

# IL SIGNIFICATO DELLE EVIDENZE: L'IMPORTANZA DELLO SCIENZIATO FORENSE NELLA PREVENZIONE DELL'ERRORE \*

Franco Taroni<sup>1</sup> e Silvia Bozza<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> Ecole des Sciences Criminelles, Faculté de Droit, des Sciences Criminelles et d'Administration Publique,  
Université de Lausanne (Suisse)

<sup>2</sup> Dipartimento di Economia, Università Ca' Foscari Venezia, Venezia (Italia)

« Di fronte a queste ricognizioni di uno stato di fatto che potremmo definire pacifico, lecitamente ci si aspetterebbe di assistere nel nostro Paese ad un fiorire di studi giuridici e di arresti giurisprudenziali atti ad esplorare i nuovi rapporti tra la logica dell'incerto e sviluppata in campo epistemologico e la cultura delle prove penali, così come ci attenderemmo lo sviluppo di filoni di indagine volti a rendere fruibili ad avvocati e magistrati gli strumenti basilari della statistica, nonché intelligibili le regole e le quantificazioni numeriche tipiche del ragionamento probabilistico. Nulla di tutto questo, tuttavia, si appalesa all'orizzonte, quasi che il rapporto tra probabilità e prova penale costituisca una sorta di tabù o, comunque, un argomento da non valorizzare in maniera eccessiva. »<sup>1</sup>

## 1. Si ponga il problema

Il ruolo della scienza forense è quello di garantire la qualità scientifica dell'elemento di prova trasmesso e discusso in sede dibattimentale, e che – sempre più sovente – rappresenta il perno fondamentale sul quale si basa un verdetto di condanna.

In riferimento alla prova detta scientifica, cioè all'utilizzo in sede dibattimentale di elementi di prova come il DNA, le impronte digitali o le micro-tracce (frammenti di vetro o di pitture, fibre tessili, residui di polvere da sparo, ecc.), è ormai accertato che errori d'analisi e di valutazione abbiano dato origine ad errori giudiziari. Ne sono la prova i casi analizzati dalla fondazione *Innocent Project*<sup>2</sup> e pubblicati in alcuni articoli scientifici<sup>3</sup>.

Non è così infrequente che vengano commessi errori da parte degli operatori di polizia scientifica durante la fase di ricerca delle tracce sui luoghi di un crimine, di raccolta e di trasporto delle stesse o durante la raccolta di elementi comparativi provenienti dai luoghi, da persone sospettate o dalle vittime. Anche durante la fase di analisi nei laboratori specializzati

---

\* Gli autori dedicano questo scritto alla memoria di Gérard Piquerez (1945-2008), giudice del Tribunale Cantonale del Canton Jura (Svizzera) e professore di procedura penale presso l'Università di Friburgo (Svizzera), giurista sensibile al dialogo tra scienza e diritto.

<sup>1</sup> L. Lupária, *Trial by probabilities*: qualche annotazione "eretica". *La Corte d'Assise* (2012) 155-165 a pag. 157.

<sup>2</sup> L'organizzazione denominata *Innocence Project*, fondata nel 1992 dagli avvocati Peter Neufeld e Barry Scheck presso la *Cardozo School of Law*, è un'organizzazione legale senza scopo di lucro che si impegna a far assolvere le persone condannate ingiustamente attraverso l'uso di test del DNA e a riformare il sistema di giustizia penale per prevenire future ingiustizie (il lettore interessato potrà consultare il sito [www.innocenceproject.org](http://www.innocenceproject.org) per maggiori informazioni sull'organizzazione).

<sup>3</sup> Si veda, a titolo illustrativo, J. Vuille, A. Biedermann, F. Taroni, Accounting for the potential of error in the evaluation of the weight of scientific evidence. In: Luparia L. (a cura di) *Understanding wrongful conviction: the protection of the innocent across Europe and America*, Wolters Kluwer, CEDAM (2015) 39-55; P. Gill, Analysis and implications of the miscarriages of justice of Amanda Knox and Raffaele Sollecito. *Forensic Science International: Genetics* 23 (2016) 9-18.

dei reperti raccolti possono verificarsi errori. Contaminazioni sia sui luoghi dell'intervento o in fase di analisi possono caratterizzare in modo errato i reperti. Le analisi possono infatti mettere in evidenza false associazioni tra le caratteristiche analizzate sui reperti e quelle degli elementi di comparazione (per esempio il profilo genetico di un sospetto) e contribuire all'incriminazione di un sospetto erroneamente ritenuto all'origine di un dato reperto. Questi aspetti hanno indotto in errore varie Corti di giustizia.

Secondo i dati pubblicati dalla fondazione *Innocent Project* americana, e inerenti prevalentemente a casi da loro analizzati dove la prova genetica del DNA ha svolto un ruolo fondamentale nel giudizio, una parte cospicua degli errori giudiziari individuati, sono stati alimentati da criticità connesse ai risultati delle analisi sui reperti scientifici<sup>4</sup>. Il problema non si limita alla sola gestione della prova genetica; sono stati ugualmente riconosciuti casi di errori giudiziari alimentati da un apporto informativo fuorviante connesso ad altri tipi di tracce<sup>5</sup>.

Oltre alla negligenza colpevole da parte di scienziati forensi<sup>6</sup>, che può portare a perseguire e successivamente condannare persone innocenti per crimini che non hanno commesso, vi sono lacune di base caratterizzanti l'uso delle scienze forensi che possono talvolta spingere gli investigatori in direzioni sbagliate o i giudici a verdetti ingiustificati da un punto di vista scientifico. Questo capitolo presenterà alcuni esempi e cercherà di sottolineare come lo scienziato forense debba garantire la necessaria qualità al suo operato.

Sembra dunque superfluo ricordare come il ruolo svolto dagli esperti che operano sui luoghi e nei laboratori sia di primaria importanza per garantire credibilità al risultato scientifico. Questo aspetto, seppur fondamentale, non è sufficiente a scongiurare errori giudiziari. È imperativo saper inquadrare logicamente le conclusioni peritali, ed è su questo punto che si focalizzerà questo capitolo.

Partendo dal diffuso ricorso alla prova del DNA nella pratica legale e dal generale riconoscimento di un'aura d'infallibilità che spesso lo contraddistingue, sarà possibile illustrare questo aspetto facendo luce su alcuni errori commessi quotidianamente nella gestione di questo elemento di prova.

---

<sup>4</sup> Ad oggi, 367 persone innocenti sono state liberate negli Stati Uniti, 21 delle quali erano state condannate alla pena capitale. Malgrado la fondazione *Innocent Project* abbia un grande rispetto per il ruolo che la scienza forense svolge nel sistema di giustizia penale, ha evidenziato come l'errata applicazione dei principi cardine della scienza forense sia all'origine del 45% delle condanne errate negli Stati Uniti, emerse grazie alla presentazione di prove aggiuntive, incluse analisi del DNA. I dati pubblicati dal *National Registry of Exonerations* mostrano come prove forensi false o fuorvianti siano state un fattore che ha contribuito al 24% di tutte le condanne errate.

<sup>5</sup> A titolo di esempio si veda il ruolo fondamentale giocato dai risultati delle analisi di laboratorio su capelli e peli in procedimenti statunitensi: « Il Dipartimento di Giustizia e l'FBI hanno formalmente riconosciuto che quasi tutti gli esaminatori in un'unità forense dell'FBI hanno fornito prove imperfette in quasi tutti i processi in cui hanno testimoniato e fornito prove contro imputati per una durata di oltre un decennio prima del 2000. [...] I casi includono quelli di 32 imputati condannati a morte. Di questi, 14 sono stati giustiziati o sono morti in prigione. » S.S. Hsu, FBI overstated forensic hair matches in nearly all trials before 2000. *The Washington Post* (18 aprile 2015). Si veda anche il commento del Prof. E. Lander (genetista), Fix the flaws in forensic science. *The Washington Post* (21 aprile 2015).

<sup>6</sup> Si veda, a titolo illustrativo, l'operato nel caso americano O.J. Simpson: W.C. Thompson, DNA evidence in the O.J. Simpson trial. *University of Colorado Law Review* 67 (1996) 827-857.

## 2. Si definisca la qualità scientifica

Non è pensabile negare l'esistenza nella pratica di errori analitici, cioè di errori compiuti dai laboratori di analisi<sup>7</sup> durante la procedura di tipizzazione del materiale raccolto. Sapere se tali errori abbiano effettivamente portato a una condanna e dunque a un errore giudiziario è compito di un'analisi giuridica approfondita e dovere dei giuristi evitare un tale esito. È nostro parere che pronunciarsi in merito alla sussistenza o meno di un errore giudiziario esuli dalla sfera di competenza dello scienziato forense. Il suo compito – o più esattamente quello della scienza forense in generale al servizio della giustizia – è invece quello di garantire *la qualità scientifica dell'elemento di prova*. Il perito<sup>8</sup> è tenuto a mettere in atto, nello svolgimento delle sue attività, tutte le misure idonee a garantire che un risultato d'analisi presentato in un rapporto peritale sia affidabile, cioè corretto e preciso. Esistono attualmente programmi detti 'di controllo della qualità di un laboratorio d'analisi' e certificazioni internazionali che dovrebbero garantire l'uso e la gestione di procedure analitiche affidabili da parte degli operatori di un laboratorio. Il ricorso a procedure affidabili è indispensabile al fine di agevolare la fiducia che una Corte di giustizia è chiamata a riporre nel lavoro di analisi svolto da un laboratorio.

Va sottolineato che queste valutazioni sono di carattere generale, e pertanto applicabili a qualsiasi tipo di informazione e dunque di prova scientifica, che può palesarsi nella forma di impronte digitali, proiettili provenienti da armi da fuoco, residui di polvere da sparo, tracce di suole di scarpe o micro-tracce.

A titolo illustrativo si veda il processo di designazione degli alleli<sup>9</sup> caratterizzanti i profili genetici. Si tratta di un aspetto importante nel processo della costruzione della prova, essenzialmente perché potrebbe in seguito servire da base per il confronto con i profili genetici di potenziali donatori. Ovviamente, la correttezza delle corrispondenze riportate da tali esami comparativi dipende in primo luogo dalla procedura con cui la designazione allelica è stata

---

<sup>7</sup> Su questo aspetto legato all'attendibilità dei risultati analitici ottenuti da laboratori d'analisi, si è espressa la Corte di Cassazione nel caso Knox/Sollecito (Cass. pen., sez. V, 27/03/2015 (dep. 7/9/2015), n. 36080.) affermando che: « [...] un risultato di prova scientifica può essere ritenuto attendibile solo ove sia controllato dal giudice, quantomeno con riferimento all'attendibilità soggettiva di chi lo sostenga, alla scientificità del metodo adoperato, al margine di errore più o meno accettabile e all'obiettiva valenza ed attendibilità del risultato conseguito» (pag. 34). I risultati dei test di 'controllo di qualità' svolti dai laboratori internazionali in modo anonimo, mettono in evidenza errori analitici di tipizzazione di reperti. Il lettore può far riferimento ai risultati presentati nei *Collaborative Exercises* realizzati dall'*English Speaking DNA Working Group* della *International Society for Forensic Genetics* ([www.isfg.org](http://www.isfg.org)).

<sup>8</sup> Si noti che il termine di scienziato forense è sovente, nel testo, sostituito da quello di perito o di consulente tecnico. Anche se da un punto di vista giuridico i termini sono diversi, nel testo sono utilizzati come sinonimi visto che l'interesse si focalizza sulla persona che opera nel settore forense, indipendentemente se si tratti di uno scienziato, perito o consulente.

<sup>9</sup> Per illustrare il significato del termine genetico 'allele', ci permettiamo di usare l'esempio presentato in J. Vuille, A. Biedermann, F. Taroni, *Indice forensique incriminant: l'accusé a-t-il intérêt à se taire? Revue de l'Avocat* (2012) 300-306, per descrivere l'uso del DNA nell'analisi forense. Semplificando al massimo, è possibile immaginare il DNA come una collana composta da perle di colori diversi. Le analisi forensi del DNA si focalizzano su alcune parti ben particolari di questa collana (chiamate *loci* – *locus* al singolare – o marcatori genetici), e mettono in evidenza il colore della perla che si trova nella parte analizzata. A complicare il tutto interviene il fatto che questa collana è, in verità, doppia, per cui in ogni parte analizzata vi sono in realtà due perle (chiamate 'alleli'): una viene trasmessa geneticamente dal padre e l'altra dalla madre. Secondo il marcatore genetico analizzato, gli alleli sono denominati da un numero. Quando una persona eredita dal proprio padre e dalla propria madre il medesimo allele, per esempio l'allele denominato 11, avrà dunque un profilo che sarà riportato come 11-11 e sarà detto 'omozigote'. Se la persona eredita dal padre e dalla madre due alleli diversi, per esempio, gli alleli 11-12, la persona sarà detta 'eterozigote'. Ne consegue che se le analisi del laboratorio mettono in evidenza in un reperto più di due perle (alleli) nelle parti analizzate (loci), ed escludendo la presenza di un qualsiasi artefatto dovuto al metodo analitico utilizzato, allora sarà possibile concludere che vi siano due o più DNA nella traccia analizzata (si parla in questo caso di una miscela di DNA).

eseguita. Ad esempio, il rischio di dichiarare erroneamente la presenza un dato allele quando in realtà il segnale registrato dall'apparecchiatura di laboratorio indica un artefatto, aumenta se l'analista è a conoscenza del profilo di un sospetto. Nel caso italiano contro Amanda Knox e Raffaele Sollecito, l'analista ha effettivamente affermato di essere a conoscenza del profilo dei sospetti nel momento in cui stava interpretando i risultati dei profitti del DNA nei reperti<sup>10</sup>. Il pregiudizio può verificarsi anche quando l'analista è pienamente consapevole di questo rischio<sup>11</sup>.

Naturalmente il fatto che un perito riporti alla Corte che tutti i protocolli eseguiti sono stati convalidati a livello internazionale (il che sottintende che le procedure offrirebbero una protezione contro gli errori), è condizione necessaria ma non sufficiente al fine di scongiurare possibili errori. Sarebbe come sostenere che «gli autori di questo capitolo potrebbero far atterrare con successo un Boing 747 semplicemente perché ci sono protocolli internazionali che dicono ai piloti come procedere.»<sup>12</sup> (a pag. 149).

L'accreditamento di un laboratorio non garantisce risultati corretti in un determinato caso, né d'altra parte va escluso che un lavoro corretto possa essere condotto anche in assenza di accreditamento. L'argomento è in realtà irrilevante in entrambi i casi. Ciò che conta davvero è se gli scienziati coinvolti siano effettivamente in grado di fare ciò che sostengono di saper fare. Probabilmente, sarebbe più pertinente informarsi sulle loro prestazioni nell'analisi delle prove in condizioni controllate, come nei test di competenza. Questo aspetto dovrebbe essere fortemente attenzionato dai giuristi in sede dibattimentale.

Non è tuttavia intenzione di chi scrive analizzare in modo dettagliato i protocolli adottati dai laboratori e discutere se essi siano o meno idonei a prevenire eventuali errori di analisi. L'attenzione sarà invece focalizzata - come sottolineato nella sezione introduttiva - su un altro aspetto che esula da quello analitico delle analisi di laboratorio e riguarda invece il tema della corretta valutazione di un risultato di analisi<sup>13</sup>. In altri termini, il fulcro essenziale di questo lavoro sarà focalizzato su *come calcolare il valore probatorio* da attribuire ai risultati delle analisi nel contesto preciso del caso in investigazione.

Con il termine 'qualità scientifica' non si fa riferimento al solo aspetto analitico delle attività di laboratorio o a quello svolto per la ricerca, la raccolta ed il trasporto del materiale potenzialmente probatorio. La 'qualità' deve estendersi all'*aspetto valutativo dei risultati*. Nulla di strano, visto che questo aspetto è uno dei requisiti essenziali caratterizzanti le attività peritali che il perito è chiamato a svolgere:

«[...] Sotto l'aspetto strutturale, la perizia è un atto processuale contenente una dichiarazione tecnica giurata in virtù della legge e per incarico del giudice, compiuta essenzialmente sulla base di elementi tecnici, che il perito valuta dopo averli egli stesso cercati, occorrendo.»<sup>14</sup> (pag. 150)

---

<sup>10</sup> Si veda, la sentenza della Corte di Assise di Perugia 4-5/12/2009, giudice Massei a p. 217.

<sup>11</sup> Si veda, a titolo illustrativo, gli esempi presentati in I.E. Dror, G. Hampikian, Subjectivity and bias in forensic DNA mixture interpretation. *Science & Justice* 51 (2011) 204-208.

<sup>12</sup> J. Vuille, A. Biedermann, F. Taroni, The importance of having a logical framework for expert conclusions in forensic DNA profiling: illustrations from the Amanda Knox case. In: Huff R.C., Killias M. (a cura di), *Wrongful convictions and miscarriages of justice: causes and remedies in North American and European criminal justice systems*, Routledge Chapman & Hall (2013) 137-159.

<sup>13</sup> La fase valutativa dei risultati è ancora assente dai protocolli di controllo qualità e di accreditazione. Solo gli aspetti puramente analitici ne fanno parte. Per una discussione su questo aspetto, si veda T. Hicks, A. Biedermann, F. Taroni, C. Champod, Problematic reporting in DNA cases: the need for accredited formats and certified reporting competence. *Forensic Science International: Genetics* 7 (2019) 205-207.

<sup>14</sup> I. Virotta, *La perizia nel processo penale italiano*. Cedam, Padova (1968). Si veda anche: D. Bielli, Periti e consulenti nel nuovo processo penale. *La Giustizia Penale* (1991), parte III 65-70.

L'aspetto valutativo della prova scientifica è stato inoltre sottolineato dalla Corte di Cassazione quando, il 27 marzo 2015, ha annullato la pronuncia di condanna nei confronti di Amanda Knox e Raffaele Sollecito per l'omicidio di Meredith Kercher, avvenuto il primo novembre 2007 a Perugia<sup>15</sup>. Scrive la Corte:

« La prova scientifica non può, infatti, ambire a un credito incondizionato di autoreferenziale attendibilità in sede processuale, per il fatto stesso che il processo penale ripudia ogni idea di prova legale. » (pag. 34)

Nello specifico, è d'interesse analizzare come questo aspetto valutativo della prova scientifica venga gestito dal perito. In altre parole, come viene valutato l'apporto informativo di una prova scientifica? Risulta dunque naturale chiedersi se una gestione errata della procedura valutativa possa causare errori giudiziari. Non crediamo sia nostro compito rispondere a questa domanda, ma è invece nostro dovere analizzare la situazione attuale e verificare se i periti gestiscano correttamente la fase di interpretazione rispettando le raccomandazioni pubblicate nelle riviste scientifiche o edite da organi internazionali, come per esempio le raccomandazioni pubblicate dalla *European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI)*<sup>16</sup>, nel suo documento di riferimento in materia valutazione della prova intitolato '*ENFSI guideline for evaluative reporting in forensic science*'<sup>17</sup>.

La Corte di Cassazione sottolinea l'importanza in ambito forense del rispetto dei protocolli internazionali. Nel giudizio del caso Kercher sopracitato, i giudici di legittimità hanno affermato:

« Si tratta [...] di accertare quale valenza processuale possano assumere gli esiti dell'indagine genetica svolta in un contesto di accertamenti e rilievi assai poco rispettosi delle regole consacrate dai protocolli internazionali e da quelle cui, ordinariamente, deve ispirarsi l'attività di ricerca scientifica. » (pag. 36).

Nella sentenza, la Corte Suprema di Cassazione ha infatti, a più riprese, sottolineato che gli standard scientifici internazionali in materia di gestione delle prove scientifiche (dalla ricerca sui luoghi del crimine alla fase valutativa) non siano stati adeguatamente seguiti dai vari esperti intervenuti nel caso.

Lo scopo di questo capitolo è dunque quello, da una parte, di sensibilizzare e sviluppare un senso critico rispetto alle conclusioni peritali e, dall'altra parte, quello di affermare la necessità del ricorso all'utilizzo di metodi probabilistici - come suggerito dalle linee guida dell'ENFSI - ai fini della quantificazione del valore probatorio dei reperti analizzati.

---

<sup>15</sup> Cass. pen., sez. V, 27/03/2015 (dep. 7/9/2015), n. 36080.

<sup>16</sup> Questo organo ufficiale europeo è l'interlocutore principale per tutti gli aspetti che concernono le scienze forensi. L'Italia ne riconosce ufficialmente l'importanza. Infatti, l'articolo 11 della legge che prevede l'istituzione della banca dati del DNA, e specifica le direttive su come analizzare i reperti di potenziale origine genetica, indica chiaramente che i soli parametri autorizzati sono quelli indicati dall'ENFSI. Il suo riconoscimento ufficiale è dunque chiaramente specificato e accettato. Si può infatti leggere nell'articolo 11: « L'analisi del campione e del reperto biologico ai fini della tipizzazione del profilo del DNA, destinato all'inserimento nella banca dati nazionale del DNA, è eseguita sulla base dei parametri riconosciuti a livello internazionale e indicati dall'*European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI)*, in modo da assicurare l'uniformità degli stessi ».

<sup>17</sup> Documento pubblicato nel 2015 che offre le linee guida per una corretta valutazione della prova scientifica. Il documento è disponibile al seguente indirizzo: [http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1\\_guideline.pdf](http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/m1_guideline.pdf). Queste linee guida sono state riprese e specificatamente sviluppate per la prova genetica del DNA. Si veda: P. Gill et al., DNA commission of the International society for forensic genetics: assessing the value of forensic biological evidence – Guidelines highlighting the importance of propositions. Part II: Evaluation of biological traces considering activity level propositions. *Forensic Science International: Genetics* 44 (2020) in press.

L'obiettivo è argomentare come l'applicazione del metodo di valutazione probabilistica della prova scientifica - con riferimento a una metrica conosciuta con il nome di 'rapporto di verosimiglianza' - possa contribuire a ridurre il numero di errori giudiziari. La spiegazione è duplice. Da un lato, essa offre la possibilità di cristallizzare i diversi ambiti di pertinenza dello scienziato forense e della Corte, illustrando come la valutazione del perito si possa inserire nel processo di gestione di tutta l'informazione a disposizione della Corte. Dall'altro lato, offre la possibilità di garantire nel rispetto delle regole internazionali - la scientificità e la logica della metodologia.

Il capitolo sarà strutturato nel seguente modo. Nella sezione 3 saranno illustrati gli elementi teorici alla base dell'approccio probabilistico e la metrica detta del 'rapporto di verosimiglianza'. Esempi di conclusioni peritali illogiche che non rispettano le regole del calcolo delle probabilità e che possono indurre in errore una Corte nel suo giudizio, saranno presentati e dettagliatamente discussi nella sezione 4.

Le sezioni 5 e 6 analizzeranno alcuni casi in modo più dettagliato al fine di illustrare come l'applicazione dell'approccio probabilistico possa permettere di evitare errori giudiziari. Infine, la sezione 7 concluderà il capitolo, con una discussione che mette l'accento sui punti fondamentali caratterizzanti il valore da attribuire alla prova scientifica che ogni Corte dovrebbe garantire.

### **3. Si utilizzino le probabilità per la gestione dell'incertezza e come supporto nei processi decisionali**

Come espresso in precedenza, il compito del perito è di assistere il giudice esprimendo la sua valutazione tecnica su aspetti ben precisi. Il perito deve assistere il giudice limitandosi ad offrire valutazioni su aspetti tecnici, e non sostituirsi ad esso dando conclusioni su aspetti d'interesse giuridico.

Oggigiorno, si osserva un crescente ricorso a dati statistici raccolti a partire da popolazioni di riferimento al fine di quantificare alcuni aspetti caratterizzanti la prova scientifica. Non è infrequente l'ammissione da parte di tribunali di mezzi di prova scientifici (come per esempio, la prova genetica del DNA), seppur rimarcando come la perizia possa offrire elementi informativi che tuttavia non rendono per nulla superfluo l'apprezzamento di tutte le altre informazioni raccolte nel procedimento. Testi giuridici sottolineano che i periti non devono sostituirsi al giudice e dare una conclusione sulle ipotesi d'interesse della Corte<sup>18</sup>.

Il perito deve dunque agire in questo contesto tenendo ben presente che le richieste cui potrebbe essere chiamato a rispondere in fase dibattimentale potrebbero (e dovrebbero) essere sempre molto dettagliate e che il rapporto peritale potrebbe essere passibile di pesanti critiche (da parte di giuristi preparati, dei media, ecc.) qualora non rispettasse un elevato standard di qualità<sup>19</sup>. Le conclusioni peritali possono senz'altro influenzare il processo decisionale del destinatario dell'informazione scientifica e per questo motivo devono essere ineccepibili, sia da un punto di vista scientifico che logico.

Ne consegue dunque la necessità pratica di (a) qualificare e quantificare l'incertezza relativa al legame analitico messo in evidenza tra le caratteristiche del reperto e quelle del sospetto (o di un attributo del sospetto); (b) valutare i risultati in modo critico; (c) mostrare trasparenza, uso di basi scientifiche e metodi razionali nelle procedure inferenziali.

---

<sup>18</sup> Si veda, per esempio, la giurisprudenza elvetica ZR 1992/93 n. 55.

<sup>19</sup> Si veda la critica rivolta dai giudici della Suprema Corte nel caso Knox/Sollecito.

Il problema che si pone è come far coesistere tutti questi aspetti in un modello che possa essere di ausilio per il giudice nella ricostruzione di un fatto ignoto (il crimine) occorso nel passato e permettere al perito di trasmettere un'informazione scientifica utile a permettere tale ricostruzione e in seguito una presa di decisione coerente sull'accaduto. Sempre in riferimento alla sentenza della Corte di Cassazione nel caso Knox/Sollecito, si può leggere:

« Del resto, nella procedura della logica induttivo-inferenziale, che consente di risalire dal fatto noto a quello ignoto da provare, il giudice, nella piena libertà di convincimento, può utilizzare qualsiasi elemento che faccia da ponte o collante tra i due fatti in questione e consenta di risalire da quello noto a quello ignoto, secondo parametri di ragionevolezza e buon senso. » (pag. 35).

Quali sono dunque i 'parametri di ragionevolezza e buon senso' idonei a realizzare o porre in essere un ragionamento inferenziale che a partire da un fatto ritenuto noto (i risultati analitici forniti dal laboratorio sul reperto e gli elementi di comparazione) possa consentire di risalire a un fatto ignoto (la colpevolezza dell'imputato)?

È immediato osservare come il primo aspetto (quello della 'ragionevolezza') si risolva semplicemente con l'impiego delle regole del calcolo delle probabilità e, in particolare, con l'applicazione della c.d. 'Formula di Bayes'<sup>20</sup>. In modo analogo all'osservazione di un indizio, il risultato dell'analisi genetica è in grado di influenzare il convincimento (libero e indipendente) del giudice su un fatto di interesse giuridico (per esempio, che il sospettato sia all'origine della traccia genetica osservata). Va detto che il metodo di apprendimento 'Bayesiano', filosoficamente e scientificamente non contestato, viene quotidianamente applicato nelle aule dei tribunali, come nei casi di paternità contestata, dove il risultato genetico incide sulla probabilità che il padre presunto sia il padre del bambino e conseguentemente sulla decisione che la Corte prenderà nel merito<sup>21</sup>.

Il secondo aspetto, quello legato al 'buon senso', permette invece di ricordare - a sostegno dell'argomentazione principale - come la comprensione di fatti accaduti nel passato sia per definizione incompleta, l'incertezza associata ad una loro ricostruzione sia inevitabile e che il calcolo delle probabilità rappresenti l'unico strumento per misurarla razionalmente. Si veda a titolo d'esempio la conclusione cui è giunto Pierre-Simon Marquis de Laplace nella parte finale del suo lavoro *Un essai philosophique sur les probabilités*<sup>22</sup>:

« On réalise en fin de compte que la théorie des probabilités n'est tout simplement que le bon sens réduit à un calcul. Elle nous fait apprécier avec exactitude ce que l'esprit bien fait sent déjà par une sorte d'instinct, souvent sans être capable d'en rendre compte. [...] Il est remarquable que cette science soit devenue l'objet le plus important de la connaissance humaine. Les questions les plus importantes de la vie ne sont en réalité, pour l'essentiel, que des problèmes de probabilité. On peut même dire, à parler en rigueur, que presque toutes nos connaissances ne sont que probables ; et dans le petit nombre de choses que nous pouvons savoir avec certitude, dans les sciences mathématiques elles-mêmes, les principaux moyens de parvenir à la vérité, l'induction et l'analogie, se fondent sur les probabilités, en sorte que le système entier des connaissances humaines se rattache à la théorie exposée dans cet essai. » (pag. 507)

---

<sup>20</sup> Il lettore interessato a uno sviluppo dettagliato della formula di Bayes e della sua giustificazione in ambito forense, può far riferimento a F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (a cura di), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74.

<sup>21</sup> Per approfondimenti sull'applicazione del metodo Bayesiano in ambito forense, si veda C.G.G. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientist*. 2<sup>nd</sup> Edition, Chichester (2004) e P. Garbolino, *Probabilità e logica della prova*. Giuffrè Editore, Milano (2014).

<sup>22</sup> P.-S. M. de Laplace, *Un essai philosophique sur les probabilités*. In S. Hawking (a cura di), *Et Dieu créa les nombres*. Dunod, Paris (2006) 412-507.

Questi aspetti rappresentano il punto di partenza delle linee guida internazionali dell'ENFSI. Nel testo viene espressamente dichiarato che

« Evaluation of forensic science findings in court uses probability as a measure of uncertainty. This is based upon the findings, associated data and expert knowledge, case specific propositions and conditioning information. » (ENFSI Guideline, Punto 2.3, pag. 6)<sup>23</sup>

e

« Evaluation will follow the principles outlined in Guidance note 1 (refer to paragraph 4.0). It is based on the assignment of a likelihood ratio. Reporting practice should conform to these logical principles. This framework for evaluative reporting applies to all forensic science disciplines. The likelihood ratio measures the strength of supporting the findings provided to discriminate between propositions of interest. It is scientifically accepted, providing a logically defensible way to deal with inferential reasoning. » (ENFSI Guideline, Punto 2.4, pag. 6)

Oltre a sottolineare la necessità dell'uso delle probabilità per la gestione dell'incertezza, le linee guida riconoscono il ruolo prioritario del 'rapporto di verosimiglianza' (in inglese, *likelihood ratio*) per quantificare il valore informativo dei risultati d'analisi.

Prima di definire ed illustrare il ruolo fondamentale svolto dal rapporto di verosimiglianza per la valutazione della prova scientifica, è utile formalizzare brevemente gli elementi essenziali che entrano in gioco: i) le ipotesi a confronto,  $H_1$  e  $H_2$ ; ii) l'evidenza scientifica,  $E$ ; iii) le informazioni a disposizione per il caso in esame,  $B$ .

Da una parte, lo scienziato forense, partendo dai risultati delle analisi di laboratorio  $E$ , sarà chiamato a quantificare la probabilità di osservare tale evidenza scientifica  $E$  se è vera l'ipotesi del Pubblico Ministero,  $Pr(E|H_1, B)$ , e la probabilità di osservare la stessa se è vera l'ipotesi alternativa della Difesa,  $Pr(E|H_2, B)$ . Dall'altra parte, è interesse della Corte raccogliere elementi che possano metterla in condizione di poter discriminare tra le ipotesi a confronto ( $H_1$  e  $H_2$ ), tenendo conto di tutte le informazioni disponibili ( $B$ ) e dell'evidenza scientifica, vale a dire dei risultati di laboratorio ottenuti a partire dall'analisi delle tracce raccolte ( $E$ ). In altre parole, alla Corte interessa conoscere come poter aggiornare il proprio stato di incertezza iniziale alla luce dei risultati sperimentali.

A questo scopo, un ruolo fondamentale è svolto dal teorema di Bayes, elemento cardine della teoria del calcolo delle probabilità, che illustra come sia possibile aggiornare le proprie credenze iniziali (dette 'a priori') sulle tesi delle parti,  $Pr(H_1|B)$  e  $Pr(H_2|B)$ , cioè prima d'aver acquisito le informazioni scientifiche sulla spiegazione d'interesse, alla luce dei dati scientifici acquisiti,  $E$ . Si ricordi che la notazione  $Pr$  rappresenta la 'probabilità', la barra verticale indica il condizionamento e la parentesi ingloba gli eventi presi in considerazione. Si parla dunque della probabilità di un certo evento (quello a sinistra della barra verticale di condizionamento) alla luce dell'evento o degli eventi che appaiono a destra della barra di condizionamento. Lo stato di incertezza iniziale è pertanto condizionato alle informazioni di base  $B$  a disposizione della Corte (altri indizi scientifici, testimonianze, ecc.). Una semplice applicazione del teorema di Bayes. consente di aggiornare le credenze 'a priori' sulle ipotesi, e quantificare le cosiddette credenze 'a posteriori',  $Pr(H_1|E, B)$  e  $Pr(H_2|E, B)$ , vale a dire dopo aver acquisito i risultati di laboratorio. Si noti come a destra del condizionamento ( $|$ ) si sia aggiunta la lettera  $E$  per sottolineare che dapprima la probabilità delle tesi  $H$  si basa ormai su un nuovo stato di conoscenza dettato dalle informazioni di base  $B$  e dai risultati scientifici  $E$ .

---

<sup>23</sup> La teoria delle probabilità dev'essere lo standard per la gestione dell'incertezza a fine decisionali. P. Garbolino, *Probabilità e logica della prova*. Giuffrè editore, Milano (2014) afferma che « [...] in base alle conoscenze che noi oggi possediamo, il miglior ragionamento plausibile che il giudice possa impiegare per valutare le prove sia il ragionamento probabilistico, quel ragionamento cioè che obbedisce alle leggi logiche del calcolo delle probabilità. » (pag. xii).

Si consideri il seguente risultato, che può essere ottenuto dividendo le probabilità a posteriori delle due ipotesi a confronto ottenute come diretta applicazione del teorema di Bayes<sup>24</sup>:

$$\frac{Pr(H_1|E, B)}{Pr(H_2|E, B)} = \frac{Pr(H_1|B)}{Pr(H_2|B)} \times \frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} \quad (1)$$

Si tratta della formulazione *quote-verosimiglianza* del teorema di Bayes, che permette di fornire qualche consiglio utile per le scienze forensi. Da una parte, le *quote a posteriori* e le *quote a priori*, date rispettivamente dal rapporto tra le probabilità a posteriori,  $Pr(H_1|E, B)$  e  $Pr(H_2|E, B)$ <sup>25</sup>, e dal rapporto tra le probabilità a priori,  $Pr(H_1|B)$  e  $Pr(H_2|B)$ , delle ipotesi a confronto. Dall'altra, il rapporto di verosimiglianza, dato dal rapporto tra le probabilità dell'evidenza scientifica date le ipotesi a confronto,  $Pr(E|H_1, B)$  e  $Pr(E|H_2, B)$ . Dall'Eq. (1), si osserva come il rapporto di verosimiglianza sia quel fattore che permette, attraverso una semplice moltiplicazione, il passaggio dalla situazione detta 'a priori', che rappresenta lo stato di conoscenza prima dell'acquisizione della prova scientifica sulle ipotesi espresse dalle parti (il Pubblico Ministero e la Difesa), e descritta dalle *quote a priori*, a quella detta 'a posteriori', che rappresenta il nuovo stato di conoscenza in favore delle spiegazioni delle parti dopo l'acquisizione delle prove scientifiche, descritta dalle *quote a posteriori*.

Il rapporto di verosimiglianza rappresenta la metrica cui fare ricorso al fine di valutare l'apporto informativo di un risultato scientifico<sup>26</sup>.

Il tribunale è interessato all'assegnazione di un '*grado di prova*' ai profili genetici osservati dal laboratorio o a qualsiasi altro elemento analizzato. Il rapporto di verosimiglianza permette di quantificare questo 'grado di prova', cioè di rispondere alla domanda 'Qual è la capacità dei risultati delle analisi di contribuire a distinguere tra le diverse tesi sostenute dalle parti?'

Qualsiasi discorso sul valore probatorio dei risultati scientifici richiede quindi una definizione precisa delle tesi di interesse ( $H$ ). Questo significa che i risultati scientifici ( $E$ ) non hanno un valore intrinseco che gli scienziati che conducono esami su materiale e oggetti sequestrati potrebbero derivare indipendentemente dal caso in esame<sup>27</sup>. Il valore dei risultati analitici di laboratorio non può essere avulso dal contesto.

A questo proposito, le linee guida emanate dall'ENFSI affermano quanto segue:

---

<sup>24</sup> Si veda F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (a cura di), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74 per uno sviluppo formale della formula.

<sup>25</sup> Si noti la presenza dell'informazione di base  $B$  sia nel condizionamento del rapporto tra le probabilità a priori sia in quello del rapporto di verosimiglianza. In verità, la tipologia di informazioni a cui si fa riferimento nei due rapporti è differente. Da una parte, vi sono le informazioni non scientifiche a disposizione della Corte. Dall'altra, le informazioni a disposizione del perito. La scelta di una notazione uniforme è stata effettuata per semplificare la formulazione matematica. Il lettore interessato può consultare C.G.G. Aitken, A. Nordgaard, The roles of participants' differing background information in the evaluation of evidence. *Journal of Forensic Sciences* 63 (2017) 648-649 per una discussione dettagliata.

<sup>26</sup> Questo aspetto non desta preoccupazione nemmeno nella letteratura giuridica italiana specializzata. Si veda G. Ubertis, *Profili di epistemologia giudiziaria*. Giuffrè Editore, Milano (2015) : « [...] conclusione probatoria, al cui ottenimento è altresì di ausilio il teorema di Bayes, funzionale alla valutazione dei singoli esperimenti [...] che all'ipotesi [...] » (p. 113).

<sup>27</sup> Si veda, sia B. Robertson, G.A. Vignaux, *Interpreting evidence: evaluating forensic science in the courtroom*. John Wiley & Sons, Chichester (1995) che B. Robertson, G.A. Vignaux, C.E.H. Berger, *Interpreting evidence: evaluating forensic science in the courtroom*. 2nd edn, John Wiley & Sons, Chichester (2016).

« The key issue(s) in the case will be established by: (a) considering all available, relevant information and, where necessary, requesting additional information, (b) agreeing by discussing - when possible or necessary - with the relevant mandating authority or party (e.g., magistrate, prosecution or defence team). » (ENFSI Guideline, Punto 3.1, pag. 7)

Le questioni chiave richiamate dalle linee guida rappresentano gli aspetti essenziali del caso in esame di interesse per la Corte, in quanto forniscono il quadro generale all'interno del quale vengono formalmente definite le richieste ai periti e specificate le ipotesi (tesi) d'interesse per le parti.

« On the basis of the case circumstances and the agreed key issue(s), competing propositions at a given level in the hierarchy are set [guidance note 2]<sup>28</sup>. Propositions set should ideally not be changed at any stage unless: key issues in the case change and/or the conditioning information changes and/or forensic findings lead to new investigative avenues. » (ENFSI Guideline, Punto 3.2, pag. 7)

Un punto cruciale è dunque la definizione delle ipotesi in relazione alle quali saranno valutati i risultati scientifici. Siamo interessati a sapere se il Sig. X è all'origine del DNA raccolto sui luoghi del crimine, se il Sig. X è all'origine della traccia prelevata sui luoghi del crimine, o siamo piuttosto interessati a sapere se il Sig. X ha commesso una determinata azione? Le ipotesi ora elencate mettono in evidenza un legame via via più forte con la persona sospettata. Dapprima un potenziale legame con del DNA ritrovato ma che potrebbe non provenire dalla traccia o non essere connesso all'azione criminale. Con la seconda ipotesi (il Sig. X è o meno all'origine della traccia prelevata sui luoghi del crimine), l'interesse si focalizza sulla fonte della traccia che potrebbe non essere stata lasciata in concomitanza del crimine. Con la terza ipotesi, infine, l'interesse si focalizza su delle azioni che potrebbero spiegare la presenza della traccia sui luoghi. Si noti come quest'ultima situazione offra un legame più interessante con il sospetto, perché mette in evidenza il suo potenziale legame con un'azione d'interesse per la Corte e non solo con del DNA o con una traccia che potrebbero non avere un legame con il crimine. Queste osservazioni mettono dunque in evidenza come l'incertezza possa indirizzarsi verso tesi che si riferiscono, rispettivamente, a una sub-origine (DNA), a un'origine (traccia) e a un'attività (azione).

L'articolo fondamentale che suggerisce l'inquadramento delle ipotesi in modo gerarchico, a seconda delle circostanze di un caso in esame e dunque delle questioni chiave, è quello di Cook e coautori (1998)<sup>29</sup>.

La specificazione di (almeno) una coppia di proposizioni alternative (nello specifico,  $H_1$  e  $H_2$ ), è un requisito necessario per una valutazione equilibrata, logica e trasparente dei risultati analitici (si tratti di profili DNA, o di caratteristiche di fibre tessili o impronte digitali) e, per questo motivo, è stata designata come uno dei principi chiave della valutazione forense<sup>30</sup>.

Tuttavia, è d'obbligo sottolineare con forza come non sia compito del perito esprimersi su un'ipotesi, ad esempio se un determinato sospettato sia (o non sia) la fonte di reperto, alla luce dell'evidenza scientifica. Tali conclusioni possono essere tratte solo dai giudici poiché richiedono l'esame (e la valutazione) del caso nel suo insieme. Il fatto che un perito disponga dei risultati scientifici, non lo mette in condizione di potersi esprimere sulle ipotesi.

Questo aspetto traspare chiaramente dalla Formula di Bayes in termini di quote-verosimiglianza illustrata in precedenza (Eq. (1)): la credenza a favore di un'ipotesi in

<sup>28</sup> La 'Guidance note 2' afferma: « Forensic practitioners have a duty to help the court by explaining the significance of their findings within the context of the case. » (a p. 11).

<sup>29</sup> R. Cook, I.W. Evett, G. Jackson, P.J. Jones, J.A. Lambert, A hierarchy of propositions: deciding which level to address in casework, *Science & Justice*, 38 (1998) 231-239.

<sup>30</sup> I.W. Evett, B.S. Weir, *Interpreting DNA evidence*. Sinauer Associates, Sunderland (1998).

particolare necessita non solo della quantificazione dell'apporto informativo della prova scientifica, ma anche di quello 'a priori' basato su tutte le altre informazioni a disposizione del tribunale e non del perito (ad esempio, altre testimonianze e informazioni raccolte dagli investigatori). Questo può aiutare a chiarire quanto affermato all'inizio di questa sezione in merito al fatto che i periti non debbano sostituirsi al giudice e dare conclusioni sulle ipotesi d'interesse della Corte.

Invece, e questo è un altro principio chiave della valutazione forense, i periti dovrebbero concentrarsi sulle probabilità dei risultati condizionatamente alle ipotesi a confronto, cioè al calcolo del rapporto di verosimiglianza. Si tratta di un approccio comparativo nel quale i periti considerano se i loro risultati sono più probabili sotto l'ipotesi del Pubblico Ministero piuttosto che sotto l'ipotesi l'alternativa della Difesa; questo rapporto tra due probabilità esprime il 'grado di prova'. Se le parti fossero interessate a determinare l'origine di una traccia, cioè a decidere se il sospetto sia la fonte del reperto o se qualcun altro ne sia all'origine, allora - per una corretta valutazione dei risultati d'analisi, il perito dovrebbe rispondere alle seguenti domande:

1. Qual è la probabilità di ottenere il risultato scientifico osservato (ad esempio, la corrispondenza riportata tra i profili genetici del DNA) se l'indagato è la fonte del reperto ritrovato sui luoghi del crimine, date tutte le informazioni di cui dispone sul caso? (tesi esposta dal Pubblico Ministero);
2. Qual è la probabilità di ottenere il risultato scientifico osservato (ad esempio, la corrispondenza riportata tra i profili genetici del DNA) se l'indagato non è la fonte del reperto ritrovato sui luoghi del crimine (un'altra persona è la fonte del reperto), date tutte le informazioni di cui dispone sul caso? (tesi esposta dalla Difesa);
3. Sotto quale delle due tesi è più probabile il risultato scientifico osservato?

Ogni volta che, in risposta alla domanda 3, lo scienziato valuti che l'osservazione scientifica sia più probabile sotto una tesi piuttosto che sotto una tesi alternativa, si dice che il risultato scientifico sostiene la rispettiva tesi. Il grado di sostegno è dato dalla grandezza relativa delle due probabilità assegnate come risposta alle domande 1 e 2 sopra illustrate. Un valore del rapporto di verosimiglianza superiore a 1 andrà a sostegno dell'ipotesi  $H_1$  del Pubblico Ministero, che caratterizza il numeratore; vice versa, un valore del rapporto di verosimiglianza inferiore a 1 andrà a sostegno dell'ipotesi alternativa  $H_2$  della Difesa, che caratterizza il denominatore. Si noti che il valore è detto 'neutro' se è uguale a 1; in questo caso le osservazioni sono equamente probabili sotto le due ipotesi.

È importante sottolineare che questo valore numerico non è un'espressione probabilistica per una determinata tesi, ma un'indicazione del grado di sostegno offerto dai risultati scientifici a quella data ipotesi comparata a un'ipotesi alternativa.

Errori legati all'interpretazione errata della probabilità dei risultati scientifici data una certa ipotesi da una parte, e della probabilità di una certa ipotesi dati i risultati scientifici dall'altra, hanno una lunga storia sia nella teoria che nella pratica forense e sono stati descritti ripetutamente nella letteratura scientifica e giuridica specializzata<sup>31</sup>. Questo aspetto o argomento sarà trattato dettagliatamente nella prossima sezione di questo capitolo.

---

<sup>31</sup> Si veda, a titolo d'esempio, W.C. Thompson, E.L. Schumann, Interpretation of statistical evidence in criminal trials. The prosecutor's fallacy and the defence attorney's fallacy. *Law and Human Behaviour* (1987) 167-187; D.H. Kaye, DNA evidence: probability, population genetics, and the courts. *Harvard Journal of Law & Technology* 7 (1993) 101-172; J.J. Koehler, Error and exaggeration in the presentation of DNA evidence: irrelevant and prejudicial. *Jurimetrics Journal* 34 (1993) 21-39; I.W. Evett, Avoiding the transposed conditional. *Science & Justice* 35 (1995) 127-131.

#### 4. Si legga e si analizzi alla luce del modello probabilistico quanto scritto dai periti per evitare incomprensioni

Sulla base dei principi inferenziali presentati nella sezione 3 e riassunti con la breve descrizione dello schema di apprendimento Bayesiano, Eq. (1), si analizzino certe conclusioni peritali e si verifichi se il perito abbia o meno valutato - come richiesto dalla giurisprudenza, dalla definizione del suo ruolo come indicato nelle linee guida internazionali - l'elemento di prova scientifico. Questo schema logico di apprendimento potrà essere di ausilio ai fini del riconoscimento di eventuali errori commessi.

Si consideri la seguente l'affermazione<sup>32</sup>:

- « *Le caratteristiche del profilo genetico del sospetto si ritrovano tra gli alleli che caratterizzano il profilo della traccia; è dunque molto probabile che la traccia appartenga al sospetto.* ».

La prima parte della frase fa riferimento ai risultati analitici del laboratorio. Una corrispondenza tra le caratteristiche genetiche del reperto e quelle del sospetto è stata osservata. Partendo dal presupposto che questa osservazione sia analiticamente corretta e che non vi siano errori d'analisi, il perito, per il momento, non assolve completamente al suo compito poiché non valuta l'osservazione fatta. Aspetto, questo, che appare invece nella seconda parte della frase del perito, e che sarà ora analizzato. A quale evento fa riferimento l'espressione '*è dunque molto probabile*'? Fa riferimento all'osservazione dei risultati sul reperto, o all'ipotesi espressa dal Pubblico Ministero, cioè che la traccia appartenga al sospetto?

La quantificazione probabilistica si riferisce espressamente all'ipotesi, in questo caso quella dell'Accusa. Oltre al fatto che al perito sia vietato da un punto di vista procedurale esprimere un'opinione al di fuori della sua area di competenza, l'affermazione è sostanzialmente priva di fondamento poiché non è specificato quale sia l'ipotesi alternativa e perché tale ipotesi alternativa debba essere considerata appropriata nel caso in esame.

Il perito deve sempre esprimersi sulle osservazioni e mai sulle ipotesi<sup>33</sup>. Non avendo a disposizione tutte le informazioni sul caso in esame, ma unicamente quelle scientifiche sui reperti analizzati, il perito dovrà esprimersi sul rapporto di verosimiglianza, come sottolineato dalle linee guida europee e schematizzato attraverso le tre domande riportate nella precedente sezione 3. Dovrà innanzitutto chiaramente specificare quali siano le due ipotesi d'interesse formulate delle parti e in seguito quantificare la probabilità di osservare certi risultati nel caso in cui la prima ipotesi sia vera, e la probabilità di osservare gli stessi risultati nel caso in cui la seconda ipotesi sia vera. In seguito, egli dovrà calcolare il valore del rapporto tra queste due probabilità condizionate e indicare se tale valore supporti la prima o la seconda ipotesi. Si noti che il valore calcolato misura il grado di supporto a un'ipotesi e non indica se un'ipotesi sia più (o meno) probabile di un'altra. Il valore indica sotto quale delle due ipotesi si spiega meglio l'elemento scientifico.

---

<sup>32</sup> Si noti che tutti questi esempi sono tratti da relazioni peritali redatte da scienziati nominati da Corti di giustizia in procedimenti penali riguardanti casi italiani.

<sup>33</sup> Il perito deve esprimersi sul valore delle osservazioni date le ipotesi dichiarate dalle parti, non sul valore da attribuire alle ipotesi stesse, anche nel caso in cui questo sia esplicitamente richiesto durante il contraddittorio in aula. Si veda il seguente documento tratto dalla Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.I.P) contro Raniero Busco, documento 'Il presente procedimento e la consulenza biologica del 3/9/2007'. La domanda dell'Avvocato difensore: « [...] io vorrei sapere, se è possibile, quanti di questi reperti, cioè la saliva o il sudore rilasciati su questi reperti, quanti sono effettivamente e sicuramente attribuibili al Busco, quanti sono incerti e quanti sono compatibili. » (pag. 97).

Altri esempi ricorrenti di tale errore logico - conosciuti sotto l'appellativo di 'trasposizione del condizionale' (*transposed conditional*) o 'errore del procuratore' (*prosecutor's fallacy*) perché fa riferimento a una valutazione dell'ipotesi invece che al valore probatorio dei risultati delle analisi - sono i seguenti:

- « *Il risultato è compatibile con il profilo del Sig. X.; il sospetto è dunque all'origine della traccia.* »

e, in modo analogo, per quanto concerne l'analisi genetica del cromosoma Y:

- « *L'analisi del cromosoma Y ha permesso la determinazione dell'aplotipo Y relativo al DNA estratto dalla traccia. Questo risultato conferma anche la presenza del DNA appartenente al sospetto nella traccia analizzata, poiché l'aplotipo Y ottenuto è uguale a quello appartenente al sospetto.* ».

Si noti inoltre che in questi due esempi, il perito trae una conclusione sull'appartenenza della traccia (tesi dell'Accusa). Non vi sono assegnazioni probabilistiche, ma una presa di decisione sull'origine stessa della traccia. È palese la totale incompatibilità di questa affermazione peritale con il ruolo del perito.

E se un perito affermasse, come si può sovente leggere nelle perizie, che « [...] *le caratteristiche osservate nel reperto sono compatibili con quelle presenti nell'elemento di comparazione proveniente dal sospetto.* »<sup>34</sup>, questa conclusione potrebbe indurre in errore una Corte?<sup>35</sup> Affermare che determinate caratteristiche sono compatibili con quelle del sospetto, indica solamente che la probabilità di osservare queste caratteristiche se esse provengono dal sospetto (numeratore del rapporto di verosimiglianza) è maggiore di 0, e dunque che l'evento non è impossibile. L'affermazione non dice nulla sulla probabilità di osservare queste caratteristiche se esse provengono da un'altra fonte (ipotesi alternativa). Il perito non offre una valutazione né del numeratore, né del denominatore del rapporto di verosimiglianza, non specificando nemmeno quale sia l'ipotesi alternativa d'interesse.

Conclusioni di questo tipo possono certamente indurre in errore, veicolando il messaggio che la corrispondenza tra le caratteristiche osservate e i comportamenti, senza dubbio, il coinvolgimento del sospetto.

Dire se queste conclusioni possano successivamente alimentare un errore giudiziario, esula dalle competenze di chi scrive. Rimane tuttavia incontestabile che il messaggio trasmesso alla Corte non è linea con le raccomandazioni espresse nelle linee guida dell'ENFSI.

---

<sup>34</sup> In riferimento alla Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.1.P) contro Raniero Busco, documento 'In dibattimento, 7/10/2010 pp. 38 e segg.', si può leggere: « Vi è compatibilità fra le misure lineari ottenute dal RIS dalla ferite del capezzolo sinistro di Simonetta Cesaroni e quelle delle zone di incisione dei denti del Busco. » (pag. 53).

<sup>35</sup> Sempre in riferimento alla Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.1.P) contro Raniero Busco, documento 'In dibattimento, 7/10/2010 pp. 38 e segg.', si può leggere: « [...] in conclusione si può affermare che il morso di Raniero Busco si caratterizza per: unicità, le caratteristiche di posizione, di rotazione, di rapporti interclusali rendono il morso del Busco, rarissimo; stabilità, il posizionamento della relazione dei denti anteriori rilevante ai fini del presente confronto è rimasto stabile nel corso dei diciotto anni intercorsi fra l'omicidio e il rilievo dell'impronta; compatibilità, gli esami eseguiti hanno dimostrato la compatibilità fra le lesioni presenti sul capezzolo sinistro di Simonetta Cesaroni e il morso di Raniero Busco. » (pag. 62).

Un altro elemento sul quale si desidera riporre l'accento, riguarda i dati statistici espressi in termini di frequenze relative sull'occorrenza delle caratteristiche osservate nel reperto in una data popolazione, cui si fa sovente ricorso nelle conclusioni peritali. Non è infrequente leggere frasi di questo tipo: « *La frequenza di un tale profilo genetico [quello corrispondente al sospetto] nella popolazione italiana è di circa  $1 \times 10^{-18}$ .* » Alla quantificazione della frequenza relativa viene sovente fatta seguire un'ulteriore affermazione attraverso la quale il perito identifica l'origine della traccia: « *Detto profilo genetico è pertanto riferibile ad un unico individuo.* »

Per quanto concerne quest'ultima, sono valide le osservazioni precedenti che sottolineano che tali affermazioni rappresentino una decisione e si riferiscano a ipotesi che per una corretta valutazione necessitano di informazioni circostanziali oltre a quelle scientifiche, cui il perito non ha verosimilmente accesso.

Per quanto concerne il dato numerico - come già analizzato in un precedente articolo<sup>36</sup> - la giustificazione di questo valore è estremamente difficile, se non impossibile. Questo è in larga parte dovuto al fatto che il modello genetico adottato non è sufficientemente robusto per garantire l'esattezza del calcolo e l'attendibilità di un tale valore<sup>37</sup>.

Quello che è interessante capire è se questo valore - anche se correttamente calcolato - permetta di quantificare la forza del legame osservato tra le caratteristiche riscontrate nel reperto e nell'elemento comparativo. La risposta è negativa, perché questo valore quantifica semmai il solo denominatore del rapporto di verosimiglianza e non offre alcuna quantificazione della probabilità al numeratore dello stesso. Di conseguenza, il perito non offre un'informazione utile alla Corte a sostegno di una o dell'altra ipotesi<sup>38</sup>.

Va infine aggiunto che il valore di frequenza relativa permette di informare il denominatore del rapporto di verosimiglianza solo se le ipotesi d'interesse si riferiscono all'origine del reperto. Qualora l'interesse della Corte fosse orientato verso ipotesi che fanno riferimento ad azioni, il ruolo della frequenza relativa rimarrebbe marginale. Chiariremo ulteriormente questo aspetto nella sezione 5.

---

<sup>36</sup> F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (a cura di), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74.

<sup>37</sup> Il lettore interessato potrà far riferimento alla Sezione 5.3 del testo F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (a cura di), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74.

<sup>38</sup> Succede inoltre che valori numerici siano presentati come quantificazione delle probabilità delle ipotesi, commettendo così l'errore logico di trasposizione del condizionale. Un esempio è riportato nella Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.1.P) contro Raniero Busco, documento 'Il presente procedimento e la consulenza biologica del 3/9/2007'. La domanda dell'Avvocato difensore: « [...] la probabilità che il misto evidenziato nelle tracce sia costituito da materiale genetico appartenente alla vittima e a Raniero Busco, contro quella che il materiale della vittima sia frammisto ad un soggetto preso a caso nella popolazione è di un milione di miliardi di volte più probabile. » (pag. 97). Cos'è un milione di miliardi più plausibile? L'osservazione della mistura dei profili genetici, o quella dell'ipotesi del Pubblico Ministero? In riferimento a quanto scritto nella sezione 4, appare chiaro che in questa occasione il perito non si riferisce al valore del rapporto di verosimiglianza, bensì al rapporto tra le probabilità delle ipotesi, commettendo così l'errore logico di trasposizione del condizionale. Appare inoltre problematico, come già evidenziato nel testo, poter giustificare il valore di 'un milione di miliardi'. Per una discussione approfondita su questo aspetto, si rinvia ancora il lettore alla Sezione 5.3 del testo F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (a cura di), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74 e a tutti i riferimenti bibliografici riportati.

## 5. Che gli scienziati forensi applichino l'approccio probabilistico per evitare errori giudiziari

Al fine di illustrare come lo scienziato forense dovrebbe presentare i risultati nel suo rapporto peritale se seguisse le linee guida dettate dall'ENFSI, che suggeriscono di presentare i risultati attraverso un rapporto di verosimiglianza, si consideri il seguente caso dove i risultati di analisi genetiche su delle tracce sono ammessi nel procedimento penale. Le circostanze qui descritte sono basate su un caso reale<sup>39</sup> e possono essere riassunte come segue: il 31 dicembre, durante una festa privata, la Signora Rossi non si è sentita bene. Il padrone di casa, il Signor Bianchi, si è permesso di portare la Signora Rossi in una delle camere da letto al piano superiore del suo appartamento al fine di farla sdraiare. Al termine della serata tutti gli ospiti, eccetto la Signora Bianchi, hanno lasciato la festa. Durante la notte, entrambe le parti concordano sul fatto che il signor Bianchi si sia preso cura della Signora Rossi mentre non stava bene (la Signora Rossi ha anche vomitato più volte).

Secondo la Signora Rossi, qualcuno le ha tolto la biancheria intima mentre si trovava a letto in stato di semi-coscienza, l'ha accarezzata e ha poi inserito le proprie dita nella sua vagina. La Signora Rossi è convinta che sia stato il Signor Bianchi ad aggredirla, ed ha riferito l'accaduto alla polizia 6 ore dopo i presunti fatti. La polizia si è recata immediatamente dal Signor Bianchi per un interrogatorio e per una ricerca di eventuali tracce di origine biologica.

Il Signor Bianchi ha dichiarato di essere stato nella stanza dove dormiva la Signora Rossi, ma ha negato d'averla aggredita sessualmente. Egli ha affermato tuttavia che la Signora ha vomitato in bagno, e di essersi preso di cura di lei in quel frangente. In particolare, ha riferito di averle liberato la fronte dai capelli che le coprivano il volto per impedirle di vomitare sugli stessi. Ha riferito inoltre d'averla aiutata a stendersi a letto, d'averla controllata più volte durante la notte e in un'occasione d'averla aiutata a sistemarsi in posizione laterale per evitare che il suo vomito le impedisse di respirare. Il Signor Bianchi ha inoltre dichiarato di aver raccolto i vestiti della Signora Rossi, che quest'ultima aveva lasciato sul pavimento. Il Signor Bianchi ha negato fortemente il resoconto dato dalla Signora Rossi sull'aggressione sessuale.

Alla ricerca di potenziali informazioni utili per la ricostruzione dei fatti contestati, la polizia ha effettuato dei prelievi sotto le unghie del Signor Bianchi alla ricerca di materiale di origine biologica per una successiva analisi del DNA, al fine di verificare la presenza di un profilo estraneo al suo ed eventualmente corrispondente a quello della Signora Rossi.

I risultati sul DNA trovato sotto le unghie del Signor Bianchi hanno evidenziato la presenza di una mistura di DNA con un profilo femminile completo corrispondente a quello della Signora Rossi oltre a un profilo corrispondente a quello del Signor Bianchi.

Prima di analizzare questo caso, è necessario un chiarimento terminologico che avrà un impatto sul processo di valutazione del risultato scientifico prodotto dal laboratorio. Quando due profili genetici presentano le medesime caratteristiche analitiche (chimiche, biologiche, fisiche), si dice che i due profili 'corrispondono'. Il termine 'corrispondenza' è tuttavia improprio, poiché una corrispondenza tra due elementi comparativi rappresenta una conclusione dipendente dal livello di dettaglio dell'osservazione. Nella migliore delle ipotesi, è possibile affermare soltanto che i due profili osservati sono 'segnalati come indistinguibili' in considerazione del particolare sistema di misurazione scelto nel caso in esame. Pertanto, una *corrispondenza segnalata* è

---

<sup>39</sup> R vs. Weller [2010] EWCA Crim 1085 (UK).

un'osservazione che comporta un giudizio personale da parte dell'osservatore, che deve essere accompagnato da un ineludibile elemento di incertezza, come verrà illustrato di seguito.

Va inoltre segnalato un altro aspetto non secondario. Una 'corrispondenza' riportata dal laboratorio tra le caratteristiche genetiche di una traccia e di un campione di riferimento non esprime di per sé il valore probatorio della stessa. A tal fine è indispensabile una presa in carico del fattore incertezza secondo i dettami di un approccio più formale (si vedano le sezioni 3 e 4), ed in particolare di un approccio probabilistico. Quest'ultimo può portare a sviluppi computazionalmente impegnativi a seconda del tipo di traccia, della struttura delle popolazioni di riferimento o delle proposizioni alternative avanzate nel caso in esame.

Come indicato nelle linee guida dell'ENFSI, la prima tappa del processo valutativo richiede la definizione delle (almeno) due ipotesi d'interesse per le parti.

Immaginiamo che il Pubblico Ministero sia interessato all'ipotersi che il profilo DNA completo osservato sotto le unghie del Signor Bianchi provenga dalla Signora Rossi. Immaginiamo che la Difesa attesti invece che il profilo DNA completo osservato sotto le unghie del Signor Bianchi non provenga dalla Signora Rossi, bensì da una terza persona sconosciuta.

Sarà compito del perito rispondere alle seguenti domande al fine di calcolare un rapporto di verosimiglianza, come espresso nelle linee guida:

- 1) Qual è la probabilità di osservare questo profilo DNA completo sotto le unghie del Signor Bianchi, se esso proviene dalla Signora Rossi?
- 2) Qual è la probabilità di osservare questo profilo DNA completo sotto le unghie del Signor Bianchi, se esso non proviene dalla Signora Rossi, ma proviene da una terza persona sconosciuta?

Se il profilo genetico proviene effettivamente dalla Signora Rossi, allora – supponendo che il laboratorio sia in grado di riconoscere un tale profilo ogni qualvolta esso si presenti – si dovrà certamente osservare il profilo della traccia che corrisponde a quello della Signora Rossi. Se si accetta la tesi che il laboratorio sia effettivamente in grado di osservare un tale profilo con i suoi sistemi di analisi, allora la probabilità associata al numeratore del rapporto di verosimiglianza sarà pari a 1. In caso contrario, vale a dire qualora non fosse possibile quantificare pari al 100% il tasso di riconoscimento dei cosiddetti 'veri positivi', la probabilità al numeratore dovrebbe essere inferiore a 1.

Se il profilo genetico non proviene dalla Signora Rossi, bensì da una terza persona sconosciuta, si dovrà ricorrere a dati statistici idonei ad informare circa la rarità di un tale profilo nella popolazione detta 'pertinente'. Se il profilo genetico non proviene dalla Signora Rossi, può essere riconducibile a un'altra persona della popolazione italiana (ovviamente sarà necessario essere in grado di giustificare la scelta di questa popolazione di riferimento). Quanto è raro poter osservare questo profilo nella popolazione italiana? I dati in possesso del laboratorio dovrebbero permettere di quantificare questa rarità. Immaginiamo<sup>40</sup> che tale valore sia quantificato con una frequenza relativa di 1 su un miliardo (0.000000001)<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> Si veda lo sviluppo del calcolo presentato nelle Sezioni 5.1, 5.4 e 6 del capitolo F. Taroni, S. Bozza, J. Vuille, Il ruolo della probabilità nella valutazione della prova scientifica. In: Canzio G., Luparia L. (Eds), *Prova scientifica e processo penale*. CEDAM - Wolters Kluwer, Milano (2018) 23-74.

<sup>41</sup> Si ricorda che, conformemente a quanto sottolineato dalla letteratura specializzata, nessun valore di frequenza relativa superiore a 1 su un miliardo, può essere giustificato. Si veda a tal proposito A.J. Hopwood, R. Puch-Solis, V.C. Tucker, J.M. Curran, J. Skerrewtt, S. Pope, G. Tully, Consideration of the probative value of single donor 15-plex STR profiles in UK populations and its presentation in UK courts. *Science & Justice* 52 (2012) 185-190.

Il rapporto tra i valori di probabilità attribuiti al numeratore e al denominatore del rapporto di verosimiglianza è dunque uguale a  $(1/0.000000001) = 1'000'000'000$ , descritto in termini matematici dalla formula generale

$$\frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} = \frac{1}{\gamma} \quad (2)$$

dove  $\gamma$  rappresenta dunque la rarità del profilo genetico nella popolazione di riferimento.

Questo risultato può essere utile per rispondere alla terza domanda posta nella sezione 3: sotto quale delle due tesi è più probabile ottenere il risultato osservato? Il rapporto di verosimiglianza permette di affermare come sia un miliardo di volte più probabile osservare il profilo genetico corrispondente alla Signora Rossi se questo reperto proviene effettivamente dalla Signora Rossi piuttosto che da una terza persona (italiana) sconosciuta.

Si noti come questa affermazione si traduca in un sostegno all'ipotesi del Pubblico Ministero. Il fatto di osservare questo profilo sotto le unghie del Signor Bianchi si spiega un miliardo di volte meglio se il profilo proviene dalla Signora Rossi piuttosto che da una terza persona. Il risultato del rapporto di verosimiglianza non indica affatto che sia un miliardo di volte più probabile che il profilo provenga dalla Signora Rossi; ciò che è un miliardo di volte più probabile è di osservare questo profilo se esso proviene dalla Signora Rossi. Attenzione dunque a non commettere l'errore logico di trasposizione del condizionale<sup>42</sup>. Il rapporto di verosimiglianza sottolinea come l'elemento di prova contribuisca a discriminare tra le ipotesi di interesse, e non indichi quale sia la più probabile. Confondere le due probabilità condizionate potrebbe influenzare la decisione della Corte, che potrebbe essere erroneamente indotta a credere che un rapporto di verosimiglianza dal valore elevato suggerisca come un'ipotesi sia molto più verosimile di un'altra. In realtà è l'elemento di prova ad essere più probabile sotto un'ipotesi che sotto un'ipotesi alternativa. Si ricordi dunque, come visto nell' Eq. (1), che il rapporto di verosimiglianza non è equivalente al rapporto tra le probabilità a posteriori<sup>43</sup>:

$$\frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} \neq \frac{Pr(H_1|E, B)}{Pr(H_2|E, B)} \quad (3)$$

Il fatto che una particolare ipotesi (quella del Pubblico Ministero o quella della Difesa) sia da ritenersi, da parte della Corte, più probabile, dipenderà da tutte le informazioni a disposizione, non solo dall'informazione scientifica trasmessa dal perito. La probabilità a posteriori associata

---

<sup>42</sup> Si noti che l'errore logico di trasposizione del condizionale si verifica ogniqualvolta il perito fa riferimento esplicito al valore da attribuire alle ipotesi e non ai risultati. Lo stesso vale anche nel caso in cui le ipotesi di interesse siano inerenti alla tipologia di liquido biologico repertato, che potrebbe essere ad esempio saliva, sudore, sperma, o altro. Esprimere un'opinione sull'origine o tipologia di liquido biologico, è equivalente a commettere un errore logico. La sola conclusione difendibile è quella dell'espressione del rapporto di verosimiglianza, che quantificherà la probabilità di osservare certe caratteristiche analitiche se il fluido biologico è, per esempio, della saliva, e la probabilità di osservare certe caratteristiche analitiche se il fluido biologico è, per esempio, del sudore. I periti, nel procedimento riportato nella Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.1.P) contro Raniero Busco, documento 'Il presente procedimento e la consulenza biologica del 3/9/2007' affermano: « Quindi diciamo che mentre prima abbiamo concluso che c'era del materiale genetico riferibile a Busco Raniero, qui concludiamo che non può che essere saliva questo materiale genetico. » (pag. 38). Per una discussione su questi aspetti di caratterizzazione dei materiali biologici e su come presentare i risultati, si veda D. Taylor, D. Abarno, T.N. Hicks, C. Champod, Evaluating forensic biology results given source level propositions. *Forensic Science International: Genetics* 21 (2016) 54-67.

<sup>43</sup> L'equivalenza si verifica solo quando le due ipotesi a confronto sono, a priori, equiprobabili.

ad una e all'altra ipotesi, e conseguentemente le quote a posteriori, dipenderanno anche dalla precedente quantificazione delle quote 'a priori' che evolveranno in funzione del valore del rapporto di verosimiglianza (Eq. (1)).

Si noti come in questo esempio il valore dell'elemento scientifico (il profilo genetico osservato sotto le unghie del Signor Bianchi) sia stato calcolato considerando due ipotesi fornite dalle parti che fanno riferimento all'origine (la fonte) del profilo genetico.

Va sottolineato che il valore del rapporto di verosimiglianza ottenuto per uno specifico livello di ipotesi (nel nostro caso, riferite all'origine della traccia), non può essere attribuito automaticamente ad una coppia di ipotesi di livello diverso. Ciò significa che il risultato del rapporto di verosimiglianza calcolato considerando delle ipotesi dette 'all'origine' non può essere esteso ad ipotesi che facciano riferimento ad attività. Il valore calcolato di un miliardo significa che è un miliardo di volte più probabile osservare questo profilo genetico corrispondente alla Signora Rossi sotto le unghie del Signor Bianchi se la Signora Rossi è all'origine del reperto. Esso non significa affatto che è un miliardo di volte più probabile osservare questo profilo genetico corrispondente alla Signora Rossi sotto le unghie del Signor Bianchi, se quest'ultimo ha aggredito sessualmente la Signora Rossi.

L'incapacità da parte sia dei periti che dei giudici di riconoscere questa cruciale differenza, rappresenta una netta violazione della cosiddetta 'gerarchia delle ipotesi'. Osservare una corrispondenza tra le caratteristiche analitiche della traccia e il materiale di confronto proveniente dall'indagato, non implica che l'indagato abbia effettivamente commesso una certa azione (livello di attività). La prima valutazione richiede essenzialmente la considerazione della rarità delle caratteristiche genetiche corrispondenti, mentre la seconda richiede di tener conto di altri fattori, come la possibilità di trasferimento di materiale durante le azioni contestate, la persistenza dello stesso e la possibilità che esso fosse già presente in precedenza, nel caso specifico sotto le unghie. Torneremo su questo aspetto tra breve.

Nell'analisi finora tracciata del valore probatorio del profilo genetico trovato sotto le unghie del Signor Bianchi e dichiarato corrispondente a quello della Signora Rossi, non è mai stata contemplata la possibilità che il laboratorio abbia potuto commettere un errore d'analisi, riportando una corrispondenza tra il profilo del reperto e quello della Signora Rossi quando in realtà i due profili non corrispondono affatto.

È pertanto necessario fare un passo indietro, e puntualizzare nuovamente che una risultanza di laboratorio recante la presenza di una corrispondenza tra profili genetici non significa che tale corrispondenza esista realmente. Alla luce di questo, è dunque imperativo chiedersi quale sia il modo corretto di tenere conto di questo aspetto nel momento in cui ci si pronuncia sulla presenza di una corrispondenza che in realtà potrebbe non sussistere.

Il rapporto di verosimiglianza visto nell'Eq. (2), sarà sviluppato come segue<sup>44</sup>:

$$\frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} = \frac{1}{\gamma + \varepsilon(1 - \gamma)} \quad (4)$$

dove  $\gamma$  continua a rappresentare la rarità del profilo genetico nella popolazione (il valore precedentemente utilizzato di 0.000000001, uno su un miliardo), mentre  $\varepsilon$  rappresenta il tasso di errore del laboratorio. In questo modo, sarà possibile contemplare la possibilità che venga

---

<sup>44</sup> Per i dettagli dello sviluppo dell'equazione, si veda W.C. Thompson, F. Taroni, C.G.G. Aitken, How the probability of a false positive affects the value of DNA evidence. *Journal of Forensic Sciences* 48 (2003) 47-54.

osservata una corrispondenza tra le caratteristiche del reperto e dell'elemento comparativo, anche quando essa non sussiste ed è chiaramente frutto di un errore.

Si noti ugualmente che il numeratore del rapporto di verosimiglianza è ancora pari ad 1, il che equivale implicitamente ad assumere che il laboratorio sia in grado di riconoscere un determinato risultato ogniqualevolta lo si debba riconoscere, dunque che il tasso di riconoscimento dei cosiddetti 'veri positivi' sia quantificato al 100%.

Cosa ci insegna questa nuova formula del rapporto di verosimiglianza? Supponiamo che il laboratorio, analizzando corrispondenza tra i profili genetici, non si sia mai sbagliato, e che sia pertanto ragionevole assegnare a  $\varepsilon$  un valore pari a 0. Il rapporto di verosimiglianza, Eq. (4), si semplifica diventando equivalente all'espressione nell'Eq. (2):

$$(1/0.000000001) = 1'000'000'000.$$

Consideriamo il caso opposto, e supponiamo che il laboratorio si sbagli sempre, e che sia pertanto ragionevole assegnare a  $\varepsilon$  un valore pari a 1. In questo caso, il rapporto di verosimiglianza nell'Eq. (4) diventerà uguale a 1, valore neutro che non supporta né l'una né l'altra ipotesi. La corrispondenza è senza ombra di dubbio dovuta all'errore del laboratorio, pertanto la prova scientifica offrirà un valore neutro, non idoneo a contribuire a discriminare tra le due tesi a confronto.

Si tratta evidentemente di due casi estremi, e sarà compito dello scienziato forense giustificare un valore ragionevole di  $\varepsilon$ . In ogni caso, sia detto, il valore del rapporto di verosimiglianza dovrà essere inferiore a un miliardo perché difficile sarebbe giustificare l'assenza totale d'errori da parte di un laboratorio.

Prima di continuare l'analisi, è opportuno fare un'ulteriore osservazione sul tema della formulazione delle ipotesi di interesse per le parti. Esso gioca infatti un ruolo cruciale nel calcolo del valore probatorio dell'evidenza scientifica perché ha un impatto sul risultato della valutazione. Si consideri ad esempio la tesi in virtù della quale una persona ignota (e dunque non la Signora Rossi) sia la fonte del profilo genetico. Un cambio di etnia del potenziale donatore della traccia o un eventuale grado di parentela con la Signora Rossi, avrebbe un impatto sul valore probatorio dell'osservazione genetica rendendola, in quest'ultimo caso, molto più frequente. D'altra parte, la definizione di quali ipotesi possano essere legittimamente formulate in un caso in esame, dipende da elementi circostanziali e da altri aspetti chiave sollevati o evidenziati dalle parti. I periti dovrebbero quindi includere nei loro rapporti peritali una descrizione delle informazioni circostanziali in loro possesso o cui hanno potuto attingere al momento delle loro valutazioni.

Riallacciandoci al caso illustrato in questa sezione, consideriamo un cambio di ipotesi d'interesse per le parti. È legittimo ammettere che le Corti siano generalmente più interessate a domande del tipo 'come è arrivato questo DNA sul luogo di ritrovamento del reperto?' piuttosto che 'di chi è questo DNA?'<sup>45</sup>. Quest'ultima categoria di domande si collega a ipotesi poste a livello detto di sub-origine, nel senso che l'interesse è posto sulla persona potenzialmente all'origine del DNA<sup>46</sup>. L'analisi con il calcolo del rapporto di verosimiglianza con tesi che si

---

<sup>45</sup> C. Champod, DNA transfer: informed judgment or mere guesswork? *Frontiers in Genetics* 4 (2013) 1-3 e F. Taroni, A. Biedermann, J. Vuille, N. Morling, Whose DNA is this? This is not the relevant question (a note for forensic scientists). *Forensic Science International: Genetics* 7 (2013) 467-470.

<sup>46</sup> Si noti - come espresso nel testo principale - il seguente sistema gerarchico delle tesi come presentato in R. Cook, I.W. Evett, G. Jackson, P.J. Jones, J.A. Lambert, A hierarchy of propositions: deciding which level to address in casework, *Science & Justice* 38 (1998) 231-239: livello sub-1 (sub-origine): il DNA proviene dal Sig.X

riferiscono a una sub-origine o a un'origine (si veda l'Eq. (2)) rappresenta dunque una risposta non adeguata alle esigenze della Corte se quest'ultima si pone domande che abbracciano ipotesi sulle potenziali attività commesse dalle persone implicate nel caso in esame. Non è pensabile delegare al tribunale il compito di valutare i risultati scientifici del laboratorio, gestendo con disinvoltura il passaggio tra diversi livelli di ipotesi che soddisfino nel modo più puntuale le loro esigenze. A tal fine è indispensabile tenere conto correttamente di fenomeni supplementari come il trasferimento, la persistenza, la raccolta del materiale e la possibile contaminazione dello stesso, la cui gestione richiede competenze tecniche adeguate in assenza delle quali si potrebbero verificare errori<sup>47</sup>.

È discutibile, quindi, credere che i tribunali possano affrontare questa sfida autonomamente in modo corretto. La comprensione del ruolo di fenomeni legati ad esempio al trasferimento del materiale probatorio richiede una solida conoscenza empirica. Non può essere negato che attualmente la maggior parte degli scienziati preferisce astenersi dal fare valutazioni che oltrepassino il livello 'origine della traccia', opponendo una presunta mancanza di dati empirici idonei allo scopo.

Una panoramica dell'attuale pratica forense consente di evidenziare un notevole divario tra le informazioni offerte dagli scienziati (un eventuale valore del rapporto di verosimiglianza calcolato considerando ipotesi sull'origine del reperto analizzato, se essi rispettano le linee guida dell'ENFSI) e le effettive esigenze della magistratura (un valore del rapporto di verosimiglianza calcolato considerando ipotesi sulle attività allegate dalle parti)<sup>48</sup>.

Facendo riferimento al caso in esame, il passo successivo è di prendere in considerazione ipotesi che mettano in primo piano delle azioni. Da una parte, vi è il Pubblico Ministero che sostiene che il Signor Bianchi abbia aggredito sessualmente (introdotta le dita nelle parti genitali) la Signora Rossi; dall'altra parte, la Difesa, che vice versa afferma che il proprio cliente, il Signor Bianchi, si sia limitato ad aiutare la Signora Rossi a stendersi sul letto e che l'abbia stretta a sé quando quest'ultima vomitava.

I risultati delle analisi del laboratorio, la presenza di un profilo genetico - che si dice corrispondere a quello della Signora Rossi - sotto le unghie del Signor Bianchi saranno dunque valutati alla luce di queste due nuove ipotesi. Le domande cui il perito sarà chiamato a rispondere, saranno dunque le seguenti:

---

(da un'altra persona); livello 1 (origine): la traccia proviene dal Sig.X (da un'altra persona); livello 2 (attività): il Sig.X ha aggredito la vittima (un'altra persona ha aggredito la vittima); livello 3 (crimine): il Sig.X è il criminale (un'altra persona è il criminale). La valutazione delle osservazioni scientifiche necessita di sempre maggiori informazioni man mano che il livello delle ipotesi aumenta (da sub-1 a 3) e nuovi parametri utili alla valutazione entrano in gioco. La valutazione si fa più complessa e necessita di più approfondite conoscenze scientifiche per gestire l'incertezza legata ai vari parametri d'interesse coinvolti.

<sup>47</sup> Errori che hanno condotto a delle condanne sono stati commessi perché le osservazioni scientifiche sono state valutate considerando delle ipotesi che si riferivano all'origine della traccia quando quest'ultima non era messa in discussione, ma piuttosto il meccanismo (cioè l'azione) che ne aveva causato il deposito. I casi più eclatanti, che sono stati analizzati da commissioni ufficiali, sono i casi degli accusati Adam Scott e Farah Jama. Si veda, rispettivamente, Forensic Science Regulator, *Report into the circumstances of a complaint received from the Great Manchester Police on 7 march 2012 regarding DNA evidence provided by LGC Forensics*. Mr Andrew Rennison MSc, 17 Settembre 2012 – FSR-R-618 [[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/118941/dna-contam-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/118941/dna-contam-report.pdf)], e The Honourable F.H.R. Vincent, *Report: Inquiry into the circumstances that led to the conviction of Mr Farah A. Jama*. Victorian Government Printer, Melbourne (2010) [<https://www.parliament.vic.gov.au/papers/govpub/VPARL2006-10No301.pdf>]. Un'analisi dei casi qui discussi può essere studiata seguendo i video (gratuiti) del corso 'Challenging forensic science' disponibile sul portale internet [www.coursera.org](http://www.coursera.org).

<sup>48</sup> Si veda la discussione presentata in 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. *Frontiers in Genetics* 7 (2016) Article 215, 1-12.

- 1) Qual è la probabilità di osservare questo profilo DNA completo, sotto le unghie del Signor Bianchi, se il Signor Bianchi ha aggredito sessualmente la Signora Rossi?
- 2) Qual è la probabilità di osservare questo profilo DNA completo, sotto le unghie del Signor Bianchi, se quest'ultimo ha aiutato la Signora Rossi a stendersi sul letto e l'ha stretta a sé quando quest'ultima vomitava?

Il calcolo del rapporto di verosimiglianza, in questo caso, è molto più complicato perché necessita di quantificazioni supplementari, come per esempio, la probabilità di trasferire la quantità di DNA osservato sotto le unghie del Signor Bianchi se quest'ultimo ha effettivamente aggredito la vittima, o la probabilità di trasferire la stessa sotto le unghie del Signor Bianchi se quest'ultimo ha aiutato la Signora Rossi a stendersi sul letto e l'ha stretta a sé quando quest'ultima vomitava. Le circostanze legate a questo caso specifico giocano un ruolo di grande importanza. Qual è la probabilità d'osservare questa quantità di DNA sotto le unghie del Signor Bianchi indipendentemente dalle azioni invocate dalle parti e cioè la probabilità che questa quantità fosse già presente sotto le unghie prima delle azioni invocate? Il fatto che il Signor Bianchi e la Signora Rossi si conoscessero e frequentassero prima della festa oppure no, ha certamente una ricaduta su questa probabilità.

Il calcolo del rapporto di verosimiglianza è dunque più complesso. Avendo specificato due azioni alternative, il rapporto può essere descritto con la formula seguente<sup>49</sup> dove, sia il numeratore che il denominatore del rapporto, tengono conto della possibilità che un trasferimento di materiale proveniente dalla Signora Rossi abbia (o non abbia) avuto luogo:

$$\frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} = \frac{(b_0 t_n) + (b_{1,n} \gamma t_0)}{(b_0 t'_n) + (b_{1,n} \gamma t'_0)} \quad (\text{Eq. 5})$$

Le lettere  $t_n$  e  $t'_n$  rappresentano, rispettivamente, la probabilità associata al trasferimento della quantità  $n$  di DNA ritrovata sotto le unghie del Signor Bianchi, considerando da una parte l'ipotesi dell'Accusa ( $t_n$ ), e cioè che il Sig. Bianchi sia l'aggressore della Sig.ra Rossi, e dall'altra l'ipotesi della Difesa ( $t'_n$ ), che sostiene che il Sig. Bianchi abbia aiutato la Sig.ra Rossi a stendersi e che l'abbia stretta a sé quando quest'ultima vomitava.

Le lettere  $t_0$  e  $t'_0$  rappresentano, rispettivamente, la probabilità che nessun trasferimento abbia avuto luogo, date le due ipotesi ora descritte e sostenute dall'Accusa ( $t_0$ ) e dalla Difesa ( $t'_0$ )<sup>50</sup>. Nel caso in cui non vi sia stato trasferimento di materiale genetico, allora il materiale rinvenuto doveva già essere presente sotto le unghie del Signor Bianchi al momento dei fatti. La probabilità di questo evento viene denominata  $b_{1,n}$ . Si noti che questo materiale genetico dovrà corrispondere alle caratteristiche della Signora Rossi, dunque è importante conoscere quale sia la rarità di questo profilo in una popolazione ritenuta pertinente (valore da attribuire a  $\gamma$ ). La lettera  $b_0$  indica la probabilità che nessun profilo genetico fosse presente sotto le unghie del Sig. Rossi antecedentemente alle azioni definite dalle parti<sup>51</sup>.

<sup>49</sup> Si rinvia il lettore a I.W. Evett, A quantitative theory for interpreting transfer evidence in criminal cases. *Journal of the Royal Statistical Society, Series C* 33 (1984) 25-32 e C.G.G. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the evaluation of evidence for forensic scientists*. 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & Sons, Chichester (2004) per i dettagli alla base dello sviluppo del rapporto di verosimiglianza.

<sup>50</sup> Il pedice  $n$  associato alla probabilità  $t$ , indica la quantità di materiale trasferito. Il pedice 0 associato alla probabilità  $t$ , indica l'assenza di profili genetici trasferiti durante l'azione.

<sup>51</sup> Il pedice  $1,n$  associato alla probabilità  $b$ , indica la presenza di 1 profilo genetico in quantità pari a  $n$ . Il pedice 0 associato alla probabilità  $b$ , indica l'assenza di profili genetici (presenza di 0 profili).

Al fine di semplificare il calcolo, si consideri il possibile scenario che prevede che i protagonisti della vicenda non si siano mai incontrati e che quindi non abbiano intessuto alcun rapporto sociale prima della serata in cui si sono svolti i fatti contestati. Questo permetterebbe di giustificare l'assegnazione di un valore pari a 0 alla probabilità che del DNA estraneo al Signor Bianchi fosse già presente indipendentemente dall'aggressione,  $b_{1,n} = 0$ . Si supponga inoltre che non vi sia stata alcuna contaminazione delle unghie con del materiale biologico, e pertanto che sia plausibile attribuire un valore pari a 1 alla probabilità che nessun profilo genetico fosse già presente prima dei fatti,  $b_0 = 1$ . Il rapporto di verosimiglianza si ridurrà al semplice rapporto tra le probabilità di trasferimento sotto le due ipotesi,  $t_n/t'_n$ .

Il perito sarà pertanto chiamato ad assegnare un valore a queste due probabilità:

- 1) La probabilità di osservare quel profilo DNA completo sotto le unghie del Sig. Bianchi, se egli ha aggredito sessualmente la Sig.ra Rossi. Sulla base di uno studio empirico pubblicato da Flanagan e McAlister (2011), a questa probabilità può essere attribuito un valore pari approssimativamente a 0.6.<sup>52</sup>
- 2) La probabilità di osservare quel profilo DNA completo sotto le unghie del Sig. Bianchi, se egli ha aiutato la Sig.ra Rossi a stendersi a letto e l'ha stretta a sé quando quest'ultima vomitava. Sulla base di uno studio empirico pubblicato da Dowlman *et al.* (2010)<sup>53</sup>, effettuato su un certo numero di esperimenti effettuati in laboratorio utilizzando le stesse metodologie analitiche impiegate per la soluzione del caso, a questa probabilità può essere attribuito un valore pari approssimativamente a 0.1.

Il rapporto di verosimiglianza sarà dunque pari a:

$$\frac{Pr(E|H_1, B)}{Pr(E|H_2, B)} = \frac{0.6}{0.1} = 6$$

Questo risultato consentirà al perito di affermare che è sei volte più probabile osservare questo profilo DNA completo sotto le unghie del Sig. Bianchi, sotto l'ipotesi che il Sig. Bianchi abbia aggredito sessualmente la Sig.ra Rossi, piuttosto che sotto l'ipotesi che il Sig. Bianchi abbia aiutato la Sig.ra Rossi a stendersi sul letto e l'abbia stretta a sé quando quest'ultima vomitava.

Si noti dunque che il valore del rapporto di verosimiglianza supporta ancora la tesi del Pubblico Ministero, ma il valore di supporto è nettamente inferiore a quanto calcolato in precedenza. In particolare, si passa da un valore pari a un miliardo, ottenuto con una valutazione sotto le ipotesi che si riferivano all'origine della traccia, a un valore pari a sei per la valutazione sotto ipotesi che si riferiscono ad attività.

Questo consente di evidenziare come possa essere rischioso presentare un valore del rapporto di verosimiglianza calcolato a partire da ipotesi che si riferiscono all'origine della traccia e interpretarlo in termini di supporto a ipotesi che si riferiscono invece a delle attività. Questo potrebbe indurre in errore la Corte<sup>54</sup>.

<sup>52</sup> N. Flanagan, C. McAlister, The transfer and persistence of DNA under the fingernails following digital penetration of the vagina. *Forensic Science International: Genetics* 5 (2011) 479-483.

<sup>53</sup> E.A. Dowlman, N.C. Martin, M.J. Foy, T. Lochner, T. Neocleous, The prevalence of mixed DNA profiles on fingernail swabs. *Science & Justice* 50 (2010) 64-71.

<sup>54</sup> Un esempio di questo passaggio tra 'origine' e 'azione' è leggibile nella trascrizione dell'interrogatorio dei periti nel procedimento riportato nella Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.I.P) contro Raniero Busco, documento 'Il presente procedimento e la consulenza biologica del 3/9/2007'. L'Avvocato difensore afferma: « L'ipotesi di un'aggressione portata da Raniero Busco con la bocca, a carico della

Rimane oltretutto sempre dietro l'angolo sia il rischio di un errore logico di 'trasposizione del condizionale' (un rapporto di verosimiglianza pari a 6, non implica che sia 6 volte più probabile che il Sig. Bianchi abbia aggredito sessualmente la Sig.ra Rossi), noto con il nome di '*weak evidence effect*'. Un valore del rapporto di verosimiglianza superiore a 1, anche se contenuto, supporta la tesi specificata al numeratore del rapporto di verosimiglianza, cioè quella del Pubblico Ministero. Sarebbe errato, come dimostrato da studi empirici<sup>55</sup>, credere che un valore contenuto del rapporto di verosimiglianza a favore di un'ipotesi, si traduca in un forte supporto a favore dell'ipotesi alternativa. Il valore del rapporto di verosimiglianza costituisce già una misura bilanciata che mette a confronto l'osservazione sotto due (o più) tesi.

Questi aspetti potrebbero indurre la Corte a un'interpretazione fuorviante con implicazioni anche serie per l'indagato<sup>56</sup>.

Se la domanda di interesse è inerente l'origine del DNA, la rarità delle caratteristiche comparate in una popolazione pertinente e la possibilità di errore analitico sono i principali fattori di influenza. Questioni come la contaminazione e il trasferimento sono irrilevanti: indagare sul tempo e sul modo in cui il materiale biologico è arrivato lì dove è stato trovato, indipendentemente dalla domanda su chi sia la fonte di quel materiale, diventa fondamentale solo quando le ipotesi specificano delle attività e stipulano, ad esempio, che la persona sospettata abbia agito commettendo l'attività incriminata (ad esempio, abbia aggredito sessualmente la vittima). Questi aspetti valutativi devono essere adeguatamente discussi nelle relazioni scritte o nelle audizioni di fronte la Corte.

## **6. Che gli scienziati forensi valutino congiuntamente gli elementi di prova per evitare errori giudiziari**

Non è raro che un giudizio si basi esclusivamente su una prova di tipo scientifico, e generalmente l'unica prova considerata idonea a legare in modo definitivo un accusato al luogo di un crimine o a una vittima, sembra essere quella di tipo genetico del DNA.

È interessante chiedersi se una ricostruzione di avvenimenti contestati fondata sulla sola base di una prova scientifica ritenuta infallibile, possa essere all'origine di errori di giudizio.

Prendiamo ad esempio il caso statunitense Kumra, dove una valutazione congiunta degli elementi di prova ha fatto nascere il dubbio sul coinvolgimento di un sospetto in un caso di omicidio, e dove la non contestualizzazione dell'apporto probatorio della prova genetica del

---

mammella sinistra appare, pertanto, più che ragionevole, ove si considerino le maggiori quantità di materiale genetico maschile recuperato dalle porzioni di tessuto corrispondenti. » (pag. 97). In realtà, come presentato in precedenza, i periti non valutano il rapporto di verosimiglianza (come dovrebbero), ma l'incertezza delle ipotesi (come non dovrebbero), e queste ipotesi si riferivano all'origine della traccia. Nell'esempio riportato qui sopra, le ipotesi si riferiscono invece ad un'attività.

<sup>55</sup> Si veda P.M. Fernbach, A. Darlow, S.A. Sloman, When good evidence goes bad: the weak evidence effect in judgment and decision making. *Cognition* 119 (2011) 459-467 e K.A. Martire, R.I. Kemp, M. Sayle, B.R. Newell, On the interpretation of likelihood ratios in forensic science evidence: presentation format and the weak evidence effect. *Forensic Science International* 240 (2014) 61-68 per una discussione su questo aspetto.

<sup>56</sup> Conclusioni peritali di semplice compatibilità senza alcuna quantificazione del valore probatorio della relazione osservata tra gli elementi comparati e affermazioni con conclusioni categoriche di appartenenza di un dato reperto a un sospetto, possono indurre in errore una Corte. Si veda a tal proposito le conclusioni riportate nella discussione della Sentenza della Corte di Assise di Roma (III Corte, n. 39911/07 R.GN.R., 12139/08 R.G.G.1.P) contro Raniero Busco, documento 'In dibattimento, 7/10/2010 pp. 38 e segg.): « Rileva la Corte gli elementi 1 – presenza del DNA di Busco sul corpetto e il reggiseno, in misura maggiore in corrispondenza del capezzolo sinistro della vittima; 2 – assenza di DNA di altre persone tranne che della vittima; 3 – contestualità tra il morso al capezzolo sinistro e l'azione omicidiaria; 4 – appartenenza a Busco dell'impronta del morso, sono tali da far ritenere raggiunta la piena prova della responsabilità del predetto. » (pag. 62).

DNA che aveva dapprima fortemente incriminato il sospetto, è stata successivamente pesantemente criticata. Dalle investigazioni complementari si è potuto risalire al motivo della presenza di DNA corrispondente a quello del sospetto sui luoghi del crimine, indipendentemente dalla presenza fisica dello stesso. Si noti come in questo caso, l'interesse non è posto sull'origine del DNA analizzato (che il legame con il sospetto esista e che quest'ultimo possa effettivamente essere all'origine del DNA ritrovato, non è messo in dubbio), bensì all'attività che ha permesso il trasferimento del DNA sui luoghi. Come descritto in precedenza nella sezione 5, le ipotesi che vanno prese in considerazione sono quelle che mettono in gioco delle attività e non semplicemente l'origine del materiale biologico rinvenuto.

Il caso si può riassumere nel modo seguente. Alla fine di novembre 2012, un gruppo di uomini fecero irruzione nella casa del multimilionario della Silicon Valley, il Signor Raveesh Kumra. Gli uomini lo legarono, bendarono e imbavagliarono insieme alla sua ex moglie. L'abitazione venne saccheggiata, e gli aggressori si diedero successivamente alla fuga. Il Signor Kumra morì soffocato a causa del nastro adesivo utilizzato per imbavagliarlo.

La scena del crimine è stata analizzata alla ricerca di tracce. Dei guanti in lattice trovati nel lavello della cucina sono stati prelevati per essere analizzati. Le unghie del Signor Kumra sono state tagliate e inviate al laboratorio di genetica forense per la ricerca del DNA degli aggressori sotto le stesse.

Il laboratorio è stato in grado di recuperare sufficiente materiale biologico dai guanti in lattice, da sotto le unghie e dal nastro adesivo per poter procedere a un esame di tipizzazione del DNA; il materiale analizzato ha prodotto più profili genetici specifici. Un controllo nelle banche dati contenenti i profili genetici di persone precedentemente arrestate, ha rivelato una compatibilità con i DNA di un primo individuo sul nastro adesivo, con un secondo sui guanti e con il DNA del Signor Lukis Anderson sulle unghie della vittima.

Ulteriori dettagliate indagini di polizia hanno rivelato che i primi due individui erano effettivamente presenti sulla scena del crimine nella notte dell'omicidio. Per quanto invece concerneva il Signor Anderson, gli investigatori si sono trovati di fronte ad un problema: nessun'altra informazione d'inchiesta - tranne il legame osservato con il DNA - collegava il Signor Anderson al crimine.

Il Signor Anderson era conosciuto per essere un alcolista, pertanto non si poteva escludere che fosse ubriaco la notte del crimine. L'avvocato del Signor Anderson ha investigato questa possibilità e ha potuto certificare che, durante la notte dell'omicidio, il suo assistito si trovava all'ospedale. Era stato prelevato dai paramedici dopo che qualcuno aveva chiamato le autorità per denunciare gli schiamazzi di un ubriaco. I test effettuati sul tasso alcolico nel sangue eseguiti quella notte in ospedale sul Signor Anderson indicavano che egli aveva consumato grandi quantità di bevande alcoliche. Con questa notizia importantissima per la Difesa, gli investigatori iniziarono a cercare una spiegazione di come il Signor Anderson avrebbe potuto trovarsi in due posti contemporaneamente, come la versione dei paramedici da una parte, e quella della prova del DNA dall'altra, sembravano suggerire.

Si è potuto scoprire che i due paramedici che hanno risposto alla chiamata di intervento sulla scena del crimine per l'omicidio del Signor Kumra, erano gli stessi che avevano trasportato il Signor Anderson all'ospedale tre ore prima. È stato dunque possibile ipotizzare che i paramedici avessero involontariamente trasferito il DNA del Signor Anderson sulla scena del crimine e dunque sul corpo della vittima. In particolare, si formulò l'ipotesi che gli strumenti medici utilizzati nelle due occasioni (come quello per misurare la pressione) sia su Anderson che su Kumra, avessero potuto causare il trasferimento del DNA. Si formulò altresì l'ipotesi

che il trasferimento di DNA del Sig. Anderson sulla vittima sia avvenuto tramite le uniformi dei paramedici<sup>57</sup>.

L'analisi del caso Anderson-Kumra consente di evidenziare come l'osservazione di un reperto necessiti una corretta valutazione. Le ipotesi che si riferiscono all'origine di un reperto – certamente utili in certe circostanze – non permettono di fare luce su altri aspetti cruciali, ad esempio su come una determinata traccia sia arrivata sui luoghi del crimine. Il ruolo del perito è dunque quello di valutare la prova scientifica alla luce di ipotesi che mettono in evidenza delle azioni ritenute pertinenti dalle parti.

Viepiù l'origine di una traccia non è nemmeno contestata dall'accusato: ad essere contestato è il modo attraverso il quale questa traccia sia arrivata sui luoghi o sulla vittima, o sia stata trasferita dalla vittima all'aggressore. Il perito dovrà (i) valutare – in termini probabilistici – quale peso dare alle osservazioni scientifiche se l'azione specificata dal Pubblico Ministero è effettivamente avvenuta; (ii) valutare quale peso dare alle osservazioni scientifiche se l'azione specificata dalla Difesa è effettivamente avvenuta; (iii) calcolare il rapporto tra queste due probabilità al fine di quantificare il supporto delle osservazioni scientifiche a sostegno della tesi del Pubblico Ministero o della Difesa.

Le ipotesi devono essere poste sulle attività e non sull'origine della traccia se il desiderio è quello di valutare l'apporto probatorio di deboli quantità di materiale ritrovato. Questo aspetto è stato introdotto nelle linee-guida dell'ENFSI. A tal proposito, il testo 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. » (pag. 11)

Un aspetto fondamentale messo in evidenza dall'analisi del caso Anderson è quello della necessità di valutare congiuntamente tutte le informazioni a disposizione. Si ricordi quanto sottolineato dalla giurisprudenza<sup>58</sup>:

« Il tribunale ha ammesso l'utilizzo della 'prova' del DNA [...] sottolineando che la perizia offre un'informazione statistica e non rende per nulla superfluo l'apprezzamento di tutte le altre informazioni raccolte nel procedimento. »

Sfortunatamente, questo consiglio non viene sempre seguito, ed i risultati scientifici non sono sempre valutati congiuntamente come sarebbe invece opportuno. Il rischio concreto da scongiurare è quello di considerare come rilevanti unicamente i risultati di origine biologica, ed accantonare altri risultati potenzialmente altamente informativi per la ricostruzione dei fatti contestati. Si cita, a titolo di esempio, un caso italiano<sup>59</sup> dove, a fronte di un risultato ottenuto

---

<sup>57</sup> Si noti come studi empirici sul trasferimento di materiale biologico supportino queste osservazioni. Il lettore può far riferimento a 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? *Journal of Forensic Sciences* 61 (2016) 196-202 ; G.E. Meakin, E.V. Butcher, R.A.H. van Oorschot, Trace DNA evidence dynamics: an investigation into the deposition and persistence of directly- and indirectly-transferred DNA on regularly-used knives. *Forensic Science International: Genetics* 29 (2017) 38-47 e L. Samie, *Evaluation des résultats ADN considérant des propositions au niveau de l'activité*. Ph.D. thesis, The University of Lausanne, School of Criminal Justice, Lausanne (2019).

<sup>58</sup> A titolo illustrativo, si veda la giurisprudenza elvetica ZR 1992/93 n. 55.

<sup>59</sup> Si vedano i seguenti articoli per una discussione dettagliata del caso: F. Taroni, S. Bozza, P. Garbolino, Contaminazioni di un reperto con il DNA - Quando la prova genetica porta direttamente alla condanna. *Diritto Penale Contemporaneo* 2 (2018) 1-14; F. Taroni, I. De March, P. Garbolino, S. Bozza, Prova genetica del DNA e risultati dissonanti: come valutare congiuntamente gli elementi scientifici di prova. *Diritto Penale Contemporaneo*

a partire da una traccia di origine biologica ritenuto altamente incriminante, sono stati esclusi sia i risultati negativi riportati da un altro laboratorio, che l'assenza di ulteriori tracce sui luoghi del crimine, impedendo una valutazione del caso nella sua interezza. Una discussione dettagliata di questo caso, ha messo in evidenza come il valore congiunto dei vari elementi presenti e assenti sul luogo del crimine sarebbe andato a supporto della tesi della Difesa.

## **7. Si concluda affermando il ruolo fondamentale del ragionamento probabilistico per evitare errori giudiziari**

I vari casi presentati ed analizzati in questo capitolo (anche se tutti riconducibili alla prova genetica del DNA) rappresentano degli esempi utili per illustrare i rischi che si corrono quando le Corti di giustizia fanno affidamento alla sola prova scientifica chiedendo al perito un apporto informativo che, in realtà, non è in grado di offrire. Le conclusioni categoriche sulle ipotesi d'interesse vanno oltre l'area di competenza di un perito. Lo scienziato forense è chiamato a valutare gli elementi tecnici, dopo averli (all'occorrenza) egli stesso cercati, raccolti ed analizzati. È d'obbligo enfatizzare che il significato di un indizio non può in alcun modo essere avulso dal contesto, e che non può che essere di natura probabilistica<sup>60</sup>.

Va da sé quanto sia importante che siano adottate tutte le precauzioni necessarie al fine di scongiurare possibili contaminazioni della scena del crimine ed evitare successivamente errori d'analisi in laboratorio. Lo scopo è quello di poter garantire l'integrità e la genuinità delle prove raccolte.

I recenti sviluppi nel campo delle analisi forensi, soprattutto nel campo della prova genetica del DNA, permettono di caratterizzare campioni sempre più piccoli di materiale. Gli scienziati forensi non sono tenuti a disporre necessariamente di grandi quantità di materiale biologico raccolto sui luoghi del crimine (per esempio, grandi gocce di sangue o grandi macchie di sperma). I test del DNA possono produrre un profilo individualizzato a partire da esigue quantità di materiale. Ne consegue che le contaminazioni devono essere evitate a tutti i costi, affinché i risultati non segnalino la presenza di un DNA che è in realtà irrilevante e che potrebbe far perseguire e condannare una persona innocente.

Numerosi sono i fattori o le circostanze che possono entrare in gioco e contribuire a rendere le analisi di laboratorio più complicate o indurre variazioni nei risultati ottenuti. Ne sono un esempio la contaminazione dei reperti, la presenza di contributori multipli per una traccia raccolta e analizzata, il trasferimento di materiale e la persistenza dello stesso. La presenza di uno di questi fattori può complicare la definizione delle caratteristiche della traccia. A volte, l'analisi si complica al punto da impedire di trarre conclusioni significative a partire dai risultati ottenuti.

L'obiettivo di questo capitolo è di enfatizzare la necessità di mettere l'accento, in modo prioritario, sulla parte valutativa del risultato ottenuto tramite l'analisi del reperto. A questo scopo è stato descritto il metodo probabilistico preconizzato dalla *European Network of Forensic Science Institutes* (ENFSI), ed è stato illustrato il significato ed il ruolo del rapporto

---

11 (2018) 77-94, e I. De March, F. Taroni, Bayesian networks and dissonant items of evidence: a case study. *Forensic Science International: Genetics* 44 (2020) in press.

<sup>60</sup> Si veda B. de Finetti, Fondamenti logici del ragionamento probabilistico. *Bollettino della Unione Matematica Italiana* 9 (1930) 258-261: « Il calcolo delle probabilità è la logica del probabile. Come la logica formale insegna a dedurre la verità o la falsità di certe conseguenze della verità o falsità di certe premesse, così il calcolo delle probabilità insegna a dedurre la maggiore o minore verosimiglianza o probabilità di certe conseguenze dalla maggiore o minore verosimiglianza o probabilità di certe premesse. ».

di verosimiglianza in un contesto di apprendimento Bayesiano. Il vantaggio principale rappresentato dall'adozione dello schema illustrato e sintetizzato con la formulazione quote-verosimiglianza del teorema di Bayes (Eq. (1)), è quello di cristallizzare la distinzione tra le aree o ruoli di pertinenza dei diversi attori coinvolti nel procedimento penale. Da una parte, il ruolo del perito, il quale è tenuto a valutare il significato delle osservazioni a partire dalle tesi opposte avanzate dalle parti. Dall'altro, il ruolo della Corte che valuta le tesi a confronto ogniqualvolta un nuovo elemento di prova viene presentato.

Come è stato ampiamente sottolineato, le conclusioni inferenziali condotte a partire dai risultati di analisi di laboratorio, non possono essere predeterminate, poiché dipendono dalle ipotesi a confronto presentate al processo. Sia che il perito operi in un contesto contraddittorio o inquisitorio, egli è tenuto a considerare le osservazioni scientifiche alla luce sia della versione degli eventi raccontata dall'Accusa, che di quella sostenuta dalla Difesa. Il perito dovrà operare in modo trasparente e riconoscibile da tutti i partecipanti al procedimento penale. Questo operato si giustifica evidentemente da un punto di vista legale, ma anche logico.

Affrontare correttamente questo compito deve condurre il perito a proporre un'espressione del grado in cui i risultati ottenuti consentono di distinguere tra opposte ricostruzioni degli eventi, riservando al contempo l'espressione di un'opinione sugli eventi stessi ai destinatari dell'informazione peritale. Il perito deve aiutare la Corte a rivedere le sue convinzioni sulle tesi a confronto alla luce dei risultati scientifici. Il perito non deve prendere nessuna decisione sulle diverse tesi esposte o sostenute dalle parti. Non vi è nessun legame diretto tra l'osservazione di una corrispondenza tra le caratteristiche di una traccia e quelle di un elemento di confronto, che possa permettere di concludere che il sospetto è all'origine della traccia osservata sui luoghi di un crimine o che il sospetto abbia commesso una determinata azione. Questa visione deterministica dell'accettazione e del rifiuto di tesi particolari è in conflitto con il modo logicamente corretto di ragionare, secondo il quale i risultati scientifici possono avere solo una graduale capacità discriminatoria tra le tesi a confronto<sup>61</sup>.

Il nostro messaggio finale può dunque essere riassunto in questi quattro punti:

- 1) Le conclusioni categoriche sulle ipotesi d'interesse si scontrano con problemi di logica e di giurisprudenza e sono dunque inappropriate.
- 2) La presentazione di valori numerici come il rapporto di verosimiglianza deve necessariamente prevedere un'attenta valutazione dell'attendibilità del valore stesso.
- 3) Le domande d'interesse per la Corte sono viepiù legate ad attività e non all'origine della traccia stessa.
- 4) Il perito o consulente dovrà aiutare la Corte a discriminare fra le ipotesi d'interesse, fornendo un'informazione attendibile che possa essere di ausilio per la Corte cui spetta l'onere di valutare ed esprimersi sulle stesse.

## **Ringraziamenti**

Gli autori ringraziano il Fondo Nazionale Svizzero (fondo IZSEZ0\_191147) e la Fondazione per l'Università di Losanna (*Fonds Echanges Out*) per il loro sostegno alla ricerca.

---

<sup>61</sup> M. Redmayne, P. Roberts, C.G.G. Aitken, G. Jackson, Forensic science evidence in question. *Criminal Law Review* 5 (2011) 347-356.