



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI DIRITTO PUBBLICO, INTERNAZIONALE E COMUNITARIO

DIPARTIMENTO DI DIRITTO PRIVATO E CRITICA DEL DIRITTO

CORSO DI LAUREA IN DIRITTO E TECNOLOGIA

TESI DI LAUREA

**LA PROVA DEL D.N.A. NEI PROCESSI PENALI
IN INGHILTERRA E NEGLI STATI UNITI
NEGLI ULTIMI DECENNI DEL NOVECENTO**

RELATRICE:

PROF.SSA CLAUDIA PASSARELLA

LAUREANDO: JUGERT KASA

MATRICOLA: n. 2006587

ANNO ACCADEMICO 2023/2024

INDICE

CAPITOLO I	3
<i>DAI PRINCIPI DELLA GENETICA ALLA STRUTTURA A DOPPIA ELICA</i>	3
1.1 Principi della genetica	3
1.2 I geni	4
1.3 Gruppi sanguigni	5
1.4 Caratteri ereditari	6
1.5 L'informazione ereditaria	7
1.6 Struttura a doppia elica	7
CAPITOLO II	9
<i>IL TEST DEL D.N.A. IN INGHILTERRA</i>	9
2.1 Fingerprinting	9
2.2 Debutto del test in tribunale	12
2.3 Caso Pitchfork	15
2.4 Banca dati genetica	18
CAPITOLO III	20
<i>IL TEST DEL D.N.A. NEGLI STATI UNITI</i>	20
3.1 PCR	20
3.2 Caso Wesley-Bailey: la difesa contrattacca	23
3.3 Scacco al test del D.N.A.	25
3.4 Caso O.J. Simpson	27
3.5 Banca dati genetica	30
CONCLUSIONI	31
BIBLIOGRAFIA	33
SITOGRAFIA	35

CAPITOLO I

DAI PRINCIPI DELLA GENETICA ALLA STRUTTURA A DOPPIA ELICA

1.1 Principi della genetica

Quando parliamo del test del D.N.A. il nostro ragionamento deve necessariamente iniziare menzionando gli studi e le ricerche compiute da colui che è stato definito il “padre della genetica”, ovvero Gregor Johann Mendel. Nato il 20 luglio 1822, nell'ex impero austriaco (attuale Repubblica ceca), fu uno scienziato, matematico e uomo di fede.

Come ben noto, Mendel passava molto tempo a coltivare piante di pisello nel giardino del convento agostiniano di Altbrunn, vicino a Brno.

Fu proprio in questo modo che Mendel scoprì la genetica. Intorno al 1854 decise di iniziare la sua ricerca sulla trasmissione ereditaria negli ibridi vegetali utilizzando 28 mila piante. Utilizzò la pianta di pisello in quanto la sua coltura era facile e veloce. Iniziò così a incrociare le piante di pisello cercando due varietà che differissero tra di loro, ad esempio piselli che producevano semi gialli con piselli che producevano semi verdi, piselli con semi rugosi con piselli con semi lisci e altre varietà. Ottenne come risultato semi gialli o semi lisci: queste piante vennero chiamate “generazione parentale”. Lo scienziato chiamò il carattere che compariva “dominante”, quello che non compariva “carattere recessivo”.

Lasciò quindi autofecondare le piante della “generazione parentale” e ottenne la “prima generazione filiale”. L'autofecondazione avviene naturalmente nelle piante di pisello con lo stame che produce il polline (il gamete maschile) che si deposita sui pistilli (i gameti femminili). Mendel raccolse i semi e, come risultato, ottenne che nel caso del seme giallo e verde il risultato dell'incrocio furono $\frac{2}{3}$ piselli gialli e $\frac{1}{3}$ piselli verdi, riprovò con altri caratteri ottenendo sempre lo stesso rapporto. Quindi il risultato fu che nella “prima generazione filiale” comparivano i caratteri dominanti (giallo e liscio) e non quelli recessivi (verde e rugoso).

Mendel, dunque, decise di incrociare piante con 2 o più caratteristiche differenti, quindi, piante della “prima generazione filiale” ottenendo così la “seconda generazione filiale”.

Ottenne così piante che producevano semi gialli e lisci, gialli e rugosi, verdi e lisci e verdi e rugosi ottenendone un rapporto 9:3:3:1 (9 gialli e lisci, 3 gialli e rugosi, 3 verdi e lisci e 1 verde e rugoso). Dopo aver analizzato i risultati, Mendel elaborò le tre leggi dell'ereditarietà:

- Prima legge: il principio di dominanza afferma che gli individui nati dall'incrocio tra due individui di razza pura che differiscono per un solo tratto avranno il carattere dato dal gene dominante.
- Seconda legge: il principio della segregazione spiega che ci sono alcuni individui che possono trasmettere un carattere anche se questo non si manifesta in loro.
- Terza legge: il principio della combinazione indipendente afferma che Mendel, oltre al colore, prese in considerazione anche la rugosità dei semi, ma si rese conto che entrambe le caratteristiche erano indipendenti nella trasmissione dell'eredità genetica.¹

Mendel pubblicò i suoi lavori nel 1865 e morì nel 1884.

1.2 I geni

Ci vollero tre decenni perché qualcuno rispolverasse le opere di Mendel. Questo avvenne grazie a Wilhelm Ludvig Johannsen, nato a Copenaghen il 3 febbraio 1857. Biologo, botanico e genetista. Studiò a Copenaghen e anche in Germania nel 1887 nella scuola di Pfeffer. Si laureò in medicina a Copenaghen e in filosofia a Friburgo. Johannsen fu noto per aver ripreso in mano gli studi mendeliani e per aver compiuto una serie di esperimenti in tale ambito.

L'esperimento più importante di Johannsen fu quello sul lavoro delle linee pure. Anch'egli, come Mendel, utilizzò le piante di fagioli. Selezionando linee di fagioli con caratteristiche specifiche, egli osservò che i figli di queste linee presentavano le stesse caratteristiche dei genitori, indipendentemente dall'ambiente in cui venivano coltivati. Questi studi lo portarono a distinguere tra l'apparenza esterna di un organismo, che lui definì "fenotipo", e la sua costituzione genetica interna, che chiamò "genotipo". Il fenotipo secondo Johannsen era il risultato dell'interazione del genotipo con l'ambiente.

Nel 1903 Johannsen pubblicò i risultati delle sue ricerche sui fagioli, mostrando come i fenotipi simili potessero avere genotipi diversi, e viceversa. Questo lavoro sottolineava l'importanza di

¹ *Leggi di Mendel*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2008 consultabile online al seguente indirizzo [leggi di Mendel in "Enciclopedia della Scienza e della Tecnica" - Treccani - Treccani](#) (accesso effettuato il 01 giugno 2024).

identificare gli organismi per il loro genotipo piuttosto che per il fenotipo quando si selezionano piante o animali per il miglioramento genetico.

Johannsen è famoso per aver usato termini come “omozigoti”, “eterozigoti”, “genotipo”, “fenotipo”. Ma una parola fu la più importante quella che diede ai caratteri mendeliani, ovvero, “geni” o “unità ereditaria”, dove con geni si indica l’unità ereditaria che trasmette le informazioni per un particolare carattere.

La sua opera “Elemente der exakten Erblichaittslehre” ebbe 3 edizioni (1909, 1913 e 1926).²

1.3 Gruppi sanguigni

Nel frattempo (1901), Karl Landsteiner, un biologo austriaco, fece un’altra scoperta importante, quella dei gruppi sanguigni che gli permise di vincere il premio Nobel.

Nato a Vienna il 14 giugno 1868, è conosciuto per la sua scoperta dei gruppi sanguigni umani, che senza dubbio rappresentano un contributo fondamentale per la medicina, grazie al quale vinse il premio Nobel nel 1930. La scoperta permise di rendere sicure le trasfusioni di sangue che fino ad allora erano molto pericolose e potevano spesso portare alla morte.

Landsteiner iniziò i suoi studi in medicina presso l’università di Vienna laureandosi nel 1891. Dopo la laurea lavorò in diversi laboratori europei dove affinò le sue competenze in biochimica e immunologia e dove sviluppò un forte interesse verso i meccanismi dell’immunità e le reazioni antigeni-anticorpi.

Nel 1901 arrivò la scoperta rivoluzionaria: Landsteiner riuscì a dimostrare che il sangue in diverse persone agglutinava quando veniva mescolato. Questa scoperta lo portò dunque a identificare tre diversi gruppi sanguigni A, B e O, riuscendo inoltre a dimostrare il mistero delle reazioni fatali che si verificavano durante le trasfusioni di sangue.

Nel 1902, con l’aiuto del suo studente Alfred von Decastello, riuscì a scoprire un quarto gruppo sanguigno, il gruppo AB, completandone la classificazione sanguigna proprio come la conosciamo noi oggi.

Nel 1922, Landsteiner decise di continuare la ricerca sui gruppi sanguigni, trasferendosi da Vienna a New York alla Rockefeller University. Nel 1940, grazie anche all’aiuto di Alexander

² G. MONTALENTI, *Johannsen Wilhelm Ludvig*, in *Enciclopedia Italiana*, Treccani, 1933 consultabile al seguente indirizzo: [https://www.treccani.it/enciclopedia/wilhelm-ludvig-johannsen_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/wilhelm-ludvig-johannsen_(Enciclopedia-Italiana)/) (accesso effettuato il 02 giugno 2024).

S. Wiener, scopri il fattore Rh, che è un altro importante indicatore nel sangue che permette di avere ulteriori accorgimenti e implicazioni per la sicurezza delle trasfusioni di sangue e per il trattamento della malattia emolitica del neonato, che è una condizione nella quale i globuli rossi vengono degradati o distrutti più rapidamente del normale dagli anticorpi della madre.³

1.4 Caratteri ereditari

Nei primi del Novecento, gli scienziati iniziarono a pensare che i caratteri ereditari si trovassero dentro i cromosomi, ovvero delle strutture filiformi presenti nelle cellule visibili al microscopio.

La prova venne fornita da Thomas Hunt Morgan, genetista americano, nato il 25 settembre 1866 a Lexington, Kentucky. Morgan studiò zoologia e conseguì il suo dottorato all'Università John Hopkins nel 1890.

Morgan contribuì significativamente nel campo della genetica moderna soprattutto grazie al suo lavoro sul moscerino della frutta (*Drosophila melanogaster*). Morgan scelse la *Drosophila* per diversi motivi, tra questi il suo breve ciclo di vita, la facilità di allevamento in laboratorio e il numero enorme di discendenti che riusciva a produrre.

Morgan studiò anche la divisione delle cellule che avvengono in due modi per “mitosi”, ovvero quando dalla cellula madre se ne formano due identiche e avvengono in tutte le cellule del corpo eccetto quelle riproduttive; per “meiosi” quando dalla cellula madre si ottengono quattro cellule diverse che dimezzano il numero di cromosomi dando origine a gameti femminili (ovuli) e gameti maschili (spermatozoi).⁴

Le ricerche di Morgan lo portarono a formulare la teoria cromosomica dell'eredità, che afferma che i geni si trovano in fila sui cromosomi e che la loro disposizione determina le caratteristiche ereditate dagli individui. Attraverso degli incroci mirati, lo studioso dimostrò che questa mutazione avveniva tramite regole ereditarie precise che corrispondevano ai principi di ereditarietà di Mendel.

Nel 1915, Morgan pubblicò “The Mechanism of Mendelian Heredity” dove consolidò le basi della genetica cromosomica. Nel 1933 vinse il premio Nobel, perché con il suo lavoro non solo dimostrò che i cromosomi sono portatori di geni, ma aiutò anche a capire come i tratti si

³ THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, *The Work of Dr. Landsteiner*, in *Science AAAS*, 1930, Vol. 72, No. 1876, pp. 605-606.

⁴ A. ANDREOLI, *Identità alla prova. La controversa storia del test del DNA tra crimini, misteri e battaglie legali*, Milano, 2009, pp. 41-42.

trasmettessero da una generazione all'altra, consentendo quindi di notare le manifestazioni di variazioni genetiche.⁵

1.5 L'informazione ereditaria

Nei primi anni del Novecento si cercavano quali fossero le molecole che contenessero le informazioni ereditarie. Tutti erano certi che le proteine fossero depositarie del patrimonio genetico, però non si sapeva come si poteva dare risposta alla complessità della vita in relazione ad una molecola così semplice. Quindi si pensò che queste proteine fossero unite ad un altro composto ancora misterioso: l'acido deossiribonucleico, il D.N.A..

A scoprire la sua vera natura furono: Oswald Avery, medico e ricercatore biomedico. Nato nel 1877 a Halifax, in Nova Scotia; Colin MacLeod, genetista americano di origini canadesi nato a Port Hastings nel 1909; Maclyn McCarty, genetista americano nato nel 1911 a South Bend.

Tutti e tre si unirono presso l'Istituto Rockefeller, collaborando insieme ad una ricerca. Il loro lavoro più noto fu nel 1944, quando grazie ad un loro esperimento riuscirono a dimostrare che il D.N.A. è la molecola fondamentale della trasformazione batterica. Utilizzando il batterio *Streptococcus pneumoniae*, gli studiosi riuscirono ad isolare il D.N.A. da degli pneumococchi virulenti e ad introdurlo in una stirpe non virulenta. Si scoprì che il D.N.A. isolato fu in grado di produrre capsule patogene della stirpe virulenta a quella non virulenta, dimostrando quindi che il D.N.A. conteneva le istruzioni per le caratteristiche ereditarie.⁶

1.6 Struttura a doppia elica

Questa molecola che forma poteva avere? La risposta arrivò grazie a due scienziati del Cavendish Laboratory di Cambridge nel 1953, James Watson nato nel 1928 a Chicago e Francis Crick nato nel 1926 a Northampton, Inghilterra.

In relazione alla struttura del DNA, Alice Andreoli, biologa e giornalista scientifica, osserva: "Il DNA era semplice solo in apparenza. Secondo il modello proposto da Watson e Crick era formato da due lunghe catene di zucchero e fosfato, che costituivano una sorta di telaio come

⁵ ALLEN E. GARLAND, *The Introduction of Drosophila into the Study of Heredity and Evolution: 1900-1910*, in *Isis*, Vol. 66, No. 3, 1975, pp. 322-333.

⁶ NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE, *1944: DNA is Transforming Principle*, consultabile al seguente indirizzo: <https://www.genome.gov/25520250/online-education-kit-1944-dna-is-transforming-principle> (accesso effettuato il 02 giugno 2024).

le assi parallele di una scala, mentre i quattro diversi nucleotidi, A, T, G e C, che correvano lungo queste assi, si univano a formare i pioli. La scala si arrotolava a chiocciola, formando un'elica. Le due catene erano unite da legami chimici che accoppiavano a ogni A una T e a ogni G una C. I due filamenti erano quindi tra loro complementari.”⁷

Vista la struttura si poteva subito notare il meccanismo che permetteva la molecola di moltiplicarsi, i filamenti potevano srotolarsi, duplicarsi e dare luogo ad ulteriori filamenti tra loro complementari a forma d'elica. Il D.N.A. fu duplicato e i risultati pubblicati su *Nature*⁸.

I due scienziati vinsero successivamente anche il premio Nobel per la medicina nel 1962, grazie anche al contributo della scienziata Rosalind Franklin, che grazie a una fotografia ai raggi X riuscì a vedere la struttura della molecola⁹. Nella fotografia numero 51 si poteva vedere con chiarezza una spirale, una doppia elica. La fotografia arrivò nelle mani di Watson e Crick che non citarono mai il nome di Rosalind Franklin né su *Nature* né in occasione del premio Nobel.

⁷ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p. 43.

⁸ JAMES WATSON e FRANCIS CRICK, *Molecular Structure of Nucleic Acids, a Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*, in *Nature*, 171, 1953, pp. 737-738

⁹ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p. 44.

CAPITOLO 2

IL TEST DEL D.N.A. IN INGHILTERRA

2.1 Fingerprinting

L'utilizzo del D.N.A. in un processo penale per identificare l'autore del reato si deve a Sir Alec Jeffreys, noto appunto per il suo ruolo fondamentale nello sviluppo dell'impronta genetica del D.N.A.. Fu fin da giovane che mostrò un'insaziabile sete di conoscenza, grazie al padre che lo incoraggiò a coltivare i suoi interessi scientifici e gli regalò un microscopio e un set di chimica. Uno dei suoi esperimenti scientifici in gioventù, fu la detonazione dell'albero di mele di sua zia: l'esperimento gli lasciò cicatrici sul viso che conserva ancora oggi, motivo per cui porta la barba.

Nato a Oxford nel 1950, Jeffreys non pensò mai di frequentare l'Università di Oxford, ma grazie al preside della sua scuola superiore determinato a farlo entrare in quella prestigiosa istituzione, entrò all'università nel 1968 e conseguì la laurea in biochimica nel 1972. Jeffreys fu molto critico sugli interessi perseguiti dall'Università di Oxford. Non criticò il modo in cui veniva insegnata la biochimica, ma fece delle riflessioni sugli interessi di ricerca della facoltà, che erano orientati verso la biochimica fisica. Jeffreys era invece interessato all'evoluzione molecolare e la genetica, quindi, post-laurea decise di proseguire con un dottorato di ricerca in genetica nel 1975.

Dopo Oxford, Jeffreys ricevette una borsa di studio di ricerca EMBO (European Molecular Biology Organization) per poter lavorare con Piet Borst, rinomato biochimico e biologo molecolare olandese, pioniere nella lotta contro il cancro, che ha svolto ricerche innovative sulla biochimica e la biologia molecolare delle cellule tumorali. Il progetto era una ricerca sullo studio dei geni dell'RNA di trasferimento del lievito. Lì avvenne un incontro con un altro ricercatore, Richard Flavell, biologo molecolare inglese. Flavell disse a Jeffreys "Abbiamo questo progetto folle che tenta di isolare e purificare geni di mammiferi, specificamente il gene della beta-globina del coniglio. Saresti interessato?" Nessuno aveva mai rilevato, clonato o analizzato un gene di mammifero a singola copia all'epoca e quindi il progetto era parecchio ambizioso: Jeffreys accettò immediatamente. Jeffreys e Flavell sapevano che l'impresa era

complessa. Alice Andreoli descrive l'impresa con le seguenti parole: "Isolare un gene nel DNA era come tentare di raccogliere, bendati, un ago in un pagliaio"¹⁰. Nonostante la difficoltà riuscirono parzialmente nell'impresa, sfruttando la scoperta di uno scienziato di Edimburgo, Edward Southern, che escogitò un sistema chiamato *Southern blot*: una sonda molecolare radioattiva che fu in grado di legarsi al D.N.A. in dei punti definiti. Le sonde portarono alla creazione della prima mappa fisica di un gene mammifero¹¹, che portò di conseguenza un'altra importante scoperta sulla composizione del D.N.A. eucariotico: gli introni¹². Gli introni sono frammenti di D.N.A. che non sono geni, bensì delle sequenze senza un significato noto.

Grazie a queste pionieristiche ricerche, l'equazione che tutti credevano, ovvero, che in ogni tratto di D.N.A. corrisponde un gene, quindi una proteina, era da rivedere.

Dopo i successi di ricerca, nel 1977 Jeffreys tornò in Inghilterra e accettò la posizione di docente al Dipartimento di Genetica all'Università di Leicester. Il corso degli eventi fece credere che studiare gli introni fosse ciò a cui Jeffreys si sarebbe dedicato, ma molti laboratori si mossero in questo campo. Jeffreys si chiese se, potendo vedere frammenti di restrizione del D.N.A., avrebbe potuto vedere variazioni tra le persone in quei frammenti. Lo scienziato fu in grado di farlo grazie all'RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism). L'individuazione dell'RFLP non fu fatta da Jeffreys ma da un altro scienziato che lo battè sul tempo¹³. In natura esistono delle molecole che sono contenute nei batteri che servono ad uccidere una cellula. Queste molecole vengono chiamati enzimi di restrizione e funzionano come se fossero delle forbici molecolari che hanno la capacità di riuscire a tagliare il D.N.A. in dei punti precisi.

Alice Andreoli ne fornisce un esempio:

"l'enzima di restrizione Eco RI riconosce una particolare sequenza di sei nucleotidi, GAATTC. Immaginiamo di trovare all'interno del DNA la sequenza di basi AAAGAATTCAAA. L'enzima, individuata la sequenza, effettuerà un taglio generando due frammenti: AAAG e AATTCAAA. Ma se un solo nucleotide è mutato, per esempio la sequenza è diventata AAATAATTCAAA, allora l'enzima non effettuerà alcun taglio."¹⁴

¹⁰ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p.46.

¹¹ A. J. JEFFREYS, R.A. FLAVELL, *A physical map of the DNA regions flanking the rabbit beta-globin gene*, *Cell*, 12, 2, 1977, pp. 429-439.

¹² A. J. JEFFREYS, R.A. FLAVELL, *The rabbit beta-globin gene contains a large insert in the coding sequence*, *Cell*, 12, 4, 1977, pp. 1097-1108.

¹³ A. J. JEFFREYS, *DNA sequence variants in the G gamma-, A gamma-, delta- and beta-globin genes of man*, *Cell*, 18, 1979, pp. 1-10

¹⁴ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p.49.

C'era però un quesito da risolvere: gli enzimi riconoscono un particolare sito di taglio e da un D.N.A. intero, utilizzando diversi enzimi di restrizione si ricavano tanti frammenti di diversa misura. D.N.A. identici tagliati da stessi enzimi di restrizione, invece, producono frammenti di precise lunghezze e quindi era possibile distinguere un D.N.A. da un altro? La risposta fu negativa.

Lo studio degli RFLP portò un grande impulso alla ricerca in campo genetico, ma non riuscendo a distinguere un D.N.A. da un altro, queste ricerche iniziarono a diventare sterili. Sicuramente, però esistevano dei frammenti di D.N.A. che potessero fornire delle informazioni tali da localizzare delle differenze tra gli individui. Questa risposta arrivò proprio da Jeffreys che iniziò a studiare a Cambridge dei campioni spediti da dei colleghi dall'Antartide. Si trattava di campioni di muscolo di foca congelato. Jeffreys spiega che le foche esprimono mioglobina a livelli molto alti nei loro muscoli e questo rende il gene molto più semplice da isolare. Durante gli esperimenti nel 1983, lo scienziato trova qualcosa di nuovo, una strana sequenza, un tratto di D.N.A. con ripetizioni in tandem (cioè, testa-coda, come in un gioco di specchi) che verrà chiamata: "minisatellite" o VNTR (Variable Number Tandem Repeats)¹⁵. Sul momento non sembrò una grande scoperta, però il numero di ripetizioni è variabile tra le foche. Questo implicò che ogni specie avesse un numero di ripetizioni caratteristico e, dunque, portò a pensare che questa caratteristica potesse esserci pure nell'uomo.

Jeffreys tentò un nuovo esperimento utilizzando il Southern blot. Creò una calamita molecolare in grado di captare diversi minisatelliti. Alice Andreoli ne spiega il procedimento:

“A questo punto [Jeffreys] estrae il DNA da alcuni campioni di sangue e lo spezzetta con le forbici molecolari, gli enzimi di restrizione. Inserisce la sonda radioattiva che va a legarsi solo a quei frammenti in cui si trova una sequenza complementare, cioè sui minisatelliti, i tratti del DNA che si ripetono identici per lo stesso numero di volte della sonda. Tutti i frammenti che gli enzimi hanno prodotto sono trasferiti ai bordi di un quadrato di gelatina a cui è applicato un campo elettrico. A seconda della dimensione, i frammenti migrano con velocità diverse da un bordo all'altro della gelatina. Una foto ai raggi X mostra diverse bande di colore scuro, in fila una dopo l'altra. A ogni banda corrisponde un frammento di dimensione diversa che contiene, cioè, un numero diverso di ripetizioni del minisatellite”.¹⁶

¹⁵ A. BLANCHETOT, V. WILSON, D. WOOD, A. J. JEFFREYS, *The seal myoglobin gene: an unusually long globin gene*, *Nature*, 301, 1983, pp.732-734.

¹⁶ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p.51.

Nel suo laboratorio c'era anche un blot disponibile quello di Jenny Foxon (sua collega) e dei suoi famigliari.

Lunedì 10 settembre 1984, Jeffrey e i suoi collaboratori fissarono i risultati dell'esperimento ammutoliti: avevano ottenuto la prima impronta genetica del D.N.A. per puro caso. In quel momento Jeffreys capì cosa stava succedendo, poté individuare il gruppo familiare presente in quel blot e riuscì a distinguere tutti e tre i membri della famiglia Foxon, tramite quello che sembrava un semplice modello di ereditarietà.¹⁷ Ognuno mostrò un tracciato diverso che appariva come un codice a barre dove ogni barra rappresentava un allele, come fosse un'impronta digitale ma in questo caso genetica: il D.N.A. fingerprinting.

Jeffreys racconta che in un primo momento tutto gli sembrò come un "orribile pasticcio". Lo scienziato e i suoi collaboratori si resero conto solo dopo dell'importanza della loro scoperta e le potenzialità che potesse avere anche in ambito forense, ad esempio per il test di paternità o di gemellarità e nella biologia della conservazione. Volle a tutti i costi migliorare quella tecnologia e rendere quel "pasticcio sfocato" qualcosa di affidabile per l'utilizzo di casi reali.¹⁸

2.2 Debutto del test in tribunale

A quel punto le sfide furono due: una di migliorare la tecnologia e l'altra fare in modo che qualcuno manifestasse interesse per questa scoperta. Qualche mese dopo arrivò un'occasione importante. *Nature* pubblicò per la prima volta nel 1985 il lavoro di Jeffreys che mostrava la frequenza con cui i microsatelliti apparivano in venti persone non imparentate tra loro, ma questo lavoro non ottenne grandi attenzioni.¹⁹

Nell'aprile 1985, invece, accadde qualcosa di importante. Nella posta, Jeffreys trova una lettera da Sheona York, un'avvocata di Londra che si occupava di immigrazione. York aveva saputo di Jeffreys tramite un suo collega che le aveva mostrato un articolo di *The Guardian* in cui si parlava di alcuni scienziati in grado di identificare una persona tramite i loro geni. York aveva preso a cuore un caso riguardante una famiglia del Ghana e per vincere la causa le serviva avere una prova schiacciante di parentela. Jeffreys però smorzò immediatamente l'entusiasmo

¹⁷ A. J. JEFFREYS, V. WILSON, S. THEIN, *Individual-specific 'fingerprints' of human DNA*, *Nature*, 316, 1985, pp. 76-79.

¹⁸ N. ZAGORSKI, *Profile of Alec. J. Jeffreys*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, No. 24, pp. 8918-8919.

¹⁹ A. J. JEFFREYS, V. WILSON, S. THEIN, *Hypervariable "minisatellite" regions in human DNA*, *Nature*, 314, 1985, pp. 67-73.

di York in quanto le confidò che la tecnica doveva essere ancora sviluppata e perfezionata prima di poter essere utilizzata in un'aula di giustizia. In più il caso in questione era troppo complesso, senza contare che davanti a una corte serve portare delle evidenze scientifiche e il test non aveva ancora nessuna evidenza scientifica per poter riconoscere le persone o le parentele. L'efficacia del test del D.N.A. fingerprinting non aveva ancora prove ma Jeffreys colse l'occasione per provarci comunque in quanto non avevano nulla da perdere. L'impresa sembrò impossibile ma quella, d'altronde, si presentava come un'occasione perfetta per poter portare il test in un'aula di tribunale e far, dunque, risuonare mediaticamente la scoperta.²⁰

La vicenda in questione riguardava Andrew Sarbah, nato a Londra da genitori di origine ghanese. Quando i suoi genitori si separarono all'età di quattro anni, Andrew aveva seguito il padre in Africa. All'età di quindici anni era tornato in Inghilterra. Si aspettava di passare facilmente l'immigrazione, anche se parlava poco inglese, dopotutto stava comunque tornando nella città dove era nato, ma proprio lì iniziò l'incubo, precisamente nel momento in cui dovette mostrare il passaporto. Per le autorità aeroportuali il documento era contraffatto. Pensarono che Andrew Sarbah fosse un parente o un cugino di chissà qualche grado che si spacciava per lui per poterne approfittare e farsi una vita in Inghilterra. Questo perché nella foto del passaporto ghanese c'era la sua foto di quando era bambino. Ad Andrew fu concesso un "ingresso temporaneo" fino a quando il suo status fosse stato risolto. Generalmente all'epoca chi si vedeva negato l'accesso nel Regno Unito aveva due vie d'appello: un normale processo attraverso il tribunale dell'immigrazione o far sì che un membro del Parlamento facesse pressione al Segretario di Stato degli interni.

La famiglia Sarbah ottenne una consulenza legale da Sheona York che decise di intraprendere entrambe le vie. Prese a cuore la situazione e riuscì a raccogliere prove, fotografie, testimonianze di parenti, e pure un'analisi sugli antigeni del sangue che dimostrava con una probabilità del 98% che Andrew era figlio di Christine Sarbah, ma chi aveva fatto il test spiegò dell'esistenza di un certo margine di errore, per cui Andrew poteva non essere il figlio ma il fratello di Christine. L'Home Office, il ministero dell'Interno, dunque negò la vera identità di Andrew.

Ormai era un caso complicato e i presupposti per la deportazione dell'assistito di York c'erano tutti. Fu a questo punto che Yorke venne a sapere di Alec Jeffreys e della sua nuova scoperta,

²⁰ N. ZAGORSKI, *Profile of Alec. J. Jeffreys, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, No. 24, p. 8919.

un barlume di speranza si accese in York che decise di contattare Jeffreys, il quale accettò la sfida. Il giorno dell'appello Jeffreys aveva in tasca i risultati del test e una copia dell'articolo appena pubblicato su *Nature*.²¹ Il test non dimostrò solo che Andrew era figlio di Christine ma dimostrò inoltre che tutti i figli di Christine avevano lo stesso padre. Questo fu un sospiro di sollievo per York che vide nel frattempo Jeffreys avvicinarsi e parlare con un esperto di statistica mandato dal ministero dell'Interno per seguire il caso. Al giudice Jeffreys spiegò come funzionassero scientificamente la fecondazione e i cromosomi, parlò di sviluppo dell'embrione e spiegò che tutte le cellule contengono lo stesso D.N.A. oltre sei miliardi di "lettere" in sequenza. Spiegò inoltre cosa fossero i minisatelliti e come individuare le differenze tra gli individui.

Dopo aver spiegato tutto in aula di tribunale, mostrò i risultati del test. Nella foto si vedevano diverse barre orizzontali, ossia frammenti del D.N.A. della madre e delle linee lunghe orizzontali non presenti nella madre ma presenti nei fratelli che quindi indicavano frammenti del padre. Il profilo genetico di Andrew dimostrò di contenere unicamente frammenti di D.N.A. della madre e dei suoi fratelli, dimostrando un altissimo grado di certezza che la relazione familiare fosse vera. Ci furono anche dei calcoli probabilistici e delle verifiche che dimostrarono che la probabilità che questo risultato si fosse verificato per caso era inferiore a 1 su 33 miliardi. L'esperto di statistica lo ascoltò sbalordito. Jeffreys ammise che il test non era stato sottoposto a una controverifica indipendente in quanto l'unico laboratorio in grado di poter eseguire tale tecnica era il suo. Le prove a favore di Jeffreys furono molte, mentre il ministero dell'Interno non ne aveva alcuna contro, dunque lo scontro che ci si poteva aspettare non avvenne. La corte decise che non si sarebbe presa la responsabilità di decidere un appello sull'immigrazione basandosi su delle prove scientifiche non sperimentate, quindi del caso se ne sarebbe dovuta occupare la Corte suprema. Tuttavia l'udienza si chiuse con la corte che disse che a meno che il ministero dell'Interno non avesse un asso nella manica, avrebbe chiuso il caso. Le accuse vennero ritirate e Andrew fu dunque un libero cittadino inglese.

Fu così che il test del D.N.A. ebbe la sua prima vittoria e tutti i giornali ne parlarono. Il *The Sunday Times* titola con un bel gioco di parole: "Genes tell tales" (i geni raccontano storie).²² Nonostante il test del D.N.A. non avesse avuto delle controprove scientifiche e il caso non fosse stato analizzato approfonditamente dalla Corte suprema, per la stampa britannica questo era

²¹ A. J. JEFFREYS, V. WILSON, S. THEIN, *Individual-specific 'fingerprints' of human DNA*, *Nature*, 316,1985, pp. 76-79.

²² B. SILCOCK, *Genes tell tales*, *The Sunday Times*, 1985, p. 13.

soltanto un dettaglio. Jeffreys fu fiero del risultato e inviò un resoconto del caso a *Nature*. Nel momento della revisione, Jeffrey ricevette dei feedback negativi da un revisore. Jeffreys allora fece capire a Nature quanto importante fosse la pubblicazione di quel lavoro al fine di far accettare al ministero dell'Interno quelle prove. L'editore ne capì l'importanza e pubblicò l'articolo.²³

Ecco l'abstract: “Le impronte genetiche [...] possono essere usate per risolvere dispute sull'immigrazione ogni volta che non ci sia prova di legami familiari. Per illustrare le potenzialità della tecnica, in una identificazione certa o inclusiva, descriveremo l'analisi con DNA fingerprinting per un caso di immigrazione la cui soluzione sarebbe stata molto difficile e laboriosa usando i marcatori genetici [...] attualmente disponibili.”²⁴

Ora Jeffreys aveva tutti dalla sua parte, i media, la comunità scientifica e con loro l'intera opinione pubblica.

2.3 Caso Pitchfork

Dopo questa straordinaria vittoria, per Jeffreys arrivò un'altra vittoria importante. Una vittoria che portò ad un altro successo del test del D.N.A. in campo forense, grazie ad una nuova alleanza: quella con Peter Gill, uno scienziato che lavorava presso il Forensic Science Service, ovvero la polizia scientifica britannica. Gill credeva molto nel potenziale del test del D.N.A. e non solo per le questioni di paternità (dopo il clamoroso successo con il caso della famiglia Sarbah) ma anche per casi di criminologia dove ormai si usa una tecnica detta SLP (Single Locus Probe) dove con una sonda specifica per singolo locus si mettono in luce due alleli per volta e si ottiene un risultato simile a un codice a barre a una o due bande, in base all'individuo se è omozigote o eterozigote per quell'allele.

Il nuovo caso da risolvere può essere riassunto in questi termini. Nel 1983, un passante scoprì il corpo di Linda Mann, una quindicenne che era uscita per andare a trovare una sua amica. Il corpo si trovava in un sentiero isolato vicino a Narborough, una località vicino a Leicester. Sul ciglio della Black Pad, in mezzo all'erba, si vedeva il suo cadavere. Linda Mann era nuda dalla vita in giù, era stata violentata e strangolata. Lo stupro e l'omicidio della ragazza creò un vortice

²³ J. D. ARONSON, *DNA fingerprinting on trial: the dramatic early history of a new forensic technique*, *Endeavour*, 29, 3, 2005, pp. 126-131.

²⁴ *DNA fingerprinting: DNA probes control immigration*, *Nature*, 319, 1986, p. 171, citato in J. D. ARONSON, “*DNA fingerprinting on trial*”, cit.

di paura. La polizia riuscì a recuperare delle tracce di liquido seminale trovato sulla vittima. Si svolsero delle analisi sierologiche nel campione di sperma, ma le analisi risultarono molto incerte in quanto fu difficile evitare contaminazioni: esse consentirono comunque di tracciare un profilo proteico presente nel 10% della popolazione maschile. L'assassino era di gruppo sanguigno A ed era positivo all'enzima fosfoglucomutasi, PGM 1.

Dopo una serie di indagini, di tentativi di ricerca, di sospetti e di interrogatori, le indagini erano ad un vicolo cieco e il caso rimase irrisolto. Quasi tre anni dopo, il 31 luglio 1986, a Enderby toccò a Dawn Ashworth, anch'essa quindicenne il cui corpo fu ritrovato a Ten Pound Lane, ossia la scorciatoia che la ragazza prendeva per tornare a casa. Anche Dawn era stata spogliata dei suoi vestiti e strangolata. Come nel caso di Mann, la polizia avviò un'indagine massiccia in quanto si presupponeva che potesse essere stato lo stesso uomo a commettere i due omicidi. Questa volta, tuttavia, c'era un sospetto: Richard Buckland, un diciassettenne con ritardo mentale che si trovava all'ospedale psichiatrico locale (Carlton Hayes Hospital). Pare che fosse molto eccitato e ossessionato per il crimine avvenuto vicino all'ospedale: qualcuno informò la polizia e dalle indagini risultò che il ragazzo conosceva dettagli inediti. Il caso parve risolto, tranne per il fatto che Buckland non ammise mai di aver ucciso Linda Mann. Cercarono di farlo confessare ma non ci fu modo, in più, c'era un altro dettaglio che lasciò perplessi tutti, ovvero che il suo sangue non risultò positivo al PGM 1. Il padre del ragazzo cercò in tutti i modi di far capire che suo figlio era innocente. Avendo sentito dell'esistenza del test del D.N.A., decise di seguire questa strada.

Settembre 1986, Jeffreys accettò di fare le analisi e venne coinvolto nel caso. Riuscì a estrarre il D.N.A. dal campione di sperma raccolto sulla scena del crimine tre anni prima, ma non c'era abbastanza materiale genetico per eseguire il test. Ormai gli scienziati erano riusciti a mettere a punto un metodo che permettesse di differenziare le cellule vaginali da quelle spermatiche, e grazie a diversi reagenti chimici dividere quindi il D.N.A. maschile da quello femminile (*lisi differenziale*). In ogni caso il test risultava complesso in quanto il campione risaliva a tre anni prima e le analisi erano state fatte utilizzando meno D.N.A. con un solo marcatore. Vennero messi a confronto i profili genetici e il mese dopo arrivarono i risultati, pochi giorni dopo che Buckland era stato imputato per omicidio di primo grado. Tutti credevano nella colpevolezza del ragazzo. Ci fu però una sorpresa: i due profili non corrispondevano. Jeffreys esclude il ragazzo come colpevole dell'omicidio di Linda Mann e disse: "È una cosa che spesso si

dimentica perché si tende a vedere il test come strumento per provare la colpevolezza e non ci si rende conto che è altrettanto in grado di escludere un innocente dalle accuse”.²⁵

Venne mandato anche il campione del liquido seminale trovato sul corpo di Dawn Ashworth e nemmeno questo risultò combaciare con il profilo di Buckland. Il 21 novembre 1986 per la prima volta nella storia, il test del D.N.A. scagionò un uomo che era stato ingiustamente accusato di omicidio. I risultati del test, inoltre, diedero una grossa mano dal punto di vista investigativo, in quanto si scoprì che i due campioni di liquido seminale appartenevano alla stessa persona. Tanti agenti della polizia non sembravano credere al test ma alla fine si decise di affidarsi completamente al nuovo metodo. Successivamente i risultati sull’analisi del D.N.A. di Jeffreys furono confermati, quindi la polizia ritirò le accuse verso Buckland. Non sapendo come risalire all’assassino, la polizia decise di richiedere i campioni di sangue e saliva di tutti gli uomini residenti nelle vicinanze che avessero dai 17 ai 34 anni. Speravano di riuscire a risolvere il caso in questo modo e grazie alla polizia del Leicester furono in grado di raccogliere campioni di 4582 uomini ma nessun campione corrispondeva: un ulteriore buco nell’acqua.

Le cose presero una piega diversa, quando un giorno, nel settembre del 1987, la polizia ricevette una chiamata da una donna che lavorava in una pasticceria e che disse di avere notizie del duplice omicidio. La donna raccontò che un giorno, durante un pranzo al pub, il suo collega Ian Kelly parlò di un certo Colin Pitchfork, un decoratore di torte. Complice qualche pinta di birra, Kelly si lasciò sfuggire che durante il prelievo effettuato dalla polizia, in cambio di 50 sterline, aveva dato alla polizia il suo campione al posto di quello di Pitchfork, presentandosi al suo posto con un passaporto falso. Kelly fu arrestato e indagato e raccontò che Pitchfork aveva chiesto questo favore per evitare di essere perseguito dalla polizia avendo commesso anni prima molestie sessuali. Il 19 settembre 1987, Pitchfork venne arrestato a casa sua dalla polizia: non oppose resistenza ed anzi confessò entrambi gli omicidi. Un campione del suo sangue venne consegnato a Jeffreys che dopo un’attenta analisi, confermò che il profilo genetico di Pitchfork combaciava alla perfezione con quello dell’assassino. *The Times* ritrasse l’omicida in una vecchia foto del suo matrimonio con il cilindro in testa sorridente e vicino le foto di Linda Mann e Dawn Ashworth, anche loro sorridenti. Il titolo recita: “Carcere a vita per il killer sessuale che ha spedito un sostituto a fare il test genetico”. Nell’occhiello si legge invece “Se non fosse stato per l’impronta genetica, potrebbe essere ancora in libertà”.²⁶

²⁵ N. ZAGORSKI, *Profile of Alec. J. Jeffreys, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, No. 24, pp. 8918-8919.

²⁶ C. SETON, *Life for sex killer who sent decoy to take genetic test, The Times*, 1988.

Se il caso Sarbah fu degno di nota, il caso Pitchfork per i media fu un totale successo.²⁷ Il caso ebbe un tale successo soprattutto per il risultato raggiunto (due casi risolti in una volta sola, scagionando un innocente) al punto che nel 1988 lo scrittore Joseph Wambaugh ne fece un romanzo dal titolo: “*The Bleeding*”. Il test del D.N.A. era ormai pronto ad essere utilizzato anche fuori dai confini inglesi: una nuova sfida.

2.4 Banca dati genetica

Casi come quello di Pitchfork sono sempre meno inusuali da quando sono entrate in funzione le banche dati genetiche. La prima al mondo nacque in Inghilterra nel 1995 e si chiama National DNA database (NDNAD). Tutt’oggi è una delle banche genetiche più grandi al mondo, con oltre 4 milioni e mezzo di profili del D.N.A., ovvero, circa il 7% della popolazione e aumenta al ritmo di quasi 1 persona al minuto.²⁸

Nel 1994 fu approvato il Criminal Justice and Public Order Act, che fornì le basi legali per la NDNAD. La legge prevedeva che la polizia potesse prelevare campioni di D.N.A. a chiunque fosse accusato di reato classificato “registrabile” senza alcun necessario consenso. Nel 1995 la NDNAD divenne operativa. Inizialmente fu limitata a reati violenti domestici e furti a causa di problemi di finanziamento. Il potere della polizia si espanse dal 1996 al 2003: in questo lasso temporale si presero e conservarono sempre più campioni di D.N.A. Nel 2000 il Primo Ministro britannico Tony Blair annunciò che il programma di espansione del D.N.A. dovesse includere tutta la popolazione criminale attiva. Questo permise di prelevare campioni di D.N.A. a chiunque venisse arrestato. Tutti i dati personali sono conservati permanentemente nel database nazionale anche se la persona non viene mai accusata o viene assolta.²⁹ Nonostante le banche dati rappresentino uno strumento importante per le forze dell’ordine, non sono mancate le polemiche, non tanto sull’individuazione dei profili utili all’identificazione, quanto piuttosto sui contenuti sensibili che si possono ricavare con conseguenti problemi legati alle questioni di Privacy. In Gran Bretagna questo divenne un argomento focale.

²⁷ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 60-64.

²⁸ *Panorama*, *The World’s Longest Running Investigative TV Show*, BBC1, puntata del 24 settembre 2007.

²⁹ H. WALLACE, *The UK National DNA Database: Balancing crime detection, human rights and privacy*, *National Library of Medicine*, sito consultabile al seguente indirizzo:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1490298/> (accesso effettuato il 25 giugno 2024).

Lo stesso padre del test del D.N.A. espresse perplessità a riguardo. Jeffreys infatti affermò:

“oggi come oggi un investigatore con pochi scrupoli potrebbe facilmente ottenere il tuo profilo genetico – dalla saliva su una tazzina da caffè o dal mozzicone di una sigaretta – e usarlo per verificare se sei il vero genitore di tuo figlio. È illegale, ma semplice da fare, e sono abbastanza sicuro che accada spesso. È una pesante invasione della privacy”.³⁰

Negli anni il governo britannico estese il suo data base. Il 4 dicembre 2008, la Corte europea per i diritti umani definì la natura indiscriminata della legge britannica sui campioni di D.N.A. una violazione dei diritti umani, imponendo la rimozione di più di 1 milione di profili dal data base più grande al mondo.³¹

³⁰ R. MCKIE, *Meet the DNA genius who fears the dark side of his discovery*, *The Observer*, 2004.

³¹ T. WHITEHEAD, C. HOPE, *DNA database innocents win landmark European court ruling*, *The Daily Telegraph*, 2008.

CAPITOLO 3

IL TEST DEL D.N.A. NEGLI STATI UNITI

3.1 PCR

Il test del D.N.A. negli anni seguenti iniziò ad essere sempre più richiesto fino a quando, più o meno negli anni Ottanta, diventò un vero e proprio business soprattutto negli Stati Uniti. Una tecnica in particolare ha affermato gli Stati Uniti nel campo dello studio del D.N.A.: quella della PCR (Polymerase Chain Reaction) o “Reazione a Catena della Polimerasi”.

La PCR si presta a molteplici applicazioni tra cui: diagnosticare malattie genetiche, infezioni virali e batteriche tramite rilevamento di sequenze di D.N.A. specifiche dei patogeni, nella ricerca scientifica e negli studi di biologia molecolare e genetica, in paleontologia analizzando il D.N.A. antico, permettendo lo studio di specie estinte. Tra la fine degli anni Ottanta e l’inizio degli anni Novanta, la tecnica entra in campo forense grazie anche agli studi di Kary Mullis.

Kary Mullis nacque nel 1944 a Lenoir, in North Carolina ma cresce in South Carolina. Studiò alla Georgia Institute of Technology e poi all’Università della California a Berkley. Dopo gli studi, prima lavorò come scrittore e gestore di un forno, poi intraprese la strada per diventare chimico. Divenne ricercatore alla Cetus Corporation, una delle prime aziende biotech. Nell’azienda una delle regole fondamentali era quella per cui ogni metodo scovato doveva essere veloce per non far attendere i malati. Questa regola però si scontrava con il fatto che si lavorava con poco D.N.A. prelevato dai pazienti. Per questo motivo si avvertiva l’esigenza di avere una tecnologia che permettesse di avere un numero infinito di copie di una determinata sequenza di D.N.A. dove poter fare analisi abbattendo i tempi.³²

Mullis era uno a cui piaceva divertirsi, gli piacevano le vacanze e il surf, ma anche le belle donne e le droghe. Per ridurre le ore di lavoro, lo studioso inventò un programma al computer che svolgesse automaticamente parte del suo lavoro.

³² M. BOSCOLO, *I pionieri delle biotech, il surf e tutto il resto: Kary Mullis e la PCR*, Zanichelli, sito consultabile al seguente indirizzo: <https://aulascienze.scuola.zanichelli.it/blog-scienze/ieri-oggi-scienza/i-pionieri-delle-biotech-il-surf-e-tutto-il-resto-kary-mullis-e-la-pcr> (accesso effettuato il 29 giugno 2024).

Un giorno nell'Aprile 1983 Mullis si trovava al miglio 46,7 in California, Route 128 e stava guidando verso il suo ranch di Alexander Valley, a nord di San Francisco. In macchina con lui si trovava la sua fidanzata ma Mullis alla guida non riusciva a non pensare al lavoro. La causa dei suoi pensieri erano alcuni problemi legati al test di diagnosi per l'anemia falciforme, una malattia genetica basata sulla mutazione ed era ereditabile. Voleva riuscire a esaminarla per riuscire a diagnosticarla prima della nascita, però falliva sempre in quanto quel gene difettoso era difficile da isolare. Un giorno Mullis, mentre metteva a punto il software per facilitargli il lavoro, fece un errore di programmazione e il sistema cominciò a replicare informazioni in automatico in tutti i computer dei colleghi. Nel miglio 46,7 della Route 128, Mullis inchiodò l'auto, spaventando la propria ragazza, perché capì che quell'errore avrebbe potuto avere importanti ripercussioni. Replicare il D.N.A. con raddoppiamenti successivi dei filamenti genera un numero in progressione geometrica. Se si fosse partito da un filamento di D.N.A. si sarebbero generati 2 filamenti, poi 4 (2 alla seconda), poi 8 (2 alla terza), poi 16, 32, 64 e via dicendo. Mullis si rese conto di aver scoperto qualcosa di veramente importante perché, per esempio, con trenta cicli avrebbe ottenuto 1.073.741.824 copie di D.N.A. quindi un numero che andava oltre il miliardo. Questo processo, inoltre, non solo avrebbe fornito un grandissimo numero di copie del D.N.A., ma si poteva anche pensare di isolare un gene e copiare solo quello all'infinito, così ottenendo soluzioni a due problemi fondamentali: avere un gran numero di copie di D.N.A. e poterne distinguere precisamente i singoli tratti. Mullis quindi stappò una bottiglia di cabernet Mendocito Valley e iniziò a scrivere diverse formule matematiche e chimiche fino a che nel Natale del 1983 riuscì a realizzare per la prima volta la sua idea: la reazione a catena della Taq polimerasi, un enzima per la replicazione del D.N.A.. Alice Andreoli spiega questo processo nei seguenti termini:

“La ricetta è semplice. Basta portare a una temperatura intorno ai 94 °C una soluzione contenente: il DNA da replicare; l'enzima polimerasi; nucleotidi semplici A, T, G, C; un *primer*, cioè un breve tratto di DNA che funge da innesco, dando il via alla duplicazione in punti specifici. Si deve abbassare la temperatura tra 40 e 55 °C, e poi alzarla di nuovo tra 65 e 72 °C: in non più di 5 minuti si ottengono diverse centinaia di milioni di copie del DNA di partenza [...] L'innalzamento della temperatura consente la *denaturazione* del DNA, cioè la sua scissione in due filamenti singoli; quando la temperatura si abbassa di nuovo, i *primer* si legano in modo complementare al DNA denaturato e a questo punto l'enzima polimerasi può formare nuove catene di DNA identiche a quella di partenza

allungando i primer legati: la polimerasi prende dalla soluzione un nucleotide alla volta, secondo la sequenza del DNA originale, come delle copie di carbone”.³³

Questo ciclo si deve ripetere più volte (reazione a catena) e ad ogni ripetizione si replica anche il ciclo precedente ottenendo poi una quantità enorme di frammenti. Questo processo è importante perché permette di poter partire anche da quantità minuscole di frammento genetico, fino a 100 nanogrammi.³⁴

Questa scoperta, semplice ma rivoluzionaria, fece ottenere a Mullis il premio Nobel per la chimica nel 1993. Times intitolò questo successo come “La macchina dei geni definitiva”.³⁵

Il nuovo test basato sulla PCR è stato utilizzato per la prima volta in Inghilterra proprio da Alec Jeffreys che utilizzò questa nuova tecnica per riuscire a scoprire l’identità di uno scheletro trovato avvolto in un tappeto. Il D.N.A. dello scheletro era molto degradato, il test basato sulla PCR è stata la chiave per svelare l’identità dello scheletro: una quindicenne di nome Karen Price, e risalire successivamente all’assassino condannandolo all’ergastolo.³⁶ Questa tecnica consentì di risolvere tantissimi casi anche risalenti al passato, riportando alla luce casi rimasti irrisolti nella storia come quella dei Romanov. La famiglia Romanov aveva governato la Russia per ben trecento anni fino allo zar di Russia Nicola II. Bisognava ancora verificare la reale morte dello zar e ricostruire gli eventi esatti che avevano portato all’esecuzione della famiglia Romanov nel 1918. Per ricostruirne la storia bisognava localizzarne i resti e soprattutto riconoscerne i membri. Un caso molto complesso da risolvere in quanto vi erano molte voci e teorie di complotti secondo cui alcuni membri della famiglia potevano essere sopravvissuti. Il caso fu risolto grazie al test del D.N.A. e alla nuova tecnica chiamata STR (Short Tandem Repeats) che utilizza la tecnica del VNTR scoperta da Jeffreys con la differenza che al posto di isolare i minisatelliti impiegando gli enzimi di restrizione, si usa invece la PCR che isola e amplifica: fu così possibile risolvere uno dei più grandi misteri del Novecento.

³³ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 116-117.

³⁴ I riferimenti sulla scoperta di Kary Mullis sono tratti da: B SCHECK, P. NEUFELD, J. DWYER, *Actual Innocence*, cit., e da K. MULLIS, *Ballando nudi nel campo della mente. Le idee (e le avventure) del più eccentrico degli scienziati moderni*, Baldini e Castoldi, Milano, 2000.

³⁵ J. M. NASH, A. CONSTABLE, A. PURVIS, *Ultimate Gene Machine*, Time, 1991.

³⁶ La ricostruzione completa della vicenda è andata in onda su *Crimewatch*, il 5 settembre 1991 su *BBC1*.

3.2 Caso Wesley-Bailey: la difesa contrattacca³⁷

Tra il dicembre del 1987 e l'estate del 1988, in un processo preliminare congiunto i giudici dovevano esprimersi sull'ammissibilità del test del D.N.A. in due diversi casi di stupro e omicidio. Il test ormai pareva affermato e attendibile, anche perché nessun scienziato di alto rango tendeva a contestare la credibilità del test e l'operato dei propri colleghi. Nessuno osò contrapporsi alla colpevolezza di George Wesley, accusato di stupro e omicidio di una donna mentalmente ritardata di settantanove anni, e Cameron Bailey, che non uccise, ma mise incinta la sua vittima. I due casi vennero discussi insieme in un unico *Frye hearing*, proprio per parlare dell'ammissibilità della prova del D.N.A. in aula. L'esito sembrò scontato, invece, in aula accadde qualcosa che fece scuotere le fondamenta del sistema giudiziario statunitense: la difesa decise di sfidare l'accusa sulla credibilità del test. Questo caso fu la miccia che portò, due anni più tardi, al caso giudiziario più famoso d'America: il processo O.J. Simpson.

A occuparsi della difesa fu un avvocato del Bronx di New York: l'avvocato Douglas Rutnik. Aveva tutta l'aria di voler sfidare chiunque. La Lifecodes e la Cellmark (entrambe aziende leader nell'utilizzare le tecnologie dell'analisi del D.N.A. soprattutto per quanto riguarda le applicazioni forensi) avevano a disposizione una lista di esperti, grandi nomi della ricerca su cui fare riferimento. La lista includeva Housman; Bonnie Blomberg, ricercatrice alla facoltà di medicina di Miami; George Sensabaugh, professore di scienze forensi a Barkley; Henry Lee, scienziato forense del Connecticut famoso per essere stato uno dei protagonisti del caso O.J. Simpson; Richard Roberts, capo del Cold Spring Harbor Laboratory, che più avanti avrebbe ricevuto il premio Nobel per aver sviluppato gli enzimi di restrizione; Kenneth Kidd, genetista, uno dei protagonisti del genoma umano (iniziativa internazionale avviata nel 1990 e completata nel 2003, con l'obiettivo di mappare l'intera sequenza del D.N.A. umano, migliorando enormemente la nostra comprensione della genetica umana). L'accusa dunque possedeva tutte le star nel panorama scientifico mondiale.

In quegli anni le pubblicazioni avvenivano su riviste specializzate e i loro *peer reviewers* erano scienziati forensi ancorché non specializzati in genetica. I lavori su riviste come *Science*, *Nature* e *American Journal of Human Genetics* erano un po' più critici ma in ogni caso nessuno aveva mai criticato i test effettuati dalle due società biotech: la Lifecodes e la Cellmark.

La difesa, che decise di testimoniare per il caso Wesley-Bailey, fu la prima ad andare contro alle due società. Primo testimone dell'accusa fu Michael Baird della Lifecodes, che ebbe il

³⁷ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 84-88.

compito di spiegare al giudice le basi della biologia e di spiegare come nel test del D.N.A. nessun tipo di evento atmosferico possa incidere sui risultati. Da parte della difesa intervenne dapprima Richard Borowsky, genetista delle popolazioni, che accusò la Lifecodes di non avere strumenti per stabilire la probabilità di un *random match*; poi l'ematologo Neville Colman che accusò la Lifecodes di riportare dati che dovevano ancora essere pubblicati, come fonti alle proprie tesi. Inoltre, accusò la Lifecodes del sistema *peer review* in quanto i *reviewers* si limitavano solo a leggere le procedure usate da altri scienziati e ne valutavano unicamente il criterio scientifico, senza farne una verifica sperimentale diretta.

L'avvocato Rutnik chiese di controinterrogare Richard Roberts e chiese se Roberts avesse mai testato personalmente le sonde molecolari che la Lifecodes impiega nei suoi test. Roberts rispose di no e Rutnik continuò a fargli domande per sottolineare questa mancanza di controllo a tal punto da lasciare il giudice interdetto. L'accusa rispose alle accuse di Rutnik assicurando che i database della Lifecodes rispettavano i principi statistici e che gli eventuali errori di calcolo erano del tutto marginali. In conclusione, il giudice stabilì che il test fosse del tutto affidabile e affermò che i consulenti della difesa erano degli incompetenti, dando il via libera al prelievo del sangue a George Wesley e Cameron Bailey che furono poi condannati.

La comunità scientifica, tuttavia, si ritrovò per la prima volta in difficoltà. Rutnik riuscì a dubitare e prendere in contropiede anche un premio Nobel come Roberts, oltre che tutta la comunità scientifica, che si trovò a dover rispondere a delle domande banali su dubbi che nel mondo accademico non erano nemmeno contemplati. Tutto ciò che per uno scienziato non era nemmeno da mettere in discussione, per un avvocato potevano apparire dinamiche senza senso. Dal caso Wesley-Bailey in poi tutti gli scienziati si ritrovarono a fare battaglia in ogni caso giudiziario. In realtà grazie a questo caso, scienza e diritto riuscirono a migliorarsi reciprocamente negli anni; in quel periodo, però, ci fu il caos più totale, a tal punto che tutti gli avvocati difensori degli Stati Uniti si coalizzavano per tenere testa ai consulenti d'accusa. Intanto il test del D.N.A. diventò oggetto di contesa anche fuori dalle aule giudiziarie e di quelle accademiche, coinvolgendo mass media, opinione pubblica e politica.³⁸

³⁸ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, p. 88.

3.3 “Scacco” al test del D.N.A.³⁹

Dopo il trambusto causato dal caso Wesley-Bailey, arrivò la prima sconfitta per il test del D.N.A.. Nel febbraio del 1987 Joseph Castro, un tuttofare di un quartiere del Bronx, venne accusato dell'omicidio della ventiduenne Vilma Ponce, incinta di sei mesi, e della figlia di due anni. Il marito della donna lo aveva visto scappare dalla scena dal crimine e ciò permise alla polizia di New York di incriminarlo per omicidio. Quando Castro venne interrogato negò tutto, nonostante questo gli agenti videro una macchia di sangue sul suo orologio. Castro continuava a dire che il sangue fosse suo, per accertarsi la polizia mandò l'orologio alla Lifecodes e qualche settimana più tardi si ebbero i risultati: il sangue era di Vilma Ponce con una probabilità di errore di 1 su 189.200.000.

Per la difesa di Castro il compito fu affidato a Barry Scheck e Peter Neufeld, entrambi scettici sull'affidabilità del test e ferrati in materia. L'accusa da parte di Scheck e Neufeld fu quella di dire che anche in passato altre prove scientifiche, come la macchina della verità, si erano rivelate inaffidabili e che la prova del D.N.A. era troppo recente e poco verificata per dire che fosse affidabile. Trovare delle prove accademiche inattaccabili era un'impresa che fino a quel momento si era dimostrata disperata.

L'occasione per Peter Neufeld arrivò nel novembre del 1988 quando venne invitato a partecipare ad una conferenza sul D.N.A. forense al Banbury Center del Cold Spring Harbor Laboratory di New York. In questo incontro erano presenti scienziati, avvocati e giudici e per la prima volta si potevano scambiare diverse opinioni al di fuori di un'aula di tribunale. Durante la pausa Neufeld conobbe Eric Lander, laureato in matematica a Princeton e conseguito successivamente un dottorato di ricerca a Oxford. Dopo Oxford era diventato professore di economia ad Harvard senza aver mai studiato economia, ma la matematica e la statistica erano il suo forte e potevano essere applicati a qualunque scienza.

Lander era stato invitato come “provocatore” per animare le discussioni. Neufeld con l'occasione, dopo un po' di chiacchiere, chiese a Lander se potesse dare un'occhiata ai profili genetici prodotti dalla Lifecodes. Lander chiamò dei suoi colleghi e chiese se, secondo loro, il test dimostrasse la colpevolezza di Castro: la risposta fu negativa da parte dei suoi colleghi che definirono i risultati inconcludenti. Neufeld e Scheck rimasero sbalorditi e chiesero a Lander se potesse testimoniare. Lander declinò l'offerta ma decise comunque di fare da consulente,

³⁹ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 91-97.

successivamente, animato dal caso, accettò l'incarico e scrisse un rapporto di più di cinquanta pagine sugli errori della Lifecodes.

Lander, Scheck e Neufeld erano molto affiatati, in più Lander era veramente inarrestabile, soprattutto per le sue conoscenze che si estendevano, oltre a quelle matematiche e statistiche, alla legge visto che entrambi i suoi genitori erano avvocati. Inoltre, mentre insegna ad Harvard, aveva iniziato ad interessarsi di biologia grazie soprattutto a suo fratello minore neuroscienziato, al punto che Lander si appassionò alla biologia e decise di lavorare non solo con persone del calibro di David Botstein (autore del primo lavoro sulle RFLP) ma anche a ritornare ad insegnare ad Harvard come professore nel Dipartimento di Biologia.

Gli esperti dell'accusa furono presi in contropiede, poiché il primo affondo da parte di Lander rappresentava una rivoluzione in tribunale. Lander spiegava che il D.N.A. è molto più utile con lo studio filogenetico di specie estinte come i mammoth o di ricerche sulle mummie egizie, rispetto all'uso per indagini cliniche. Iniziò ad addentrarsi nei tecnicismi e poi spiegò che il test del D.N.A. è tanto più affidabile quanto più si è sorpresi delle corrispondenze ottenute e che quindi è una questione legata molto alla statistica e affermò che la Lifecodes aveva fatto dei calcoli di probabilità assurdi.

Michael Baird, capo della Lifecodes in tutti i processi, disse che ci potevano essere delle imperfezioni ma i calcoli erano assolutamente corretti e che ogni risultato va interpretato. La Lifecodes affermò inoltre che le analisi erano state svolte con una sonda costruita sul modello dei tratti del D.N.A. della vittima e della figlia e che, tramite il riscontro delle varie bande, si poteva affermare che la probabilità che il sangue sull'orologio di Castro non fosse delle vittime era di 1 su 189.000.000. Scheck e Neufeld chiesero di avere accesso ai dati grezzi della Lifecodes e trovarono delle incongruenze. Le bande non erano proprio identiche e non corrispondevano tutte tra loro, Baird disse che si era forzata un po' la mano su alcune bande ma che il calcolo era corretto, Lander rispose che il calcolo era assurdo e accusò la Lifecodes di dire di seguire un certo protocollo ma poi di calcolare l'errore su un altro protocollo molto meno attendibile. Il test era a rischio e la credibilità della Lifecodes vacillava.

Il verdetto per il giudice fu a favore della difesa e stabilì che le analisi della Lifecodes per il caso Castro non potessero essere ammesse come prove. Per la Lifecodes fu una sconfitta amara.

La Lifecodes lavorò sodo per perfezionare i suoi protocolli e far capire che quell'errore era stato solo un singolo inconveniente ma che generalmente le loro analisi erano corrette.⁴⁰

La stampa era divisa sulla sentenza. *Science* consigliava di essere prudenti sull'impronta genetica, sottolineandone la sconfitta⁴¹. *Nature* fu contraria alla decisione dei giudici⁴². *The New York Times* decise invece di assumere una posizione neutrale:

“Sia accusa che difesa hanno proclamato vittoria dopo la complessa sentenza; persino i laboratori che hanno condotto i test criticati hanno elogiato la decisione del tribunale, dicendo che nel complesso sostiene la validità del test del DNA per scopi forensi”.⁴³

Il 15 settembre 1989 accadde un imprevisto che fece riaccendere il caso: Joseph Castro confessò che il sangue non era il suo ma quello di Vilma Ponce. Lifecodes prese la palla al balzo e criticò amaramente gli avvocati difensori, che dovettero accettare il fatto che il test del D.N.A. fosse una prova molto solida.

3.4 Caso O.J. Simpson

Ci fu un altro caso importante dove accusa e difesa si scontrarono e questo caso fu quello di O.J. Simpson, uno dei casi più seguiti di sempre.

Orenthal James Simpson nato a San Francisco il 9 luglio 1947 rappresentò la visione di un'America divisa, laddove la spaccatura razziale aveva un ruolo sicuramente centrale. O.J. Simpson rappresentava un simbolo importante per la comunità dei neri. Era un nero rispettato dai bianchi: nel mondo si parla di O.J. Simpson in quanto stella della National Football League e della squadra dei Buffalo Bills, dal 1969 al 1977, e poi dei San Francisco 49ers, la squadra della sua città. Fu sempre stato un fantastico runningback, capace di polverizzare ogni tipo di record. Fu forse la prima stella che sfiorò i confini dello sport: pubblicità, fama, soldi, donne. Diventò il primo uomo a dimostrare che i bianchi avrebbero comprato i prodotti pubblicizzati da un nero. Pure Hollywood lo volle e a cavallo degli anni '90 assegnandogli il ruolo di coprotagonista nella trilogia comica 'Una pallottola spuntata'. Nel 1985, poco dopo il suo ritiro

⁴⁰ J. D. ARONSON, *Genetic Witness: Science, Law, and Controversy in the Making of DNA Profiling*, Rutgers University Press, 2007.

⁴¹ C. NORMAN, *Caution urged on DNA Fingerprinting*, *Science*, 245, 4919, 1989, p. 699.

⁴² A. ANDERSON, *Judge back technique*, *Nature*, 340, 1989, p. 582.

⁴³ R. MCFADDEN, *Reliability of DNA testing challenged by judges's ruling*, *The New York Times*, 1989.

dal professionismo sportivo, sposò una cameriera di night club, la bionda, bianca e bella Nicole Brown. Dal loro matrimonio, che durò sette anni, nacquero due figli.

Nel 1992 Nicole chiese il divorzio, non si trattava di un matrimonio felice in quanto Simpson era ossessionato dalla gelosia da un presunto tradimento della moglie con il cameriere venticinquenne Ronald Goldman. Inoltre, Simpson, non ci pensava mai due volte ad alzare le mani contro la moglie.

La notte del 12 giugno 1994 Nicole Brown e Ronald Goldman vennero assassinati con rispettivamente dodici e venti coltellate e i cadaveri ritrovati nel giardino dell'abitazione della donna nel ricco quartiere residenziale di Brentwood. L'allarme venne dato da dei passanti alle 22.45. Quando arrivò la polizia si trovarono impronte di scarpe che si allontanavano dalla scena del crimine, un guanto di pelle e un berretto. Alle 4.30 la polizia lasciò la scena del crimine per raggiungere l'abitazione di O.J. Simpson in quanto primo sospettato dell'omicidio.

Nella sua residenza Simpson non era presente ma si notò del sangue sulla portiera del fuoristrada: un Ford Bronco. Simpson si era recato a Chicago, a un incontro della Hertz, poco dopo al duplice omicidio. La polizia entrata nell'abitazione di Simpson trovò uno stesso identico guanto di pelle, insanguinato, della mano destra che combaciava con quello della mano sinistra trovato sulla scena del crimine. Inoltre venne ritrovato nel vialetto un calzino insanguinato e altre tracce di sangue.

Simpson ritornò a Los Angeles, i poliziotti notarono delle ferite sulla mano sinistra, proprio il lato in cui erano indicati gli sgocciolamenti di sangue ritrovati nella scena del crimine. Simpson fornì diverse spiegazioni ma non convinse la polizia che portò Simpson a fare un prelievo del sangue e il campione venne consegnato al criminologo Dennis Fung.

O.J. Simpson quel giorno arruolò la squadra di avvocati più famosa d'America: Robert Shapiro, Johnnie Cochran, Alan Dershowitz, Francis Lee Bailey. Nella squadra sono presenti anche due avvocati famosi per conoscere molto bene la prova del D.N.A. ovvero Barry Scheck e Peter Neufeld. La squadra venne chiamata Dream Team come la nazionale di basket degli USA.

Il 15 giugno arrivarono i risultati preliminari del test del D.N.A. e si aspettò solo di capire se Simpson fosse colpevole o meno. Il test fu l'AmpliType DQ alfa, messo a punto da Caskey. Il risultato confermò che il sangue trovato sulla scena del crimine e anche quello del guanto erano compatibili con quello di Simpson. Il test però non era conclusivo perché mostrava un profilo condiviso dal 7% della popolazione, ma comunque, bastava per emettere un mandato di arresto. La mattina del giorno di arresto, Simpson era sparito. Il 17 giugno, sulla 405 Freeway che

attraversa il sud della California, l'America rimase col fiato sospeso: O.J. A bordo di un fuoristrada scappava per le autostrade di Los Angeles, seguito da decine di auto della polizia e di telecamere⁴⁴. Novantacinque milioni di telespettatori, sarà il secondo evento (dopo quello dell'atterraggio sulla Luna) più visto nella storia della televisione. Quel giorno ci fu anche la diretta della finale dell'NBA (Houston Rockets-New York Knicks) che fu ridotta a quadratino nella parte bassa dello schermo per poter vedere la messa in onda della fuga. Un poliziotto era riuscito a parlargli al telefono e a farlo ragionare parlandogli dei figli che lo aspettavano. Simpson sembrava in trance. Poco dopo con la sua Ford Ronco accostò e si fece arrestare.

Il 22 luglio 1994 cominciò il “processo del secolo” che è proseguito per 267 giorni, coinvolgendo 133 testimoni, mostrando 1105 prove e depositando 45.000 pagine di trascrizione in tribunale. Tutto in diretta TV. Barry Scheck e Peter Neufeld cercarono in tutti i modi di far richiesta al fine che la prova del D.N.A. fosse esclusa dal processo; la richiesta però fu respinta. Pensarono anche di provare a chiamare Kary Mullis per testimoniare sull'inaffidabilità della PCR ma tutti sapevano che Mullis conduceva uno stile di vita spericolato e faceva uso di droghe; quindi non sarebbe stata una figura autorevole al loro fine. Decisero pertanto di cambiare strategia.

Il processo O.J. Simpson spaccò ancora di più gli Stati Uniti: neri contro bianchi. La maggioranza dei bianchi credeva che Simpson fosse il colpevole degli omicidi, viceversa, la maggioranza dei neri credeva che Simpson fosse innocente. Scheck e Neufeld sapevano bene ormai ogni singolo dettaglio sul dibattito scientifico del test del D.N.A., infatti la strategia non era quella di capire se il test fosse affidabile o meno, ma era quella di distruggere la credibilità delle analisi e dei test effettuati, spingendo molto sulla discriminazione razziale. La questione era capire se ci si poteva fidare degli uomini che avevano effettuato le indagini sulla scena del crimine. Durante il processo si era scatenato l'inferno su Mark Fuhrman. Il detective era stato fatto a pezzi in aula dalla difesa dopo che era saltato fuori utilizzando la parola “negro”: non contava più l'indagine, contavano solo le parole.

Fuhrman era colui che aveva i guanti all'interno della villa, uno dei quali è impregnato del sangue di Nicole. Poi anche l'infermiera che aveva effettuato il prelievo del sangue aveva dichiarato di aver prelevato una quantità di dose differente rispetto a quella scritta nei report.

⁴⁴ *Quando O.J. Simpson fu inseguito dalla polizia in diretta TV*, sito consultabile al seguente indirizzo: <https://www.ilpost.it/2024/04/11/oj-simpson-inseguimento-ford-bronco/> (accesso effettuato il 02 luglio 2024).

Anche i tecnici di laboratorio non avevano seguito il protocollo. Scheck e Neufeld attaccarono il lavoro della polizia di Los Angeles.

Ci fu un altro particolare quello dei guanti che non entravano bene nella mano di O.J. Simpson. In aula, O.J. fu costretto a indossarli, mostrando platealmente alla giuria che erano troppo piccoli per la sua mano. L'accusa provò a far capire che i guanti si erano ristretti a causa del sangue presente. Per l'accusa fu una grossa batosta, sigillata nella requisitoria finale dell'avvocato Cochran con uno slogan passato alla storia: "If it doesn't fit, you must acquit". Tradotto: "Se non calzano lo dovete assolvere".

O. J. Simpson il 2 ottobre 1995 fu stato dichiarato innocente. Venne assolto in sede penale, ma poi giudicato colpevole nella causa civile che non prevedeva la galera ma un risarcimento di 35 milioni di dollari alle famiglie delle vittime. Questi soldi non vennero mai dati in quanto O.J. risultava nulla tenente per lo stato. Nel 2008 venne condannato a 33 anni di carcere (dei quali nove senza libertà vigilata) per rapina a mano armata e sequestro di persona; venne liberato nel 2017 e rimarrà in libertà vigilata fino alla sua morte. Molti si chiesero come fosse possibile che non fosse lui il colpevole del duplice omicidio e probabilmente al 99,99% il colpevole fu lui, ma gli avvocati riuscirono ad utilizzare così bene la carta della razza che riuscirono a battere la prova del D.N.A. considerato un test solidissimo.⁴⁵ Scheck disse le seguenti parole a riguardo: "Non abbiamo mai attaccato la validità della tecnologia del DNA, perché è una tecnologia valida, rivoluzionaria. Il problema nel caso O.J. Simpson è stata la modalità di raccolta delle prove: hanno usato tecniche del XIX secolo per una tecnologia del XXI secolo. Di conseguenza, più che la possibilità, c'era la sicurezza di produrre contaminazioni nei risultati".⁴⁶

3.5 Banca dati genetica

Anche negli Stati Uniti fu creata una banca dati genetica il CODIS (Combined DNA Index System). Creato dall'FBI nel 1998, un profilo del DNA allestito sulla base di una traccia rilevata sul luogo di un reato può essere confrontato con i profili già registrati in CODIS, e ha già risolto oltre 90 mila casi giudiziari. Non si hanno più le lastre con dei codici a barre che solo gli esperti

⁴⁵ J. D. ARONSON, *Genetic Witness: Science, Law, and Controversy in the Making of DNA Profiling*, Rutgers University Press, 2007. G. PAOLI, *Il caso O.J. Simpson: l'omicidio, l'inseguimento e quel guanto che non calzava. Il processo del secolo spacò l'America*, *Quotidiano Nazionale Esteri*, 2024, consultabile al seguente indirizzo: <https://www.quotidiano.net/esteri/il-caso-oj-simpson-lomicidio-linseguimento-e-quel-guanto-che-non-calzava-il-processo-che-spacco-lamerica-ye63ekzr> (accesso effettuato il 01 luglio 2024).

⁴⁶ B. SCHECK, citato in Harry KREISLER, *DNA and criminal justice system*, cit.

possono analizzare e capire. Ma il CODIS ha una tabella alfa-numerica formate da coppie di sigle e numeri associate a ciascun marcatore. Questo sistema ha reso semplice la comprensione del D.N.A. anche per chi non se ne intende, perché con questo sistema risulta facile vedere le differenze genetiche o se si parla della stessa persona. Vengono ricavati su una serie di tredici marcatori. Si tratta di loci STR variabili. Le sigle che si usano indicano la localizzazione dei marcatori nei diversi cromosomi o regioni non codificanti dei geni. Per esempio, D3S1358: D indica DNA; 3 indica il cromosoma numero 3; i numeri successivi indicano l'ordine di scoperta del marcatore.

Il CODIS comprende i profili di tutti gli individui arrestati, al di là della loro accusa e dell'esito degli arresti. Una legge del 2005 consente la rimozione del profilo dalla banca dati, nel caso in cui l'individuo sia stato prosciolto⁴⁷. Oggi il CODIS contiene oltre sette milioni di profili ed è composto da tre archivi che contengono: D.N.A. delle persone condannate; profili ignoti trovati sulla scena del crimine, profili di persone scomparse o dei familiari. Il successo del CODIS viene misurato in base ai successi che riesce ad ottenere risolvendo i casi. Il rischio di abusi è scongiurato dalla pubblicazione del GINA (Genetic Information Nondiscrimination Act) una legge del 2008 a garanzia delle discriminazioni genetiche.⁴⁸

CONCLUSIONI

Il D.N.A. non fornisce tutte le risposte giuste. Sembra essere un test infallibile ed è comune pensare che la molecola del D.N.A. sia sempre stabile. Purtroppo, la molecola di D.N.A. si degrada nel tempo. Oggi grazie al test si è riusciti a risolvere un sacco di casi legati al passato e si è riusciti a “ricreare pezzi di storia”.

Per provare ad evitare errori e dimostrare l'innocenza di individui condannati ingiustamente attraverso l'uso della prova del DNA negli anni Novanta del secolo scorso è stata creata un'organizzazione non profit: l'Innocence Project. L'organizzazione è stata fondata da Barry Scheck e Peter Neufeld presso la Benjamin N. Cardozo School of Law della Yeshiva University a New York. Lo scopo, molto ambizioso, è quello di riformare il sistema giudiziario penale per

⁴⁷ DNA Fingerprinting Act of 2005, *Expungement of DNA Records*, 42 USC 14132 (d)(1)(A).

⁴⁸ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 173-174.

prevenire future ingiustizie. L'Innocence Project ha svolto, e continua a svolgere, un ruolo importante nel sensibilizzare l'opinione pubblica sulle problematiche legate alle condanne errate e nell'adottare misure concrete per correggerle. Il concetto chiave è il ripristino della libertà e ciò accade quando una persona condannata per un crimine viene ufficialmente scagionata in base a nuove prove di innocenza. L'Innocence Project utilizza il test del D.N.A. e altre tecnologie per dimostrare che una persona è stata condannata ingiustamente.

Il NRE (National Registry of Exonerations)⁴⁹ è un database pubblico che registra tutti i casi di questo tipo negli Stati Uniti a partire dal 1989. Il sito propone rapporti sui crimini e sulle condanne e su richiesta fornisce i fogli di calcolo con i dati. Con le ricerche attuali si può notare che, ad oggi, il tasso di casi di pena capitale ingiusti si aggira circa sul 4%. L'Innocence Project cerca di affrontare i difetti del sistema giudiziario penale eliminando discriminazioni sociali e razziali. Collaborando con legislatori e organizzazioni partner, il progetto cerca di ottenere dei cambiamenti legislativi e mira al miglioramento della polizia statale per prevenire condanne ingiuste, oltre che ai risarcimenti causati da condanne ingiuste. Si tratta di un lavoro fondamentale per il rafforzamento e la regolamentazione dell'uso della scienza nei sistemi giudiziari penali.⁵⁰

Non sempre però l'analisi del D.N.A. è conclusiva e definitiva: soprattutto se si tratta di tracce miste, i risultati possono essere spesso inconcludenti. Il test del D.N.A. a volte esprime un alto grado di certezza e a volte invece no. Quando una cellula di D.N.A. muore, comincia la fase di degradazione che comporta la crescita di funghi e batteri che possono contaminare il campione. Lo stesso padre del D.N.A. fingerprinting, dopo qualche mese della scoperta, si mise a discutere pubblicamente dei limiti che la sua scoperta poteva avere.

Se il D.N.A. è poco, risulta difficile applicare la tecnica della PCR, se poi se abbiamo una mutazione o degradazione di un allele che quindi non permette al *primer* di riconoscere il suo sito di attacco, si rischia di non riuscirne nemmeno ad attribuirne il sesso perché il campione maschile potrebbe risultare femminile o viceversa. Uno dei rischi più sottovalutati in materia forense sui limiti del test del D.N.A. è quando qualcuno tocca un oggetto. Generalmente c'è chi riesce a trasferire sull'oggetto toccato più cellule e chi meno. Questo comporta il caso di un'analisi di un oggetto, proprio perché la tecnica è così sensibile, può comportare che il

⁴⁹ *THE NATIONAL REGISTRY OF EXONERATIONS*, sito consultabile al seguente indirizzo:

<https://www.law.umich.edu/special/exoneration/Pages/about.aspx> (accesso effettuato il 02 luglio 2024).

⁵⁰ A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 193-194. *Innocence Project, Our Work*, sito consultabile al seguente indirizzo: <https://innocenceproject.org/our-work/> (accesso effettuato il 02 luglio 2024).

contatto analizzato non sia dell'assassino ma magari di qualcuno che non ha nulla a che fare con il crimine. Come farebbe poi questa persona a dimostrare la sua innocenza davanti a una prova scientifica se la si considerasse indiscutibile e infallibile?

Un caso importante è quello avvenuto in Germania a fine marzo 2009. La polizia ha cercato per sedici anni un serial killer donna. Il D.N.A. si trovava sempre in diverse scene del crimine. Questa donna era chiamata "Fantasma di Heilbronn" e aveva causato sei omicidi e un caso di morte sospetta. Era considerata la donna più pericolosa di tutta la Germania. Si scoprì che era un tecnico di laboratorio che preparava i kit del D.N.A. per la polizia. Una contaminazione in fase di fabbricazione.⁵¹ Questo fatto serve a ricordare che il test ha dei limiti intrinseci e questi limiti sono gli esseri umani, in buona e in cattiva fede. Gli uomini non sono infallibili ma la scienza esiste solo grazie agli uomini. Per questo il test del D.N.A. è da considerarsi uno strumento rivoluzionario ma non è mai da considerarsi uno strumento infallibile. Il test del D.N.A. non è la verità ma è una risposta giusta a una giusta domanda.⁵²

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON A., *Judge back technique*, in *Nature*, 340, 1989.

ANDKRONOS, *Germania: non esiste killer donna che la polizia cerca da 16 anni. Errore provocato da materiale per raccolta DNA contaminato*, 26 marzo 2009.

ANDREOLI A., *Identità alla prova. La controversa storia del test del DNA tra crimini, misteri e battaglie legali*, Milano, 2009.

ARONSON J. D., *DNA fingerprinting on trial: the dramatic early history of a new forensic technique*, *Endeavour*, 29, 3, 2005.

ARONSON J.D., *Genetic Witness: Science, Law, and Controversy in the Making of DNA Profiling*, Rutgers University Press, 2007.

⁵¹ ANDKRONOS, *Germania: non esiste killer donna che la polizia cerca da 16 anni. Errore provocato da materiale per raccolta DNA contaminato*, 26 marzo 2009.

⁵² A. ANDREOLI, *Identità alla prova*, pp. 223-227.

BLANCHETOT A., V. WILSON, D. WOOD, A. J. JEFFREYS, *The seal myoglobin gene: an unusually long globin gene*, *Nature*, 301, 1983.

Crimewatch, il 5 settembre 1991 su BBC1.

DNA Fingerprinting Act of 2005, Expungement of DNA Records, 42 USC 14132 (d)(1)(A).

GARLAND A.E., *The Introduction of Drosophila into the Study of Heredity and Evolution: 1900-1910*, in *Isis*, Vol. 66, No. 3, 1975.

JEFFREYS A. J., R.A. FLAVELL, *The rabbit beta-globin gene contains a large insert in the coding sequence*, *Cell*, 12, 4, 1977.

JEFFREYS A. J., V. WILSON, S. THEIN, *Hypervariable "minisatellite" regions in human DNA*, in *Nature*, 314, 1985.

MCFADDEN R., *Reliability of DNA testing challenged by judges's ruling*, *The New York Times*, 1989.

MCKIE R., *Meet the DNA genius who fears the dark side of his discovery*, *The Observer*, 2004.

MULLIS K., *Ballando nudi nel campo della mente. Le idee (e le avventure) del più eccentrico degli scienziati moderni*, Baldini e Castoldi, Milano, 2000.

NASH J. M., A. CONSTABLE, A. PURVIS, *Ultimate Gene Machine*, *Time*, 1991.

NORMAN C., *Caution urged on DNA Fingerprinting*, *Science*, 245, 4919, 1989.

Panorama, *The World's Longest Running Investigative TV Show*, BBC1, puntata del 24 settembre 2007.

SETON C., *Life for sex killer who sent decoy to take genetic test*, *The Times*, 1988.

SILCOCK B., *Genes tell tales*, *The Sunday Times*, 1985.

THE JOURNAL OF THE AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, *The Work of Dr. Landsteiner*, in *Science AAAS*, 1930, Vol. 72, No. 1876.

WATSON J., C. FRANCIS, *Molecular Structure of Nucleic Acids, a Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*, in *Nature*, 171, 1953.

WHITEHEAD T., C. HOPE, *DNA database innocents win landmark European court ruling*, *The Daily Telegraph*, 2008.

ZAGORSKI N., *Profile of Alec. J. Jeffreys*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 103, No. 24.

SITOGRAFIA

BOSCOLO M., *I pionieri delle biotech, il surf e tutto il resto: Kary Mullis e la PCR*, Zanichelli, sito consultabile al seguente indirizzo: <https://aulascienze.scuola.zanichelli.it/blog-scienze/ieri-oggi-scienza/i-pionieri-delle-biotech-il-surf-e-tutto-il-resto-kary-mullis-e-la-pcr>

Innocence Project, Our Work, sito consultabile al seguente indirizzo: <https://innocenceproject.org/our-work/>

Leggi di Mendel, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2008 consultabile online al seguente indirizzo [leggi di Mendel in "Enciclopedia della Scienza e della Tecnica" - Treccani - Treccani](#)

MONTALENTI G., *Johannsen Wilhelm Ludvig*, in *Enciclopedia Italiana*, Treccani, 1933 consultabile al seguente indirizzo: [https://www.treccani.it/enciclopedia/wilhelm-ludvig-johannsen_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/wilhelm-ludvig-johannsen_(Enciclopedia-Italiana)/)

NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE, *1944: DNA is Transforming Principle*, consultabile al seguente indirizzo: <https://www.genome.gov/25520250/online-education-kit-1944-dna-is-transforming-principle>

PAOLI G., *Il caso O.J. Simpson: l'omicidio, l'inseguimento e quel guanto che non calzava. Il processo del secolo spaccò l'America*, *Quotidiano Nazionale Esteri*, 2024, consultabile al seguente indirizzo: <https://www.quotidiano.net/esteri/il-caso-oj-simpson-lomicidio-linseguimento-e-quel-guanto-che-non-calzava-il-processo-che-spacco-lamerica-ye63ekzr>

Quando O.J. Simpson fu inseguito dalla polizia in diretta TV, consultabile online al seguente indirizzo: <https://www.ilpost.it/2024/04/11/oj-simpson-inseguimento-ford-bronco/>

THE NATIONAL REGISTRY OF EXONERATIONS, sito consultabile al seguente indirizzo:
<https://www.law.umich.edu/special/exoneration/Pages/about.aspx>

WALLACE H., *The UK National DNA Database: Balancing crime detection, human rights and privacy*, *National Library of Medicine*, sito consultabile al seguente indirizzo:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1490298/>