

## البصمة الوراثية واستخداماتها

أ.د. عباس حسين مغير  
جامعة بابل/ كلية التربية الأساسية/ قسم العلوم

### الخلاصة

تعد البصمة الوراثية DNA Fingerprinting من التقنيات المهمة جداً إذ أنها تشكل دليلاً قاطعاً يعد شاهداً للنفي والاثبات تتميز عن الأدلة الأخرى كبصمة الأصابع وفصائل الدم في تحديد أصحابها في حالة الكوارث والجرائم وعند اختلاط المواليد وفي تحديد النسب وتتميز بأنها تقاوم عوامل التحلل وتبقى لفترات طويلة حتى بعد موت حامليها ويمكن التوصل إليها من أجزاء متعددة من الجسم أو المخلفات الأدمية كالشعر واللحاح والعظام والمني والدم والجلد وغيرها وان تحضيرها يعتمد على تكرار قطع صغيرة من الـ DNA عدة مرات تتكون من (٢-٧) نيوكليوتيدة تتواجد ضمن قطع الانترونات في الـ DNA عرفت من قبل العالم أليك جفريز إذ يمكن باستخدام مجسات معلمة أو باستخدام التقطيع بإنزيمات التقييد ثم استخدام الترحيل الكهربائي الهلامي وتصويرها بعد تكون حزم تنباين من حيث أوزانها الجزيئية وبمقارنتها بين العينات المختلفة نحصل على النتائج.

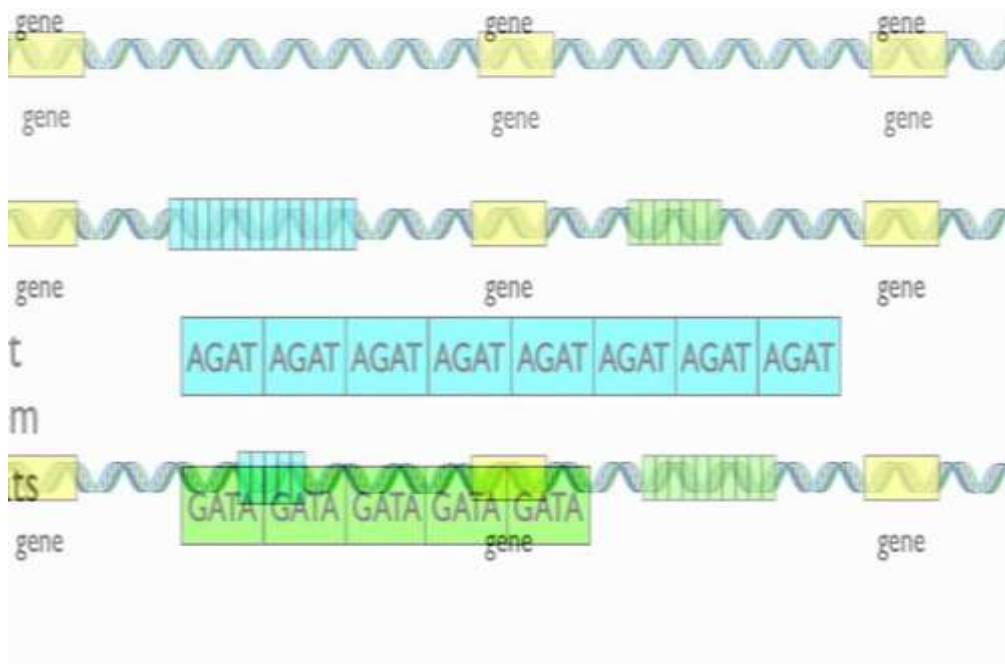
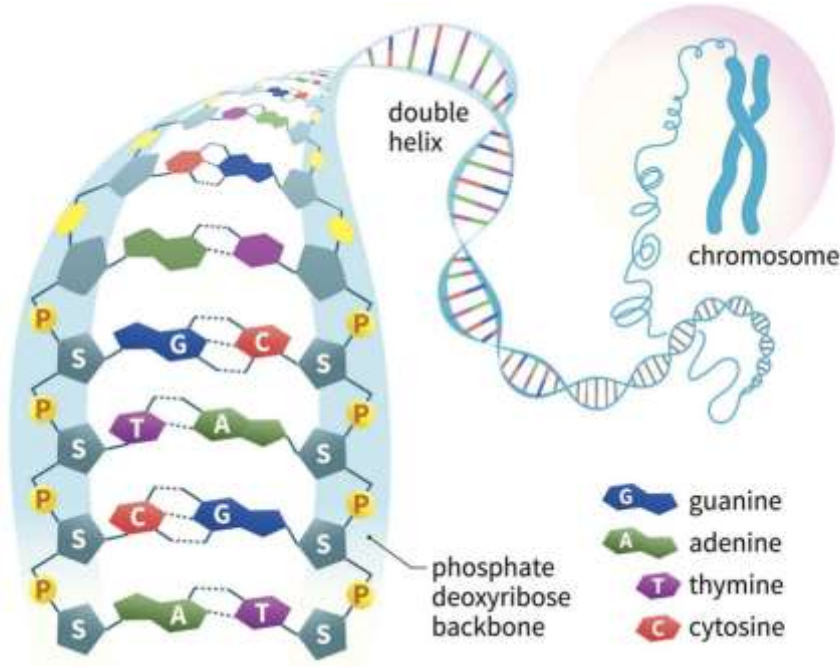
### المحتويات

- ١- بنية الـ DNA.
- ٢- اسس تقنية البصمة الوراثية.
- ٣- خطوات البصمة الوراثية.
- ٤- ألي جفريز والبصمة الوراثية.
- ٥- خصائص البصمة الوراثية.
- ٦- أهمية البصمة الوراثية.
- ٧- أمثلة لقضايا حلت باستخدام البصمة الوراثية.
  - قضية د. سام شبرد.
  - قضية كولين بيتشفورك.

### بنية الـ DNA

يتكون الحامض النووي الـ DNA من جزيئات متتابعة تسمى Deoxy nucleotides ترتبط فيما بينها بأواصر فوسفاتية ثنائية الاستر وان كل جين يحمل صفة وراثية يتكون من عدد من هذه النيوكليوتيدات. تبين للعلماء في عام ١٩٧٧ أن الجينات في الكائنات حقيقية النواة Eukaryotes ليست متصلة في استمرارية ، فليست كل المناطق يرمز فيها تتابع Deoxy nucleotides الى صفات وراثية معينة، وانما هناك مناطق بينية من الـ DNA غير معلومة الوظيفة يطلق عليها بالانترونات Introns تقع بين الأجزاء التي تدخل في الجين والتي تعرف بالاكسونات Exons .

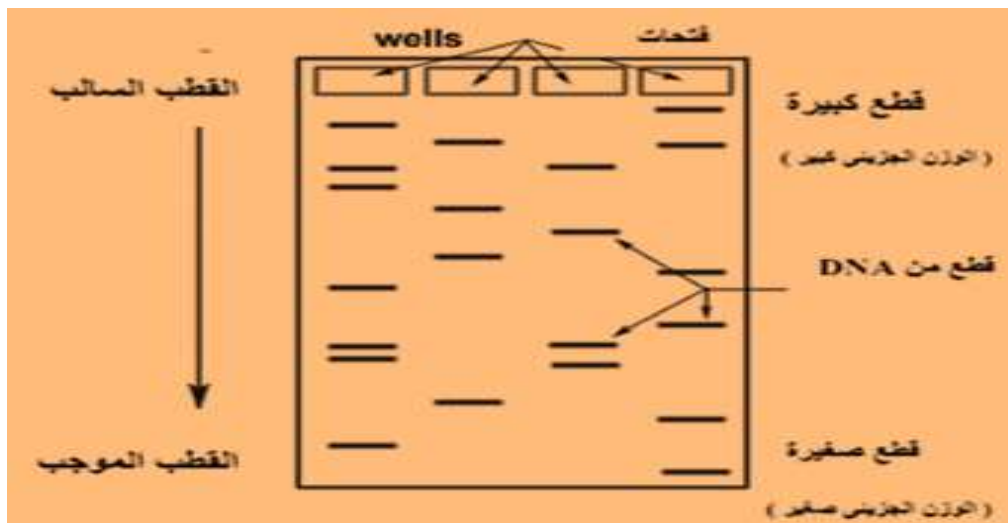
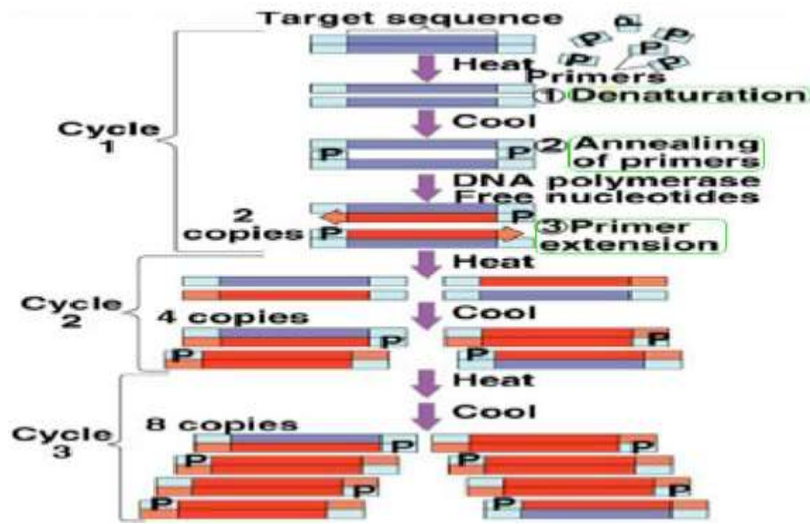
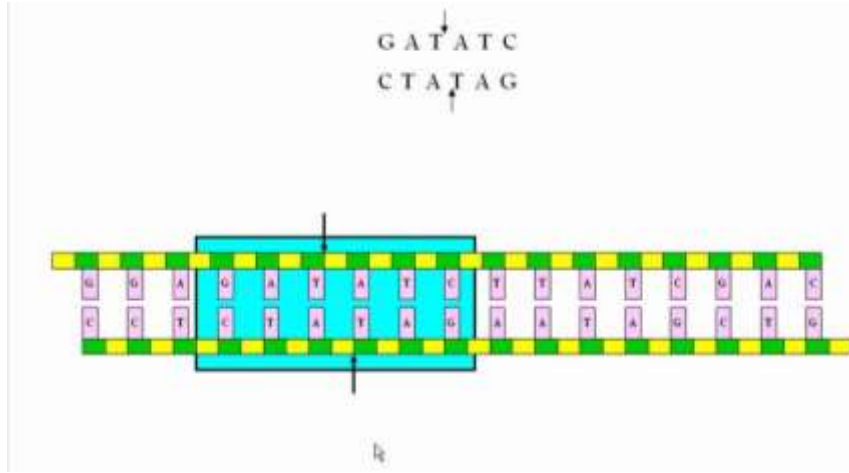
ان المناطق غير معلومة الوظيفة Introns تكون تسلسل معين من جزيئات Deoxy nucleotides التي يتراوح عددها عادة بين ٧-١٠٠ ويطلق على هذا التسلسل اسم التابع الصغير minisatellite ويتكرر هذا التسلسل ليكون قطع مختلفة الأطوال تتكرر في المادة الوراثية Genome وتختلف أطوال هذه القطع وعدد مرات تكرارها من فرد لآخر لذلك توصف التتابع الصغيرة minisatellite بأنها تكرارات متتابعة متنوعة الأعداد variable number of tandem repeat (VNTR) . ان تقنية البصمة الوراثية تعتمد على خاصية هذه التتابعات القصيرة المترادفة التي تميز كل فرد وقد قدر أن الجينوم البشري يحتوي على ١٠٠,٠٠٠ من هذه المواقع .



### اسس تقنية البصمة الوراثية

- أما أسس تقنية البصمة الوراثية فقد اعتمدت على مجموعة من الحقائق العلمية وهي :
- 1- يمكن قطع المادة الوراثية إلى أجزاء صغيرة، وأن مواقع القطع تعتمد على نوع الإنزيم المستخدم في القطع فهناك إنزيمات التحديد Restriction enzymes لكل منها موقع معين يقوم عنده بعملية تقطيع المادة الوراثية .
  - 2- يمكن استخدام تقنية تفاعل البلمرة المتسلسل PCR في مضاعفة المادة الوراثية لإجراء التجارب عليها ويمكن اقتصار عملية التضاعف على أجزاء محددة من المادة الوراثية وفقا لما يضيفه الباحث من مادة يطلق عليها البادئ Primer تتجانس مع الأجزاء المراد مضاعفتها .
  - 3- يمكن فصل أجزاء المادة الوراثية عن بعضها البعض باستخدام تقنية الترحيل الكهربائي الجيلاتيني Gel electrophoresis إذ ان قطع المادة الوراثية تتحرك داخل اللوح الجيلاتيني من

القطب السالب باتجاه القطب الموجب ، وتختلف المسافة التي يقطعها كل جزء من المادة الوراثية حسب حجم القطعة ، فالقطعة الأكبر حجماً تقطع مسافة أقل في حين تقطع القطعة الأصغر حجماً مسافة أطول.



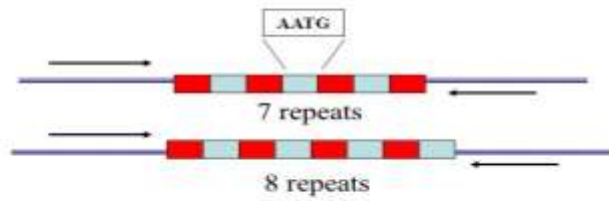
## خطوات البصمة الوراثية

يتلخص إجراء عمل البصمة الوراثية في الخطوات الآتية :

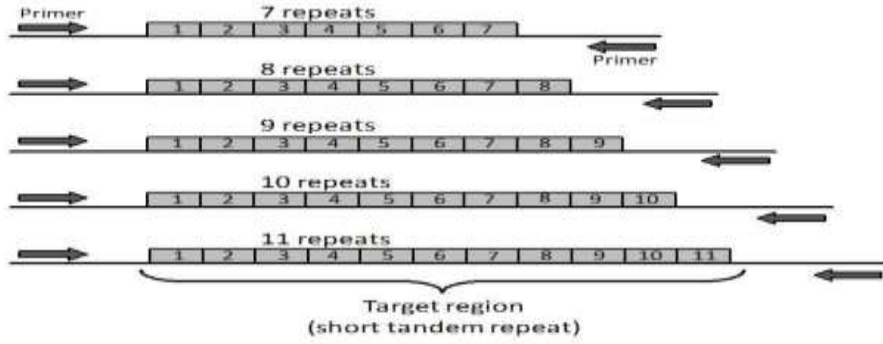
1. تقطيع جزيئات الحامض النووي الـ DNA باستخدام إنزيم التحديد. Restriction enzyme.
2. مضاعفة amplification القطع المحصل عليها في الفقرة (1) المكونة من توابع صغيرة minisatellites باستخدام تقنية الـ PCR وبوجود بادئ Primer تناسب التتابعات التي تحد التوابع الصغيرة Flanking – Sequence Primers، وبهذا يصبح لدينا كمية كبيرة من كل من هذه التوابع المميزة من المادة الوراثية .
3. إجراء الترحيل الكهربائي الجيلاتيني للقطع المكثرة في الخطوة السابقة إذ ستفصل هذه القطع في الجيلاتين حسب أطوالها وسيكون نمط توزيعها خاص ومميز للفرد.
- كما وتستخدم وصمة سوزرن Southern blotting في عمل البصمة الوراثية وحسب الخطوات التالية :

1. تقطع جزيئات الحامض النووي الـ DNA باستخدام إنزيم تحديد ومن ثم مضاعفتها باستخدام تقنية PCR وبالطبع فإن minisatellites ستوجد فقط في بعض قطع الـ DNA.
2. فصل قطع الـ DNA باستخدام الترحيل الكهربائي الجيلاتيني .
3. فصل شريطي الـ DNA عن بعضهما في لوح الجيلاتين وذلك باستخدام مادة قلووية .
4. باستخدام لوح من نترات السليلوز Cellulose nitrate filter يتم التقاط blotting أشربة الـ DNA من على لوح الجيلاتين .
5. تعامل أشربة الـ DNA بمجسات مشعة labeled DNA probes تحمل القواعد المكملة لأشربة الـ DNA الخاصة بـ minisatellites الموجودة على لوح نترات السليلوز وبالطبع فإن هذه المجسات لن ترتبط بكل قطع الـ DNA ولكنها سترتبط فقط بأشربة الـ minisatellites وبذلك تصبح مواقع هذه الـ minisatellites مشعة ويمكن تحديد مواقعها بأفلام التصوير الحساسة لأشعة (X).

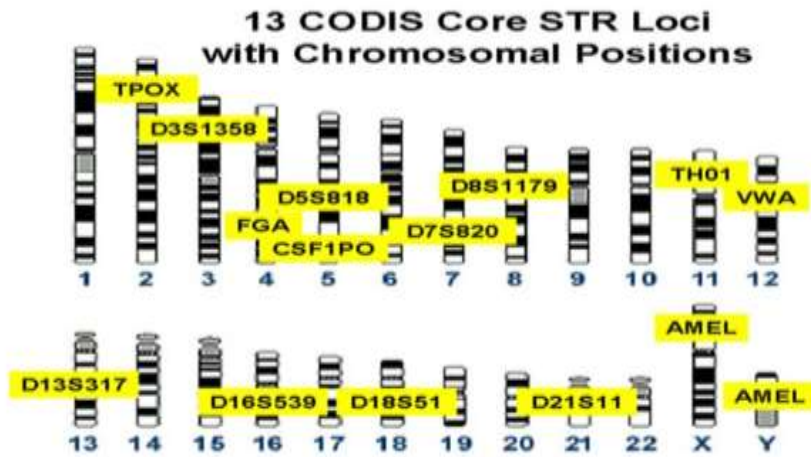
### Microsatellite (short tandem repeats) polymorphysim



*the repeat region is variable between samples while the flanking regions where PCR primers bind are constant*



- 2-nucleotide repeat unit : (CA)(CA)(CA).....
- 3-nucleotide repeat unit : (GCC)(GCC)(GCC).....
- 4-nucleotide repeat unit : (AATG)(AATG)(AATG).....
- 5-nucleotide repeat unit : (AGAAA)(AGAAA).....



### أليك جفريز والبصمة الوراثية

ان طريقة RFLP المطبقة في المختبرات الجنائية تتضمن مجموعة من العيوب منها احتياجها إلى كمية كبيرة من الـ DNA، وهذا لا يتوفر في كثير من العينات الجنائية كما في حالة وجود عدد قليل من الشعرات أو مثل قطرة بسيطة من الدم أو العينة كانت متحللة، فإن هذه الطريقة تكون عديمة الفائدة، لذلك جاءت تقنية الـ Polymerase Chain Reaction (PCR) للتغلب على الكثير من المشاكل التي واجهت تقنية الـ RFLP اذ تمكن أليك جفريز Alec



Jeffrys في العام ١٩٨٦ من اكتشاف منطقة في DNA تتواجد في المناطق عديمة الوظيفة Introns تكون بشكل تكرارات مترادفة قصيرة سميت Short Tandem Repeats (STR) تورث حسب القوانين المنديلية اذ يمكن متابعة توارثها بين الآباء والأبناء والأجداد فهي تختلف من شخص لآخر مثل بصمة اليد سميت بالبصمة الوراثية اذ يحتوي كل من هذه المتكررات على تسلسل قصير مكون من ٢-٧ زوج قاعدي ويعيد هذا الجزء نفسه عدداً من المرات يختلف من شخص لآخر.

وان هذه الظاهرة تعد من المميزات الفردية الثابتة والقوية جداً وقد تم تطوير ١٣ تسلسل رباعي (تكرارات من ٤ أزواج قاعدية) من STR كلوحة توسيم Marker لتكوين موقع معلومات بأنماط الـ DNA في التحقيقات الجنائية.

لقد كان اكتشاف بصمة الـ DNA من قبل العالم اليك جفريز بالصدفة عندما كان يدرس مناطق التباير المفرط Hypervariable regions للجينات المسؤولة عن انتاج الميوكلوبين في الأنسجة العضلية اذ نال بعد هذا الاكتشاف درجة الاستاذية من جامعة ليسستر في بريطانيا وأصبح زميلاً للجمعية الملكية البريطانية وهو في سن ٣٨.

ويمكن الحصول على عيناتها من الدم او العلك او أعقاب السجائر أو العظام أو من الجثث المتفحمة واكثر المادة الوراثية المستحصل عليها بجهاز PCR وبسهولة فهي تجرى حالياً في جميع مختبرات الأدلة الجنائية وتتم وفق مراحل هي :

١. عزل الـ DNA من العينات الجنائية المختلفة مثلاً :

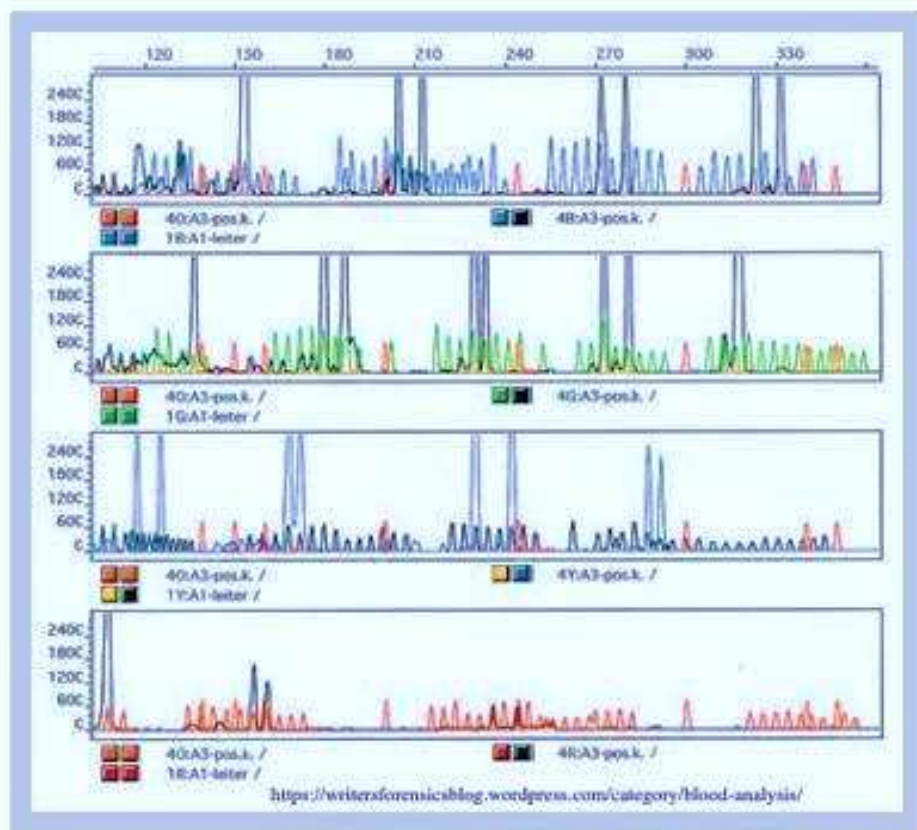
- عزل DNA من الدم أو صبغة الدم .

- عزل DNA من العلك .

- عزل DNA من أعقاب السجائر .

٢. تكثير الـ DNA بتقنية الـ PCR وتسمى هذه الطريقة DNA amplification

٣. التعرف على الأليلات المختلفة Alleles



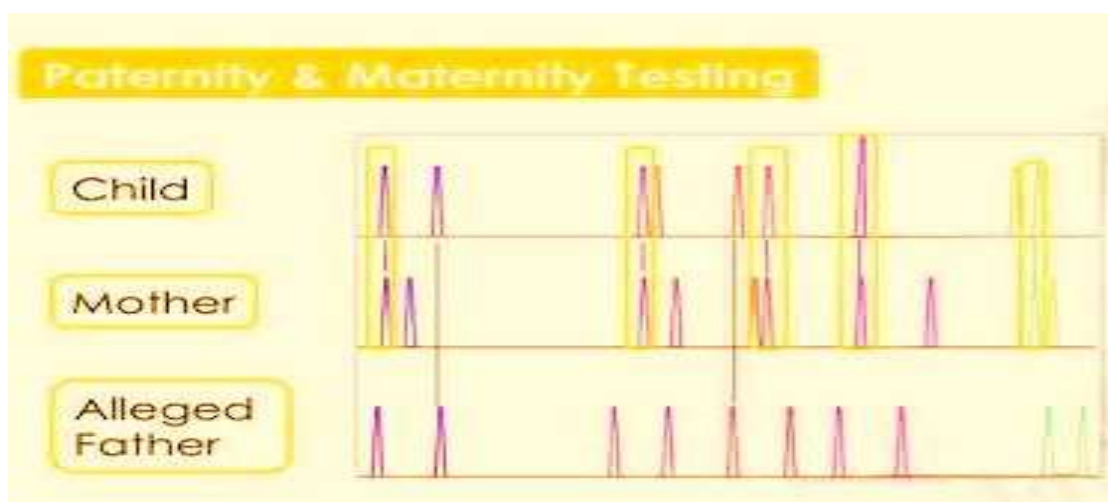
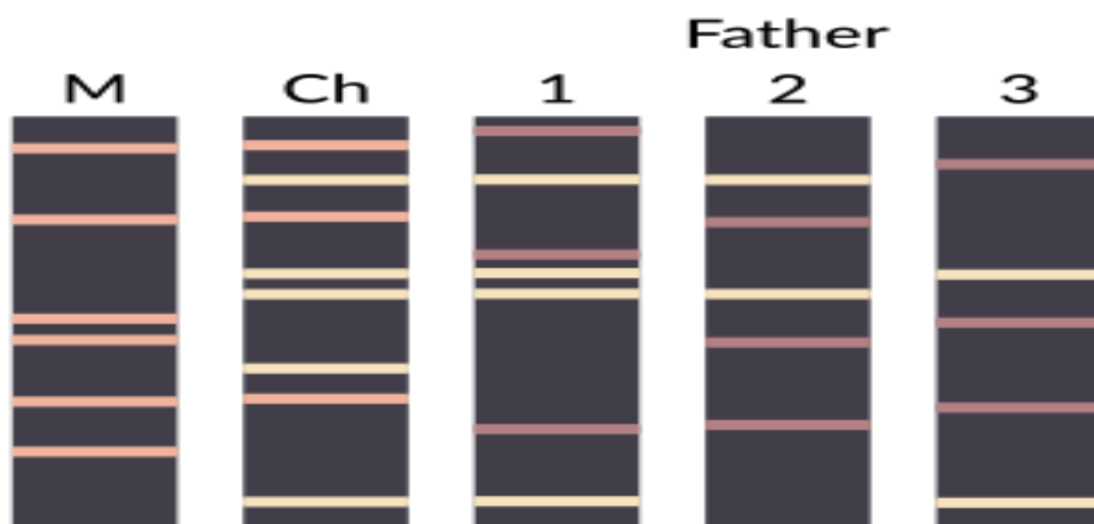
## خصائص البصمة الوراثية

- 1- عدم التوافق والتشابه بين كل فرد عند تحليل البصمة الوراثية اي انها تختلف من شخص لآخر عدا حالات التوائم المتماثلة التي اصلها بويضة واحدة وحيوان منوي واحد رغم انهما يختلفان في بصمات الاصابع.
- 2- انها وسيلة علمية دقيقة في تحديد هوية صاحبها ونتائجها شبه قطعية.
- 3- تتميز بتعدد وتنوع مصادرها ويمكن الحصول عليها من اي مخلفات ادمية كالدّم واللّعاب والمني.
- 4- يمكن الحصول عليها من اي خلية من خلايا الجسم فهي لا تتغير ولا تتبدل بمرور الزمن (السن) لكون الـ DNA ثابت في هذه الخلايا.
- 5- تقاوم عوامل التحلل والتعفن وعوامل المناخ لفترات طويلة والتي يمكن الحصول عليها من الاثار القديمة والحديثة.
- 6- انها تظهر على شكل خطوط عريضة يسهل قراءتها وحفظها في الحاسب الالى.
- 7- تساعد في اكتشاف الاف الجرائم التي سجلت ضد مجهول كما تساعد في تبرئة مئات الاشخاص من جرائم القتل والاعتصاب.
- 8- يمكن استخدام عينة ضئيلة حتى بعد جفافها للتعرف على صاحبها حتى بعد وفاته بعدة سنوات.

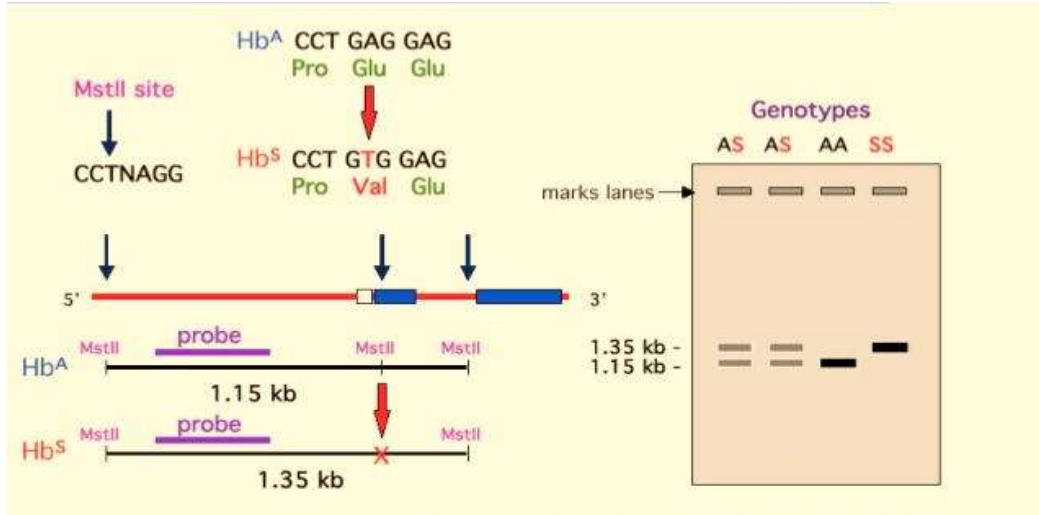
## أهمية البصمة الوراثية

- أولاً: هي اساس الفصل الدقيق في جرائم السرقة والقتل والاعتصاب، اذ يمكن التعرف على المجرم من شيء تخلف عنه في مكان الجريمة كجزء من جلده او لحمه او دمه او لعابه او منيه، هي الاشياء التي يمكن استخلاصها من الحامض النووي ولو بعد فترة زمنية طويلة.
- ثانياً: هي وسيلة علمية دقيقة في اثبات النسب او نفيه وتأخذ كافة المحاكم بنتائج التقنية الوراثية.
- ثالثاً: تحدد اصول المواد النباتية المخدرة كما تحدد سلالات الحيوانات فهي تحدد سلالات الخيول التي لها تاريخ عرقي وذلك من اجل حفظ الحيوانات النادرة في العالم واصدار شهادات رسمية لها.
- رابعاً: يمكن تصنيف الحامض النووي لجميع المواليد ليسهل تعيين هوية المختطفين والاشخاص المختلين عقلياً.
- خامساً: يمكن استخدام البصمة الوراثية في تشخيص الامراض التي تصيب الاجنة ومعرفة مدى التجانس بين العضو المزروع وجسم الشخص المستقبل لهذا العضو.









## امثلة لقضايا حلت باستخدام تقنية البصمة الوراثية

### ١- قضية د. سام شبرد

وواحدة من أشهر الجرائم التي ارتبط اسمها بالبصمة الوراثية هي قضية د. "سام شبرد" الذي أُدين بقتل زوجته ضرباً حتى الموت في عام ١٩٥٥ أمام محكمي أوهايو بالولايات المتحدة، وكانت هذه القضية هي فكرة المسلسل المشهور "الهارب" The Fugitive في عام ١٩٨٤. في فترة وجيزة تحولت القضية إلى قضية رأي عام، وأُذيعت المحاكمة عبر الراديو وسُمِح لجميع وكالات الأنباء بالحضور، ولم يكن هناك بيت في هذه الولاية إلا ويطلب بالقصاص، ووسط هذا الضغط الإعلامي أُغلق ملف كان يذكر احتمالية وجود شخص ثالث وُجِدَت آثار دمائه على سرير المجني عليها في أثناء مقاومته، قضى د. "سام" في السجن عشر سنوات، ثم أُعيدت محاكمته عام ١٩٦٥، وحصل على براءته التي لم يقتنع بها الكثيرون حتى كان أغسطس عام ١٩٩٣، حينما طلب الابن الأوحده لـ د. سام شبرد فتح القضية من جديد وتطبيق اختبار البصمة الوراثية. أمرت المحكمة في مارس ١٩٩٨ بأخذ عينة من جثة "شبرد"، وأثبت الطب الشرعي أن الدماء التي وُجِدَت على سرير المجني عليها ليست دماء "سام شبرد"، بل دماء صديق العائلة، وأدانته البصمة الوراثية، وأسدل الستار على واحدة من أطول محاكمات التاريخ في يناير ٢٠٠٠ بعدما حددت البصمة الوراثية كلمتها.

### ٢- قضية كولين بيتشفورك

فُتلت فتاتان مراهقتان في بلدة ناربورو الصغيرة في ليسترشير في عامي ١٩٨٣ و ١٩٨٦. وأثارت هذه الأحداث عملية بحث عن جريمة قتل تم حلها فقط بواسطة الحامض النووي. وأدى ذلك في النهاية إلى إدانة رجل محلي ولكن ليس قبل أن يثبت أن المتهم الرئيسي بريء. في عام ١٩٨٣ تم العثور على تلميذة تبلغ من العمر ١٥ عاماً (ليندا مان) تم اغتصابها وقتلها في منطقة ناربورو. وزار علماء الطب الشرعي الموقع وعُثِر على عينة من السائل المنوي مأخوذة من جسدها تخص شخصاً مصاباً فصيلة دمه من النوع A ومظهر إنزيم يتطابق مع ١٠ في المائة فقط من السكان الذكور البالغين. لسوء الحظ، مع عدم وجود أدلة أو أدلة جنائية أخرى، تم في النهاية السكوت على عملية القتل.

وبعد ثلاث سنوات عُثِر على الثانية (دون آشورث)، وهي أيضاً في الخامسة عشرة من العمر، مخنوفة واعتدى عليها جنسياً في نفس المنطقة. كانت الشرطة مقتنعة بأن المهاجم نفسه ارتكب كلا الجريمتين، واستعادت وكالة الأمن الفيدرالي عينات السائل المنوي من الجثة التي كشفت أن مهاجمها كان لديه نفس فصيلة دم قاتل ليندا.

كان المشتبه به الرئيسي صبياً محلياً ، ريتشارد باكلاوند ، الذي كشف بعد الاستجواب ، عن تفاصيل لم يتم نشرها سابقاً عن جثة دون آشورث. أدى مزيد من الاستجواب إلى اعترافه ، لكنه نفى أي تورط في أول جريمة قتل لندا مان. واقتناعاً منه بأنه ارتكب كلا من الجرائم اتصلت شرطة ليسترشير بالدكتور أليك جيفريز في جامعة ليستر التي طورت تقنية لإنشاء ملفات الحامض النووي.

باستخدام هذه التقنية قارن الدكتور جيفريز عينات السائل المنوي من كلتا الجريمتين ضد عينة دم من ريتشارد باكلاوند ، والتي أثبتت بشكل قاطع أن الفتاتين قتلا على يد الرجل نفسه ، ولكن ليس من قبله. فوجئت وخابت بخيبة أمل.

أصبح ريتشارد بوكلاوند أول شخص في العالم يتم تبرئته من القتل من خلال استخدام التنميط DNA قال الدكتور جيفريز: "ليس لدي أدنى شك على الإطلاق أنه كان سيثبت أنه مذنب لولا أدلة الحامض النووي. لقد كان هذا حدثاً رائعاً".

وقررت شرطة ليسترشير آنذاك إجراء أول مسح جماعي للحامض النووي في العالم. وطلب من جميع الذكور البالغين في ثلاث قرى ، أي ما مجموعه ٥٠٠٠ رجل ، التطوع وتقديم عينات من الدم أو اللعاب. تم إجراء تجميع الدم وتم إجراء تحليل الحامض النووي على ١٠ في المائة من الرجال الذين لديهم نفس فصيلة الدم مثل القاتل.

تم تنفيذ جميع أعمال الفحص الجماعي ، وهي مهمة شاقة استغرق إكمالها ستة أشهر. عندما اكتشفوا أنه لا توجد ملفات تعريف تتطابق مع صورة القاتل ، يبدو أن جميع الاحتمالات قد استنفدت.

ومع ذلك فإن التحقيق بين عندما تحدثت امرأة بعد مرور عام على زميلها إيان كيللي ، وتفاخر بأنه أعطى عينته أثناء تنكره كصديق له كولن بيتشفورك. وكان بيتشفورك الخباز المحلي قد أقنع كيللي على ما يبدو بإجراء الاختبار له. تم إلقاء القبض على Pitchfork فيما بعد وتم العثور على مظهر الحامض النووي الخاص به ليتناسب مع السائل المنوي من كلا جريمتي القتل. وحكم عليه في نهاية المطاف بالسجن مدى الحياة بسبب عمليتي القتل في عام ١٩٨٨.

