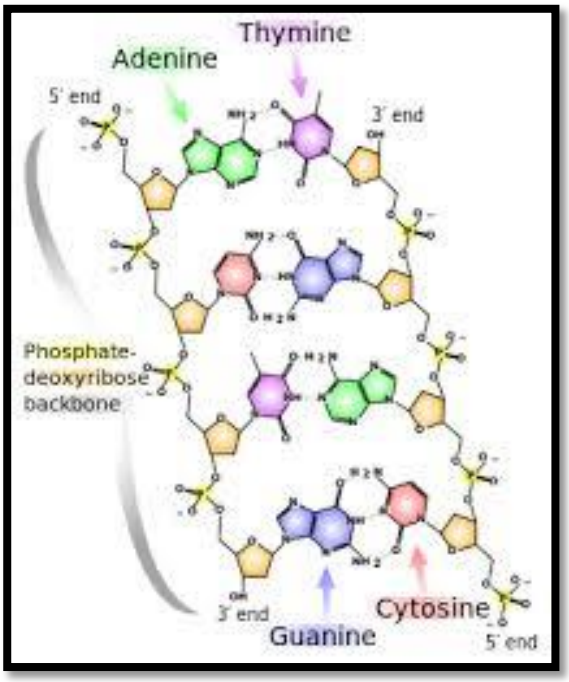
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

بين حيوان الماموث *Mammuthus* المنقرض وحيوانات الفيلة المعاصرة سواء كانت الفيلة الاسيوية نوع *Elephas* اوالفيلة الافريقية نوع *Loxodonta* [٣٤]. كما تم تحديد عائلة القيصر الروسي رومانوف والذ تم تصفيته وجميع افراد اسرته في عام ١٩١٨ وتم دفنه في احدى غابات روسيا ، وفي عام ١٩٩١ تم العثور على تسعة هياكل عظمية في غابات مدينة اكتونبورغ الروسية ومن خلال دنا المايتوكندريا وبالاعتماد على تقنية STR تم تحديد جميع افراد الاسرة الملكية(ينظر شكل رقم (٣))[٣٥] .

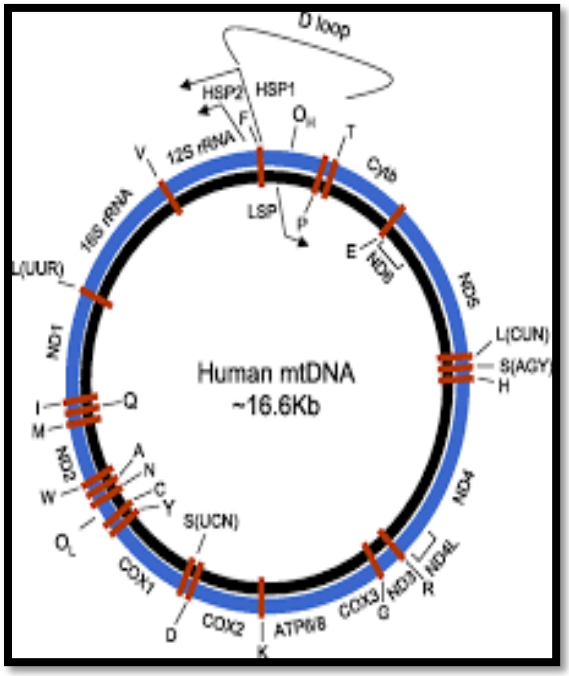
دنا البلاستيدي(Plastids DNA (ptDNA

اكتشف هذا الحامض نتيجة لوجود انحرافات وراثية عن النسب المندلية في بعض النباتات كما هو الحال في نبات الساعة الرابعة حيث كان هناك تدرج في ألوان الأوراق النباتية وكذلك وجود تبرقش في حاملات البذور لنباتات أخرى. وعلى الرغم من توفر تفاصيل كاملة عن هذا الحامض النووي الا انه لوحظ وجود العديد من النسخ من داخل البلاستيدة. تتراوح هذه النسخ بين ٣٠-٦٠ نسخة بينما تحتوي بعض أنواع الطحالب على حوالي ١٠٠ نسخة في كل بلاستيدة خضراء. يبلغ حجم الحامض النووي البلاستيدي ما يكفي لتشفير حوالي ١٢٦ بروتينا، الا انه وجد بان حوالي ١٢% فقط تتابعاته كافية لتشفير محتويات البلاستيدة. وقد بينت الدراسات إمكانية تمثيل البروتينات داخل البلاستيدات مما يدل على امتلاكها نظاما كاملا لتصنيع البروتينات. وهذا يبين ان الدنا البلاستيدي ربما يحتوي على مناطق مشفرة أكثر مما موجود في الدنا المايتوكونديري الا ان تضاعفه واستنساخه لايزال غير واضحين (ينظر شكل رقم (٤))[٣]. لقد تمت الاستفادة من هذا النوع من الدنا في مجال علم الاثار من خلال التعرف على صلات القرابة بين أنواع نباتية قد انقرضت وبين ما هو موجود من أنواع حاليا ، فقد تمكن العلماء من مضاعفة الدنا البلاستيدة وجد في أوراق نبات متحجر من ما يقارب ٢٠ مليون سنة أي في العصر الميوسيني Miocene يعرف هذا النبات باسم *Magnolia latahensis* ، وقد لوحظ وجود صلات قرابة بين هذا النبات ونبات الذرة الصفراء *Zea mays* وذلك من خلال تطابق الباداءت المستخدمة في عملية التضاعف بين كلى النوعين مما يشير الى وجود تطابق في التسلسل الجيني لكلاهما[٣٦] .

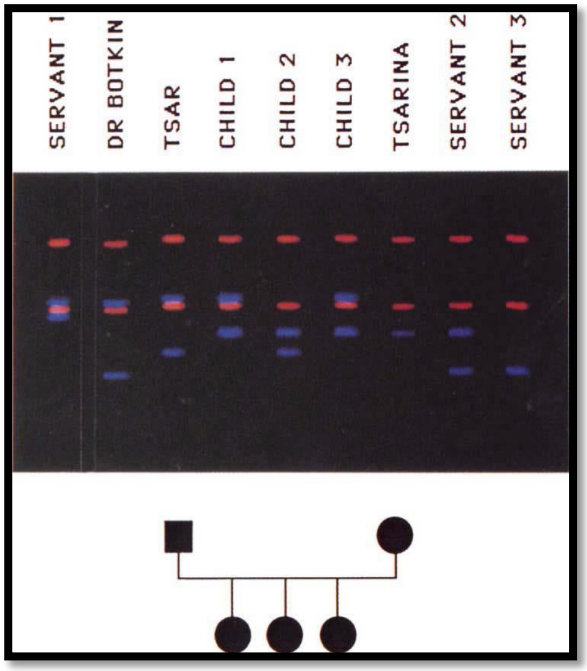
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



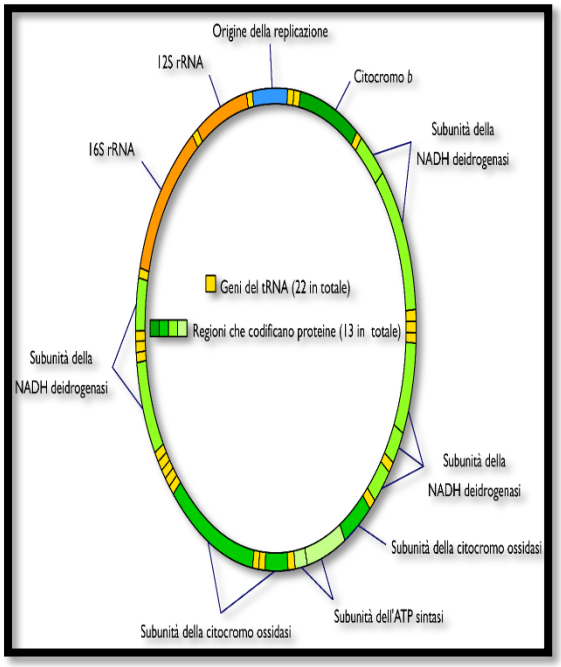
شكل رقم (١) التركيب الكيميائي للماد الوراثية



شكل رقم (٢) الدنا المايتوكندريي mtDNA



شكل رقم (٣) الدنا المايتوكندريي لعائلة رومانوف والذي يوضح شجرة العائلة الملكية



شكل رقم (٤) الدنا البلاستيدي ptDNA

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

هوامش البحث:

ملاحظة: سأذكر هنا معلومات كاملة عن المصادر والمراجع عند ذكرها لأول مرة مما يغنينا عن اعداد جريدة للمصادر والمراجع.

---

(١) الخفاجي، زهرة محمود، التقنية الحيوية الميكروبية، ٢٠٠٨، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، جمهورية العراق، ص٦١-٦٢.

(٢) شكارة، مكرم ضياء، علم الوراثة، ٢٠٠٥، دار الميسرة للنشر والتوزيع، عمان، المملكة الأردنية الهاشمية، ص١٢٧.

(٣) الفيصل، عبد الحسين مويت، الوراثة الجزيئية ،٢٠٠٤، دار الاهلية للنشر والتوزيع، عمان، المملكة الأردنية الهاشمية، ص٨٤ وما بعدها.

(٤) الخفاجي، زهرة محمود وحسن محمود أبو المعالي، تفاعلات الكوثرة وتصميم البوادي ،٢٠١٣، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، جمهورية العراق، ص ٥-١٨.

(٥) الجنزوري ، منير علي ، الجينات وبيولوجيا الامراض الوراثية ،٢٠٠٨، دار المعارف ، القاهرة ،جمهورية مصر ،ص٤٤-٤٧.

(٦) تاج الدين ، سعد جابر و عبدالنبي هادي العيسى ، علم الوراثى ،٢٠٠٠، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة ، جمهورية العراق، ص١٠٩.

(٧) Willerslev, E., Cooper A (2005). Ancient DNA. Proc Biol Sci. Jan 7;272(1558):3-16.

(٨) Schmidt-Schultz T.H, Schultz M (2007) Well preserved non-collagenous extracellular matrix proteins in ancient human bone and teeth. Int J Osteoarchaeol 17:91- 99.

(٩) Lindahl, T. (1993) Instability and decay of the primary structure of DNA. Nature 362:709-715.

(١٠) Keller, A., Graefen A, Ball M, Matzas M, Boisguerin V, Maixner F, Leidinger P, Backes C, Khairat R, Forster M, Stade B, Franke A, Mayer J, Spangler J, McLaughlin S, Shah M, Lee C, Harkins TT, Sartori A, (2012) New insights into the Tyrolean Iceman's origin and phenotype as inferred by whole-genome sequencing. Nat Commun 3:698.

(١١) Fu, Q., Meyer M, Gao X, Stenzel U, Burbano HA, Kelso J, Paabo S (2013) DNA analysis of an early modern human from Tianyuan Cave, China. Proc Natl Acad Sci USA 110:2223-2227.

(١٢) Lorenzen, E.D., Nogues-Bravo D, Orlando L, Weinstock J, Binladen J, Marske KA,Ugan A, Borregaard MK, Gilbert MT, Nielsen R, Ho SY, Goebel T, Graf KE, Byers D,A, Hofreiter M, Sher A, Shapiro B, Rahbek C, Willerslev E (2011) Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans. Nature 479:359-364.

(١٣) Laura, S. W., Sebastian D., Julien S., Luis A., Bastien L., James B., Alan G. M., Kurt W. A., David Caramelli8, Veit D., Milly F., Andrew G. F., Michael F., Neville G.; Wolfgang H.(2017). Neanderthal behaviour, diet, and disease inferred from

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ancient DNA in dental calculus. Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature. VOL.00:1-5.

(١٤) Lorenzen, E.D., Nogues-Bravo D, Orlando L, Weinstock J, Binladen J, Marske KA,Ugan A, Borregaard MK, Gilbert MT, Nielsen R, Ho SY, Goebel T, Graf KE, Byers D, Stenderup JT, Rasmussen M, Campos PF, Leonard JA, Koepfli KP, Froese D, Zazula G, Stafford TW Jr, Aaris-Sorensen K (2011) Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans. Nature 479:359-364.

(١٥) Initially ,E.W. (2010) Ancient human genome sequence of an extinct Palaeo-Eskimo, *Nature*. February 11; 463(7282): 757–762.

(١٦) Lawrence, D.M., Kemp B.M., Eshleman J., Jantz R.L., Snow M., George D., Smith D.G. (2010) Mitochondrial DNA of protohistoric remains of an Arikara population from South Dakota: implications for themacro-Siouan language hypothesis. Hum Biol 82:157-178.

(١٧) Lalueza-Fox ,C., Rosas A, Estalrrich A, Gigli E, Campos PF, Garcia-Tabernero A,Garcia-Vargas S, Sanchez-Quinto F, Ramirez O, Civit S, Bastir M, Huguet R, Santamaria D, Gilbert MT, Willerslev E, de la Rasilla M (2011) Genetic evidence for patrilocal mating behavior among Neandertal groups. Proc Natl Acad Sci USA 108:250-253.

(١٨) Gilbert, M.T., Barnes I, Collins MJ, Smith C, Eklund J, Goudsmit J, Poinar H, Cooper A (2005) Long-term survival of ancient DNA in Egypt: response to Zink and Nerlich (2003). Am J Phys Anthropol 128:110-114; discussion 115-118.

(١٩) Khairat, R., Ball M, Chang CC, Bianucci R, Nerlich AG, Trautmann M, Ismail S,Shanab GM, Karim AM, Gad YZ, Pusch CM (2013) First nsights into the metagenome of Egyptian mummies using next-generation sequencing. J Appl Genet (in press).

(٢٠) Albert, R., Zink and Andreas G. Nerlich (2003) Long-Term Survival of Ancient DNA in Egypt. AMERICAN JOURNAL OF PHYSICAL ANTHROPOLOGY 128:115–118.

(٢١) Bernd, K., Jörg V.,Oliver C., Rolf K., Gerhard P., Sergei V., Caspar F.(2006) Leishmaniasis in Ancient Egypt and Upper Nubia. Emerging Infectious Diseases • Vol. 12, No. 10.

(٢٢) Guhl, F., Jaramillo C, Vallejo GA, Yockteng R, Cardenas-Arroyo F, Fornaciari G, Arriaza B, Aufderheide AC. (1999). Isolation of *Trypanosoma cruzi* DNA in 4,000-year-old mummified human tissue from northern Chile. Am J Phys Anthropol 108:401–407.

(٢٣) Hawass, Z., Ismail S, Selim A, Saleem SN, Fathalla D, Wasef S, Gad AZ, Saad R, Fares S, Amer H, Gostner P, Gad YZ, Pusch CM, Zink AR (2012) Revisiting the harem conspiracy and death of Ramesses III: anthropological, forensic, radiological, and genetic study. BMJ 345:e8268.

(٢٤) Scholz, M., Giddings I, Pusch CM (1998) A polymerase chain reaction inhibitor of ancient hard and soft tissue DNA extracts is determined as human collagen type I. Anal Biochem 259:283-286.

(٢٥) Campos, P.F., Craig OE, Turner-Walker G, Peacock E, Willerslev E, Gilbert MT (2012) DNA in ancient bone - where is it located and how should we extract it? Ann Anat 194:7-16.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

(٢٦) Heyn, P., Stenzel U, Briggs AW, Kircher M, Hofreiter M, Meyer M (2010) Road blocks on paleogenomes--polymerase extension profiling reveals the frequency of blocking lesions in ancient DNA. Nucleic Acids Res 38:e161.J
(٢٧) Hanihara, T., 2008. Morphological variation of major human populations based on nonmetric dental traits. Am. J. Phys. Anthropol. 136, 169e182.
(٢٨) Alakoc, Y.D., Aka, P.S., 2009. "Orthograde entrance technique" to recover DNA from ancient teeth preserving the physical structure. Forensic Sci. Int. 188, 96e98.
(٢٩) Holtz, K. H. ,Rockwell, S., Tomas, M.(2003) nuclear overexpression of NADH: cytochrome b reductase activity increases the cytotoxicity of mitomycin c. bio. chem 14;5029-5034.
(٣٠) Carew, J. S., Huang ,p,(2002)Mitochondrial defects in cancer .Molecular cancer1(1):9.
(٣١) Tamarin, R. H.(1996)principles of genetic .fifth edition WCB. WM. C. Brown publisher.
(٣٢) Modica –napoloitano,J.Singh ,k.K.(2002)Mitocondrial as target for detection and trratment of cancer expert review in molecolar madicine 1462-3994.
(٣٣)Larsson, N.G.(2001)Mitochondrial myopathies acta . physiol. scdnd. 171,385-393.
(٣٤) Rohland, N., David, R., Swapan, M., Matthias, M., Richard, E. G., Nicholas J. G.(2010) Genomic DNA Sequences from Mastodon and Woolly Mammoth Reveal Deep Speciation of Forest and Savanna Elephants. PLoS Biology. Volume 8 | Issue 12:1-10.
(٣٥) Gill, P.; Pavel, l. ; Clion, K.(1994).Identification of the remain of Romanov family by DNA analysis. Nature Genetic Publishing Group ,vol:130-135.
(٣٦) Golenberg, E. M.(1990) Chloroplast DNA sequence from a Miocene *Magnolia* Species . *Nature* 344, 656-658.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com