

الفصل الأول

البيولوجيا الجزيئية والرياضة

- مقدمة عن الوراثة
- البيولوجيا الجزيئية
- تكوين البروتين
- تقسيم البروتين
- تقسيم البروتينات من حيث الوظائف
- نظرية أوبرون
- كيفية تكوين البروتين من الدنا
- الشفرة الوراثية
- استخدام الأحماض الأمينية لتكوين البروتين
- منع تكوين البروتين
- دائرة الخلية

مقدمة عن الوراثة

الوراثة هي نقل الصفات الوراثية عبر الأجيال المختلفة. وتعتبر الوراثة بوجه عام ووراثة الإنسان بشكل خاص ذات أهمية كبيرة من الناحية النظرية والتطبيقية.

والأسس الوراثية وآلية التوريث واحدة في جميع الكائنات الحية، كذلك الإنسان. ولو أن الإنسان بامتلاكه جهازاً عصبياً متفوقاً يستطيع أن يعدل ويتحكم في كثير من ظروف بيئته والسيطرة عليها نسبياً من أجل تحسين ظروف معيشته. ولكن الإنسان ليس نموذجاً مثالياً للأبحاث الوراثية لأسباب كثيرة منها:

- ١ - لا يمكن التحكم في التزاوج في الجنس البشري.
- ٢ - طول عمر الإنسان لا يسمح للباحث في تتبع أجيال كثيرة.
- ٣ - طول مدة البلوغ لإنتاج الخلايا التناسلية.
- ٤ - قلة الإنتاج البشري من سيدة واحدة.
- ٥ - كثرة عدد الكروموسومات ٤٦ كروموسوم.
- ٦ - تحكم أكثر من جين في صفة معينة أو مادة معينة مثل الهيموجلوبين يتحكم به عدد من الجينات.
- ٧ - طول مدة الحمل للسيدات وهي حوالي ٩ أشهر فترة طويلة في المعايير البيولوجية.

لكل هذه الأسباب فإن دراسة الصفات الوراثية للإنسان ليست بالأمر الهين. وتعتمد دراسة الوراثة في الإنسان على دراسة العائلات وسجلات النسب. أو دراسة التوائم سواء كانت متشابهة (متطابقة) أو غير متشابهة (غير

متطابقة). ويضاف لكل ذلك العدد الهائل من الجينات التي تقدر ما بين ٥٠ إلى مائة ألف جين.. بجانب الطرق العلمية للتعرف على تركيب هذه الجينات كانت تمثل صعوبة كبيرة حتى تم اكتشاف الوسائل الحديثة العملية مثل طرق تحليل الدنا بطريقة سلسلة تفاعل البلمرة واستخدام الكمبيوتر لتجميع النتائج وسرعة القيام بالعمليات الالكترونية.

وقد تم حديثاً استخدام الوراثة فى الرياضة، وذلك لانتقاء اللاعبين ذوى الصفات الجسدية المتميزة، بجانب استخدامها فى تحسين الأرقام الرياضية المذهلة وتحسين مستوى اللياقة البدنية والتدريب، لذلك كان من الأهمية بمكان التوصية بأخذ أسباب العلم الحديث للتقدم فى المجال الرياضى فى مصر.

البيولوجية الجزيئية والرياضة:

البيولوجية الجزيئية:

من أكثر المجالات العلمية نمواً فى عصرنا هذا. وتعرف **البيولوجية الجزيئية** بأنها: دراسة للتركيب الجزيئى على مستوى الخلية أى تختص بتحليل تركيب وعمل الدنا DNA، والرنا RNA، والتعرف على العلاقة بين الجينات وخصائص الخلية.

يوجد بكل خلية ٥٠-١٠٠,٠٠٠ جين، وكل جين مسئول عن تكوين بروتين خاص. وتُنظَّم الإشارات الخلوية إنتاج البروتين من الجينات عن طريق التنشيط أو التثبيط.

ومسئولية **علماء الفسيولوجيا** : التعرف على العوامل التى تقوم بعمل الإشارات التى تزيد أو تقلل إنتاج البروتين.

ويؤدى **التدريب** لتغير كمى ونوعى فى بروتين العضلات، وتعمل التدريبات المنتظمة للقوة على زيادة الحجم العضلى الناتج عن زيادة البروتين الانقباضى.

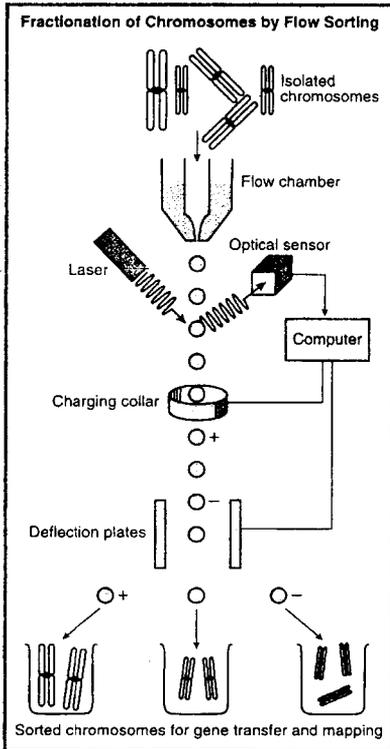
وتعد البيولوجية الجزيئية علماء التدريب بالأداة للتعرف على كيفية تحكم التدريب فى عمل الجين، وكيفية تأثير هذا التدريب على إنتاج البروتين العضلى. وتنظيم استنساخ التعبير الجينى بالعضلات مما يسمح للعاملين بالتدريب بتخطيط البرامج المناسبة لتحسين مستوى الأداء البدنى. أى أن البيولوجية الجزيئية تساهم فى الإمداد بالمعلومات العلمية لتحسين الأداء البدنى.

التقنيات البيولوجية تشمل:

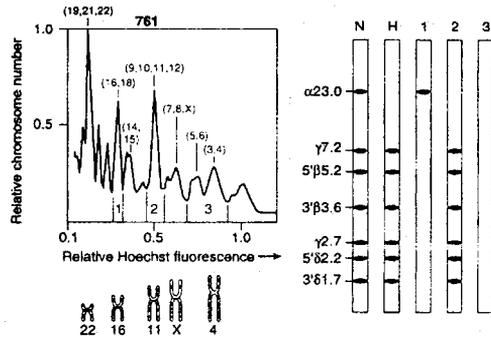
- ١ - عزل الكروموسومات.
 - ٢ - عمل خرائط الجينات من الكروموسومات.
 - ٣ - استخدام طرق مختلفة لعمل الخرائط الجينية.
- وهى ممثلة فى الشكل التالى.

التقنية البيولوجية

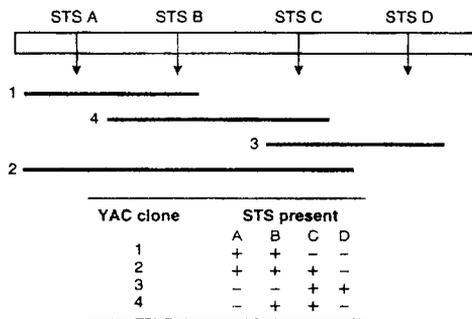
A Isolation of individual chromosomes by flow cytometry



B Use of sorted chromosomes for mapping human genes



C Use of YACs and STSs in physical mapping



D Important techniques used in physical mapping

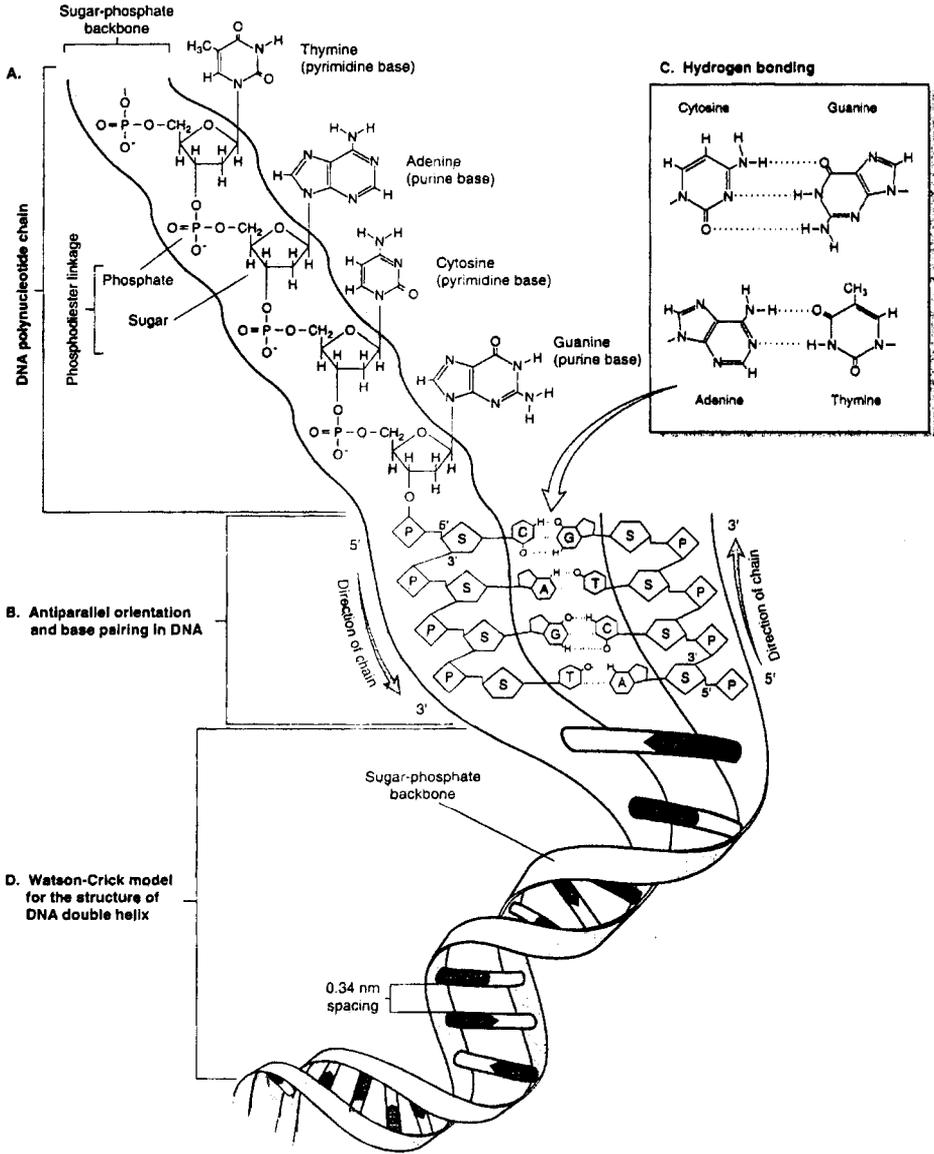
Approach	Technique	Size resolution
Chromosome	Flow cytometry, microcell hybrids	2×10^8 kb
Cytogenetics	Banding, FISH	2×10^3 kb
YACs	Fragments cloned, overlapping order	100–1000 kb
BACs	Fragments cloned, overlapping order	150–350 kb
Restriction sites	Order restriction sites	200 kb
STS sites	Order STS sites on YAC clones	100 kb
Cosmids	YAC clones cut and recloned	40 kb
Plasmid/M13	Cosmid clones cut and recloned	1–5 kb
Sequencing	Each isolated fragment sequenced	1 bp

Note: BACs = bacterial artificial chromosomes; FISH = fluorescent in situ hybridization; STS = sequence-tagged sites; YACs = yeast artificial chromosomes

طريقة عزل الدنا من الدم:

- تستخدم شرائح تحتوي على فراغات لتحتوى الدم والمواد الكيميائية الداخلة فى عملية العزل.
- يتم وضع ٥٠ ميكرو لتر من الدم على السائل المذيب للكرات الحمراء.
- يترك المخلوط ١٠ دقائق فى درجة حرارة الغرفة.
- يتم وضع المخلوط فى جهاز الطرد المركزى ٨٠٠ × ج لمدة خمس دقائق.
- يتم عزل المجموعة المتكونة من كرات الدم البيضاء (الخلايا التى بها نواة).
- يوضع سائل لذويان الكرات البيضاء.
- يوضع ١٦,٥ ميكرو لتر من المخلوط المرسب للبروتين.
- يتم تشغيل جهاز الطرد المركزى بسرعة أعلى ١٤٠٠ × ج لمدة ١٠ دقائق.
- يرسب الدنا.
- يوضع ١٠٠ ميكرو لتر من ٧٠٪ أثنانول.
- استخدام الجهاز للطرد المركزى.
- يتم سحب الأثنانول بالأثير.
- يتم إضافة ٢٥ ميكرو لتر من مخلوط إعادة هدرجة الدنا.
- يخزن الدنا المتكون فى الثلجة عند درجة حرارة ٢-٨°م.
- والشكل التالى يوضح تركيب الدنا DNA.

تركيب الدنا DNA



تشخيص الدنا بطريقة التقنية البيولوجية:

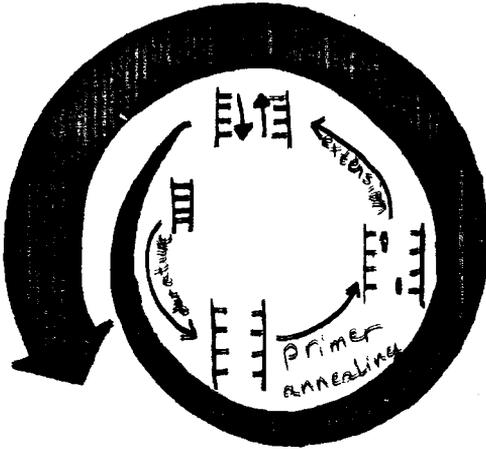
وتشمل :

- ١ - التقطيع لقطع صغيرة بالأنزيمات أكثر من ١٠٠ نوع تم استخدامها.
- ٢ - إعادة التكوين لعمل ما يسمى DNA دنا جديد.
- ٣ - تكرار الدنا DNA.
- ٤ - الهندسة الوراثية، تنظيم وعمل الجين.
- ٥ - تفاعل سلسلة البلمرة.

تكبير الجزء المختار من الدنا DNA بواسطة تكتيك PCR ١٩٨٥ وتم عزل DNA لأول مرة ١٨٦٩.

مميزات طريقة PCR :

- ١ - سريعة - حساسة.
- ٢ - تستخدم DNA & RNA ، في الدنا والرنا.
- ٣ - التعرف على الأمراض.
- ٤ - طب شرعى.
- ٥ - التعرف على الموميوات.
- ٦ - فى الرياضة.
- ٧ = البصمة الوراثية.



طريقة PCR

ويستطيع هذا التكتيك تكبير DNA المختار

فى خلال ساعات للمليون مرة

تفاعل سلسلة البلمرة PCR:

هو تكتيك يعتمد على تكرارات متعددة باستخدام الحرارة المرتفعة لتغيير طبيعة الدنا.

وذلك يؤدي لتكبير الجزء المختار من الدنا، كما يستخدم بريمير متخصص والبلمرة مع كل تكرار لتفاعل سلسلة البلمرة يتضاعف عدد النسخ للجزء المختار من الدنا مؤدياً لزيادة كبيرة فى كمية الدنا المختار.

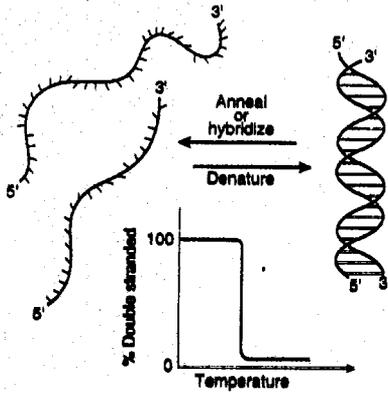
ودور البريمير هام فى هذه العملية وكذلك الأنزيم بوليمريز الذى يختص بعملية التكرار للدنا.

كما تستخدم هذه الطريقة الفعالة للتعرف على:

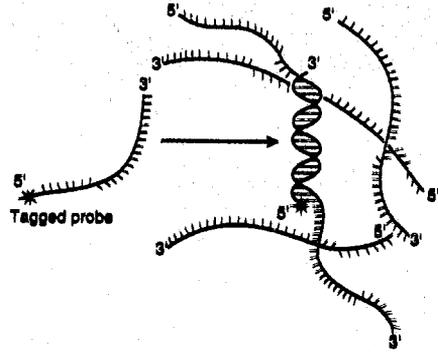
- ١ - الأمراض المختلفة خاصة الفيروسية.
 - ٢ - عمل البصمة الجينية.
 - ٣ - فى الطب الشرعى.
 - ٤ - فى الرياضة للتعرف على الجينات واستخدامها فى الانتقاء الرياضى.
 - ٥ - إنتاج الهرمونات مثل هرمون النمو.
 - ٦ - التعرف على المومياءات والتحقق من الشخصية.
- والشكل التالى يوضح تصوير الدنا.

تصوير الدنا

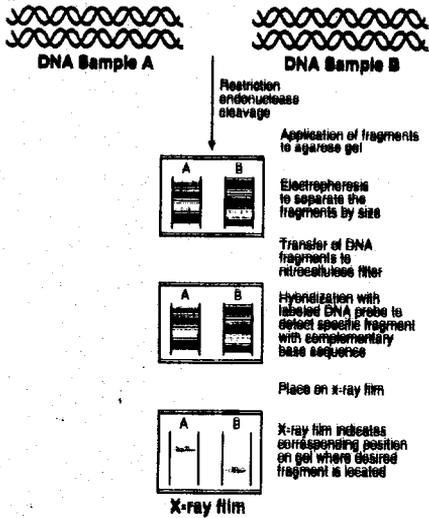
A Nucleic acid hybridization



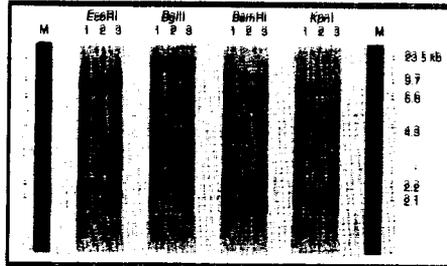
B Nucleic acid probes



C Southern blot analysis



D DNA fragments detected on x-ray film



تكوين البروتين:

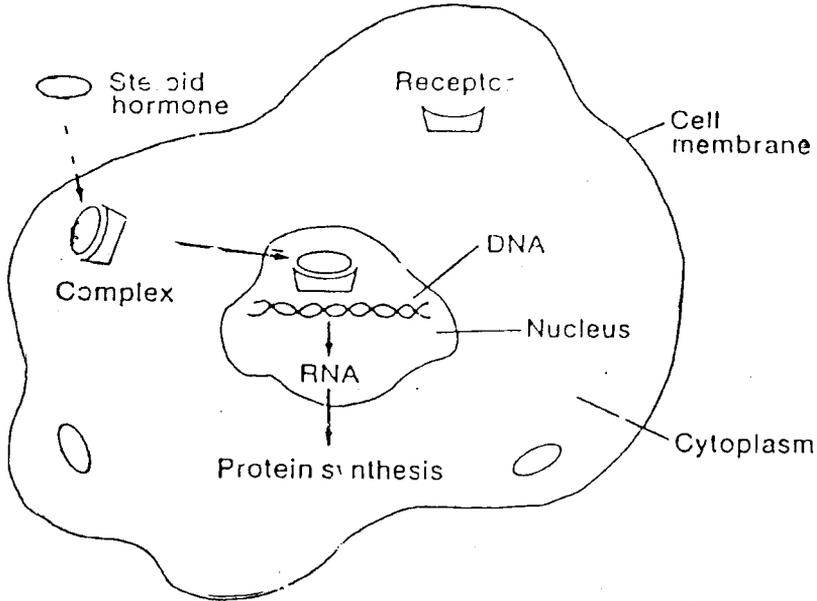
كيف يتم تحفيز تكوين البروتين بواسطة الهرمونات الاستيرويديه؟

إن الهرمون الاستيرويدي (البناء) يتحد مع مستقبل خاص فى الخلية الهدف. ثم يتكون هورمون مركب مع المستقبل، وهذا المركب يتجه نحو نواة الخلية. وعند إثارة الدنا يزيد إنتاج الرنا الذى بدوره يعمل على إنتاج بروتين جديد. وهذا البروتين المتكون متعدد، قد يكون تركيب مثل بروتين العضلات، أنزيمات تعمل على تنشيط العمليات الحيوية بالخلية، هورمون مثل هورمون النمو، وغير ذلك من البروتينات العاملة بالجسم.

والشكل التالى يوضح تكوين البروتين بواسطة الهرمونات الاستيرويديه.

تكوين البروتين

Steroid hormones activate genes for protein synthesis in target cells



Steroid hormones bind to receptors in cytoplasm of target cells. Hormone/receptor complex then migrates to cell nucleus, binding to DNA and activating specific genes. The resulting increase in RNA production leads to synthesis of new proteins. These may be structural proteins like those in muscle or enzymes that activate other cell functions.

تقسيم البروتين من حيث الوظائف :

النوع	مثال	وظيفته
١ - التركيب :	الكولاجين	يتواجد فى الأنسجة الضامة أكثر البروتينات بالجسم
٢ - التخزين :	أوفال البيومين	مصدر للطاقة فى مراحل التكوين الأولية .
٣ - الانتقال :	هيموجلوبين	ناقل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون
٤ - المستقبل :	مستقبل الإنسولين	داخل أغلفة الخلايا مما يسمح بدخول الجلوكوز للخلايا
٥ - هورمون :	هرمون النمو	يفرزها الغدة النخامية . يعمل على النمو
٦ - حماية :	الأجسام المضادة	وتنتج استجابة لوجود الأجسام الغريبة
٧ - الانقباض :	الأكتين والمايوسين	عند اتصالها يتسبب ذلك فى انقباض العضلة
٨ - منظم :	مستقبلات الاستيرويدات فى الخلايا الهدف	تعمل على التأثير على الجين المتأثر
٩ - الأنزيمات :	كرياتين كينيز	وغيرها تساعد فى عمليات الأيض وبعضها يعمل كمؤشر بيولوجى

نظرية أوبرون :

مشاهدات نظرية أوبرون لتكوين البروتين .

لتفسير طريقة السيطرة على الاستنساخ، اقترح موناك وجاكوب (١٩٦١) نظرية اعتماداً على المشاهدات التالية :

١ - وجود ثلاث جينات فى نفس منطقة دنا البكتريا (ترتبط بتحويل اللاكتورز) تتناسق فيما بينها، حيث أنها تنفتح وتغلق معاً وبنفس الدرجة .

٢ - يحتاج استنساخ هذه الجينات إلى توافر اللاكتورز، كمادة خاضعة لإنزيم بيتا جالكتوسايديز .

٣ - عند فقد اللاكتورز تستمر البكتريا المصنعة للأنزيمات بالرغم من عدم حدوث طفرات فى الجينات الثلاثة المتقاربة الموقع .

وبذلك فإن هذه المشاهدات أدت إلى افتراض أن استنساخ الجينات الثلاثة يتحفز بواسطة أنزيم البوليميريز من الرنا .

كما افترض موناك وجاكوب وجود جزئ كايح يتنافس مع بوليميريز الرنا لموقع على سلسلة الدنا .

نظرية أوبرون Operon Concept :

وآلية تكوين البروتين :

قام كل من موناك وجاكوب Monad & Jacob بتوضيح هذه النظرية ١٩٦١ حيث أوضحوا آلية تكوين البروتين أى التحكم الجينى فى ذلك . وذكرنا أن الكروموسومات يحملان نوعين من الجين .

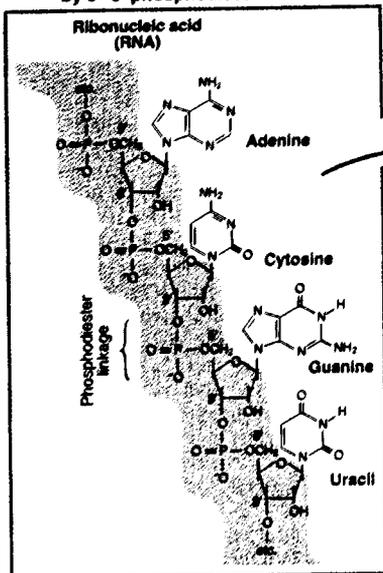
١ = الجين التركيبى Structural .

٢ = الجين العامل Operator .

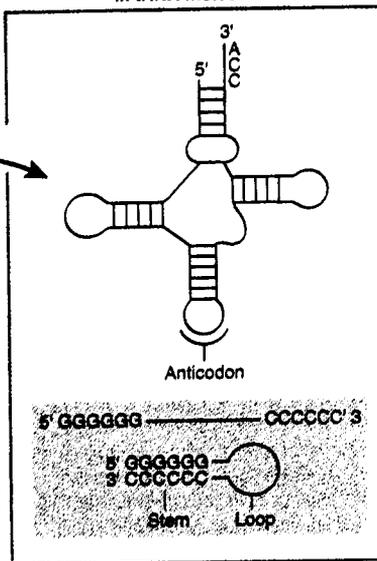
والشكل التالى يوضح تركيب الرنا RNA .

تركيب الرنا

A RNA polynucleotide chain formed by 3'-5' phosphodiester bonds

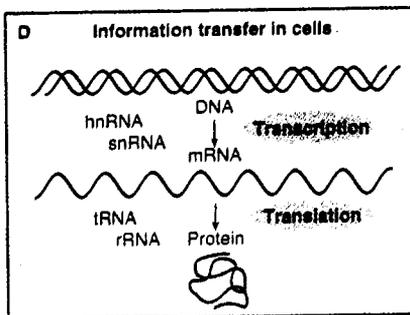


B Intramolecular hydrogen bonding in tRNA molecules



C Classes of RNA molecules found in human cells

RNA Class	Size	Function
hnRNA	Heterogeneous	Precursors to other RNAs
snRNA	58-220 nucleotides	RNA processing
mRNA	Heterogeneous	Carry information to the protein synthesis machinery
tRNA	74-95 nucleotides	Transfer amino acids
rRNA	28S, 18S, 5.8S, 5S	Make up the ribosome structure



الجين التركيبى :

وهو يوجه لإنتاج الإنزيم وغيره من البروتين عن طريق رنا المرسال mRNA، بينما يتحكم الجين العامل op.g. فى الجينات التركيبية المجاورة على نفس الكروموسوم. حيث أن تكوين رنا المرسال mRNA يمكن أن يكون فاعل فقط عند نقطة على الدنا حيث يوجد الجين الفاعل OP.G.

وبالتالى فلايستطيع الجين التركيبى إنتاج بروتين إلا تحت شروط معينة بالخلية. لذا فإن جين أو مجموعة جين تركيبى بالإضافة للجين العامل يكونان التركيب الجينى وهو أوبرون Operon.

عملينا قمع (كبح) وسماح :

العامل الثالث فى التحكم الجينى لتكوين البروتين داخل الخلية ويربط الأوبرون Operon بالأحداث الأيضية، وهو الجين المنظم Regulator gene الذى يتحكم فى الجين العامل؛ ويقوم بذلك من خلال إنتاج وحدات البروتين المسماه ربرسور Repressors. ومع اتحاد الجين العامل بالربرسور فإنه غير قادر لإحداث نشاط فى الجين التركيبى، وفى هذه الحالة يقال أن الأوبرون Operon تم قمعه (كبحه). وعندما يكون الأوبرون نشط، وذلك بأن يكون جهاز القمع غير نشط، فى هذه الحالة يكون الأوبرون فى حالة سماح.

بجانب عامل هام فى عملية نشاط الأيض الإنزيمى داخل الخلية هو تركيز مركب أيسى معين، والذى يؤدى إلى تنشيط الجهاز الإنزيمى والذى يلعب دوراً هاماً فى عملية الأيض نفسه. هذه الظاهرة تتدخل فى تكوين الأنزيم وهى عامل هام فى تنظيم عمليات النمو والأيض داخل الخلية.

كيفية تكوين البروتين من الدنا :

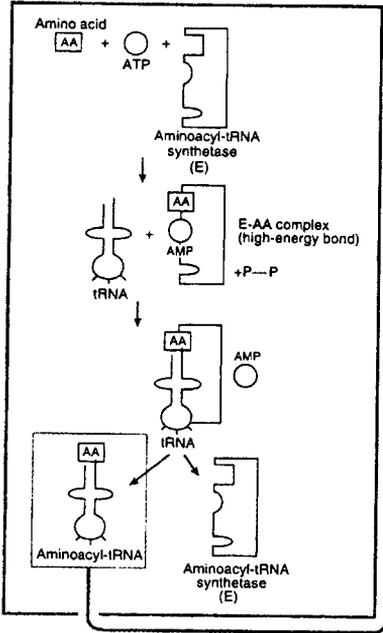
يوجد داخل الخلايا الريبوسوم Ribosome وهى الأماكن الخاصة بتكوين البروتين .

كما يوجد داخل النواة الدنا، ويقدر أن كمية البروتين التى يمكن للدنا تكوينها بنظام الكود أو الشفرة ٧ مليون بروتين. ويساهم فى ذلك أنزيم بليمريز Polymerase وتبدأ هذه العملية بتكوين الرنا المرسال mRNA بعملية تسمى نسخ Transcription أى أن الدنا DNA الزوجى ينسخ الرنا المرسال الفردى. وينتقل الرنا المرسال mRNA من النواة إلى السيتوبلازم الخلوى حيث يتحد مع الرنا الريبوزى لتكوين البروتين عن طريق عملية تسمى الترجمة Translation .

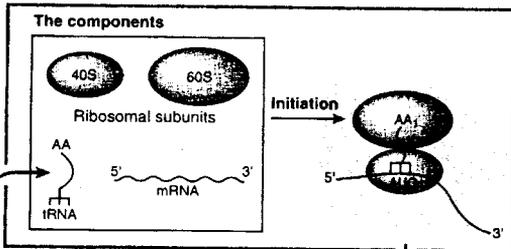
والشكل التالى يوضح كيفية تكوين البروتين من الدنا.

تكوين البروتين من الدنا

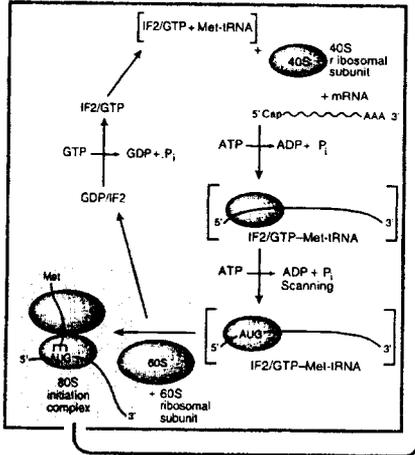
A Charging a tRNA molecule



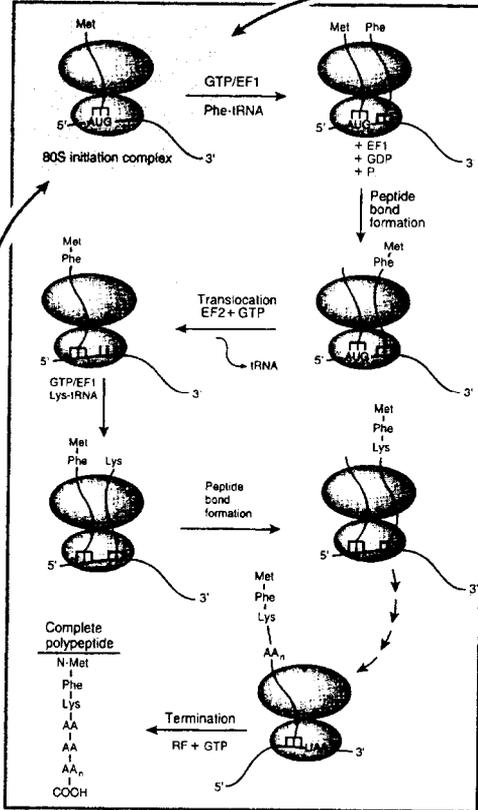
B Ribosomes



C Initiation of protein synthesis



D Elongation and termination of protein synthesis



الشفرة الوراثية Genetic Code :

تتابع قواعد البرين والبريمدين على الرنا المرسل، المتكون من الدنا يمد الجسم عن طريق سلسلة الأحماض الأمينية بالبروتين اللازم.

وقواعد النيوكلووتيد فى الدنا DNA هى T - A - C - G بينما فى الرنا المرسل U - A - C - G وتنقل المعلومات عن طريق تتابع ٣ نيوكلووتيد أى أن الشفرة الجينية تتكون من ٣ نيوكلووتيد.

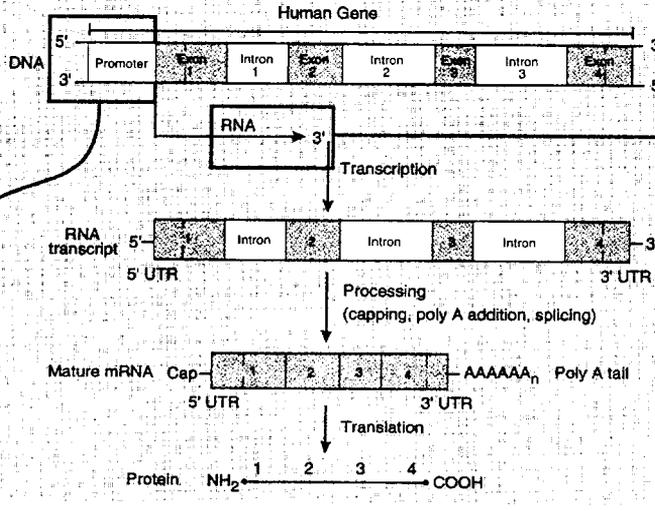
وباعتبار وجود ٤ نيوكلووتيد فى الرنا المرسل، فإن تتابع ٣ نيوكلووتيد يحتاجه الكود أى الشفرة لتكوين حامض أمينى ٦٤ (٣٤) من المكونات الممكنة تكوينها، ووجد أن ٦١ من ٦٤ ثلاثى نيوكلووتيدى تشفر لعدد ٢٠ حامض أمينى لتكوين البروتينات، وبالتالي يمكن أن يكون هناك أكثر من كلمة كودية Code Word أو كودون Codon لكل حامض أمينى. كما أن ٣ من ٦٤ ثلاثى نيوكلووتيد لا تشفر لتكوين أى حامض أمينى، بل تعمل كإشارة فقط لإنهاء عدد من البيبتيدات من سلاسل البروتين.

عملية النسخ

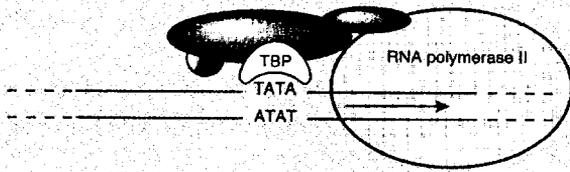
A RNA polymerases involved in transcription

RNA polymerase	Location	RNAs synthesized
I	Nucleus	rRNAs—28S, 18S, 5.8S
II	Nucleus	precursor mRNA, snRNAs
III	Nucleus	tRNAs, 5S rRNA
Mitochondrial	Mitochondria	Mitochondrial RNA

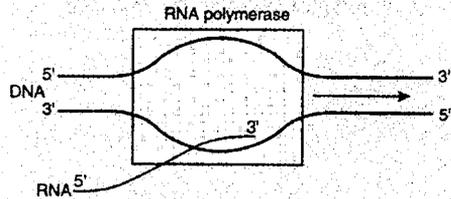
B Important aspects of a typical human gene



C Initiation of transcription



D RNA is synthesized in a 5' to 3' direction



يوضح الجدول التالي الدنا، والرنا الثلاثية والأحماض الأمينية في الشفرة الجينية.

		القاعدة الثانية					
رنا	دنا	A	G	T	C	رنا	دنا
		U	C	A	G		
A	U	UUU	نسرين	ثيروسين	سيستين	U	A
		UUC				C	G
		UUA				A	T
		UUG				G	C
القاعدة الأولى G	C	CUU	برولين	هستيدين	أرجنين	U	A
		CUC				C	G
		CUA				A	T
		CUG				G	C
T	A	AUU	ثريونين	اسبرجين	سرين	U	A
		AUC				C	G
		AUA				A	T
		AUG				G	C
C	G	GUU	الأنين	حمض اسبرتك	جليسين	U	A
		GUC				C	G
		GUA				A	T
		CUG				G	C

قواعد الدنا A C T G

قواعد الرنا A C U G

يتكون من ثلاث قواعد من الرنا المرسل.

أحماض أمينية ثلاثية القواعد من أمثلة ذلك:

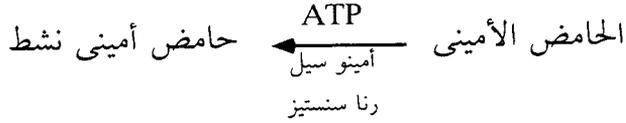
فينايل الانين UUU أو UUC

لوسين UUA أو UUG أو CUU

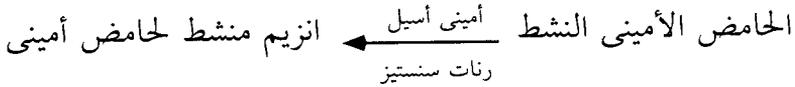
وباقى الأمثلة في الجدول.

استخدام الأحماض الأمينية لتكوين البروتين:

تحتاج الخطوة الأولى لاستخدام الأحماض الأمينية لتكوين البروتين إلى تنشيط بواسطة ثالث أدينوزين الفوسفات + أنزيم



والخطوة التالية فى تكوين البروتين



تحويل الحامض الأميني النشط إلى انزيم منشط لحامض أميني.

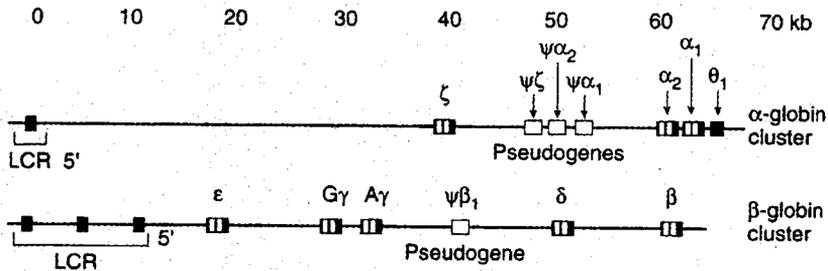
الخطوة الثالثة :

مع اتصال المرسال رنا مع رنا الريبوزى فإن t RNA رنا الناقل تنضم لهما ويتصل بالكود المضاد مكون من نيوكلو تيد ثلاثى على المرسال رنا الذى يحوى الكود الثلاثى المناسب. والنتيجة تكوين أحماض أمينية فى تتابع معين كما أملاه المرسال رنا.

يتصل منشط خاص للسلسلة المكونة للبيتيدات العديدة بالرنا الناقل، كما يتصل بالريبوسوم، كما فى الشكل التالى.

تكوين الهيموجلوبين

A Alpha-globin and beta-globin gene clusters

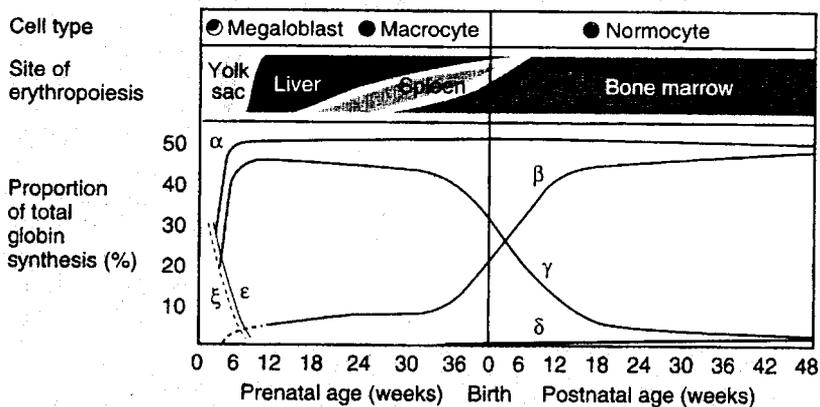


B Hemoglobin subunit composition during development

Hemoglobin subunit composition	Designation	Developmental period
$\zeta_2\epsilon_2$	Hb Gower 1	Embryonic
$\zeta_2\gamma_2$	Hb Portland	Embryonic
$\alpha_2\epsilon_2$	Hb Gower 2	Embryonic
$\alpha_2\gamma_2$	HbF	Fetal
$\alpha_2\beta_2$	HbA	Adult, major form
$\alpha_2\delta_2$	HbA ₂	Adult, minor form

Note: Hb = hemoglobin; HbA = adult hemoglobin; HbF = fetal hemoglobin

C Globin synthesis at various stages of development



ثم تزيد السلسلة طولاً مع إضافة الأحماض الأمينية فى تتابع، والجانب الآخر من السلسلة المتصلة بالرنا الناقل.

وأثناء تكوين البروتين، يتصل الرنا الناقل بالريبوسوم، وعلى فترات يحمل كل ريبوسوم سلسلة من البيبتيدات النامية، وتتباعد السلسلة مع إضافة حامض أمينى جديد.

ويكون اتصال الرنا بالريبوسوم ويتحرك الريبوسوم لاستقبال وحدة جديدة من الرنا الناقل لتكوين وحدة جديدة من الحامض الأمينى وتنمو السلسلة البروتينية. لتكون فيما بعد حسب عدد الوحدات والمكونات أنواع مختلفة من البروتين سواء أحادية، ثنائية، ثلاثية، أو رباعية السلاسل.

ومن أبرز أمثلة تكوين الهيموجلوبين.

منع تكوين البروتين :

يتداخل فى منع تكوين البروتين أنواع مختلفة من المضادات الحيوية مثل المضاد الحيوى مينومايسين الذى يمنع فصل خطى الدنا من بعضهما.

بالنسبة للمضادات الحيوية تتراسيكلية، ستربتومايسين، وكلورنفنكول فإنها تثبط نشاط الريبوسوم. أى أن لكل نوع من المضادات الحيوية وسيلة مختلفة لمنع أو تثبيط تكوين البروتين الجديد، وهذا يوضح خطورة زيادة استخدام المضادات الحيوية بدون رقيب.

دورة الخلية Cell Cycle :

الوسيلة التى تكرر بها الخلية مكوناتها الجينية، تؤدى إلى انقسامها لجزئين متساويين، وتحولها لخليتين. هى فى نفس الوقت مفتاح النمو العادى، وتطور الكائن الحى، ويتم ذلك من خلال دورة الخلية.

وتتكون دورة الخلية إلى أربع مراحل مختلفة:

G1, S, G2, M وتكون الزمن من هذه المراحل المختلفة G1, S, G2 فى

دورة الخلية وهى الفترة ما بين انقسام الخلايا ويطلق عليها المرحلة الوسيطة لدورة الخلية.

وفى الخلايا التى لا يحدث بها انقسام خلوى مثل الخلايا العصبية فلها نظام خاص غير دورة الخلية يسمى G0. والخلايا فى هذه المرحلة تثار للنمو، فإنها تدخل من مرحلة G0 إلى مرحلة G1 وهى بداية الدورة.

وظائف مرحلة G1 للبروتينات ومنظماتها ترتبط بالمتغيرات الكيميائية التى تنظم النمو، تميزها، التقدم فى العمر، السرطانات وبرمجة الموت. وتستجيب مرحلة G1 للمؤثر الخارجى مثل عوامل النمو حتى تصل نقطة تحديد تسمى (نقطة R). ومجرد عبور هذه النقطة فإن الخلية تدخل فى مرحلة S وتنقسم. وفى مرحلة S لدورة الخلية فإن الدنا تتكرر بأمانة، لمرة واحدة فقط. وبعدها تدخل الخلية لمرحلة G2 وهناك يتركز الكروماتين ويكون شكل محدد. وفى مرحلة M فإن الكروموسوم يتم توزيعه على الخليتين الجديدتين وكل منهما يبدأ دورة جديدة.

الأهمية الأكلينيكية لدورة الخلية:

فى حالة فقد القدرة على إتمام دورة الخلية فإن هذا يؤدي لفقد التحكم فى النمو، وغالباً ما يؤدي ذلك لحدوث الأورام أو موت الخلية. وكثير من بروتينات التثبيط لتكوين الأورام مثل P53، تعمل أثناء دورة الخلية لتنظيم نمو الخلية وانقسامها، ويؤدي ذلك لمنع تكوين السرطان. وتوقف مرحلة G1 من دورة الخلية هام جداً عندما يحدث تلف الدنا ويجب إصلاح الخلل قبل أن تكرر الدنا نفسها.

دائرة الخلية

A Proteins Involved in regulation of the cell cycle

Cell-cycle phase	Cdk	Cyclin	CKI	
			KIP ^s	INK ^s
G1	Cdk4	Cyclin D	p21, p27	p15, p16
G1/S	Cdk2	Cyclin E	p21, p27	
S	Cdk2	Cyclin A	p21	
G2/M	Cdc2	Cyclin B	p21	
M	Cdc2	Cyclin B, cyclin A		

* KIP proteins (p21, p27) bind multiple cyclin-Cdk complexes and prevent activation or block kinase activity.
 * INK proteins (p15 and p16) are specific for Cdk4 and cyclin D. They bind Cdk and prevent the binding of cyclin D.

B Regulation of cell cycle progression by Cdk-cyclin complexes

