

## CONTAMINAZIONI DI UN REPERTO CON IL DNA. QUANDO LA PROVA GENETICA PORTA DIRETTAMENTE ALLA CONDANNA<sup>(\*)</sup>

di Franco Taroni, Silvia Bozza e Paolo Garbolino

SOMMARIO: 1. Introduzione. – 2. I risultati preliminari sull'eventuale presenza di DNA sui reperti analizzati (primo rapporto peritale). – 3. I risultati delle analisi genetiche sui reperti raccolti nell'abitazione della persona sospettata (primo rapporto peritale). – 4. La cronologia delle attività svolte presso il laboratorio del secondo perito. – 5. La certificazione della qualità del lavoro del secondo laboratorio. – 6. Gli elementi di riflessione presenti nell'Ordinanza relativa all'utilizzo dei profili genetici nelle procedure penali. – 7. La quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana e l'interpretazione statistica dei risultati ottenuti secondo le ipotesi d'interesse. – 8. La quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana, la contaminazione e l'interpretazione statistica: il valore del rapporto di verosimiglianza. – 9. Conclusione.

### 1. Introduzione.

Da un punto di vista prettamente scientifico, nel procedimento penale che vorremmo commentare in questo articolo, ci si interroga in merito al valore da attribuire a due risultati contraddittori risultanti da due analisi del DNA e specificatamente sulla discordanza tra il risultato genetico negativo ottenuto a partire dal campionamento effettuato sul reperto principale in questo procedimento – una collana in metallo – dal primo perito di un laboratorio di Genetica Forense e il risultato positivo sullo stesso reperto ottenuto successivamente da un secondo perito di un altro laboratorio di Genetica Forense, che ha messo in evidenza la presenza di un profilo genetico corrispondente a quello della vittima.

Un breve riepilogo dei principali fatti accertati è necessario per poter inquadrare la discussione presentata in questo articolo.

Una signora anziana (qui sotto nominata la vittima) è stata selvaggiamente aggredita nel suo appartamento e uccisa con una serie di pugnalate. Nessuna traccia di effrazione è stata rilevata sulla porta d'entrata. Si presume dunque che la vittima abbia fatto entrare nel suo appartamento la persona che in seguito l'ha aggredita. L'appartamento è stato messo a soqquadro. La quantità di sangue persa dalla vittima è importante e lascia presumere che l'assassino abbia su di sé delle evidenti tracce di sangue proveniente dalla vittima. Sul luogo del fatto è stato osservato come mancasse la collana che la vittima portava attorno al collo mentre, invece, la medaglietta appesa alla

---

\* Il presente contributo costituisce il testo della relazione che sarà svolta dagli Autori al [3<sup>rd</sup> International Symposium on Sino Swiss Evidence Science](#), Hangzhou City, China, 25-27 giugno 2018.

collana fosse stata trovata sul luogo, precisamente sotto il corpo della vittima stesa a terra. Gli investigatori, durante un sopralluogo nell'abitazione della sospettata (che abita nello stesso condominio della vittima), trovano, in un portagioie, una collana in metallo (probabilmente in oro) spezzata. Questo fatto incuriosisce gli investigatori che immediatamente stabiliscono un legame con la potenziale collana spezzata alla vittima. Il gioiello, dichiarato dalla sospettata di sua proprietà, è sequestrato per analisi ulteriori.

Delle tracce di suole di scarpe sono chiaramente osservate sul suolo all'entrata dell'appartamento e delle tracce di misture di DNA sono anch'esse state messe in evidenza sui prelievi fatti dagli inquirenti all'interno dell'appartamento. Su questi aspetti, tutti negativi per quanto concerne un possibile legame con la persona sospettata, non entreremo in materia, così come su altre informazioni investigative raccolte dagli inquirenti che potrebbero scagionare questa persona. L'interesse di questo testo si focalizza unicamente sulla problematica della doppia analisi del DNA e dei due risultati contraddittori. Quello che si vorrebbe mettere in evidenza è una serie di riflessioni che, anche se non permettono di affermare che vi sia stata una contaminazione del reperto principale precedentemente alla seconda analisi, permettono però di approfondire questa delicata tematica e sostenere come non si abbiano sufficienti elementi per escludere una contaminazione del reperto.

L'analisi qui riportata è il risultato della lettura dei documenti relativi al fascicolo, specificatamente i rilievi tecnici effettuati nell'appartamento della vittima e nell'abitazione della persona sospettata, le relazioni tecniche di genetica forense redatte dai periti, le annotazioni inerenti alle attività compiute sui reperti analizzati, e una valutazione in merito alle due relazioni tecniche di genetica forense.

Sulla base di queste letture non si può affatto escludere che il profilo genetico dichiarato corrispondente al profilo della vittima e messo in evidenza nella relazione tecnica del secondo perito, trovato sulla collana in metallo ritrovata nell'abitazione della persona sospettata, sia stato ottenuto dopo una contaminazione del reperto. Se si dovesse tenere conto di questa possibilità, il valore probatorio del profilo genetico riportato dal secondo perito è da considerare nullo e non permetterebbe di giustificare una condanna.

Questa conclusione si basa sull'analisi dei seguenti aspetti che compongono le diverse sezioni di questo articolo : (a) i risultati preliminari sull'eventuale presenza di DNA sui reperti analizzati dal primo perito; (b) i risultati delle analisi genetiche sui reperti raccolti nell'abitazione della persona sospettata e analizzati dal primo perito; (c) la cronologia delle attività svolte presso il laboratorio del secondo perito; (d) la certificazione della qualità del lavoro del laboratorio del secondo perito; (e) gli elementi di riflessione presenti nell'Ordinanza relativa all'utilizzo dei profili genetici nelle procedure penali; (f) la quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana e l'interpretazione statistica dei risultati ottenuti secondo le ipotesi d'interesse e, infine, (g) la quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana, la contaminazione e l'interpretazione statistica.

Il nostro articolo è dunque strutturato in 7 sezioni, ognuna illustrerà i punti da (a) a (g) sopramenzionati. Una conclusione terminerà la nostra analisi.

## **2. I risultati preliminari sull'eventuale presenza di DNA sui reperti analizzati (primo rapporto peritale).**

Un primo aspetto di riflessione è rappresentato dall'affermazione letta nel primo rapporto peritale dove si presenta la metodica seguita per i test preliminari (ricerca dell'eventuale presenza di tracce di materiale genetico) sui reperti consegnati al primo perito dagli investigatori. Il perito scrive:

«Sui reperti si è proceduto con la metodica volta alla determinazione della specie di provenienza delle tracce, utile in questo caso per dimostrare la presenza di materiale biologico umano. A tale scopo è stata utilizzata una metodica di analisi che prevede l'amplificazione di un marcatore ubiquitario nelle specie animali. Si tratta di un gene presente nel DNA mitocondriale di tutte le specie di vertebrata : il citocromo b (cyt b). [nota : la descrizione dettagliata della metodica continua nei paragrafi successivi del rapporto].»

I risultati di questo test preliminare sull'eventuale presenza di DNA su una parte dei reperti danno esito negativo ; questo sia sul reperto chiamato 'collana in metallo', che su un certo numero (23) di altri reperti prelevati nell'abitazione della persona sospettata e sulla scena del crimine che si sospetta abbiano potuto avere un contatto o con la scena del crimine o con la persona sospettata e dunque possedere tracce di DNA provenienti o dal sangue della vittima o da tracce di contatto lasciate dalla persona sospettata.

Malgrado questa negatività sui reperti, il primo perito ha ugualmente proceduto all'analisi per la determinazione di un potenziale profilo genetico. Questa analisi ha dato risultato negativo su tutti i reperti precedentemente giudicati negativi per la presenza di DNA (non vi era DNA sui reperti e dunque nessun profilo genetico caratterizzante la potenziale origine ha potuto essere messo in evidenza).

La stessa analisi ha dato invece esito positivo per tutti i reperti che precedentemente avevano dato risultato positivo per la presenza del DNA (vi era DNA sui reperti e dunque dei profili genetici specifici hanno potuto essere messi in evidenza sui reperti). Quest'ultimi reperti provenivano tutti dalla scena del crimine e presentavano unicamente il profilo DNA della vittima. In conclusione, nessun reperto appartenente alla persona sospettata presentava del DNA e nessun reperto dunque presentava del DNA della vittima.

Il secondo laboratorio non ha effettuato analisi sui vari reperti raccolti che hanno dato esito negativo nella procedura del primo perito, con la sola eccezione del reperto 'collana in metallo'. Questo è dovuto al fatto che la collana rappresenta – secondo l'Accusa – il legame tra la scena del crimine e la persona sospettata. Un profilo genetico dichiarato corrispondente a quello della vittima sarà in seguito osservato dal secondo perito dopo nuove analisi sulla collana.

Il test preliminare per poter osservare se del DNA è presente sul reperto è un test estremamente sensibile perché fa riferimento al DNA mitocondriale che è presente nelle

cellule in quantità ben maggiore rispetto al DNA nucleare. Il fatto di non riscontrare la presenza di DNA (e in seguito nessun profilo genetico) in un certo numero di reperti (23) e il fatto di riscontrare la presenza di DNA (e in seguito un profilo genetico) in tutti gli altri reperti, testimonierebbe in favore dell'accuratezza del metodo applicato e di conseguenza, dei risultati ottenuti in prima sede dal primo perito. Dunque sembrerebbe che sulla collana in metallo non vi sia del DNA e dunque nessuna associazione con la vittima.

### **3. I risultati delle analisi genetiche sui reperti raccolti nell'abitazione della persona sospettata (primo rapporto peritale).**

Nell'abitazione della persona sospettata sono stati sequestrati 11 reperti « in quanto ritenuti utili ai fini investigativi ». In effetti, questo materiale sarà analizzato perché è ritenuto altamente probabile che del DNA della vittima possa essere presente in quanto questo materiale potrebbe esser stato a contatto con il luogo del crimine o utilizzato per pulire macchie di sangue su indumenti (o altro materiale) della persona sospettata.

Le analisi sono state interamente effettuate dal laboratorio del primo perito.

I risultati di queste analisi hanno dato sia esiti positivi che negativi. Dove un profilo genetico è stato osservato (risultato detto 'positivo'), questo profilo corrispondeva a quello della proprietaria del materiale sequestrato, cioè la persona sospettata. Il profilo genetico della vittima non è mai stato osservato su alcun reperto né sotto forma di traccia singola, né sotto forma di una parte della miscela di DNA.

Per una persona che avrebbe dovuto agire sui luoghi del crimine con violenza, non trovare del DNA della vittima sui reperti sequestrati nella sua abitazione risulta alquanto poco probabile. Queste osservazioni non fanno che sostenere l'estraneità ai fatti della persona sospettata.

### **4. La cronologia delle attività svolte presso il laboratorio del secondo perito.**

Nel verbale detto di prosieguo degli accertamenti tecnici irripetibili, viene indicato come orario di inizio delle operazioni svolte sui reperti le ore 17.00 del giorno [x]. Le operazioni iniziano con la documentazione di tutti i reperti da analizzare che si trovavano nel plico (il plico n.1). I reperti oggetto di accertamento erano dodici reperti provenienti dalla scena del crimine (dal reperto n.1 al reperto n.12) e il reperto proveniente dall'abitazione della persona sospettata (n.13, la collana in metallo). Da questa descrizione si può desumere che tutti questi reperti fossero contenuti nello stesso plico n.1 dunque con un possibile contatto tra il reperto n.13 (collana di metallo) e gli elementi provenienti dalla scena del crimine (dunque con sangue della vittima) malgrado il fatto che tutti i reperti fossero in buste separate nello stesso plico.

Le operazioni terminano dopo la registrazione del reperto n.13 (collana). In effetti, si legge nel verbale: «Si dà atto che alle ore 13.00 le operazioni tecniche venivano

sospese per riprendere alle ore 15.00. ». Alle ore 15.00 si riprende l'attività con le operazioni riguardanti gli altri reperti provenienti dalla scena del crimine (reperti dal n. 14 al n. 24).

Vi è un evidente problema cronologico: le operazioni iniziano alle ore 17.00 e si interrompono alle ore 13.00 (del giorno dopo? cosa evidentemente poco probabile). Le operazioni, in ogni modo si interrompono dopo aver documentato (e campionato<sup>1</sup>) tutti i reperti provenienti dalla scena del crimine e il reperto 13 (collana).

Questa descrizione non consente di ricostruire esattamente la cronologia di queste operazioni di documentazione e campionatura. La sequenza delle operazioni effettuate presso questo secondo laboratorio (documentazione e campionatura consecutiva) è importante. Le sezioni 7 e 8 di questo articolo discuteranno la relazione tra la sequenza dei lavori svolti e la quantità di DNA riscontrato sui reperti. Non è affatto escluso che la campionature sui reperti da 1 a 12 abbiano potuto contribuire a una contaminazione del reperto 13 (la collana in metallo).

## 5. La certificazione della qualità del lavoro del secondo laboratorio.

Nel testo denominato 'Annotazione inerente alle attività compiute sui reperti' redatto dal secondo perito vengono messi in evidenza gli standard di qualità del laboratorio (certificato ISO9001:2008 e accreditamento ISO/IEC17025). E' in effetti importante per un laboratorio di analisi genetica essere accreditati. Sulla base di questa informazione, si reputa quindi che le procedure di qualità delle analisi siano garantite e che dunque aspetti come l'analisi di standard negativi (prelievi che devono per forza dare esiti negativi all'analisi perché tracce di DNA non devono essere presenti) possano essere provati.

E' però ugualmente importante per un laboratorio forense, sia esso dedito all'analisi genetica o all'analisi fisico-chimica di altre tracce (per esempio fibre tessili, frammenti di vetro o di pittura, impronte digitali, tracce di suole di scarpe, documenti, ecc.) partecipare a regolari test detti di controllo della qualità (in inglese, *proficiency tests* o *collaborative tests*). Questo aspetto appare nel testo della relazione tecnica del secondo perito<sup>2</sup>. Partecipare a questi test è fondamentale, ma conoscerne i risultati rappresenta un'informazione vitale. Nell'arco dei test annuali, sono state osservate delle contaminazioni? Vi sono stati risultati errati? L'informazione sui risultati ottenuti del laboratorio del secondo perito non sono a disposizione. Questo aspetto è fondamentale.

A titolo puramente comparativo, prendiamo in considerazione il testo di legge approvato dal Parlamento Elvetico, intitolato *Ordinanza sull'utilizzo di profili del DNA nel*

---

<sup>1</sup> In un documento riepilogativo si scrive: «[...] operazioni svolte in sede di inizio operazioni tecniche che consistono nella fotodocumentazione dei reperti ed eventuale campionatura».

<sup>2</sup> Nella relazione si legge: «[nome del laboratorio] partecipa inoltre ad esercizi collaborativi nazionali ed internazionali organizzati da enti (Ge.F.I., Gednap, ecc.) organizzati per standardizzare le metodiche e i protocolli utilizzati nei laboratori dei paesi aderenti e per verificare e confrontare le interpretazioni dei profili genetici in ambito forense».

*procedimento penale e per l'identificazione di persone sconosciute o scomparse (Ordinanza sui profili del DNA del 3 dicembre 2004, Stato 1° gennaio 2015)*<sup>3</sup>, che regola la raccolta, l'analisi, l'utilizzo e la gestione dei dati legati alla 'prova del DNA' nei procedimenti penali, chiarisce, al suo articolo 2 comma 2, che un laboratorio forense debba poter certificare il superamento di un certo numero di test annuali per poter continuare la sua attività di analisi. Il testo recita:

«nel corso degli ultimi dodici mesi [i laboratori di analisi genetica forense] hanno partecipato con successo ad almeno quattro esami d'idoneità (esperimenti collettivi); il DFGP [*organismo di controllo*] definisce le condizioni per il riconoscimento di questi esperimenti collettivi».

L'articolo 2a, punto g, della stessa Ordinanza, mette inoltre in evidenza che alla richiesta di riconoscimento del laboratorio devono essere allegati vari documenti tra cui «il rapporto d'attività o il rapporto di gestione dell'anno precedente» che menzioni la qualità dei risultati d'analisi ottenuti.

Nel caso riguardante la persona sospettata, in assenza di informazioni sugli esiti dei test di 'controllo qualità' sostenuti dal laboratorio del secondo perito durante gli anni 2013 e 2014 (anni rilevanti nel caso che stiamo esaminando), non può essere esclusa la possibilità di contaminazione.

## **6. Gli elementi di riflessione presenti nell'Ordinanza relativa all'utilizzo dei profili genetici nelle procedure penali.**

Il testo di legge intitolato *Ordinanza sull'utilizzo di profili del DNA nel procedimento penale e per l'identificazione di persone sconosciute o scomparse*, che abbiamo precedentemente introdotto nella sezione 5, espone una tematica d'interesse certo per il caso in esame. In effetti, all'articolo 11 comma 1, l'Ordinanza dice che

«Le autorità cantonali e federali possono mettere a disposizione dell'Ufficio di coordinamento, per il controllo qualitativo, i profili dei collaboratori con compiti nei settori del riconoscimento, dell'assunzione delle prove e dell'allestimento dei profili».

Inoltre, al suo comma 3, l'Ordinanza chiarisce che

«L'Ufficio di coordinamento registra i profili in un indice separato dal sistema d'informazione. Per escludere contaminazioni di profili o tracce può confrontare i profili registrati nel sistema d'informazione con quelli registrati nell'indice».

---

<sup>3</sup>Il testo è accessibile in [questa pagina web](#).

E' dunque legalmente accettato e chiaramente specificato che vi siano rischi non nulli di contaminazioni dei profili genetici di persone (generalmente quelle di confronto) e dei profili genetici delle tracce analizzate. Questo aspetto di controllo della qualità si basa sullo studio delle statistiche dei laboratori elvetici e su osservazioni evidenziate dalla letteratura scientifica del settore forense<sup>4</sup>.

Contaminazioni, prima o durante il lavoro di analisi in laboratorio, esistono e non possono essere negate.

Nei vari documenti forniti del secondo perito non appare mai l'informazione sulle statistiche di contaminazione proprie al suo laboratorio. Non si puo' – sapendo la reale possibilità di contaminazioni nei laboratori – non conoscere quest'informazione che è di vitale importanza per qualsiasi inferenza e decisione. Non possiamo dunque escludere che il profilo genetico ritrovato in seconda sede sulla collana in metallo sia dovuto a una contaminazione.

## **7. La quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana e l'interpretazione statistica dei risultati ottenuti secondo le ipotesi d'interesse.**

Nella Relazione Tecnica di Genetica Forense del secondo perito, nella tabella riepilogativa dei risultati, è presentata la concentrazione media di DNA riscontrato nei prelievi. I prelievi denominati 13A e 13B, entrambi provenienti dalla collana di metallo sequestrata alla persona sospettata (reperto 13), presentano una concentrazione minima di DNA (0.003 ng/mL e 0.000, rispettivamente).

Nella stessa tabella si afferma che la traccia 13A presenta il profilo genetico identico a quello della vittima, ma la traccia 13B è dichiarata 'non utile ai fini identificativi e/o di comparazione.

Due aspetti interpretativi legati a questa osservazione devono essere discussi: il primo riguarda la natura del DNA osservato nel prelievo 13A. Il secondo riguarda l'attribuzione del valore probatorio di deboli quantità di DNA.

1. Nei vari rapporti peritali legati all'osservazione del DNA sulla collana non è mai fatta menzione della natura di questo DNA. Il DNA analizzato potrebbe provenire da sangue? Il DNA analizzato potrebbe provenire da cellule epiteliali? Il DNA analizzato potrebbe provenire da altri fluidi o materiali biologici? I laboratori forensi dispongono di test d'analisi che permettono di indicare la compatibilità di un prelievo con un fluido o un materiale genetico<sup>5</sup>. Se il DNA ritrovato sulla collana fosse stato compatibile con

---

<sup>4</sup> Si vedano, a titolo illustrativo, A. KLOOSTERMAN-M. SJERPS-A. QUAK, *Error rate in forensic DNA analysis: definition, numbers, impact and communication*, in *Forensic Science International: Genetics*, 12 (2014), 77-85; A.E. FONNELOP-H. JOHANNESSEN-T. EGELAND-P. GILL, *Contamination during criminal investigation: detecting police contamination and secondary DNA transfer from evidence bags*, in *Forensic Science International: Genetics*, 23 (2016), 121-129.

<sup>5</sup> Si veda, a titolo illustrativo, H.Y. LEE-S. E. JUNG-E. H. LEE-W. I. YANG-K. J. SHIN, *DNA methylation profiling for a confirmatory test for blood, saliva, semen, vaginal fluid and menstrual blood*, in *Forensic Science International:*

del sangue, allora avremmo potuto interpretare questo risultato in modo differente rispetto al fatto di trovare del DNA compatibile con un altro materiale genetico. Infatti se l'origine del DNA fosse compatibile con del sangue, quest'osservazione potrebbe sostenere la provenienza di DNA dovuta o a una contaminazione con del sangue presente sui reperti della scena del crimine, o con il sangue della vittima direttamente sulla scena del crimine. Se l'origine del DNA fosse un altro materiale biologico, per esempio, cellule epiteliali, allora il legame con la scena del crimine potrebbe essere maggiore e una contaminazione con del sangue della vittima potrebbe essere esclusa. Queste informazioni non sono disponibili.

2. Quando ci si trova di fronte a scarse quantità di materiale, come in questo caso, le linee-guida europee in materia di valutazione dei risultati forensi (*ENFSI guideline for evaluative reporting in forensic science, 2015*)<sup>6</sup>, emanate dall'ente europeo principale sulle scienze forensi, la *European Network of Forensic Science Institutes* (acronimo *ENFSI*), sottolineano, a pagina 11, che:

«Quando la conoscenza dell'esperto è fondamentale per poter considerare dei fattori d'influenza come i meccanismi di trasferimento della traccia, di persistenza di quest'ultima e di presenza aleatoria sul reperto del materiale analizzato, che possono avere un impatto considerevole nella comprensione dei risultati scientifici relativamente alle attività descritte, le ipotesi da considerare per una corretta valutazione dell'indizio scientifico si riferiscono al cosiddetto 'livello dell'attività'. Questo aspetto è particolarmente importante per la valutazione di micro-tracce (fibre tessili, frammenti di vetro, residui di polvere da sparo, altre particelle) e per scarse quantità di DNA, di droga o d'esplosivo»<sup>7</sup>.

È fondamentale, per un corretto lavoro scientifico, aderire a queste linee-guida che sottolineano due aspetti prioritari:

(a) Fondamentale per valutare l'indizio scientifico è definire le ipotesi che esprimano i punti di vista delle parti (Accusa e Difesa). Quando si è posti di fronte a scarse quantità di materiale si dovranno - per poter tener conto di fattori d'influenza

---

*Genetics*, 24 (2016), 75-82, e, per un'interpretazione statistica, D. TAYLOR-D. ABARNO-T. HICKS-C. CHAMPOD, *Evaluating forensic biology results given source level propositions*, in *Forensic Science International: Genetics*, 21 (2016), 54-67.

<sup>6</sup> European Network of Forensic Science Institutes, with the financial support of the Prevention of and Fight against Crime Programme of the European Union European Commission - Directorate - General Justice, Freedom and Security. A project funded by the EU ISEC 2010. Agreement Number: HOME/2010/ISEC/MO/4000001759. Il testo si trova in [questa pagina web](#).

<sup>7</sup> La versione inglese originale recita: «*Activity level propositions should be used when expert knowledge is required to consider factors such as transfer mechanisms, persistence and background levels of the material which could have an impact on the understanding of scientific findings relative to the alleged activities. This is particularly important for trace materials such as microtraces (fibres, glass, gunshot residues, other particles) and small quantities of DNA, drugs or explosives.*».



descritti nelle linee-guida dell'ENFSI (*ENFSI Guideline*) - specificare delle ipotesi che mettano in primo piano delle azioni specifiche (si parla di ipotesi a 'livello dell'attività')<sup>8</sup>. In queste condizioni, non si è più interessati a chi è all'origine della traccia (perché sovente l'origine non viene messa in dubbio), ma a come questa traccia sia arrivata sul reperto analizzato<sup>9</sup>.

(b) Il secondo punto fondamentale messo in evidenza nelle linee-guida europee, è il modo in cui si debba calcolare ed esprimere il valore probatorio di un indizio. Questo deve essere fatto tramite una quantificazione del cosiddetto 'rapporto di verosimiglianza' (in inglese, *likelihood ratio*). Questo metodo di calcolo e di espressione del valore probatorio possiede una lista di qualità fondamentali a sostegno delle conclusioni peritali<sup>10</sup>. Il rapporto di verosimiglianza rappresenta una misura bilanciata<sup>11</sup>, trasparente<sup>12</sup> e logica<sup>13</sup>. Nei paragrafi che seguono, questa misura statistica sarà presentata più in dettaglio e applicata al caso in esame. Ci permettiamo inoltre di sottolineare che nei rapporti di consulenza redatti da un terzo perito, concernenti delle tracce miste (misure di DNA ritrovate sul luogo del crimine ma che non presentano caratteristiche genetiche compatibili con quelle della persona sospettata) - che qui non discuteremo - la metrica del rapporto di verosimiglianza è stata utilizzata. Nessun altro rapporto, consultato in questo procedimento, presenta questa metodica ma bensì affermazioni su calcoli detti di biostatistica che sono in netto contrasto con la letteratura scientifica. Non è nostra intenzione discutere questi aspetti statistici in quanto inappropriati perché non rientrano nella tematica principale di questo articolo. Il lettore interessato può fare riferimento, a titolo illustrativo, alla letteratura scientifica e giuridica indicata nella nota<sup>14</sup>.

---

<sup>8</sup> Si vedano, per esempio, C. CHAMPOD-A. BIEDERMANN-J. VUILLE-S. WILLIS-J. DE KINDER, *ENFSI Guideline for evaluative reporting in forensic science. A primer for legal practitioners*, in *Criminal Law and Justice Weekly*, 180 (2016), 189-193; A. BIEDERMANN-C. CHAMPOD-G. JACKSON-P. GILL-D. TAYLOR-J. BUTLER-N. MORLING-T. HICKS-J. VUILLE-F. TARONI, *Evaluation of forensic DNA traces when propositions of interest relate to activities : analysis and discussion of recurrent concerns*, in *Frontiers in Genetics*, 7 (2016), 1-12 (Article 215).

<sup>9</sup> Per una discussione su questo punto preciso, si veda F. TARONI-A. BIEDERMANN-J. VUILLE-N. MORLING, *Whose DNA is this? This is not the relevant question (a note for forensic scientists)*, in *Forensic Science International: Genetics*, 7 (2013), 467-470.

<sup>10</sup> C. AITKEN-F. TARONI, *Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 2004.

<sup>11</sup> Si veda, per esempio, I.W. EVETT, *Expert evidence and forensic misconceptions of the nature of exact science*, in *Science & Justice*, 36 (1996), 118-122.

<sup>12</sup> Si veda, per esempio, G. JACKSON, *The scientist and the scales of justice*, in *Science & Justice*, 40 (2000), 81-85.

<sup>13</sup> Si veda, per esempio, B. ROBERTSON-G. A. VIGNAUX, *Probability - the logic of the law*, in *Oxford Journal of Legal Studies*, 13 (1993), 457-478.

<sup>14</sup> La letteratura scientifica indica, ormai da oltre un decennio, che il valore delle frequenze relative utilizzate come uno dei parametri utili per la quantificazione del valore probatorio di una corrispondenza genetica, non deve superare il limite di  $10^{-9}$  e questo per più motivi legati ai dati a disposizione, alla giustificazione del valore e ad aspetti teorici (si vedano, a titolo illustrativo i primi articoli, L.A. FOREMAN-A.F.M. SMITH-I.W. EVETT, *Bayesian analysis of deoxyribonucleic acid profiling data in forensic identification applications (with discussion)*, in *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 160 (1997), 429-469 ; I.W. EVETT-L.A. FOREMAN-G. JACKSON-J.A. LAMBERT, *DNA profiling : a discussion of issues relating to the reporting of very small match probabilities*, in *Criminal Law Review*, 5 (2000), 341-355; L.A. FOREMAN-I.W. EVETT, *Statistical analyses to support*

Partiamo dunque dal presupposto che il profilo del DNA reperito sulla collana sia effettivamente compatibile e provenga dalla vittima e dunque che l'origine del DNA non sia affatto contestata. Le domande di natura forense d'interesse per le parti sembrano essere altre: la persona sospettata ha strappato la collana alla vittima (tesi accusatoria) o la persona sospettata non ha strappato la collana alla vittima, visto che la collana è di sua proprietà (tesi difensiva)? Il perito dovrà dunque valutare l'osservazione dell'indizio genetico (il profilo DNA osservato sulla collana) alla luce di queste due ipotesi. Dovrà dunque quantificare, come suggerito dalla letteratura scientifica<sup>15</sup>, il rapporto di verosimiglianza. Questo rapporto tra probabilità, permette di misurare il valore probatorio di un'informazione (nel nostro caso il profilo genetico)<sup>16</sup>. Si tratterà dunque per il perito di rispondere alle seguenti due domande:

1. Quale è la probabilità di osservare sul prelievo 13A (effettuato sulla collana) questo profilo genetico corrispondente a quello della vittima, in una quantità limitata, se la persona sospettata ha strappato la collana alla vittima?

2. Quale è la probabilità di osservare sul reperto 13A (effettuato sulla collana) questo profilo genetico corrispondente a quello della vittima, in una quantità limitata, se la persona sospettata non ha strappato la collana alla vittima in quanto di sua proprietà?

Il rapporto fra queste due probabilità (il cosiddetto 'rapporto di verosimiglianza') permetterà di quantificare il sostegno delle osservazioni a una o all'altra delle ipotesi d'interesse. Se il valore ottenuto sarà superiore a 1, allora il risultato genetico andrà a sostegno della tesi n.1 (tesi accusatoria). Se il valore sarà invece inferiore a 1, allora il risultato genetico favorirà la tesi alternativa n.2 (tesi difensiva). Il valore 1 è invece il valore neutro e significa che le osservazioni non permettono di sostenere né la tesi

---

*forensic interpretation for a new ten-locus STR profiling system*, in *International Journal of Legal Medicine*, 114 (2001), 147-155). Dunque, valori menzionati come  $1 \cdot 10^{-23}$  sono inaccettabili. In più, affermazioni come «[...] frequenza di  $1 \cdot 10^{-23}$  (ossia circa 1 soggetto ogni centomila miliardi di miliardi). Visto che la popolazione mondiale viene stimata intorno ai 7 miliardi appare evidente che il profilo genetico della vittima (e quindi quello estrapolato dal reperto costituito dalla collana spezzata, che mostra una totale compatibilità per i loci analizzati) non può ricorrere più di una volta nella popolazione stessa (salvo che ci si trovi in presenza di gemelli monozigoti). Detto profilo genetico è per tanto riferibile ad un unico individuo (la vittima)» (Relazione tecnica del secondo perito) sono affermazioni da un punto di vista probabilistico, errate. Per un commento, si rinvia a: D.H. KAYE, *DNA evidence: probability, population genetics, and the courts*, in *Harvard Journal of Law and Technology*, 7 (1993), 101-172, e J. CURRAN, *Are DNA profiles as rare as we think? Or can we trust DNA statistics?*, in *Significance*, 6 (2010), 62-66.

<sup>15</sup> Si vedano, a titolo illustrativo, C. AITKEN-F. TARONI, *Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 2004; F. TARONI-A. BIEDERMANN-S. BOZZA-P. GARBOLINO-C. AITKEN, *Bayesian networks for probabilistic inference and decision analysis in forensic science*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 2014; D. BALDING-C. STEELE, *Weight-of-evidence for forensic DNA profiles*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Chichester, 2015; J. BUCKLETON-J. A. BRIGHT-D. TAYLOR (Eds), *Forensic DNA evidence interpretation*, 2<sup>nd</sup> Ed., CRC Press, Boca Raton, 2016.

<sup>16</sup> Per una descrizione del metodo di valutazione dei risultati genetici, si veda F. TARONI-S. BOZZA-J. VUILLE, *Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica*, in Canzio G., Luparia L. (Ed.), *Prova scientifica e processo penale*, CEDAM - Wolters Kluwer, Milano, 2018, 23-74.

accusatoria né la tesi difensiva. L'informazione genetica è ritenuta in quest'ultimo caso non pertinente (cioè, qualsiasi sia la credenza della Corte sull'implicazione della persona sospettata nell'omicidio prima di prendere conoscenza dei risultati delle analisi genetiche, questa non dovrà essere influenzata dai risultati del laboratorio)<sup>17</sup>.

Quale è dunque il valore probatorio del profilo DNA osservato dal laboratorio del secondo perito? Per quantificare questo valore si devono valutare due probabilità condizionate:

1. Iniziamo con il numeratore del rapporto di verosimiglianza. Si deve quantificare la probabilità di osservare questo profilo genetico dichiarato corrispondente a quello della vittima a partire dal prelievo 13A (reperto 13), in una quantità limitata, se la persona sospettata ha strappato la collana alla vittima. Se la persona sospettata ha veramente strappato la collana, ci si deve accertare che un trasferimento di DNA dalla vittima verso la collana si sia verificato. Questo appare verosimile visto che si ritiene che la collana appartenga alla vittima. In più dobbiamo accertarci che non vi sia del DNA di un'altra persona (altrimenti ci troveremmo di fronte ad una mistura di DNA di almeno due profili). Nel caso in cui non vi fosse stato un trasferimento di DNA della vittima sulla sua collana, allora il DNA casualmente presente sul reperto dovrebbe per forza presentare il profilo genetico della vittima<sup>18</sup>. Ragionevolmente possiamo assumere che la probabilità che non vi sia DNA estraneo precedentemente al trasferimento sia uguale a 1 (certezza); infatti, se si porta una catenina al collo si dovrebbe ritrovare il DNA della persona che la porta. Si può ugualmente e ragionevolmente assumere che la probabilità di osservare per caso sulla catenina del DNA estraneo alla vittima sia nulla, cioè uguale a zero. In tal caso, il valore numerico della probabilità sarà dettato dalla probabilità di trasferimento<sup>19</sup>.

2. Per quantificare il denominatore del rapporto di verosimiglianza, si dovrà quantificare la probabilità di osservare questo profilo genetico dichiarato corrispondente a quello della vittima a partire dal prelievo 13A (reperto 13), in una quantità limitata, se la persona sospettata non ha strappato la collana alla vittima (in quanto la collana è di sua proprietà). Sotto questa ipotesi, si possono considerare due situazioni: (a) se si è verificato una contaminazione con DNA della vittima sulla collana, allora questo significa, dato che un solo DNA è stato osservato, che prima della contaminazione non vi era alcun DNA. Nella seconda situazione (b) se nessuna contaminazione è avvenuta, allora il DNA ritrovato è presente per pura coincidenza e cioè corrisponde al DNA della

---

<sup>17</sup> Questo tipo di ragionamento, comunemente conosciuto sotto il nome di 'ragionamento Bayesiano', non è affatto estraneo alle discussioni nelle aule di Tribunale italiane. Si veda, a titolo illustrativo la sentenza Berlingeri, Giudice Gennari (N. 49494/14 R.G.N.R. N. 12380/14 R.G.GIP), Milano, 18 giugno 2015. Si veda inoltre, L. LUPARIA, *Trial by probabilities – Qualche annotazione 'eretica'*, in *La Corte D'Assise*, 2 (2012), 155-165; P. GARBOLINO, *Probabilità e logica della prova*, Giuffrè Editore, Milano, 2014.

<sup>18</sup> In termini statistici questa probabilità (a numeratore del rapporto di verosimiglianza) è  $b_0 \cdot t_{DNA} + b_1 \cdot \gamma \cdot t_0$ , dove  $b_0$  indica la probabilità di non trovare DNA estraneo sulla catenina,  $t_{DNA}$  è la probabilità che questa quantità di DNA sia stata trasferita dalla vittima alla catenina,  $b_1 \gamma$  precisa la probabilità di ritrovare per caso del DNA compatibile non proveniente dalla vittima e  $t_0$  la probabilità che nessun DNA sia stato trasferito.

<sup>19</sup> Assumendo  $b_0 = 1$  e  $b_1 = 0$ , il numeratore del rapporto di verosimiglianza sarà uguale al valore della probabilità di trasferimento  $t_{DNA}$ .

vittima ma proviene da una terza persona (sconosciuta)<sup>20</sup>. Assumendo, come in precedenza, che la probabilità che non vi sia DNA estraneo sia uguale a 1 (certezza) e che la probabilità di osservare per caso sulla catenina del DNA estraneo alla vittima sia nulla, cioè uguale a zero, allora il denominatore del rapporto di verosimiglianza si riduce alla probabilità di contaminazione<sup>21</sup>.

Il rapporto di verosimiglianza, cioè il rapporto tra queste due probabilità condizionate, risulterà ragionevolmente pari al rapporto tra la probabilità di trasferimento della vittima sulla sua collana e la probabilità di contaminazione del reperto<sup>22</sup>.

## 8. La quantità di DNA nei prelievi fatti sulla collana, la contaminazione e l'interpretazione statistica: il valore del rapporto di verosimiglianza.

Sembrerebbe, secondo quanto descritto nella sezione 7 precedente, che il calcolo del rapporto di verosimiglianza necessiti la quantificazione della probabilità di contaminazione.

Secondo quanto discusso in questo articolo, la tesi di una contaminazione è possibile. Oltre alla letteratura scientifica che menziona la possibilità di contaminazioni dovute a trasferimento di tipo secondario o terziario<sup>23</sup>, e a casi giudiziari dove tali aspetti sono stati riscontrati<sup>24</sup> in sede di riesame, il rapporto indipendente di un consulente intitolato 'Valutazioni in merito alla relazione tecnica forense', viene ugualmente a sostegno di questa tesi. In effetti, viene evidenziata la possibilità di contaminazione tra i

<sup>20</sup> In termini statistici questa probabilità (a denominatore del rapporto di verosimiglianza) è  $c \cdot b_0 + (1 - c)b_1 \cdot \gamma$ , dove  $c$  rappresenta la probabilità di contaminazione,  $b_0$  indica la probabilità di non aver alcun profilo estraneo sulla catenina,  $(1-c)$  è la probabilità di non aver commesso una contaminazione e  $b_1\gamma$  è la probabilità di ritrovare per caso del DNA compatibile non proveniente dalla vittima.

<sup>21</sup> Assunto  $b_0 = 1$  e  $b_1 = 0$ , il denominatore del rapporto di verosimiglianza sarà uguale al valore della probabilità di contaminazione  $e$ .

<sup>22</sup> Il rapporto di verosimiglianza sarà dunque il rapporto tra le seguenti due probabilità:  $t_{DNA}/c$ .

<sup>23</sup> Si vedano, per esempio, D. TAYLOR-D. ABARNO-E. ROWE-L. RASK NIELSEN, *Observations of DNA transfer within an operational forensic biology laboratory*, in *Forensic Science International: Genetics*, 23 (2016), 33-49: «In 2013 there were 14 person to sample contaminations at FSSA. Out of those 5 could only be explained by a secondary, tertiary or quaternary transfer event. One of these contamination events was between a reporting scientist and a sample taken from an item that had been examined at FSSA. The reporting scientist had not examined the item, or been in the same room as the item and had had no involvement in the laboratory analysis of the sample that ultimately yielded the contaminated DNA profile. The simplest mechanism that could explain the presence of the reporting scientist's DNA is that they came into contact with the casefile (and a primary transfer of their DNA occurred), the casefile was passed to the individual who carried out the evidence recovery, the reporting scientist's DNA was transferred from the casefile to the gloves of the evidence recovery examiner (a secondary transfer) and then transferred from the evidence recovery examiner's glove to the item (tertiary transfer), where it was sampled»; F. OLDONI-V. CASTELLA-D. HALL, *Shedding light on the relative DNA contribution of two persons handling the same object*, in *Forensic Science International: Genetics*, 24 (2016), 148-57; C. M. CALE-M. E. EARLL-K. E. LATHAM-G. L. BUSH, *Could secondary DNA transfer falsely place someone at the scene of a crime?*, in *Journal of Forensic Sciences*, 61 (2016), 196-203.

<sup>24</sup> Si vedano, per esempio, i casi Butler in Inghilterra (v. [questa pagina web](#)), il caso Fitzgerald in Australia (v. [questa pagina web](#)) o il caso svizzero Corte Suprema Federale n. SK.2010.17 (v. [questa pagina web](#)).

reperti n.11 e n.12 (ricchi in quantità di DNA e provenienti dalla scena del crimine) e il reperto n.13 (collana) proveniente dall'abitazione della persona sospettata<sup>25</sup>.

Di conseguenza, la tesi della contaminazione del reperto n.13 (collana in metallo) non pare possa essere esclusa, e dunque il rapporto di verosimiglianza diverrebbe uguale a 1; questo valore sarebbe dunque neutro nel senso che l'osservazione del profilo genetico sul prelievo 13A non permetterebbe di discriminare tra le due ipotesi: (1) la persona sospettata ha strappato la collana alla vittima e (2) la persona sospettata non ha strappato la collana alla vittima in quanto la collana è di sua proprietà. Il fatto di osservare il profilo genetico, in deboli quantità, della vittima sulla collana sarebbe altrettanto probabile sotto le due ipotesi. In conclusione, l'elemento scientifico (cioè il profilo del DNA) non sarebbe dunque rilevante.

Si potrebbe ugualmente ammettere che (1) se vi sia certezza dell'avvenuta contaminazione (valore di  $c=1$ ) e (2) se la probabilità che vi sia stato un trasferimento di materiale biologico dalla vittima alla collana ( $t_{DNA}$ ) non sia uguale a 1 (certezza) in quanto la quantità di DNA osservata non è ritenuta compatibile con l'ipotesi che la collana fosse abitualmente indossata dalla vittima (infatti, in tal caso, ci si aspetterebbe di osservare una quantità maggiore di DNA), allora il rapporto di verosimiglianza che misura il valore di prova del risultato dell'informazione genetica sarebbe inferiore a 1 e ciò favorirebbe la tesi difensiva.

## 9. Conclusione.

Il punto di partenza dell'analisi presentata in questo articolo è il risultato contraddittorio tra i risultati delle analisi effettuate da due laboratori di Genetica Forense. In un primo momento nessun profilo genetico riconducibile alla vittima è stato osservato sulla collana trovata nell'abitazione della persona sospettata. In un secondo tempo, il secondo laboratorio ha messo in evidenza un profilo riconducibile alla vittima su un prelievo fatto sulla medesima collana, prelievo contenente una quantità scarsa di DNA.

---

<sup>25</sup> Si legge nella valutazione del consulente (a pagina 5): «Allora se così fosse io potrei ipotizzare, se la sequenzialità dei reperti è data dal numero con cui sono stati classificati, che il reperto codificato 13 (collana spezzata) e il relativo prelievo della traccia sia avvenuto dopo i reperti 11 e 12 e relativi prelievi (lama di coltello e coltello con manico in legno). Quindi sempre ipotizzando che la sanificazione sia stata unica, se consulto i tabulati nella colonna in cui viene riportata la concentrazione di DNA rilevata sulle varie tracce, posso evidenziare che le tracce precedenti (11 e 12) contenevano una concentrazione di DNA della [vittima] molto alta (sulla traccia 11: 34.130 ng/microL e più 0,180 ng /microL nelle varie tracce 12), la concentrazione sulla traccia 13A è bassissima 0,003 ng/microL e sulla traccia 13B è 0. Potrebbe quindi sorgermi il dubbio che la traccia sulla collana sia contaminata dal sangue della traccia 11/12, quindi per una possibile contaminazione reperto-reperto Infatti il profilo che rilevo da quel DNA estratto dalla traccia 13 è della [vittima], perché nella precedente perizia su quella collana non era stato trovato alcun DNA? La repertazione della collana e il relativo prelievo della traccia eseguita dal primo perito era avvenuta in tempi diversi dagli altri reperti?».

I risultati preliminari sull'eventuale presenza di DNA sulla collana che confermano la mancanza di DNA e di profili genetici definiti, i risultati delle analisi genetiche sui reperti raccolti nell'abitazione della persona sospettata che confermano l'assenza di DNA della vittima, la cronologia delle attività svolte presso il secondo laboratorio che lasciano dei dubbi sui tempi di lavoro, la certificazione del secondo laboratorio che non permette di quantificare le potenziali contaminazioni commesse nei tests di controllo di qualità come invece richiesto, per esempio, dalla normativa svizzera sui laboratori forensi dedicati all'analisi genetica, l'assenza di analisi sulla natura del DNA e un'interpretazione statistica che non tiene conto della letteratura scientifica e delle linee-guida della comunità scientifica forense europea, permettono ragionevolmente di non poter escludere una contaminazione del reperto 13 (la collana), reperto considerato dall'Accusa come il legame tra il crimine e la persona sospettata. La presenza di questa potenziale contaminazione dev'essere presa in considerazione quando si valuta l'apporto informativo dei risultati genetici.

La nostra analisi permette di concludere che il valore da accordare ai risultati del secondo laboratorio è neutro (se non, addirittura, in favore della Difesa); ciò significa che l'osservazione del profilo genetico dichiarato corrispondente con quello della vittima e trovato sulla catenina di metallo in scarse quantità non permette di discriminare tra le ipotesi di interesse per le parti. I risultati delle analisi genetiche non permettono né di sostenere l'ipotesi che la persona sospettata abbia strappato la collana alla vittima, né di sostenere l'ipotesi che la persona sospettata non abbia strappato la collana alla vittima.

Le osservazioni presentate in questo articolo militano in favore di un'attitudine estremamente prudente. In questa procedura contro la persona sospettata, la 'prova' scientifica del DNA non può essere considerata dunque, da un punto di vista scientifico, risolutiva.