

## DIAGNOSI DI IDENTITÀ PERSONALE : IL PASSAGGIO DALLE IMPRONTE DIGITALI A QUELLE GENETICHE

Birkhoff Jutta Maria, Ferioli Elena

Parole chiave: identificazione personale, impronte digitali, impronte genetiche

Keywords: personal identification, fingerprints, genetic fingerprinting

Riassunto: L'identificazione personale ha rappresentato, fin dalle origini, un'esigenza della società come dimostrato dall'uso delle impronte digitali fino alle più moderne analisi di genotipizzazione.

jutta.birkhoff@uninsubria.it, elena.ferioli@uninsubria.it

Lasciare l'impronta della propria mano e delle dita è un gesto antichissimo ripetutosi in ogni epoca e in ogni continente, sulle rocce alla luce del sole, come nell'oscurità delle grotte; attraverso il colore o per mezzo dell'incisione, con la mano aperta o semichiusa, dagli adulti e dai bambini, dalle donne e dagli uomini. Alcuni studiosi oggi ritengono che le impronte rappresentassero un segno di potere o propiziazione di forze superiori, altri che gli ambienti e le superfici su cui sono state ritrovate fossero una sorta di luogo terapeutico. Numerose tracce lasciate su manufatti e oggetti storici mostrano soprattutto che molte antiche civiltà iniziarono ad essere consapevoli dell'individualità delle impronte, pur senza avere alcuna argomentazione scientifica a sostegno. Impronte digitali furono notate su disegni rupestri di epoca preistorica da esperti di arte paleolitica, ma il loro interesse era stato tralasciato. La potenzialità dell'identificazione tramite i solchi digitali era stata soltanto intuita, anche se era praticata presso i Babilonesi<sup>6</sup>. Quintiliano, avvocato nel 94 d.C. a Roma dimostrò la colpevolezza di un uomo cieco per l'omicidio della madre<sup>7</sup>: è il primo caso noto di utilizzo della dattiloscopia in campo penale che rimane però isolato fino all'Ottocento. In Cina, già nel II secolo veniva utilizzata l'impronta digitale impressa su sigilli di cera per i documenti importanti. La tecnica viene ripresa per scopi simbolici, rituali o certificativi nel Medioevo.

Lo studio vero e proprio delle impronte digitali (dattiloscopia) affonda le sue radici in un passato molto più recente, ma comunque sempre abbastanza lontano dai nostri giorni. Nel 1684 le impronte avevano suscitato un certo interesse venendo studiate da Nehemiah Grew (1641-1712), botanico e fisico inglese, che si soffermò in modo particolare sulla descrizione della struttura di creste e pori<sup>8</sup> e nel 1688 l'anatomista italiano Marcello Malpighi (1628-1694) mediante la microscopia effettuò la descrizione dell'apparato tegumentario<sup>9</sup>, senza però individuarne la potenzialità ai fini dell'identificazione. Nel 1788 l'anatomista tedesco Johann Christoph Andreas Mayer (1747-1801) individuò e descrisse alcune caratteristiche ricorrenti delle impronte papillari, affermando la loro unicità da individuo a individuo<sup>10</sup>. Nel 1823 Jan Evangelista Purkinje (1787-1869), professore di anatomia, pubblicò "*Commentatio de examen Physiologie organi visus et systematis cutanei*" in cui affermava come le impronte papillari fossero riconducibili a nove figure fondamentali basate sulla struttura generale delle creste<sup>11</sup>.

---

<sup>6</sup> In Nuova Scozia sono state ritrovate impronte digitali impresse su tavolette di argilla risalenti al 550 a.C., riguardanti transizioni commerciali firmate in questo modo.

<sup>7</sup> Andreoli A., *Identità alla prova – la controversa storia del DNA tra crimini, misteri e battaglie legali*, Sironi editore, 2009.

<sup>8</sup> Grew N., "The description and use of the pores in the skin of the hands and feet," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 14, pp. 566-567, 1684.

<sup>9</sup> Malpighi M., *Opera omnia, seu Thesaurus locupletissimus botanico-medico-anatomicus, viginti quatuor tractatus complectens et in duos tomos distributus. Editio novissima, cum omnibus codicibus publici juris factis collata, nunc primum elegantissima methodo disposita, variis iconibus, ut & authorum diversorum opusculis illustrate*. Lugduni Batavorum, apud Petrum Vander Aa, bibliopolam, 1687.

<sup>10</sup> Mayer J.C.A., *Anatomische Kupfertafeln nebst dazu gehörigen Erklärungen*, Georg Jacob Decker, Berlin, Prussia, 1783-1788.

<sup>11</sup> Purkinje J. E., *Commentatio de examine physiologico organi visus et systematis cutanei*, Breslau, Prussia: University of Breslau Press, 1823. - Cummins H., Wright Kennedy R., "Purkinje's observations (1823) on finger prints and other skin features", *The Journal of Criminal Law and Criminology*, vol. 31, no. 3 pages 343-356, September/October 1940.

La storia dell'impronta digitale per fini criminalistici prese avvio a metà Ottocento evolvendosi grazie al forte spirito di osservazione di vari pionieri dell'indagine penale. William James Herschel, magistrato britannico (1833-1917) iniziò per caso una sua raccolta di impronte<sup>12</sup> e nel 1872 propose alla Direzione delle carceri indiane il loro utilizzo come modalità per identificare i recidivi. Nel 1880 rispose ad un articolo pubblicato sulla rivista *Nature* in cui il dottor Henry Faulds affermava di aver riconosciuto un ruolo fondamentale delle impronte digitali nella individuazione del delinquente<sup>13</sup>, rivendicando la propria primogenitura in questo ambito, pur ammettendo di non aver mai pensato che le impronte potessero essere utilizzate nella ricerca dell'autore di un crimine. Inizia da questo momento una disputa tra i due proclamandosi entrambi essere i pionieri della scoperta<sup>14</sup>. Il medico scozzese Henry Faulds (1843-1930), visitando scavi archeologici, notò che alcuni frammenti di creta conservavano deboli tracce impresse dalle dita degli antichi artigiani. Iniziò così ad esaminare le proprie impronte digitali, quelle degli amici e dei conoscenti, fino a quelle di alcune scimmie arrivando a convincersi che lo schema delle "creste" fosse unico per ciascun individuo<sup>15</sup>, come peraltro già notato da Mayer circa 100 anni prima. Nel tentativo di promuovere l'uso delle impronte digitali per l'identificazione dei criminali<sup>16</sup>, Faulds cercò invano di ottenere la collaborazione di Charles Darwin, che invece inoltrò la richiesta a suo cugino Sir Francis Galton (1822-1911) il quale si interessò al lavoro di Alphonse Bertillon<sup>17</sup> approfondendo le sue conoscenze sull'antropometria e si ricordò degli articoli sia di Henry Faulds che di William Herschel rendendosi immediatamente conto dell'enorme progresso di questo metodo rispetto a quello di Bertillon. Lo dichiarò apertamente nel 1888<sup>18</sup> e si mise subito al lavoro collezionando in tre anni un numero maggiore di impronte rispetto ai suoi predecessori. Questo vastissimo studio lo portò a concludere che tutte le impronte erano riconducibili alle quattro figure fondamentali chiamate a delta, monodelta, bidelta e composta, ancor oggi ritenute tali. In seguito Faulds non venne citato nelle ricerche intraprese sull'argomento da Galton e, a causa di questo equivoco, nacque una nuova controversia su chi fosse stato propriamente l'inventore della moderna tecnica giudiziaria basata sulla rilevazione delle impronte digitali. Galton iniziò a scrivere molto sull'argomento dal 1891 al 1895<sup>19</sup>, anno questo in cui comparve "*Finger Prints*" in cui enunciò i principi fondamentali della dattiloscopia basati sulla immutabilità e sulla variabilità interindividuale.

<sup>12</sup> Nel 1858 prende spunto dalla controversia personale con un costruttore stradale che rifiutava di firmare un contratto governativo. Herschel adirato gli afferra la mano, la sbatte su un tampone di inchiostro e quindi sul contratto; una volta calmatosi si rende conto che la mano aveva lasciato una particolare impronta e decide di confrontarla con altre.

<sup>13</sup> Faulds H., "On the Skin-furrows of the Hand", *Nature* 22 (October 28): 605, 1880.

<sup>14</sup> Herschel W. J., "Skin Furrows of the Hand", *Nature* (November 25): 76, 1880. - Herschel W. J., "Finger-Prints", *Nature* (November 22): 77-8, 1894. - Herschel W. J., "The Discovery of Fingerprints", *The Times* (January 26), 1909. - Herschel W. J., *The Origins of Finger-Printing*, Oxford University Press, London, 1916. - Herschel W. J., "The Permanence of Finger-Print Patterns [Reply to Faulds]", *Nature* (January 18): 389, 1917.

<sup>15</sup> Faulds raccoglieva e studiava le impronte digitali dei domestici e degli avventori dei bar, nei salotti eseguiva un gioco di società che consisteva nell'identificare la persona che aveva bevuto da un dato bicchiere e veniva utilizzato dalla Polizia locale per risolvere eventi delittuosi.

<sup>16</sup> Faulds H., "On the Identification of Habitual Criminals by Finger-Prints", *Nature* (October 4): 548, 1894.

<sup>17</sup> Il primo metodo scientifico d'identificazione biometrico fu sviluppato nei laboratori del carcere di Parigi da Alphonse Bertillon nel diciannovesimo secolo. Bertillon (1853-1914) era figlio del vice presidente della società d'antropologia e trascorse la sua infanzia a manipolare e studiare crani. A 26 anni diventa impiegato della prefettura di Parigi e incomincia ad annotare su fogli tutte le caratteristiche fisiche dei detenuti, finché non crea un sistema per identificare i criminali detto Bertillonage, il quale era fondato su una combinazione di misure fisiche che erano prese da procedure attentamente prescritte.

<sup>18</sup> Galton F., "Personal Identification and description", *Nature*, 38: 173-7, 201-2, 1888. - Galton F., "Personal identification and description" (revised version), *Proceedings of the Royal Institution* 12: 346-60, 1888. - Galton F., "Personal Identification", *The Times* May 26: 13c, 1888. - Galton F., "Personal identification", *Scientific American Supplement*, 26 (659, August 18): 173-7, 201-2, 1888.

<sup>19</sup> Galton F., "The patterns in thumb and finger marks", *Journal of the Anthropological Institute*, 20: 360-1, 1891. - Galton F., "Methods of indexing finger-marks", *Nature* 44: 141, 1891. - Galton F., "Identification by finger tips", *Nineteenth Century* 30: 303-11, 1891. - Galton F., *Finger Prints*, Macmillan, London, 1892. - Galton F., "Finger prints and their registration as a means of personal identification", *Transactions of the Seventh International Congress of Hygiene and Demography* 10: 301-3, 1892. - Galton F., *Decipherment of Blurred Finger Prints*. Macmillan, London, 1893. - Galton F., "Identification" [Letter], *Nature* 48: 222, 1893. - Galton F.,

Edward Richard Henry (1860-1931), ispettore generale della polizia del Bengala, si incuriosì ben presto del sistema delle impronte digitali, iniziando un fitto carteggio con Galton. A partire dal 1894 integrò l'antropometria di Bertillon con la dattiloscopia, soppiantando poco a poco la prima. Nel 1897 pubblicò "*Classificazione ed uso delle impronte digitali*" in cui compare il metodo Galton-Henry, che venne subito decretato metodo principale di identificazione della colonia britannica. L'antropologo croato Ivan-Juan Vucetich (1858-1925), trasferitosi in Argentina dove divenne ufficiale di polizia, incuriosito dalle teorie di Sir Francis Galton, iniziò a collezionarle fino a creare il Centro di dattiloscopia di Buenos Aires. Scrisse "*Introduzione generale al procedimento antropometrico e dattiloscopico*" con l'intento di persuadere i suoi colleghi della superiorità della dattiloscopia rispetto alla antropometria. Nel 1893 scrisse un secondo libro "*Sistema de filiación – Sistema identificación*" e nel 1904 pubblicò il primo testo di *Dattiloscopia Comparata* che presto divenne il manuale di formazione per le polizie investigative internazionali. Il metodo impiegato in Italia per la classificazione delle impronte digitali fu elaborato nel 1907 dal criminologo e funzionario di polizia Giovanni Giuseppe Aurelio Gasti (1869-1939) e fu denominato la *classificazione decadattilare*<sup>20</sup>, la quale consentì di archiviare, su scala dattiloscopica, le diverse foto segnalazioni effettuate nel corso degli anni<sup>21</sup>. Si inizia però a parlare di un archivio di impronte digitali solo intorno alla metà del XX secolo quando a partire dagli anni '60 alcune delle più importanti polizie mondiali cominciarono ad investire risorse economiche ed umane nello sviluppo di sistemi automatici per il riconoscimento delle impronte digitali (AFIS)<sup>22</sup>.

Se le impronte digitali restano ancora oggi un efficace metodo di indagine quelle genetiche rappresentano qualcosa di ben più interessante poiché si trasmettono da una generazione all'altra secondo le leggi mendeliane. Di Genetica Forense si iniziò a parlare agli inizi del '900 con la scoperta dei polimorfismi dei gruppi sanguigni ABO studiati dal biologo austriaco Karl Landsteiner (1868-1943) e fino agli anni '80 i metodi di emogenetica più utilizzati si basavano sulla ricerca di polimorfismi immunologici ed elettroforetici delle proteine del siero, degli enzimi eritrocitari e degli antigeni leucocitari<sup>23</sup>. Grazie alle deduzioni sulla struttura a doppia elica del DNA, elaborate da James Watson (Chicago, 1928) e Francis Crick (1916-2004)<sup>24</sup> nel 1953, venne universalmente accettato il ruolo del DNA come la molecola che porta a trasmettere le informazioni genetiche e a partire dalla metà degli anni Settanta le nuove acquisizioni in campo genetico si rivelano ben presto di notevole importanza, tanto da aprire prospettive di applicazioni concrete fino a qualche decennio prima inimmaginabili. In particolare, un genetista inglese, Alec Jeffreys<sup>25</sup>, il 10 settembre 1984 si rende conto che certi settori del DNA, che differiscono da individuo a individuo, possono essere utilizzati come "impronta digitale genetica" per identificare il colpevole di un'azione criminosa.

---

"Finger prints in the Indian Army", *Nature* 48: 595, 1893. - Galton F., "Enlarged finger prints", *Photographic Work* (10 February), 1893. - Galton F., *Finger Print Directories*. Macmillan, London, 1895.

<sup>20</sup> Gasti, che dal 1906 dirige il Servizio di Segnalamento e Identificazione della Scuola, elabora una classificazione dattiloscopica, che prende il nome di *Sistema Gasti*. Presentato al 6° Congresso internazionale di Antropologia criminale di Torino nel 1906, il Sistema Gasti è adottato anche da polizie di altre nazioni e resta in vigore in Italia fino all'avvento del Sistema AFIS (2000).

<sup>21</sup> Giovanni Gasti, *Sui disegni papillari in normali e delinquenti*, Harvard University, 1907. Andrea Giuliano, *Le impronte digitali. La Classificazione Gasti*, Tirrenia Stampatori, 2007.

<sup>22</sup> AFIS è l'acronimo di Automated Fingerprint Identification System ovvero *Sistema Automatizzato di Identificazione delle Impronte*. L'AFIS è un sistema hardware e software, che nasce dalla necessità di ridurre i normali tempi di acquisizione e catalogazione dei cartellini decadattilari e dalla necessità di effettuare una ricerca rapida ed efficace delle impronte sconosciute in una banca dati unica, informatizzata e consultabile dal centro e dalla periferia.

<sup>23</sup> I sistemi più utilizzati in ambito forense sono stati: i) polimorfismi degli antigeni eritrocitari dei sistemi ABO, Rh, Kell, Duffy, Lutheran, P; ii) polimorfismi degli antigeni leucocitari del sistema HLA; iii) polimorfismi degli antigeni delle proteine sieriche; iv) polimorfismi delle proteine sieriche; v) polimorfismi degli enzimi eritrocitari dei sistemi AcP1, PGM1, AK, ADA, 6-PGD, GPT, EsD, GLO I.

<sup>24</sup> Watson JD, Crick FHC., "Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid", *Nature*; 171:737-738, 1953.

<sup>25</sup> Alec Jeffreys, specialista di genetica del Radcliffe Hospital di Oxford, Università di Leicester.

In biologia molecolare, si definisce impronta genetica (o fingerprint, o fingerprinting genetico)<sup>26</sup> il profilo derivato dalla applicazione di determinati marcatori molecolari ad un genoma, al fine di renderlo riconoscibile e rintracciabile.

Fino agli anni '80 il fingerprinting utilizzava i *RFLP* (*Restriction Fragment Length Polymorphism*)<sup>27</sup>, i quali richiedevano però quantitativi di DNA relativamente grandi e inoltre i campioni degradati non davano risultati molto attendibili. Per questo motivo sono stati successivamente utilizzati i polimorfismi di ripetizione *VNTR* (*Variable Number Tandem Repeats*), ossia polimorfismi dovuti alla presenza di un numero variabile di sequenze nucleotidiche ripetute in tandem. L'ideazione nel 1986 della tecnica di *PCR* (*Polymerase Chain Reaction*)<sup>28</sup> ad opera del biochimico statunitense Kary Mullis e la sua successiva applicazione all'identificazione personale semplificò notevolmente le precedenti tecnologie. I primi studi vennero effettuati su regioni dette "satellite" costituite però da sequenze di DNA troppo estese e suscettibili a degradazione. Successivamente furono scoperte regioni ripetitive più corte, chiamate "minisatellite", ma il perfezionamento delle tecniche di analisi del DNA si ebbe agli inizi degli anni novanta con la scoperta del DNA "microsatellite" o *STR* (*Short Tandem Repeats*), ovvero regioni ipervariabili del DNA costituite da sequenze di 2-6 nucleotidi ripetute in tandem<sup>29</sup>. Non più tardi del 1990-1993, inoltre, gli studi di biologia molecolare hanno evidenziato, l'utilità degli *SNP* (*Single Nucleotide Polymorphism*), la cui variabilità è determinata dalla diversa sequenza presente in un dato locus e per tale motivo chiamati polimorfismi di sequenza<sup>30</sup>. Con la commercializzazione di kit di multiplex PCR è stato ampliato il campo di ricerca della variabilità mediante l'analisi simultanea di più loci genetici<sup>31</sup>. L'impronta genetica è stata man mano utilizzata in medicina legale per provare la corrispondenza tra persone sospette e DNA proveniente da campioni biologici, per l'identificazione di resti umani, nei test di paternità e nella determinazione della compatibilità per il trapianto di organi. Fino ad ora questi dati rappresentano esclusivamente l'evoluzione tecnologica delle impronte digitali e non contengono, rispetto ad esse, maggiori informazioni dal punto di vista biologico<sup>32</sup>.

---

<sup>26</sup> Il termine fu usato per la prima volta nel 1984 da Alec Jeffreys, in analogia con le classiche impronte digitali. Originariamente utilizzato per rilevare la presenza di malattie genetiche, è in seguito risultato utile per le indagini criminali e nella medicina legale.

<sup>27</sup> Polimorfismi di lunghezza dei frammenti di restrizione (*RFLP*): il DNA del campione veniva frammentato con enzimi di restrizione, che tagliano la molecola in corrispondenza di sequenze specifiche distribuite in maniera diversa nei vari individui, e i frammenti ottenuti, separati per elettroforesi ed individuati con un'apposita sonda, venivano identificati in base alla loro lunghezza, variabile da individuo ad individuo.

<sup>28</sup> La reazione a catena della polimerasi (in inglese: *Polymerase Chain Reaction*), è una tecnica di biologia molecolare che consente la moltiplicazione (amplificazione) di frammenti di acidi nucleici dei quali si conoscano le sequenze nucleotidiche iniziali e terminali. L'amplificazione mediante *PCR* consente di ottenere in vitro molto rapidamente la quantità di materiale genetico necessaria per le successive applicazioni. Mullis KB., "La scoperta della reazione a catena della polimerasi", *Le Scienze* n.262, giugno 1990.

<sup>29</sup> Chakraborty R, Kidd KK., "The utility of DNA typing in forensic work", *Science*, Dec 20;254(5039):1735-1739, 1991. Edwards A, Civitello A, Hammond HA, Caskey CT., "DNA typing and genetic mapping with trimeric and tetrameric tandem repeats", *Am J Hum Genet.*, Oct;49(4):746-756, 1991.

<sup>30</sup> Un polimorfismo a singolo nucleotide (*Single Nucleotide Polymorphism* o *SNP*) è un polimorfismo caratterizzato da una differenza a carico di un unico nucleotide. Attualmente la Polizia Scientifica studia i polimorfismi degli *SNP* mediante la *Real Time PCR*, lo *SNaPshot*, il *MALDI-TOF*, il *Pyrosequencing* e i *Microarray*.

<sup>31</sup> Per analizzare simultaneamente, in ogni individuo, più loci sono stati da tempo realizzati kit per *PCR* di tipo multiplex, ovvero che consentono di amplificare in una sola reazione di *PCR* numerosi loci. I primi kits multiplex potevano amplificare contemporaneamente tre o quattro loci *STRs*. Il kit di identificazione personale, oggi in uso, consente di analizzare 15 loci autosomici in aggiunta all'amelogenina (cromosomi sessuali). Tuttavia già l'analisi dei 13 loci utilizzati per il sistema informatico Co.D.I.S. (*Combined DNA Index System*, una sorta di schedario di DNA dell'FBI) consente di identificare una persona su tutta la popolazione mondiale.

<sup>32</sup> William L., "Will DNA Replace Fingerprints in the 21st Century?", *The print*, Volume 21 Issue 5, September-October, 2005.