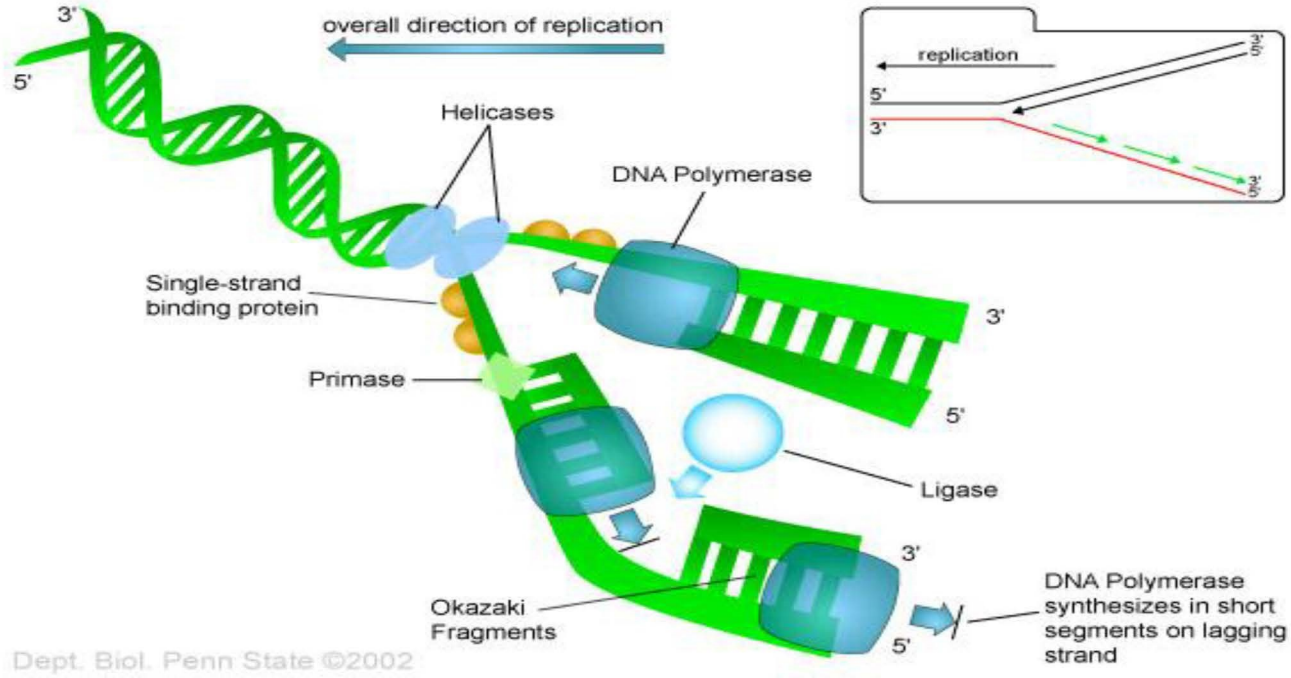
٤- ارتباط البادئ Primer Binding:

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 RNA polymerase حيث يحفز هذا الأنزيم تصنيع قطعة صغيره من الرناRNA تسمى البادئ Primer ويزال هذا البادئ فيما بعد بواسطة احد أنواع انزيم تصنيع الدنا DNA polymerase .

لماذا يجب إزالة البادئ ؟



٥- البلمرة وإطالة الشريط Polymerization and Strand Extension :

تتم هذه العملية بواسطة انزيم DNA polymerase بالاتجاه 5'→3' حيث يقوم باضافة النيوكليوتيدات ثلاثية الفوسفات الى مجموعة الهيدروكسيل الحره للنيوكليوتيده السابقه ونحصل على الطاقة اللازمة من مجموعتي الفوسفات التي كانت في النيوكليوتيده الحره.

مانوع النيوكليوتيده الحره هل هي ثلاثية الفوسفات ام احادية الفوسفات؟

مانوع النيوكليوتيده المرتبطة هل هي ثلاثية الفوسفات ام احادية الفوسفات؟

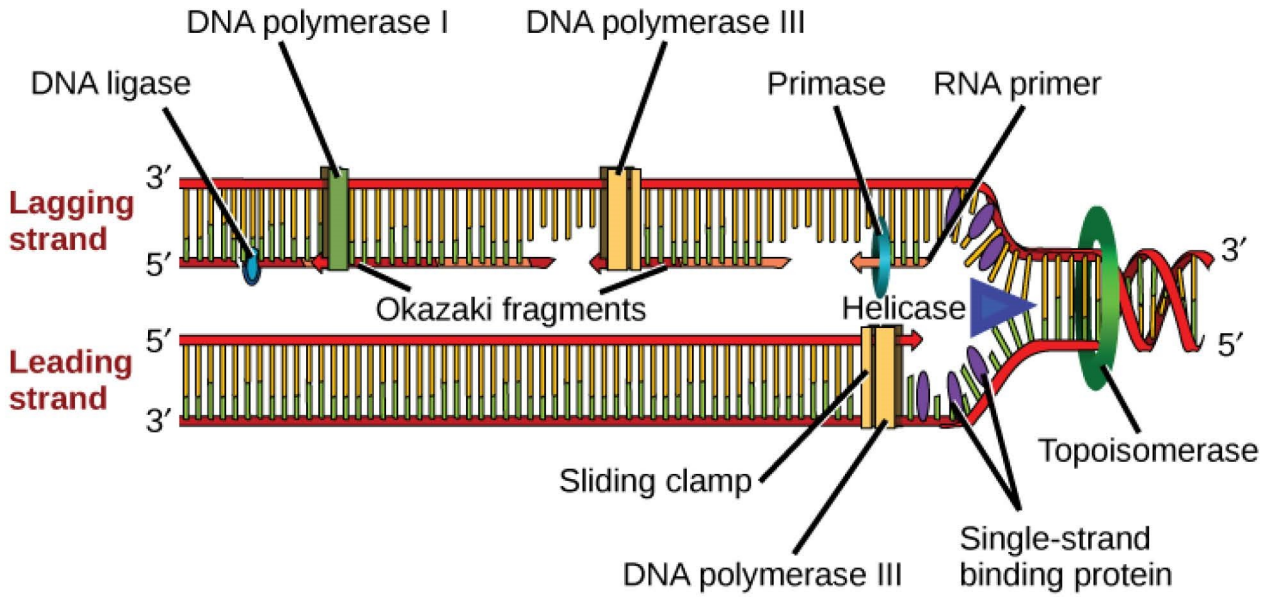
في الشريط الجديد الذي يكون الشريط القالب (الاصلي الابوي) له بالاتجاه5'→3' يبنى هذا الشريط باستمرار ويحتاج الى قطعة برايمر واحده فقط ويسمى بالشريط القائد Leading Strand اما الذي يكون بالعكس فانه يحتاج الى عدة قطع من البرايمرات ويبنى بشكل منقطع غير مستمر ويسمى بالشريط المتأخر Lagging Strand وتسمى القطع الصغيرة بقطع اوكازاكي Okazaki Fragment.

في حقيقة النواة هنالك عدة انواع من انزيم بلمرة الدنا DNA polymerase كل منها ينجز مهمه خاصه وكما يلي:

١- **بوليميريز الفا Pol α:** يعمل هذا الأنزيم على إضافة عدة نيوكليوتيدات الى البادئ (البرايمر) في كلا من الشريطين المتقدم Leading والمتأخر Lagging. ويقابله في بدائية النواة الانزيم Pol I (كذلك هذا الانزيم يقوم بازالة البوادئ الموجوده في قطع اوكازاكي).

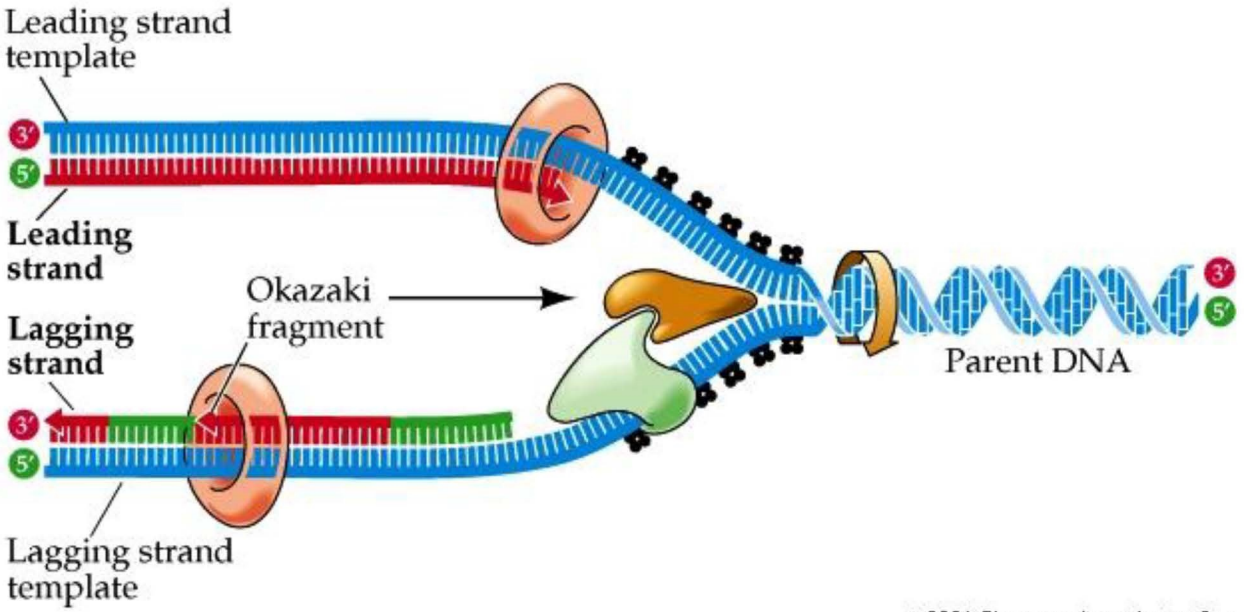
٢- **بوليميريز ايبسلون Pol ε:** يعمل على اطالة الشريط المتقدم Leading بعد النيوكليوتيدات التي اضافها بوليميريز الفا (Pol α). ويقابله في بدائية النواة الانزيم Pol III

٣- **بوليميريز دلتا Pol δ :**يعمل على اطالة الشريط المتأخر Lagging بعد النيوكليوتيدات التي اضافها بوليميريز الفا (Pol α) وكذلك يقوم بازالة البوادئ الموجوده في قطع اوكازاكي. ويقابله في بدائية النواة الانزيم Pol I

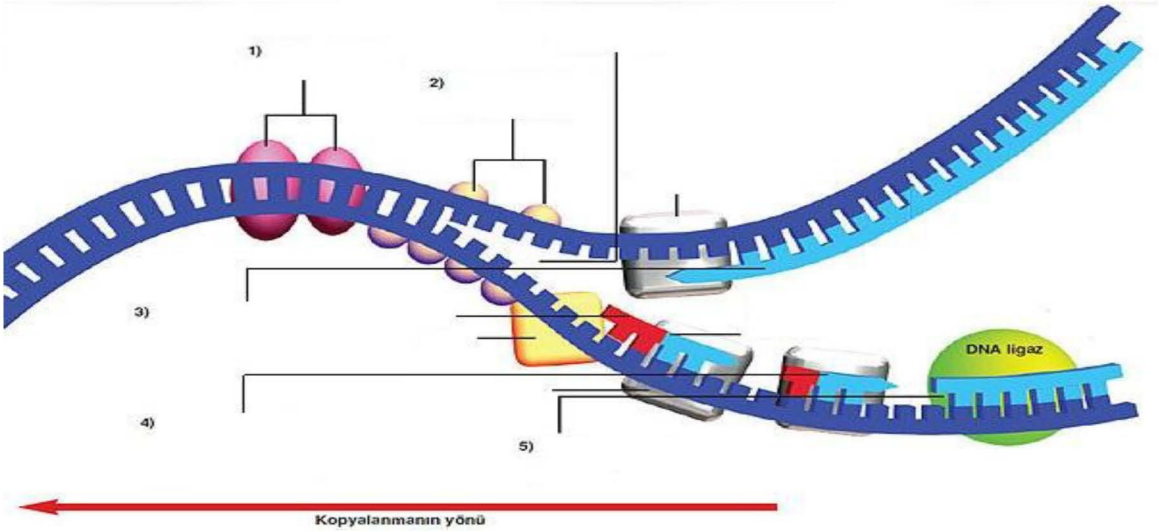


٦- **عملية إزالة البرايمر وغلق القطع Primer removing and Nick sealing :**

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



© 2001 Sinauer Associates, Inc.



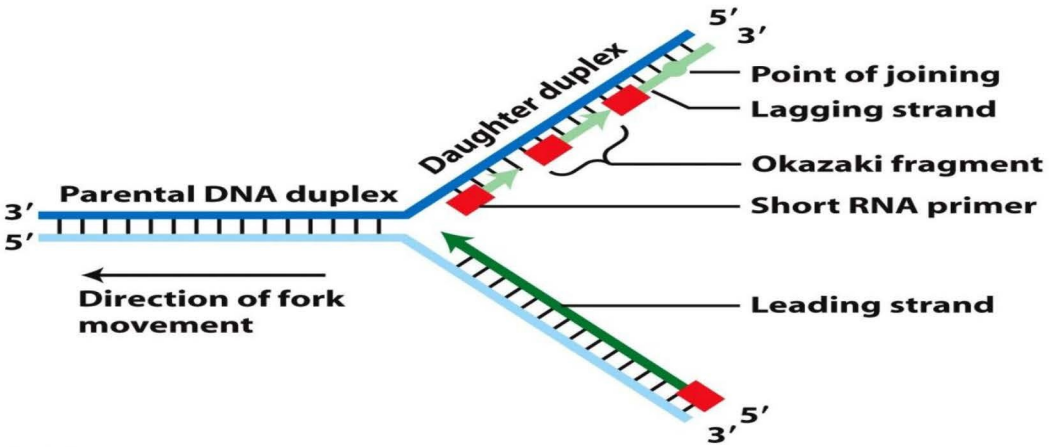
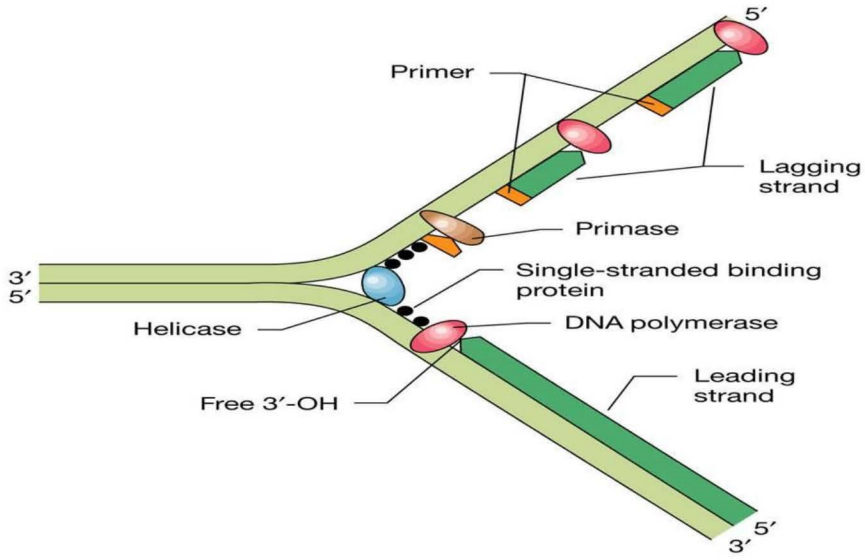
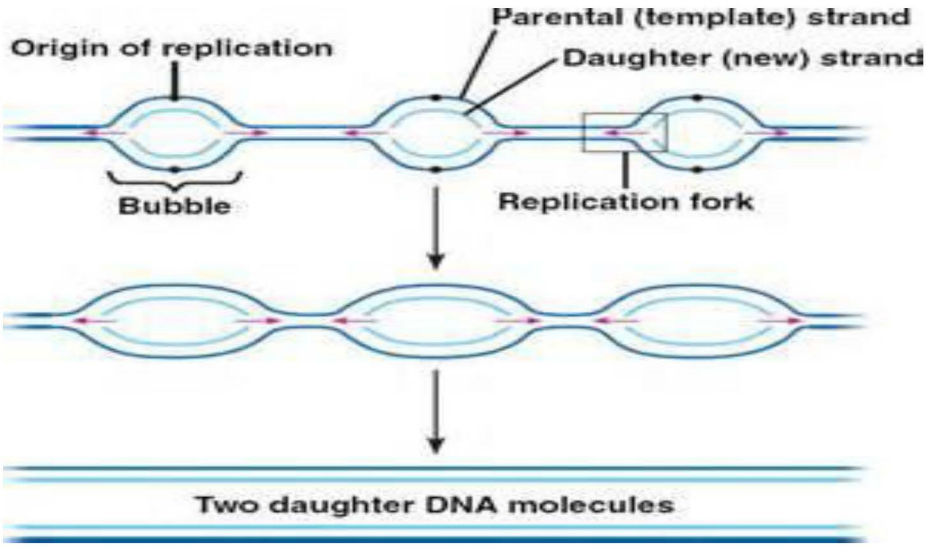


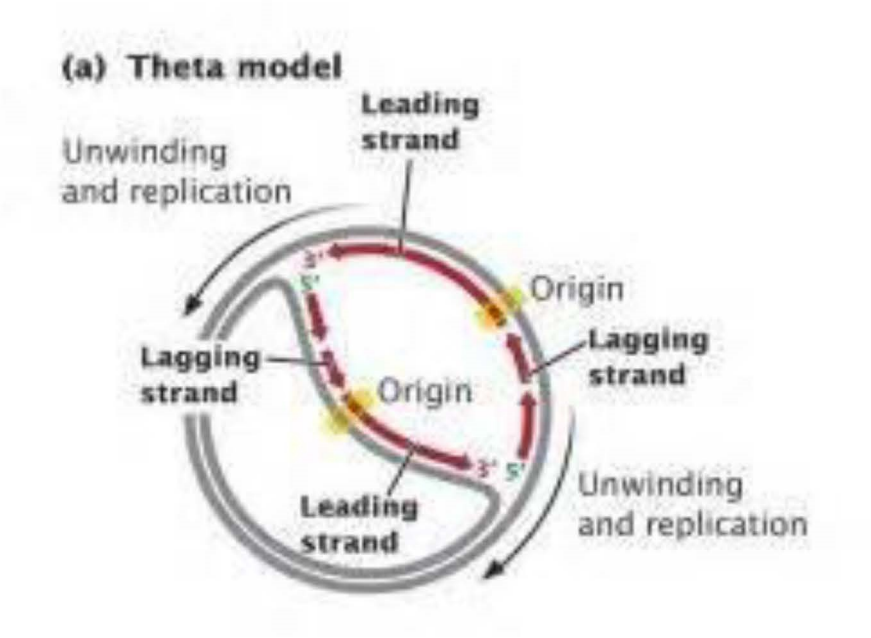
Figure 4-30
Molecular Cell Biology, Sixth Edition
© 2008 W. H. Freeman and Company



بما انه هنالك أكثر من شوكة للتضاعف على طول جزيئة الدنا DNA في حقيقية النواة لذلك سيتكون أشبه بالفقاعات Bubbles التي تقترب من بعضها البعض وتلتقي لتكوين جزيئة الدنا الجديدة. اما في بدائية النواة فهنالك شوكة تضاعف واحده ؟ تبدأ في مكان معين وتمتد على طول الدنا الكرموسومي الحلقي لتلتقي مرة اخرى .



في 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 Replicon (وهي المنطقة المحصورة بين منطقة البدء والإنهاء) في حين هنالك عدة مناطق إنهاء وعدة متبلمرات في حقيقية النواة؟؟

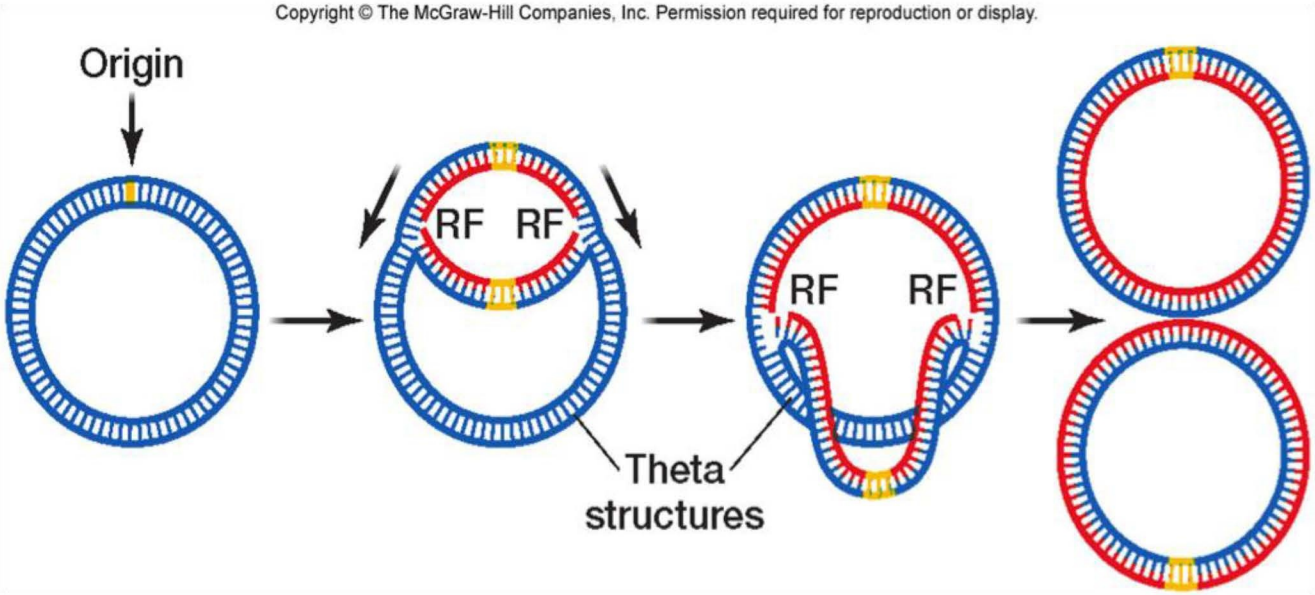
بالتالي يتبادر للذهن الاتي اذا كانت عملية التضاعف في بدائية النواة وحقيقية النواه متشابه تقريبا فأين يكمن الاختلاف ؟ في البداية لابد من التعرف على كيفية تضاعف الدنا في بدائية النواة.

ثانيا: تضاعف الحمض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين DNA replication في بدائية النواة:

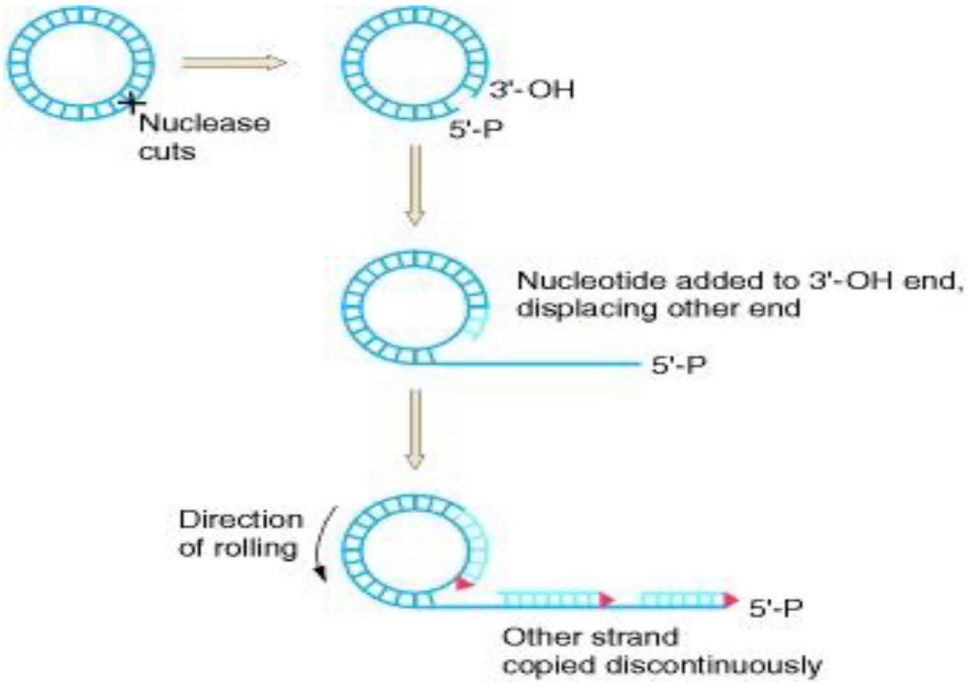
كما أسلفنا سابقا هو مشابه لما في حقيقية النواة مع بعض الاختلافات. وهنالك نوعين من التضاعف في بدائية النواة وهي :

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

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



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



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

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