المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحلة الثالثة المرحان

التركيب الكيمياوي للحامض النووي الدي اوكسي رايبوزي (DNA):

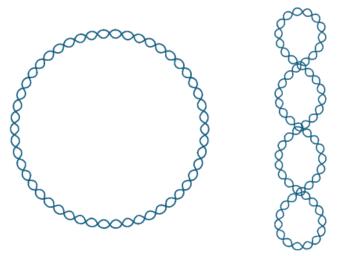
الـ DNA جزيئة طويلة جدا حيث يبلغ وزنه الجزئي في بكتريا الـ $Escherichia\ coli\ +10^9 imes 2.5$ بحدود الـ $10^9 imes 2.5$ دالتون « والدالتون هو وحدة قياس الكتلة ويساوي وزن ذرة الهيدروجين» . وهي تتكون من مكررات لوحدات بنائية تدعى النيوكليوتيدات (Nucleotides). والنيوكليوتيدات هي عبارة عن نيوكليوسيدات «Nucleosides» متصلة بمجموعة أو اكثر من الفوسفات (النيوكليوسيدات هي عبارة عن نيوكليوتيدات بدون فوسفات وتتكون النيوكليوسيدات من قاعدة نايتروجينية متصلة بسكر خماسي). فإن كان السكر الخماسي رايبوز «Ribose» فالحامض النووي يسمى بالحامض النووي الرايبوزي (RNA) ، وإن كان السكر الخاسي منزوعاً منه مجموعة هيدروكسيل في الموقع الفا (lpha) فالحامض النووي يسمى بالحامض النووي الرايبي منقوص الاوكسجين [Deoxyribonucleic acid (DNA)] ، والقواعد النايتروجينية اربعة وهي في الـ DNA تتمثل بالأدنين ، والثايمين والكوانين والسايتوسين . اما في الـ RNA فنجد القاعدة النايتروجينية اليوردين التي تعوض عن الثايمين في الـDNA . وفي الـDNA ترتبط هذه النيوكليوتيدات بعضها مع البعض الآخر عن طريق الفوسفات لتشكل المكررت النيوكليوتيدية «Polynucleotides التي ستتعاقب فيها مجموعة الفوسفات مع جزيئة الدي اوكسي رايبوز الذي تبرز منه القواعد النايتروجينية. ويوجد الـ DNA عادة على شكل حلزون ثنائي ، اي ذي شريطين «Double helix» ، يلتفان احدها على الآخر . وتكون كمية الثايمين في هذا الحلزون دائماً مساوية لكمية الادنين ، وكمية الكوانين مساوية لكمية السايتوسين . وإن هذين الشريطين يتمم احدها الآخر . ويتوازن تركيب الحلزون الثنائي هذا عن طريق الاواصر الهيدروجينية التي تربط بين القواعد النايتروجينية الموجودة على احد الاشرطة مع قمتها على الشريط الآخر . ومن الممكن كسر الاواصر الهيدروجينية هذه عند رفع درجة الحرارة إلى ما بين ٦٠ - 90 درجة مئوية ويعود الشريطان الى الالتئام من جديد عند خفض درجة الحرارة برفق الى ما كانت عليه وتدعى هذه العملية بالترسيخ (Annealing).

تضاعف او تناسخ (تكرار) المادة الوراثية DNA Replication

يحتوي الحمض النووي (DNA) الكروموسومي على معظم المادة الوراثية لبدائيات النوى. وتحتوي معظم بدائيات النوى على جزيء دائري واحد من الحمض النووي الكروموسومي المضغوط بصورة فائقة داخل الخلية. وفي الواقع، إذا مددنا كروموسوم خلية بكتيرية على استقامته، فسيبلغ طوله 1.4 ملليمتر،مقارنة بالبكتيريا نفسها التي يتراوح طولها من ٢.٠ إلى 2.0 ميكرومتر إو يُضغَط الحمض النووي في بدائيات النوى بلفه عدة مرات، كما هو موضع في الشكل (١) على النقيض من حقيقيات النوى، لا يرتبط معظم كروموسومات بدائيات النوى بالبروتينات الهستونية المتخصصة لتساعدها في الانضغاط. ونظرًا لأن معظم بدائيات النوى لها كروموسوم واحد فقط، فإنها أحادية الصيغة الصبغية.

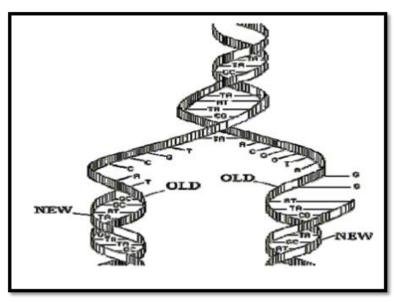
جامعة الانبار كلية العلوم قسم التقنيات الاحيائية

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحان المردد. مثنى بديع فرحان



الشكل 1: رسمُ يوضِّح الحمض النووي (DNA) الكروموسومي في بدائيات النوى، مضغوطًا عن طريق لفَّه. يمكن أن يلتف الحمض النووي (DNA) الكروموسومي المزدوج الشريط على اليسار (غير ملفوف) عدة مرات لكى يتم ضغطه (كما في الرسم على اليمين).

تشتمل الية تضاعف جزئ حمض DNA على فك ارتباط شريطي عديد النيوكليوتيدات المكونين للجزيء بعضهما عن بعض وذلك بفك الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي تربط بينهما. ويتبع هذا تراص نيوكليوتيدات جديدة امام كل شريط، وارتباط بعضهما ببعض بمساعدة انزيم البلمرة DNA polymerase، وبذلك يتم تخليق شريطين جديدن من عديد النيوكليوتيدات. وبمعنى اخر فان كل شريط قديم يعمل كقالب يتكون وفقا له شريط جديد، وبذلك فان كل جزء من حمض DNA يكون قد تضاعف الى جزيئين. ومن المهم ان نذكر ان تتابع القواعد النيتروجينية في الشريط القديم هو الذي يحدد تتابعها على الشريط الجديد، ومن هنا جاء القول بان الشريط القديم يعمل كقالب للشريط الجديد، فاذا كانت القاعدة النيتروجينية على الشريط القديم بالعكس، كذلك اذا كانت القاعدة (C) على الشريط الجديد، والعكس صحيح (شكل ٢).



المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحان المرد. مثنى بديع فرحان

شكل ٢: عملية تضاعف وتناسخ شريطDNA

Mechanism of DNA Replication آلية تضاعف المادة الوراثية

ويوصف تضاعف جزئ حمض DNA بأنه "شبه محافظ" semiconservative، ذلك ان كل جزيء ناتج عن التضاعف يكون محتفظاً بأحد شريطي الجزيء الاصلي، بينهما يكون الشريط الاخر لهذا الجزيء الناتج مستحدث التكوين. ويتحكم الحامض النووي في العمليات البيولوجية في أي كائن حي وذلك لانه يعتبر المركز الوحيد للمعلومات الوراثية Genetic Information التي تنتقل بطريقة دقيقة من الاباء الى النسل الناتج ويتم تضاعف الحامض النووي DNA بثلاثة طرق هي :-

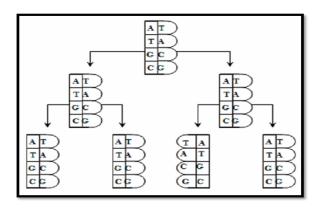
- ا. الطريقة شبه المحافظة Semiconservative of DNA Replication
 - Y. الطريقة المحافظة Conservative of DNA Replication
 - ٣. الطريقة التشتتية Dispersive Replication mechanism

Semiconservative of DNA الطريقة شبه المحافظة لتكرار المادة الوراثية Replication

أصبح من الواضح الان ان الحامض النووي DNA يتكون من حلزون مزدوج تتزاوج فيه القواعد النيتروجينية بنظام محدد ومعين كما سبق الاشارة سلفاً وبالتالي فتزاوج القواعد هذا يمدنا بالألية البسيطة لتكرار الحامض النووي DNA (شكل ٣). فلو تكسرت الروابط الهيدروجينية بين الخيطين وانفصلت السلسلتين عن بعضهما. فكل نصف حلزون في هذه الحالة يمكن ان يتكامل مع نيوكليوتيدات جديدة لتحل محل النيوكليوتيدات التي كانت متزاوجة معه في الخيط القديم. وبعبارة اخرى انه يمكن لكل خيط ابوي في هذه الحالة ان يدير عملية تكوين خليط مكمل جديد على اساس شروط نظام تزاوج القواعد النيتروجينية السابق ذكره، وبالتالي فكل خيط ابوي يعمل كقالب لخيط جديد. فمثلا الجوانين (G) في الخيط الأبوي يعمل كقالب لوضع الابوي يعمل كقالب لوضع الادينين (A). وسميت هذه الطريقة في تكرار DNA بالطريقة شبه المحافظة للتكرار نظرا لان الحلزون الابوي المزدوج يحافظ عليه جزئياً اثناء تكرار الحامض النووي DNA وآلية التكرار شبه المحافظة بسيطة وتوضح كيفية مضاعفة الحامض النووي DNA قتراحها بواسطة العالمان واسطن وكريك، وهي طريقة بسيطة وتوضح كيفية مضاعفة الحامض النووي DNA.

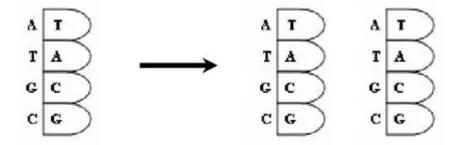
جامعة الانبار كلية العلوم قسم التقنيات الاحيانية

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المردد مثنى بديع فرحان



DNA شكل ٣: الطريقة شبه المحافظة لتكرار المادة الوراثية Replication of DNA Conservative - الطريقة المحافظة لتكرار المادة الوراثية

ان الية هذه الطريقة المحافظة هنا تعني بقاء الحلزونات الابوية المزدوجة كما هي بدون ان تنفصل أي بدون تكسر الروابط الهيدروجينية الموجودة بين القواعد النيتروجينية ومن هنا جاءت التسمية انها محافظ عليها تماما. وفي هذه الطريقة فان الحلزون المزدوج يقوم بتكوين حلزون مزدوج جديد مكون من خيطين مخلقين (شكل ٤) يوضح الشكل الالية المحافظة لتكرار (مضاعفة) DNA ويتضح في الشكل ان الحلزون الابوي يبقى كما هو دون ان تنفصل السلسلتين ويستخدم كقالب وتطبع عليه القواعد المقابلة للقواعد النيتروجينية الموجودة في القالب الابوي. وبالتالي ينتج قلب جديد من DNA (وهو المرسوم بالنقط وليس بخطوط متصلة).



شكل ٤: الطريقة المحافظة لتكرار المادة الوراثية DNA

"- الطريقة التشتتية لتكرار المادة الوراثية Dispersive Replication of DNA

يتم فيها تداخل اجزاء من الخيوط الابوية والخيوط الجديدة من خلال عمليات تكسير وتخليق والتحام لهذه الاجزاء وتجدر الاشارة ان هذا التداخل بين اجزاء الخيوط يتم بطريقة عشوائية. والشكل (٥) يوضح هذا التداخل العشوائي (تكسير – تخليق – اعادة التحام) اثناء الطريقة التشتتية لتكرار الحامض النووي DNA.



شكل ٥: الطريقة التشتتية لتكرار المادة الوراثية DNA

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحلة المرحان المرحان

انزيمات مهمة في تضاعف الـ DNA:

DNA ريبونيوكلييز:

هو إنزيم يحلل DNA تحليلا كاملا و لا يؤثر على البروتين أو , RNA وقد استخدم في تجارب إثبات أن DNA هو مادة الوراثة في تجارب التحول البكتيري حيث أوقف التحول لتحليله DNA مما أثبت أنه هو المادة الوراثية.

إنزيم اللولب helicase :

ويستخدم أثناء تضاعف DNA حيث يقوم بفك ازدواج DNA إلى شريطين مفردين أثناء تضاعفDNA في الإتجاه (٣٠ ــــــ ٥٠) لأى من الشريطين حيث يفصل الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة.

بلمرة D N A= D N A بوليميريز:

و يعمل أثناء تضاعف DNA حيث يقوم بإضافة نيوكليوتيدات جديدة للشريط الجديد النامى للنهاية ٣ ويعمل على بناء شريط DNA جديد اتجاهه ٥ حيث يتبع إنزيم اللولب. انزيم اللولب.

وهى مجموعة من ٢٠ إنزيم تعمل فى المساهمة فى إصلاح أى كسر أو تلف فى الشريط وإصلاح عيوب DNA بإضافة قواعد نيتروجينية مكان القواعد المفقودة من أحد شريطى DNA بمعلومية القواعد الموجودة على الشريط الآخر المقابل ، كما يعمل أثناء تضاعف DNA على ربط القطع الصغيرة التى يتم بناؤها لتكوين الشريط المعاكس الجديد فى الإتجاه من الزيم البلمرة لا يعمل فى هذا الاتجاه .

RNA بوليميريز = بلمرة RNA:

يقوم بنسخ الأنواع الثلاثة من) RNA الناقل، الريبوسومى ، الرسول) من احد شريطي القالب الأصلى DNA . والموجود عليه تتابع المحفز فى حقيقيات النواة يوجد إنزيم بوليميريز خاص لكل نوع من أنواع الأحماض الريبوزية فى أوليات النواة (البكتريا) يقوم إنزيم واحد بنسخ الأنواع الثلاثة من RNA (الناقل، الريبوسومى ، الرسول) .

إنزيمات القطع = إنزيمات القصر البكتيرية:

وهي إنزيمات بكتيرية تتعرف على مواقع معينة في جزئ DNA الفيروس الغريب عن الخلية البكتيرية وتقطعه إلى قطع عديمة الفائدة وقد استطاع الباحثون فصل ما يزيد عن ٢٥٠ انزيم قصر من سلالات يكتيرية مختلفة حيث يتعرف كل انزيم على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من ٧:٤ نيوكليوتيدة يقطع الانزيم جزىء DNA عند أو بالقرب من موقع التعرف (تتابع النيوكليوتيدات) علما بأن تتابع القواعد النيتروجينية على شريطي DNA عند موقع القطع يكون هو نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط في الاتجاه 3.

تتابع المحفز:

هو تتابع للقواعد النيتروجينية يوجد علي احد شريطي DNA ولا يوجد علي الآخر وعمل علي حفز انزيم بلمرة RNA للنسخ من هذا الشريط دون الآخر

الجدول : قائمة توضِّح الاختلافات بين الحمض النووي (DNA) للخلايا البدائية النوى والحمض النووى للخلايا أو الكائنات الحية الحقيقية النوى

الحمض النووي (DNA) في حقيقيات النوى	الحمض النووي (DNA) في بدائيات النوى	
توجد نواة	لا توجد نواة (توجد منطقة نووية)	
توجد عمومًا كروموسومات خطية متعددة	يوجد عمومًا كروموسوم دائري واحد	
الصيغة الصبغية ثنائية أو أكثر	الصيغة الصبغية أحادية عمومًا	
يرتبط الحمض النووي ببروتينات هستونية	لا يرتبط الحمض النووي عمومًا ببروتينات هستونية	
لا تحتوي عمومًا على البلازميدات باستثناء بعض الفطريات والنباتات	يمكن أن تحتوي على عدة بلازميدات	

مفهوم خزن ونقل المعلومات Concept of Information Storage and Transfer

يمكن ان تحتوى الجزيئات الكبيرة البايولوجية على معلومات تتحدد بواسطة ترتيب الوحدات الفرعية التي تؤلف البوليمير polymer ، فمثلا يمكن اعتبار القواعد الاربع (الوحدات الفرعية) المختلفة الموجودة في DNA كأربعة حروف أبجدية بحيث يشكل الترتيب المتتالي الرسالة message . وفي جميع الخلايا الاعتيادية فان DNA - هو اللغة الوراثية النهائية التي تدون فيها كل المعلومات الوراثية للخلية . من جهة اخرى تحتوى البروتينات على عشرين نوعاً مختلفاً من الاحماض الامينية كوحدات فرعية يؤلف ترتيبها لغة أخرى مكتوبة بأبجدية مختلفة تماماً. هنالك عمليتان اساسيتان مختلفتان في خزن المعلومات في الخلايا . ففي احدى العمليتين تستنسخ المعلومات بجزيئة مطابقة والتي تمرر الى الخلية البنيوية . ومثال هذه العملية هو تضاعف الـ DNA Replication) DNA). اما العملية الثانية فتتضمن نقل المعلومات الى جزيئة اخرى مماثلة ولكن ليست مطابقة ومن ثم نقل هذه المعلومات الى أنواع اخرى من الجزيئات الكبيرة الحاوية على وحدات فرعية مختلفة . تتضمن العملية الثانية عموماً مرحلتين هما الاستنساخ transcription اي نقل المعلومات من لغة واحدة الى لغة مشابهة similar language والترجمة translation وهي نقل المعلومات من لغة مشابهة الى لغة ثانية language. ومثالهما هو نقل المعلومات من DNA الى RNA (استنساخ) ومن ثم من RNA الى البروتين (ترجمة). وغالباً ما يشار الى نقل هذه المعلومات بالنظرية المركزية central dogma لعلم الحياة الجزيئي والتي كان يعتقد سابقاً بأنها احادية الاتجاه unidirectional اي من DNA الى RNA الى البروتين. ولكن لوحظ ان فايروسات معينة والتي قد تسبب السرطان في الحيوانات تتمكن من نقل المعلومات من RNA الى DNA حيث تستعمل أنزيما معيناً ذا أسم وصفى هو reverse transcriptase . ان عملية تخليق اي من البوليميرات سواء خلق على قالب DNA او RNA تتبع نفس الطراز العام.

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحلة المرحان المرحان

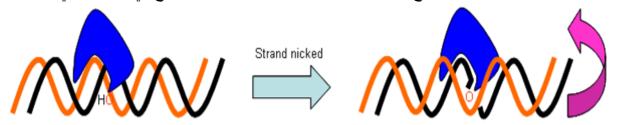
: (Replication of DNA) DNA تضاعف

تحدث هذه العملية في المنطقة النووية Nucleoid في بدائية النواة وفي النواة والمايتوكوندريا في حقيقية النواة. ويمكن تلخيص خطوات عملية التضاعف بمايلي:

۱- تميز منشأ التضاعف Origin of Replication Recognition:

تسمى المنطقة التي يبدا عندها التضاعف بـ Origin of Replication ويرمز لها في الكروموسوم بـ Origin of Replication اما في البلازميد فيرمز له بـ Orit حيث تميز هذه المنطقة من قبل معقد البدء Orit حيث تميز هذه المنطقة من قبل معقد البدء ORC و Cdt1 ومن الجدير التضاعف من خلال فسفرة معقد البدء Initiator ومن الجدير بالذكر ان بدائية النواة تحتوي على Oric واحد فقط على العكس من حقيقة النواة هنالك العديد من الـ Oric. ومن مميزات هذه المنطقه انها غنيه بالازواج القاعديه AT.

٢- عملية الإرخاء Topoisomerase جيث تتضمن هذه الخطوة فك الالتفاف الفائق Supercoiling من خلال انزيم Topoisomerase وهذه المجموعة من الانزيمات تقوم بقطع جزء من DNA ثم اعادة وصله (لحامه) مرة اخرى بعد اجراء عملية التكرار، وهنالك نوعين من هذا الإنزيم هما Topoisomerase I (الذي يقوم بقطع احد الشريطين ليدور حول الثاني ومن ثم اعادة لصق الشريط) والثاني هو Topoisomerase II (الذي يقوم الشريطين لتدور حول جزيئة الدنا المزدوجة الأخرى ومن ثم اعادة لصقهما). وهنالك نوعين لكل منهما الشريطين لتدور حول جزيئة الدنا المزدوجة الأخرى ومن ثم اعادة لصقهما). وهنالك نوعين لكل منهما Topoisomerase IB وTopoisomerase IB ومن تم اعادة لصقهما وفي السابق كان يعتقد ان Topoisomerase IA موجود في بدائية النواة ولذلك سمى بـ Topoisomerase IB المواقق النواة ولذلك سمى بـ Topoisomerase IB المواقق وبدائية النواة ولذلك المهما وجود في حقيقية وبدائية النواة ولذلك المهما وجود في حقيقية وبدائية النواة ولذلك المهما وجود في حقيقية وبدائية النواة وبدائية النواة وبدائية النواة وبدائية النواة وبدائية المواقق الموجب فقط Topoisomerase IA الموعون قادرا على إرخاء الالتفاف الفائق الموجب فقط Topoisomerase IB الموبطين او كلاهما) وبالتالي تحصل عملية الإرخاء Relaxation ثم يعد غلق الموجب فقط الشريطين المقطوعة وهذا يؤدي وبالتالي تحصل عملية الإرخاء الجاهز لعملية بدء التضاعف وكما موضح في الشكل الاتي:

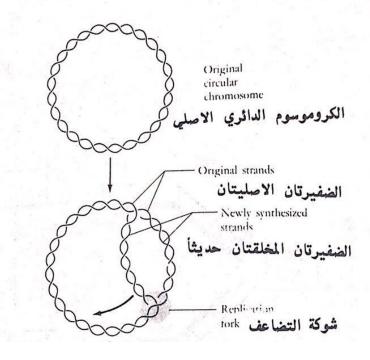


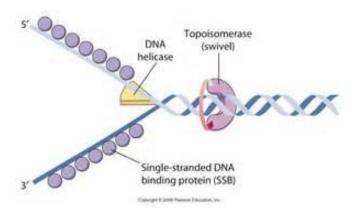
Free rotation of helix around single strand now possible

Single Starnd وارتباط بروتين الشريط المنفرد Double Helix Denaturation وارتباط بروتين الشريط المنفرد Biondng Protein(SSBP)

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحلة المرحان المرحان

تحدث هذه العملية بكل من الاتجاهين لفتح المزدوج بواسطة انزيم Helicase وتتزامن معها ارتباط الشريط المزدوج . ان الغاية من ارتباط الـ SSBP هو لمنع اعادة ارتباط الشريطين وتكوين الحلزون المزدوج وكبح عملية التضاعف أي ان عمل الـ SSBP هو لضمان استقرار الشريطين المنفصلين لحين بدء تصنيع الشريط المتمم لكل منهما. وتسمى هذه المنطقة المفتوحة والمهيأة الى التضاعف بشوكة التضاعف Replication fork والتي تتجه بالاتجاهين . هنالك العديد من شوكة التضاعف تتكون في ان واحد في حقيقية النواة وشوكة تضاعف واحدة في بدائية النواة.

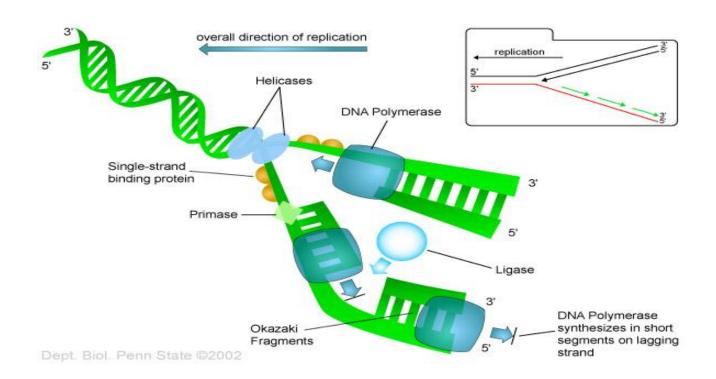




٤- ارتباط البادئ Primer Binding:

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحان المرد. مثنى بديع فرحان

تعد خطوة ارتباط البادئ من الخطوات المهمة والأساسية في بدء عملية التضاعف وذلك لأنه يمثل الأساس لتصنيع الشريط المتمم الجديد. تنجز هذه الخطوة بواسطة انزيم Primase وهم احد أنواع انزيم عطعة صغيره من الرنا RNA تسمى البادئ Primer ويزال هذا البادئ فيما بعد بواسطة احد أنواع انزيم تصنيع الدنا DNA polymerase.



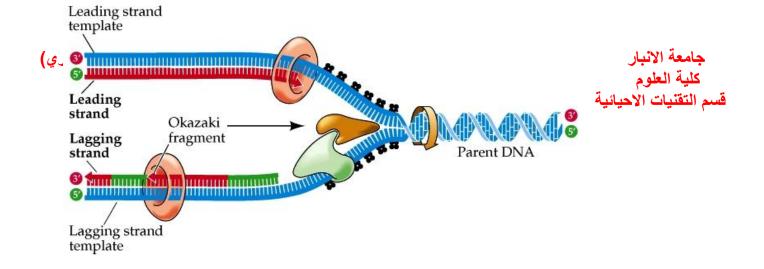
ه- البلمارة وإطالة الشريط Polymerization and Strand Extension

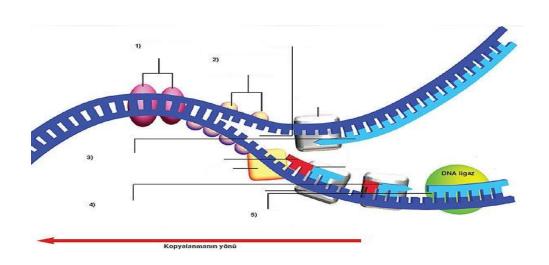
تتم هذه العملية بواسطة انزيم DNA polymerase بالاتجاه '5 (− حيث يقوم باضافة النيوكليوتيدات ثلاثية الفوسفات الى مجموعة الهيدروكسيل الحره للنيوكليوتيده السابقه وتحصل على الطاقة اللازمة من مجموعتي الفوسفات التي كانت في النيوكليوتيده الحره.

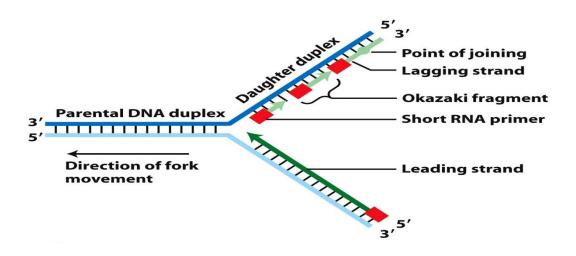
في الشريط الجديد الذي يكون الشريط القالب (الاصلي الابوي) له بالاتجاه '5 (→15 يبنى هذا الشريط باستمرار ويحتاج الى قطعة برايمر واحده فقط ويسمى بالشريط القائد Leading Strand اما الذي يكون بالعكس فانه يحتاج الى عدة قطع من البرايمرات ويبنى بشكل منقطع غير مستمر ويسمى بالشريط المتأخر Ckazaki Fragment وتسمى القطع الصغيرة بقطع اوكازاكي Okazaki Fragment.

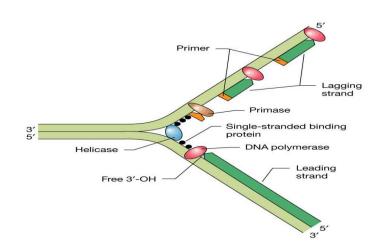
٦- عملية إزالة البرايمر وغلق القطع Primer removing and Nick sealing عملية إزالة البرايمر

تعد من العمليات المهمة لإزالة البرايمر من الشريط الجديد وتتم بواسطة نوع خاص من انزيم الدنا DNA Ligase اما عملية غلق او لصق القطع الناتج فتتم بواسطة انزيم اللصق polymerase.









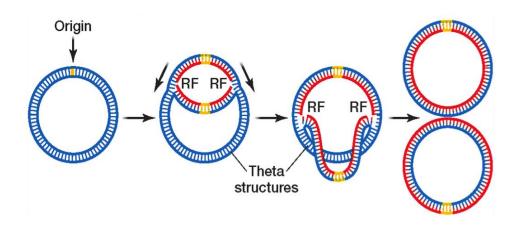
في بدائية النواة فهنالك شوكة تضاعف واحده، تبدأ في مكان معين وتمتد على طول الدنا الكرموسومي الحلقي لتلتقي مرة اخرى ، وفي كل من بدائية وحقيقية النواة يكون اتجاه التضاعف ثنائي Bidirectional ماعدا تضاعف البلازميدات يكون أحادي الاتجاه Unidirectional .

٧- عملية الإنهاء Termination:

تحدث هذه العملية عند مناطق تسمى مناطق الإنهاء وتحدث عملية إنهاء التضاعف نتيجة لارتباط بروتينات الإنهاء بهذه المناطق. من الجدير بالذكر ان بدائية النواة فيها منطقة إنهاء واحده وبالتالي منطقة متبلمر واحده (هي المنطقة المحصورة بين منطقة البدء والإنهاء) في حين هنالك عدة مناطق إنهاء وعدة متبلمرات في حقيقية النواة.

وهنالك نوعين من التضاعف في بدائية النواة وهما:

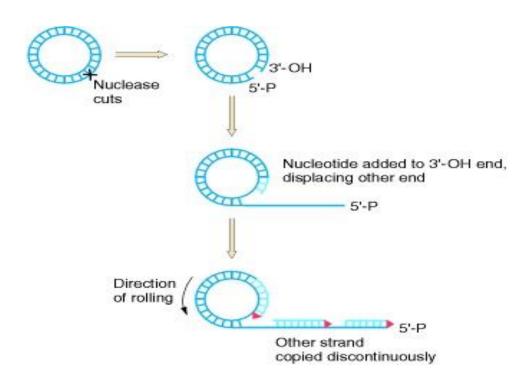
أ- التضاعف ثيتا Theta Shape replication: وهذا يحدث في الكروموسوم الحلقي لبدائية النواة وكما موضح بالشكل ادناه:



ب- تضاعف الحلقة المتدحرجه Rolling Circle Replication: يحدث هذا النوع من التضاعف في البلازميدات وكما موضح بالشكل ادناه:

جامعة الانبار كلية العلوم قسم التقنيات الاحيائية

المحاضرة الثانية : وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحان المردد. مثنى بديع فرحان



الفروقات بين عملية تضاعف دنا DNA حقيقية النواة وبدائية النواة في الجدول الاتي:

بدائية النواة	حقيقية النواة	الصفة	ت
واحد فقط	متعدد ولايوجد OriT	عدد الـ OriC او OriT	-1
ثنائي Bidirectional في الكروموسوم أحادي Unidirectional في البلازميد	ثنائي Bidirectional	اتجاه شوكة التضاعف	-۲
واحدة	متعددة	عدد مناطق الإنهاء	-٣
واحدة	متعددة	عدد الـ Replicon	- ٤
المنطقة النووية	النواة	مكان حدوث التضاعف	_0
بداية التضاعف	S phase	الطور الذي يحدث فيه	-
Pol I	Pol α	انزيم الدنا DNA	-٧
Pol II	Pol ε	polymerase	
Pol III	Pol δ		

المحاضرة الثانية: وراثة احياء مجهرية (نظري) المرحلة الثالثة المرحان المردد. مثنى بديع فرحان

جامعة الانبار كلية العلوم قسم التقنيات الاحيائية

المصادر:

1- Dale, J. W. & Park, S. F. (2010). Molecular Genetics of Bacteria. 5TH Edition. Wiley – Blackwell.

٢- الزيدي، حامد مجيد. (٢٠٠٠ م) علم الاحياء المجهرية (النظري). الطبعة الثانية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد.