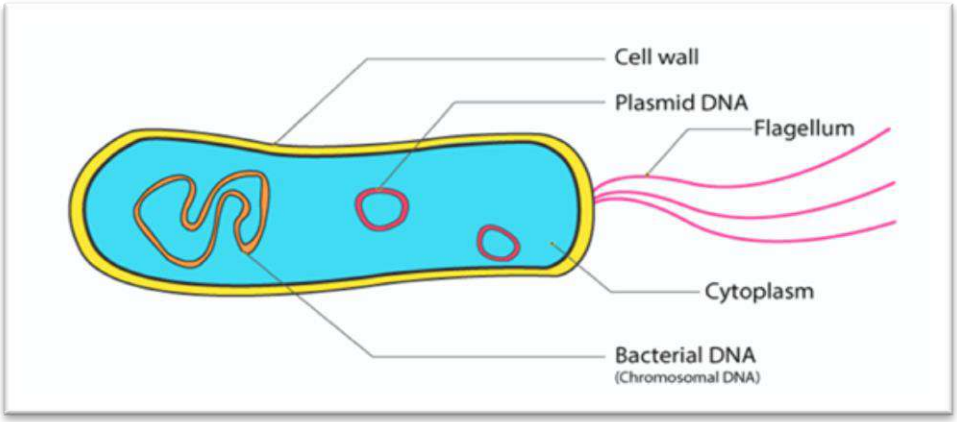
المحاضرة الثانية : حقيقة المادة الوراثية

تشترك جمع الأنظمة الحيوية، الخلوية منها تحديدا في طبيعة المادة الوراثية وتركيبها مع وجود اختلافات طفيفة في بعض التفاصيل الدقيقة، على مستوى نقل هذه الصفات والتعبير عنها بين الكائنات حقيقية النواة وبدائية النواة . كما ان ثمة اختلاف في الكيفية التي توجد عليها المادة الوراثية وطريقة انتظامها بين هاتين المجموعتين، ان المادة الوراثية في جميع هذه الانظمة هي مادة DNA والتي تمتلك التركيب نفسه بيد انها تنتظم في بدائية النواة بطريقة مختلفة مقارنة مع حقيقية النواة.

الدنا في بدائية النواة :

توجد جزيئة الدنا في بدائية النواة بنسخة واحدة بشريطين ملتفين على بعضهما على نحو ظفيرة و بنظام دقيق سنتعرف عليه في احد المحاضرات القادمة يسمى الحلزون المزدوج Double helix وهذه الجزيئة دائرية ، مغلقة بارتباط نهايات الاشرطة ببعضها تساهميا، لذلك توصف بانها Covalently Closed Circular DNA ، وهي خالية من الهستونات Histones، ترتبط في جزء منها بالغشاء السايتوبلازمي للخلية، بعد ان تتخذ شكلا يتمثل بالالتواء الفائق Supercoiled يضمن لها ان تشغل مساحة صغيرة داخل الخلية، ذلك ان جزيئة الدنا من الجزيئات العملاقة بل انها اكبر جزيئة في الخلية، اذ انها اطول من الخلية نفسها بحوالي عشرة آلاف مرة عند وجود الجزيئة بحالة الاسترخاء Relax . اذ يقدر طول جزيئة الدنا البكتيري حوالي ملليمتر واحد، ويتألف من عدة ملايين من القواعد النتروجينية ، بينما يقدر طول الخلية البكتيرية ما بين 1 – 2 مايكرومتر. ويسمى الموضع الذي تتجمع فيه الدنا في بدائية النواة بـالنيوكليويد nucleoid او شبيهة النواة، ذلك لأنها تخلو من غشاء يحيط بها كتلك الموجودة في حقيقية النواة، والذي يسمى بالغشاء النووي.

ورغم صعوبة رؤية الدنا في بدائية النواة الا بعد تصبيغها بصبغات خاصة مثل Feulgen stain وباستخدام المجهر الضوئي المركب ، الا انها ترى على نحو واضح للغاية بالمجهر الالكتروني الذي استخدم في التعرف على حقيقة كونها دائرية مغلقة النهايتين.



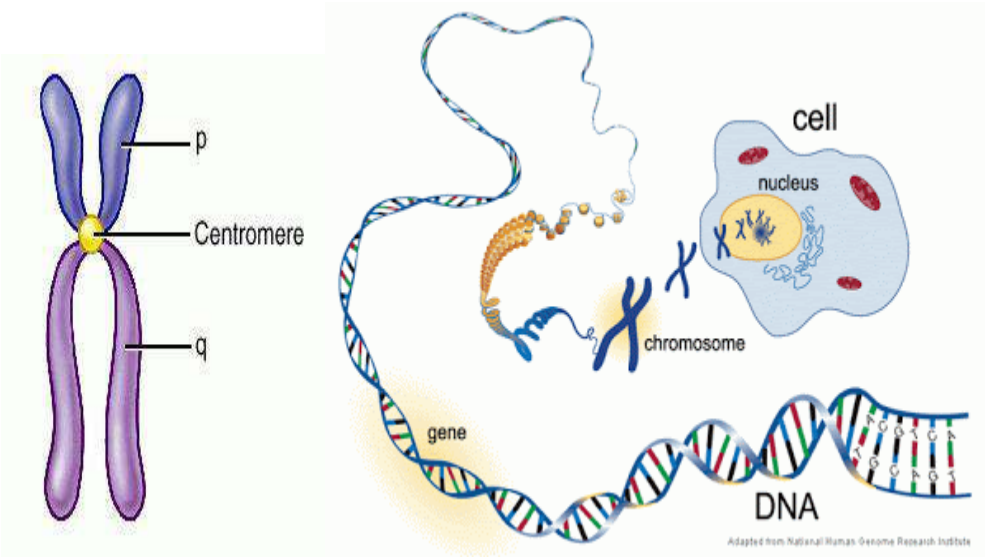
وهناك دلائل من الدراسات العلمية الاخيرة ان الدنا في بعض انواع بدائية النواة قد تكون خطية وليست دائرية حلقية وقد تكون بأكثر من قطعة واحدة او نسخة واحدة. والى جانب الدنا الرئيسي فان بعض انواع بدائية النواة فان بعض انواع بدائية النواة ولاسيما البكتريا تحتوي على جزيئة اضافية او اكثر من الدنا ، دائرية مغلقة النهايتين ايضا يطلق عليها البلازميدات Plasmids كما موضح في الشكل اعلاه، تضفي على البكتريا صفات وراثية اضافية غير تلك المحمولة على الدنا الرئيسي ومثل هذه الجزيئات نادرا ما توجد في حقيقية النواة باستثناء بعض انواع الخمائر.

الدنا في حقيقية النواة :

توجد الدنا في حقيقية النواة في موضع يعرف بالنواة وهو موضع محاط بغشاء يشبه الى حد بعيد الغشاء السايتوبلازمي ويعرف بالغشاء النووي ، ومن هنا فان النواة تعد عضية داخل الخلية اذ ان جميع اجزاء الخلية المحاطة بالغشاء السايتوبلازمي توصف بالعضية كالبلاستيدات الخضراء في النبات والمايتوكوندريا وغيرها، والدنا في حقيقة النواة ، ليست بنسخة واحدة ، كما انها ليست دائرية مغلقة النهايتين ، وانما خطية تنتظم على نحو تعرف بالكروموسومات chromosomes، عبر إلتفافها على بروتينات كروية التركيب تسمى الهستونات Histones.

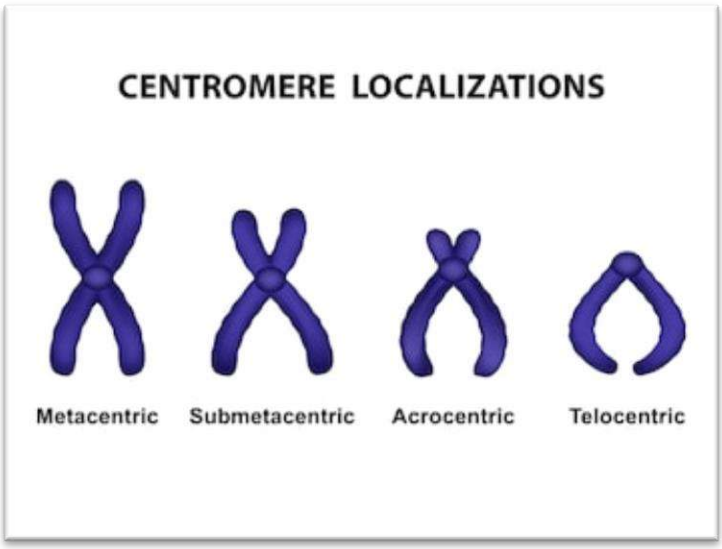
و يذكر ان كلا من المايتوكوندريا و البلاستيدات الخضراء محاطتان بغشاء يعزلهما عن بقية اجزاء الخلية ويجعل منهما مكونين مستقلين الى حد بعيد، فانهما يمتلكان مادتيهما الوراثيتين الخاصتين بهما على صورة دنا مشابه للدنا في بدائية النواة من حيث انها دائرية مغلقة النهايتين وبنسخة واحدة وليست على شكل كروموسوم كما في النواة.

والكروموسومات تراكيب قضيبية لا تتوضح على صورتها هذه الا في الطور التمهيدي Prophase من انقسام الخلية، اذ تظهر قبل هذا الطور على نحو خيوط رفيعة متداخلة تعرف تعرف بالشبكة الكروماتينية Chromatin network . توجد الكروموسومات بهيئة ازواج diploid ، ينفصل ازواج الكروموسومات اثناء الانقسام الاختزالي فيؤدي الى تكوين الخلايا الجنسية (كالحيوانات المنوية والبويضات في الانسان) او ما تسمى الامشاج، وعليه فالامشاج تحتوي على العدد الفردي من Haploid من الكروموسومات، وتعود هذه الكروموسومات لتزدوج ثانية عند اندماج خليتين جنسيتين عند الاخصاب ، ولكل نوع من الكائنات الحية عدد ثابت من الكروموسومات يختلف باختلاف النوع اذ يبلغ هذا العدد 23 زوجا في الخلايا الجسمية و23 فردا في الخلايا الجنسية في الانسان.



مخطط للكروموسوم يظهر فيه الكروماتيدين بذراعيها القصيرة (p) والطويلة (q) والقسيم المركزي centromere كما يوضح التفاف الدنا على الهستونات

تتألف الكروموسومات من قطعتين متناظرتين الى حد كبير تسمى الواحدة منهما الكروماتيد chromatid ، ترتبط ببعضها عند نقطة قرب المركز تسمى القسيم المركزي centromere ولكل كروماتيد ذراعان احدهما قصيرة ويرمز لها (p) والاخرى طويلة ويرمز لها (q) اما نهايات الكروماتيدات فتسمى التيلوميرات Telomeres ، ويعطي موقع القسيم المركزي شكل الكروموسوم المميز، اذ يكون اما في المركزmetacentric او قريبا منه **submetacentric** او طرفيا acrocentric او في نهاية الكروموسوم telocentric ويمكن الاستعانة به في تصنيف الكروموسومات وتحديد مواقع بعض الجينات عليها.

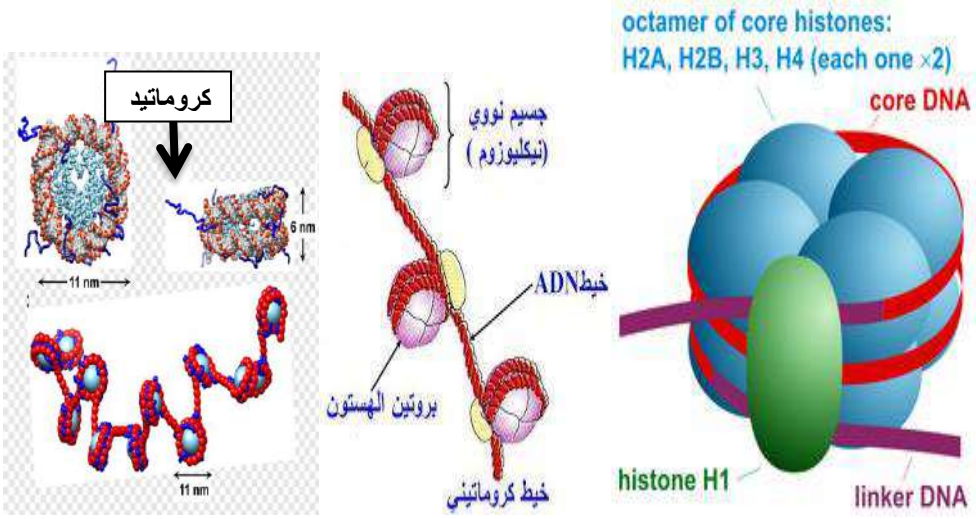


جزيئات الدنا في الكروماتيدات تلتف على بروتينات غنية بالاحماض الامينية القاعدية ذات تراكيب كروية تعرف بالهستونات، والهستونات على خمسة انواع تختلف من حيث الحجم او الوزن الجزيئي ومن حيث محتواها من الاحماض القاعدية المتمثلة باللايسين والارجينين ويرمز لها H1 و H2a و H2b و H3 و H4 ، ويساهم وجود نسب عالية من الاحماض الامينية القاعدية في الهستونات على اضفاء شحنات موجبة عليها، الامر الذي يساعد على ارتباطها بجزيئات الدنا ذات الشحنات السالبة الناجمة عن احتوائها على مجاميع الفوسفات الحامضية.

نوع الهستون	الاحماض الأمينية القاعدية		الوزن الجزيئي للهستون (كيلو دالتون)
	اللايسين %	الارجنين %	
H1	29	1	23000
H_2a	11	9	13960
H_2b	16	6	13774
H_3	10	13	15342
H_4	11	14	11282

أنواع الهستونات واوزانها الجزيئية ومحتواها من الاحماض الامينية القاعدية

ان ارتباط الدنا بالهستونات يتسم بدرجة عالية من التعقيد ، اذ تلتف 146 زوج من القواعد النتروجينية من جزيئة الدنا وبدورتين حول كتلة هستونية تسمى لب الهستون الثماني ، لانها تتألف من زوج من H2a و H2b و H3 و H4 فتكون معا وبمساندة الهستون H1 من الجهة الخارجية تركيبا حبيبيا يطلق عليه النيوكليوسوم nucleosome، ويبلغ قطر النيوكليوسوم الواحد 100 انكستروم . تترتب النيوكليوسومات مع بعضها وعلى عدة مراحل وبنظام دقيق مكونة الكروماتيد كما في الشكل ادناه.



التفاف الدنا على لب الهستون الثماني لتكوين النيوكليوسوم ومراحل انتظام النيوكليوسومات لحين تكوين الكروماتيد

ان هذا النظام هو ما يضمن لجزيئات الدنا المؤلفة من عدد هائل من القواعد النتروجينية فرصة اشغال مساحة صغيرة داخل نواة الخلية، فعدد القواعد النتروجينية في دنا الخلية الواحدة للانسان يقدر بأكثر من 3 مليارات ، اذ تتألف الدنا في اقصر كروموسوم في الانسان من 50×10^6 قاعدة نتروجينية، وبطول يقدر بحوالي 8.5 سم واذا ما امكن من فرد تلك الجزيئات وتوصيلها ببعضها لبلغ طولها نحو 1.5 م او ما يقارب طول الانسان .

الدنا في الفايروسات :

ليس بالضرورة ان تكون جزيئة الدنا بشريط مزدوج دائما في جميع الكائنات الحية ولاسيما تلك التي تكون اكثر بدائية' مثل بعض الفايروسات فقد تكون خطية وبشريط مفرد Linear Single Strand اي مفتوح النهايتين ويمكن لهذه الجزيئة المفردة الشريط ان تتحول الى شكل دائري (مفرد دائما) من خلال تكوين آصرة فوسفاتية ثنائية الاستر Phosphodiester bond بين نهايتي الشرط المفرد 5 ً و3ً بواسطة انزيم Ligase ، او قد تكون من النوع الذي يعرف خطية وبشريط مزدوج Linear double strand ، وقد يختزن بعض الفايروسات معلوماتها الوراثية في جزيئة الرنا بدلا من الدنا والتي تكون بإحدى الصورتين السابقتين اما بشريط مفرد او مزدوج وعلى نحو جزيئة خطية او دائرية مغلقة النهايتين.

ان طبيعة المادة الوراثية في الفايروسات هي احدى المعايير الاساسية التي يعتمد عليها في تصنيف الفايروسات ليس على مستوى مادتها الوراثية فحسب وانما من حيث الكائنات التي تصيبها وتتكاثر فيها والتي تسمى المضايف والتي تتراوح بين بكتريا وحيوانات ونباتات، وعادة ماتسمى الفايروسات التي تصيب البكتريا اللاقمات او العاثيات البكتيرية Bacteriophage .