

## الفصل التاسع

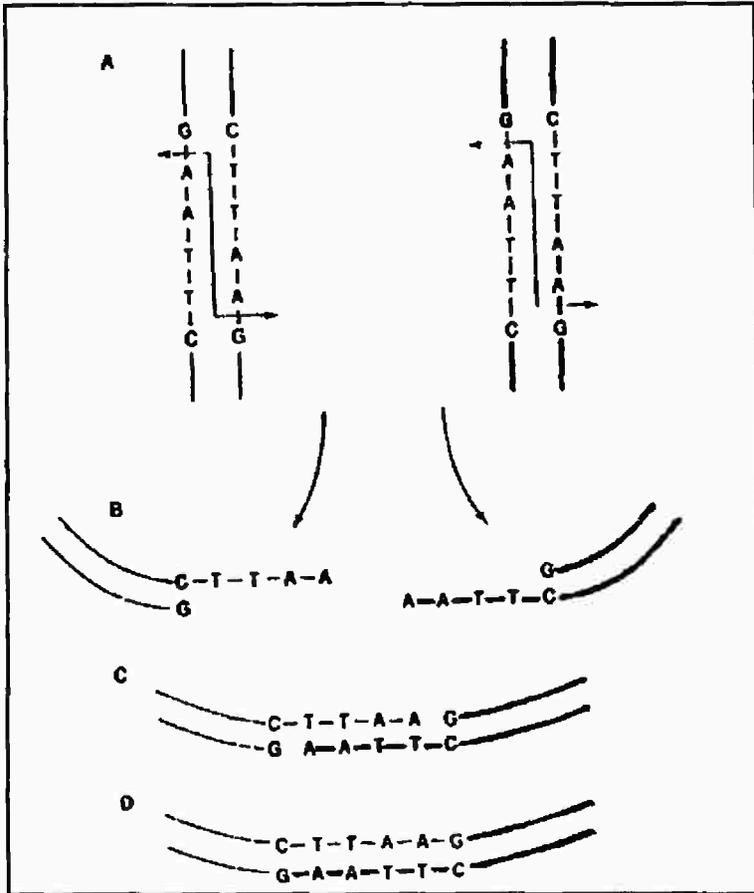
### مختارات من إنجازات البيوتكنولوجيا

□ في عام ١٩٨٥ أعلن العالمان مولس Mullis وفالونا Falona من شركة Cetus في كاليفورنيا توصلهما إلى تقنية يمكن بها مضاعفة قدر معين من المادة الوراثية DNA آلاف المرات مما يساعد على إجراء الدراسات عليها. وقد تطورت هذه الطريقة على يد العالم ساكى Saiki وزملائه في عام ١٩٨٨. وقد ساعدت هذه التقنية - التي عرفت باسم Polymerase Chain Reation (PCR) - على التعامل معمليا مع المادة الوراثية وذلك من خلال عدد كبير آخر من التقنيات التي أدت إلى ثورة البيوتكنولوجيا. كما أدت طريقة PCR إلى التمكن من تقصى وجود مادة وراثية لأحد الطفيليات من عدمه، مثل الإصابة بفيروس الإيدز أو الفيروسات الكبدية.

□ في عام ١٩٧٠ قام العالم الأمريكى سميث Smith بفصل إنزيم من أحد أنواع البكتيريا يمكنه أن يقطع جزيء DNA عند تتابع معين من النيوكليوتيدات. وقد توالى فيما بعد اكتشاف ما يزيد على ٣٠٠ إنزيم (في أنواع مختلفة من البكتيريا) يمكن لكل منها أن يقطع جزيء DNA عند تتابعات معينة من النيوكليوتيدات (شكل ٢٥). وقد عرفت هذه الإنزيمات باسم إنزيمات القصر Restriction enzymes وقد فتح استخدام إنزيمات القصر آفاقا واسعة أمام تكنولوجيا توظيف المادة الوراثية مثل تكنولوجيا الهندسة الوراثية. حيث يمكن قطع المادة الوراثية لنوعين مختلفين من الكائنات وذلك بإنزيم القصر نفسه مما يسهل التحام المادتين الوراثيتين معا حيث سيكون طرفاهما متكاملين (شكل ٢٦). وكما ذكرنا من قبل فقد حصل العالم (سميث) على جائزة نوبل في عام ١٩٧٨ تقديراً لاكتشافه إنزيمات القصر.

ENZYME	MICROBIAL SOURCE	SEQUENCE*
<i>AluI</i>	<i>Arthrobacter luteus</i>	$  \begin{array}{c}  5'-A-G-C-T-3' \\    \\  3'-T-C-G-A-5'  \end{array}  $
<i>BamHI</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> H	$  \begin{array}{c}  5'-G-G-A-T-C-C-3' \\    \\  3'-C-C-T-A-G-G-5'  \end{array}  $
<i>EcoRI</i>	<i>Escherichia coli</i>	$  \begin{array}{c}  5'-G-A-A-T-T-C-3' \\    \\  3'-C-T-T-A-A-G-5'  \end{array}  $
<i>EcoRII</i>	<i>Escherichia coli</i>	$  \begin{array}{c}  5'-C-C-T-G-G-3' \\    \\  3'-G-G-A-C-C-5'  \end{array}  $
<i>HaeIII</i>	<i>Haemophilus aegyptius</i>	$  \begin{array}{c}  5'-G-G-C-C-3' \\    \\  3'-C-C-G-G-5'  \end{array}  $
<i>HindIII</i>	<i>Haemophilus influenzae</i> b	$  \begin{array}{c}  5'-A-A-G-C-T-T-3' \\    \\  3'-T-T-C-G-A-A-5'  \end{array}  $
<i>PstI</i>	<i>Providencia stuartii</i>	$  \begin{array}{c}  5'-C-T-G-C-A-G-3' \\    \\  3'-G-A-C-G-T-C-5'  \end{array}  $
<i>SaI</i>	<i>Streptomyces albus</i>	$  \begin{array}{c}  5'-G-T-C-G-A-C-3' \\    \\  3'-C-A-G-C-T-G-5'  \end{array}  $

(شكل ٢٥): ثمانية من إنزيمات القصر وأسماء الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بتخليقها، والموقع الذي يقوم عنده كل إنزيم بقطع المادة الوراثية.



(شكل ٢٦): حمض DNA من مصدرين مختلفين يرجى عمل اتحاد بينهما للحصول على حمض معاد الاتحاد **Recombinant DNA**. يجري قص الحمضين بإنزيم القصر نفسه (A) ينتج عن ذلك أطراف موروية لزواندها التباينات نفسها (B). ارتباط القواعد المتقابلة من المصدرين المختلفين (C). وأخيرا يجري الربط النهائي للقطع باستخدام إنزيم **ligase** (D).

وقام العالم الأمريكي بول برج Paul Berg بتخليق اول جزيء DNA معاد الاتحاد recombinant DNA وحصل على جائزة نوبل عام ١٩٨٠ تقديرا لذلك.

في ابنتك العلماء العاملون في مجال المادة الوراثية طريقة معملية تعرف باسم Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) تستهدف إلى التمييز بين النسبالات المختلفة من أنواع الكائنات الحية. وتعتمد التقنية على إمكانية حدوث طفرات أو طفرات في تسلسل النيوكليوتيدات في المادة الوراثية.

في سنة ١٩٩٧ تم تطوير تقنية جديدة سميت باسم Affymetrix Inc. طريقة التحليل الدقيق للمادة الوراثية DNA microarray GeneChip probe array

تسعى هذه التقنية إلى فحص آلاف من محسسات حمض DNA (DNA probes)، كل منها معروف بتابعات البيوتنيونيدات فيه، ويوضع كل منها في موقع feature مساحته ٢٠ × ٢٠ ميكرومتر. وعند تعريض نوصع بيئات DNA مجهولة التتابع والموسومة بمادة فلورسنتية مع هذه المحسسات وبالتالي فإن قطع DNA مجهولة التتابع ستتحقق مع المحسسات الكاملة تماماً. ويتم التعرف على مواقع هذه المحسسات باستخدام شعاع الليزر والكمبيوتر. لذلك يمكن معرفة تتابع النيوكليوتيدات في العينات المجهولة.

ويستفاد من هذه التقنية في التحقق من وجود طفرات في جينات معينة من جينوم الإنسان الذي يحمل فيه جينات معروفة كالمعروف للكائنات على طريقة واحدة.

وتعتبر هذه التقنية استشرافاً لبعض النانوتكنولوجي (Nanotechnology). حيث يسود اتجاه الاعتماد على كيميائياً تامة في الدقة يتم فيها التعامل مع جزيئات دقيقة من المادة nanoparticles، حيث تحكمها عندئذ قوانين خاصة في الفيزياء. وقد رصدت المؤسسات والشركات العالمية مئات الملايين من الدولارات لاستثمارها في هذا الاتجاه لتشمل صناعة العقاقير والحلويات الشمسية والمنسوجات والكمبيوتر وكذا في مجازب الصعود للفضاء وإنتاج الطاقة. وهكذا سنشهد عقود القادمة تصغير شعار (N-everything) (تصغير كل شيء).

□ ابتكر العالم البريطاني جيفريز Alec. J. Jeffreys (جامعة ليسستر) تقنية البصمة الوراثية DNA fingerprint، ويمكن بهذه التقنية - اعتمادا على خصائص المادة الوراثية - التمييز بين الأفراد، ولذا فهي تستخدم في الطب الشرعي لتحديد شخصية مرتكبي الجرائم. وقد أدان استخدام هذه التقنية الرئيس الأمريكي الرئيس كلينتون في قصته مع مونيكا لوينسكى.

□ أحدث تزاوج العلوم البيولوجية مع الفيزياء ثورة في تطوير الأجهزة العلمية في مجالات البحث العلمي وتشخيص الأمراض وعلاجها، ولعل في استخدامات أشعة الليزر، وجهاز تحليل X-ray microanalyzer مثالين لذلك.

□ تعاطف إلى حد كبير الدور الذى يمكن أن تلعبه الكائنات الدقيقة فى رحاء البشرية والتخلص من كثير من المشاكل التى تواجه الإنسان. فضلا عن توظيف هذه الكائنات فى الصناعات الغذائية وصناعة المضادات الحيوية استهدف العلماء الآن استغلال الكائنات الدقيقة فى عمليات استخلاص المعادن والتخلص من القمامة ونفايات المصانع. ومن أمثلة ذلك استخدام بكتيريا *Thiobacillus ferro-oxidans* فى استخلاص كبريتات النحاس  $CuSO_4$  من خام كالكوبايرايت ( $CuFeS_2$ ).

وينسب إلى الكيميائى حاييم وايزمان Chaim Weizmann (١٨٧٤ - ١٩٥٢) - (أول رئيس لإسرائيل) - أنه ابتكر عام ١٩١٢ طريقة تقوم بها بكتيريا *Clostridium acetobutylicum* بتخمير النشا للحصول منه على الأسيتون والبتانول. ومن ناحية أخرى تقوم إسرائيل الآن باستغلال طحلب *Dunaliella bradawil* - الذى يعيش فى مياه البحر الميت على رغم ملوحتها الشديدة - فى الحصول منه على الجلوسرين ومادة بيتا كاروتين وغذاء على البروتين يقدم للحيوانات.

فى صناعة البلاستيك يلزم تحويل الألكينات alkenes إلى أكسيدات الألكين alkene oxides التى تتبلر بعد ذلك إلى بلاستيك. وتتم الأكسدة عادة بوسائل كيميائية. وقد استهدف البيولوجيون فى شركة Cetus فى كاليفورنيا استخدام نوعين من الفطريات ونوع من البكتيريا لأكسدة الألكينات.

وفى عمليات استخراج البترول اقترح توظيف بكتيريا اسمها *Xanthomonas campestris* تفرز مادة عديدة السكر تعرف باسم (صمغ زانسان) Xanthan gum، حيث يخلط بالماء ويضخ إلى الطبقات تحت الأرض الحاملة للبترول، ويساعد ذلك على تخليص البترول من حبات الأتربة والرمال والصخور وتجميعه إلى حيث يتم رفعه إلى سطح الأرض. وفى أسلوب آخر دُفع ببعض طرز البكتيريا المشابهة إلى الطبقات تحت الأرض لتؤدي الهدف نفسه.

كما استطاع العلماء توظيف طرز من الكائنات الدقيقة لتحليل النفايات بأنواعها المختلفة، وقد ساعد هذا التوجه على مواجهة مشكلة تلوث البيئة.

□ من المعروف أن النباتات تحصل على احتياجاتها من النيتروجين من التربة، ولذا يحرص المزارعون على إضافة الأسمدة النيتروجينية إلى التربة الزراعية. ومن الجدير بالذكر أن النباتات البقولية على وجه الخصوص سخر الله لها بكتيريا تعرف باسم *Rhizobium* تتخلل جذور هذه النباتات فى مجموعات تكون عقدا nodules تميز جذور النباتات البقولية. وتقوم هذه البكتيريا بتثبيت النيتروجين الجوى fixing nitrogen أى تحوله من عنصر غازى إلى مركب مثل الأمونيا  $NH_3$  أو النيترات  $NO_3$ ، وتوفر هذه المركبات للنبات مواداً يمكنه الاستفادة منها على هذه الصورة. وتحصل البكتيريا على مواد غذائية غنية بالطاقة من النبات. وترجع قدرة هذه البكتيريا على تثبيت النيتروجين إلى وجود عدد كبير من الجينات يرمز لها (nif). أما فى النباتات غير البقولية فإن المزارعين يتكفون مبالغ طائلة لتوفير الأسمدة النيتروجينية التى تتطلب صنعها قدرًا كبيرًا من الطاقة. وقد فكر العلماء فى إكساب النباتات البقولية الجينات المسؤولة عن تثبيت النيتروجين فى البكتيريا، ولكنهم لم يوفقوا فى ذلك. وكان الحل فى بلازميد (Ti) الموجود فى بكتيريا *Agrobacterium tumefaciens* حيث يحملون عليه الجينات (nif) ويُدخَلُوه إلى النبات. ومن المعتاد أن يسبب ذلك ورمًا فى جسم النبات وعندئذ ستحتوى كل خلية فى

الورم على جينات تثبيت النيتروجين. تؤخذ هذه الخلايا بعد ذلك ويجرى لها زراعة فى أطباق مزودة بأوساط غذائية. ثم تستعمل هذه الخلايا بعد ذلك فى إنتاج نباتات كاملة مزودة بجينات تثبيت النيتروجين.

□ تحتاج كثير من الدراسات البيولوجية إلى إجراء تقنية معملية تعرف باسم الفصل الكهربائى Electrophoresis. وقد اكتشف العلماء أن هذه التقنية يمكن إجراؤها بشكل أفضل وأكثر دقة فى ظروف اللاجاذبية. وقد تعاونت الشركة العملاقة McDonnell Douglas Corporation مع وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا NASA) فى تطوير هذه التقنية لتجرى فى داخل المركبات الفضائية فيما عرف باسم Electrophoresis in space (EOS).

□ من المأمول أن ينتج العلماء عن طريق تقنيات الهندسة الوراثية بعض المواد الكيميائية ذات الفائدة الطبية مثل البيومين الدم البشرى والهرمونات السترويدية. وقصة الدور غير المباشر الذى يلعبه عن الخبز *Rhizopus arrhizus* فى إنتاج الكورتيزون ماثلة أمامنا. ومما يذكر أن علماء كاليفورنيا كانوا قد تمكنوا فى عام ١٩٧٧ من إنتاج هرمون Somatostatin عن طريق البكتيريا الهندسة وراثيا. ويعتبر هذا الهرمون أول مادة بشرية يتم إنتاجها عن طريق البكتيريا.

□ يعتمد بناء الجينات والبروتينات معمليا على أجهزة الكمبيوتر التى تستخدم الآن فى تخزين المعلومات فى هذا الصدد وابتكار طرق توظيفها.

□ استهدفت بعض الدراسات البيولوجية الحديثة محاولة لإطالة العمر وتأجيل مظاهر الشيخوخة (شكل ٢٧ ملون). وقد استخدمت بعض الكائنات الحية فى هذه الدراسات. وقد اتخذت هذه الدراسات مسارات متنوعة، وقد حققت نجاحاً سجلته المجالات العلمية المتخصصة، ونذكر من ذلك:

= إطالة أعمار خلايا بشرية فى أطباق زجاجية باستخدام إنزيم telomerase الذى يعمل على عدم قصر الأجزاء الطرفية من الكروموسومات مع توالى الانقسامات الخلوية.

= إحداهن طفرات فى جينيات معينة كما حدث فى تجارب على الدودة الأسطوانية *Caenorhabditis elegans*، وذبابة الفاكهة *Drosophila* وخلايا الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* والفئران mice.

= وضع قيود غذائية Dietary restrictions تحقق قلة عدد السعرات فى الغذاء اليومي، فقد وجد أن قلة عدد السعرات فى الطعام تعمل على إطالة العمر.

ولا شك أن البحث عن طول العمر وإبعاد شبح الشيخوخة هى أهداف يبحث عنها الكثيرون. وتعمل الدراسات البيولوجية الحديثة على تحقيقها. وقد استعرض العدد التذكاري (ديسمبر ٢٠٠١ - فبراير ٢٠٠١) من مجلة نيوزويك الأمريكية هذه القضية. وقالت المجلة: إن البعض يتخوف من أن تؤدى إطالة أعمار البشر إلى زيادة السكان وما تحمله من مخاطر.

□ نشرت مجلة نيوزويك الأمريكية فى عددها الصادر فى ٣ يونيو ٢٠٠٢ أن علماء الجامعة العبرية فى إسرائيل استطاعوا الحصول على دجاج بلا ريش، وأن هذا الدجاج يعطى مزيداً من اللحم كما أنه أسرع فى النمو، وأسهل عند إعداده للطعام ويقلل من النفايات الملوثة.

□ أحدث ابتكار تقنية الإخصاب فى الأطباق الزجاجية *in vitro fertilization* ثورة بيولوجية، فقد أمكن بها التغلب على بعض المشاكل التى تحول دون إنجاب الأطفال مثل انسداد أنابيب الجهاز التناسلى للمرأة، أو قلة الحيوانات المنوية للرجل. وبعد إجراء الإخصاب يوضع الجنين فى رحم المرأة لينمو حتى تتم ولادته. ولن ينسى تاريخ الطب يوم ٢٥ يوليو ١٩٧٨ وهو يوم ولادة الطفلة (لويزابراون) Louise J. Brown، وهى أول طفلة تولد عن طريق إخصاب يتم فى الأطباق الزجاجية. إلا أن هذه التقنية أدت إلى تداعيات غاية فى الإشارة. فقد أنشئت بنوك للجاميطات لحفظ بويضات الإناث والحيوانات المنوية للذكور لحين حاجة أصحابها إليها. ثم تطور الأمر إلى الاتجار فى هذه الجاميطات. وقد أدى ذلك إلى خلط فى الأنساب وخلق مشاكل أخلاقية وقانونية. وبدأ بعد

ذلك ما يعرف باسم اختيار الجنين حسب الطلب Designed baby. وقد أعلن في يونيو ٢٠٠١ في شيكاغو عن ولادة أول طفل حسب هذه التقنية، حيث تم فحص الجينوم الخاص به للتأكد من خلوه من السرطان قبل زرعه في الرحم. وقد ذكر لنا عدد (٢) يوليو ٢٠٠١ من مجلة تايم الأمريكية قصة سيدة فرنسية تدعى (جينين) Jeanine عمرها ٦٢ عاما وضعت طفلا في ١٤ مايو ٢٠٠١ عن طريق بويضة موهوبة denoted egg تم إخصابها بحيوان منوى من أخ هذه السيدة الفرنسية!

وفي عام ١٩٩٤ نشرت المجلة العلمية الأمريكية Proc. National Acad. Sci. بحثا عن نجاح أحد العلماء في جعل فأر ينتج حيوانات منوية تخص فأرا آخر. وفي عام ١٩٩٦ نشر عالم عن جامعة بنسلفانيا بحثا نجح فيه في جعل القوارض من جنس الفئران mice تنتج حيوانات منوية لجنس الجرذان Rats. وفي عام ١٩٩٨ نشرت المجلة العلمية Nature Medicine أن طبيبا من أستراليا عزم على أن يجرى دراسة تجعل الفئران تنتج حيوانات منوية بشرية!

وفي اتجاه آخر نجح العلماء في أن يجعلوا الأبقار Cows تلد صغارا من جنس آخر من الثيران Oxen يعرف باسم (جاور gaur). وفي عام ٢٠٠١ استخدم العلماء بقرة تدعى (بسي) Bessie لتحمل في (جاور) استنسخ من دمج نواة خلية من جلد (جاور) مع بويضة بقرة وأعطى المولود اسم نوح "Noah". ومن المعروف أن حيوان (الجاور) يعيش في بنجلاديش والهند وجنوب شرق آسيا وأنه من الحيوانات المعرضة للانقراض.

□ تصاعد الضجيج مؤخرا حول أسلحة الدمار الشامل Weapons of mass destruction (WMD)، وتعتبر الأسلحة البيولوجية Bioweapons مثل جراثيم الجمرة الخبيثة Anthrax من ضمن هذه الأسلحة. ولا شك أن انهيار الاتحاد السوفيتي نتج عنه وجود مئات من العلماء في مجال الأسلحة البيولوجية بلا عمل، وقد أوجد ذلك تخوفا من انتشار هؤلاء العلماء بخبراتهم في دول من

العالم الثالث. ومن جانب آخر تعمل الولايات المتحدة الأمريكية على (تنظيف) الموقع الذى كان الاتحاد السوفيتى يدفن فيه نفاياته من الأسلحة البيولوجية فى جزيرة Vozrozhdeniye فى بحر آرال Aral Sea وذلك تحسبا لسوء استغلال الكميات الهائلة من النفايات بالموقع. وبالطبع فإن تنمية جراثيم لا تستجيب للمضادات الحيوية ثم تأمين تخزينها وتحديد طرق استعمالها يحتاج إلى تقنيات عالية. وقد استعرض عدد ٢٥ فبراير ٢٠٠٢ من مجلة نيوزويك الأمريكية هذه القضية.

وتعد عالمة الأمريكية «كلير فراسر» Claire Fraser (شكل ملون ٢٨) من أشهر المهتمين بدراسة جينوم طرز متنوعة من البكتيريا القاتلة التى تشكل أسلحة بيولوجية. وقد عمدت عالمة الأمريكية إلى إزدواج تقنيات علمية متنوعة مثل الذكاء الاصطناعى Artificial Intelligence والتكنولوجيا فائقة الدقة Nanotechnology لتفهم آليات عمل الجينوم فى هذه الميكروبات القاتلة.

ومما يذكر أن «كلير فراسر» هى زوجة العالم الأمريكى الشهير «كريج فنتر» Craig Venter الذى سبقت الإشارة إليه فى الفصل السابع من هذا الكتاب. وكانا قد تعاونتا معا فى إنشاء معهد بحوث الجينوم Institute for Genomic Research (TIGR) فى عام ١٩٩٢. وفى عام ١٩٩٨ ترأست «كلير فراسر» هذا المعهد خلقا لزوجها الذى عمل فى شركة للجينوم تعرف باسم «سيليرا Celera».

ومجمل القول أن البيوتكنولوجى سَتَغَيَّرُ من كثير من المُسَلِّمات العلمية السائدة، وستدفع بالمجتمعات التى تأخذ بها إلى آفاق من التقدم والقوة الاقتصادية، وستزيد من الفجوة بين من يعلم ومن لا يعلم.

\*\*\*

## المحتويات

٥	..... مقدمة
٩	..... الفصل الأول: الكائنات والمادة الوراثية
٢٣	..... الفصل الثاني: الاستنساخ
٣٥	..... الفصل الثالث: الهندسة الوراثية في عالم النبات وأغذية فرانكين
٤٥	..... الفصل الرابع: الهندسة الوراثية في عالم الحيوان
٥٣	..... الفصل الخامس: العلاج بالجينات
٦٣	..... الفصل السادس: خلايا الأساس (الخلايا الجذعية)
٦٩	..... الفصل السابع: الجينوم
٧٧	..... الفصل الثامن: الحمض النووي من البقايا الحيوانية والبشرية القديمة
٨٥	..... الفصل التاسع: مخترعات من إنجازات البيوتكنولوجي

## نبذة عن المؤلف

الأستاذ الدكتور منير على عبد الدين حلمى الجنزورى

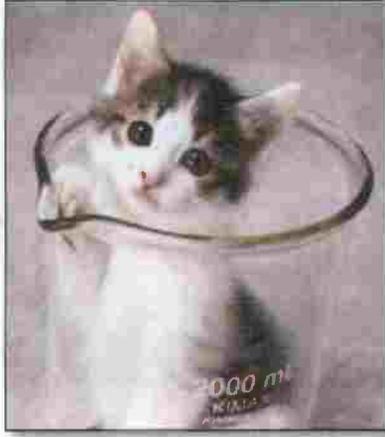
- رئيس قسم علم الحيوان - كلية العلوم - جامعة عين شمس.
- أستاذ بيولوجيا الخلية.
- له العديد من المؤلفات الجامعية المتخصصة باللغتين العربية والإنجليزية فى مجال بيولوجيا الخلية والهستولوجى وكيمياء الأنسجة والتقنيات المجهرية.
- له عدد من الكتب فى الثقافة العلمية.
- له أكثر من عشرين كتابا فى الثقافة العلمية للطلّاح.
- عضو لجنة الهندسة الوراثية التابعة للجان القومية المتخصصة برئاسة الجمهورية..
- عضو لجنة تاريخ وفلسفة العلوم بأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.
- حصل على العديد من الجوائز عن مؤلفاته.
- له حوالى ٥٠ مقالة علمية فى الصحف والمجلات القومية المصرية وكذا فى عدد من المجلات والموسوعات الثقافية المصرية والعربية.
- أشرف على أكثر من خمس وعشرين رسالة للماجستير والدكتوراه.
- له أكثر من ٧٠ تسجيلا تليفزيونيا وإذاعيا حول موضوعات علمية.
- عمل عميدا بالوكالة لكلية التربية للمعلمات فى ولاية عبرى بسلطنة عمان.
- اختارته هيئة فولبرايت الأمريكية محكما لسنوات عدة للمتقدمين لمنحها الدراسية.
- سافر فى منح دراسية ومهمات علمية فى مستشفى سانت ميرى والرويال هولواى كوليدج فى بريطانيا.
- عضو وأمين اللجنة الدائمة للترقيات (وظائف الأساتذة) التابعة للمجلس الأعلى للجامعات.
- عمل مستشارا علميا لمركز سوزان مبارك الاستكشافى للعلوم بالقاهرة.



شكل (٥)  
العالم (ويلموت)، والنعجة (دوللي)



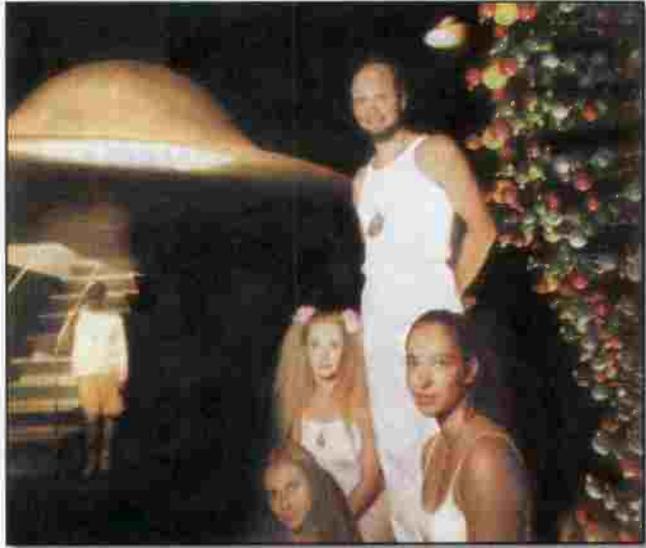
شكل (٦)  
المغنية الشهيرة  
(دوللي بارتون)



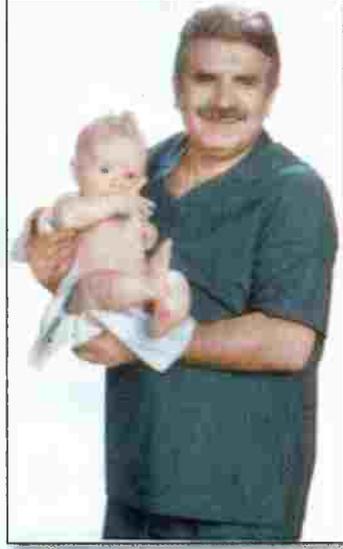
شكل (٧) القطعة المستنسخة

شكل (٩)

الباندا العملاق



شكل (١١) كلود فوريهون



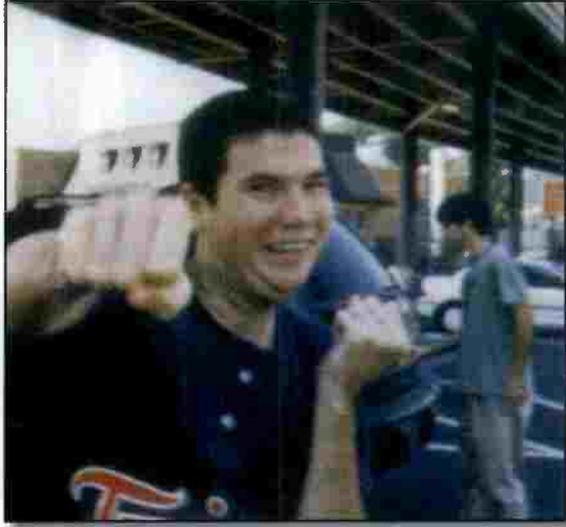
شكل (١٢)  
الطبيب الإيطالي  
(سيفرينو أنتينوري)



شكل (٢١)  
العالمان الأمريكيان كريج فنتر (إلى اليمين)  
وفرانسيز كولنز (إلى اليسار)



شكل (١٦)  
القردة آندى  
ANDi  
معدلة الجينات



شكل (١٧)  
الشاب جيسى جلسنجر

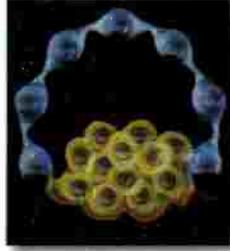
شكل (١٨)  
يوضح دخول  
الحيوان المنوى  
فى البويضة.



يوضح الشكل  
إنقسام الزيجوت  
وتكون أربع خلايا.



يوضح الشكل تكون البلاستوست  
التي تحتوى فى داخلها  
على (خلايا الكتلة الداخلية)  
التي تعتبر (خلايا أساس).



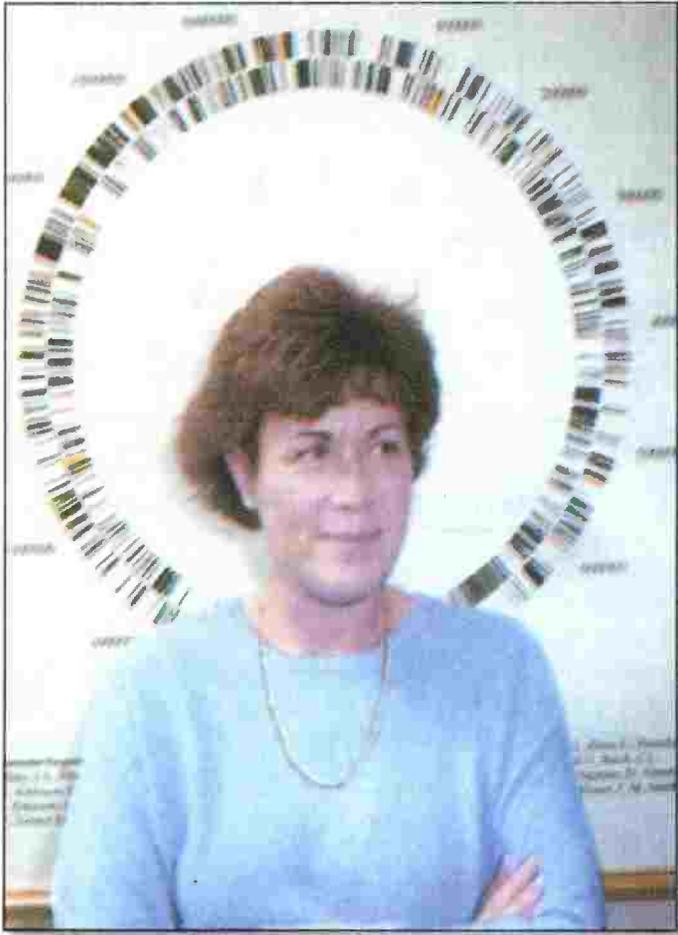
شكل (١٩)  
العالمان الكوريان  
W.S. Hwang  
and  
S.Y. Moon





شكل (٢٧)

الشار الأصغر مصمم ليعيش عمر أطول بنسبة ٥٠٪



شكل (٢٨)

العائلة الامريكية (كلير فراسر) الرئيس الحالي لعهد أبحاث الجينوم  
TIGR زوجة العالم (كريج فنتر) ويبدو خلفها جينوم بكتيري