

# **La lesività delle armi da fuoco**

## **Cenni di balistica lesionale e applicazioni legali/forensi**

**Dott. Ing. Cristian Bettin**

*Versione online senza grafici e tavole  
Il tesò integrale viene distribuito ai corsi*

# Indice

	Pag.
1      Introduzione	1
1.1    Che cos'è la balistica lesionale	1
2      Cenni di balistica lesionale	9
2.1    Come agisce un proiettile	9
2.2    Meccanismi di lesione	10
2.3    Definizione di potenziale lesivo, l'efficacia di un proiettile	11
2.3.1   Errori comuni	11
2.3.1   Nesso tra l'energia apportata dal proiettile e il danno prodotto: la cessione locale di energia	13
2.4    Definizione di effetto di un proiettile	17
3      Concetto di lesività	19
3.1    Introduzione	19
3.2    Cosa causa la morte di un essere umano?	20
3.3    Considerazioni sull'idea di lesività	21
3.4    La capacità di penetrare il corpo umano	24
3.4.1   Soglie minime di penetrazione	24
3.4.2   Soglia minima di penetrazione per la pelle	25
3.4.3   Soglia minima di penetrazione per gli occhi	27
4      Applicazioni	29
4.1    Le distanze di sicurezza	29
4.2    La capacità di perforazione	31
4.3    Il limite dei 7,5 J per le armi di modesta capacità offensiva	31
4.3.1   Considerazioni legali e forensi sul limite dei 7,5 J	33
4.4    La cessione locale di energia e il concetto di lesività eccessiva	34

Il contenuto scientifico di questo testo è stato tattato dalla pubblicazione

**Bettin C (2018), Le Ferite d'Arma da Fuoco – Manuale di Balistica Lesionale, Padova**

Pubblicato in proprio dall'autore e distribuito quale testo didattico alle proprie lezioni sulla balistica lesionale o temi affini.

Materiale coperto da copyright.

Testo e disegni a cura di e di proprietà dell'autore.

Il testo completo conta 40 pagine escluse copertina, indice e premessa.

Per contatti, informazioni e approfondimenti: crisbettin@libero.it

## Premessa

Lo spunto per questo lavoro è stata una recente consulenza legale in materia di armi da fuoco e i primi feedback sulla stampa pilota del libro “Le ferite d’Arma da Fuoco – Manuale di balistica lesionale”. L’interesse mostrato in aula per la procedura illustrata nell’ultimo capitolo di questo scritto, che ritengo sia piuttosto semplice quando uno ha capito i pochi concetti basilari della balistica lesionale accennati nella prima parte di quanto seguirà, mi ha spinto ad esplicitare il concetto in parole meno tecniche di quanto non abbia già fatto nel testo sulle ferite d’arma da fuoco.

Quanto riportato in queste pagine non è nulla di nuovo, sono nozioni validate e insegnate nei testi (tedeschi) di balistica lesionale da almeno vent’anni, riordinate dal sottoscritto per dargli un filo conduttore di utilità pratica.

In queste poche pagine ho voluto introdurre alcune nozioni basilari della balistica lesionale, quali l’efficacia, l’effetto e il parametro principale per misurare la capacità di perforazione di un setto (per esempio la pelle di una persona) e inserirle in un contesto utile per fornire uno strumento facile e di uso immediato a coloro che si trovano a discutere di lesività nelle aule di tribunale (ma anche per qualsiasi altro motivo meno delicato).

Negli ultimi anni mi è capitato spesso di discutere con persone interessate professionalmente alla materia e sentire affermazioni tipo: “ma cos’è l’efficacia di un proiettile? Non esiste neppure una sua definizione”, oppure accorgermi che le uniche grandezze fisiche usate per descrivere qualsiasi fenomeno balistico fossero la velocità e l’energia di un proiettile. Il concetto di efficacia esiste eccome, ma non si esprime attraverso un numero, bensì con una funzione che dipende da diversi parametri balistici e ha un metodo proprio per essere misurata. Tant’è che il concetto di efficacia è oggi parte vincolante di diversi capitolati tecnici per la fornitura di munizioni da difesa ed è penetrato nelle leggi dei paesi più rapidi a recepire le novità tecniche.

All’utilizzatore forense non serve conoscere i dettagli della materia, gli basta sapere che questi parametri esistono e cosa indicano. L’utilità che ne deriva in termini legali è accennata alla fine di questo testo.

E’ opinione dello scrivente che in Italia l’applicazione delle nozioni più recenti di balistica lesionale è ancora assente. Stando alla normativa attuale non esiste alcun obbligo formativo per i professionisti “balistici” del settore, ne esiste una formazione accademica o di altro livello sulla balistica lesionale. Non essendoci la domanda non si è neppure mai creata l’offerta, con evidenti ripercussioni per il mondo forense e chi vi si trova coinvolto. La situazione italiana non è sempre stata così. Fino agli anni ’80 del secolo scorso uno dei maggiori studiosi del settore, il tedesco Karl Sellier, faceva capolino in Italia di tanto in tanto e aveva un suo seguito. Estinta l’attività professionale di quella generazione, è venuto meno il progredire della materia in Italia e si applicano ancora nozioni degli anni ’80, basate su ricerche dei decenni precedenti, molte delle quali rese obsolete o smentite negli ultimi 30 anni!

Le nozioni riportate in questo testo ne sono un esempio. Sellier gettò le basi per quanto scritto qui, ma i suoi successori, specialmente il Prof. Dr. Dr. hc Beat P Kneubuehl, svilupparono i concetti formulati all’epoca e li perfezionarono, passando dall’approccio teorico matematico (tipico di Sellier) a una scienza più affine alle esigenze pratiche dei medici e delle applicazioni forensi. Il sottoscritto si è formato grazie al contributo del Prof. Dr. Dr hc BP Kneubuehl (oggi in pensione anche lui e del quale ripeterò sempre tutti i titoli

perché tedeschi e svizzeri ci tengono moltissimo), quindi rifletto profondamente la sua scuola e il suo pensiero. D'altra parte ho avuto modo negli ultimi 10 anni di occuparmi professionalmente della ricerca in questo settore e ho verificato di persona che le nozioni insegnatemi hanno effettivamente ragione di esistere e una loro validità applicativa concreta.

Ritengo che in Italia non sia ancora stato recepito il passaggio dalla scuola del Sellier ai quella dei decenni seguenti e che la questione della valutazione della lesività di un'arma da fuoco per gli usi che se ne fanno in tribunale, ma anche nella costruzione di impianti di tiro e della sicurezza al tiro in generale, non viene affrontata con gli strumenti che la scienza mette oggi a disposizione. Ne danno prova le numerose consulenze che ho avuto modo di leggere e che richiamano teorie di lesività smentite da decenni (alcune anche da un secolo ormai) e i correnti lavori sugli adeguamenti normativi, nei quali si fa riferimento a concetti di sicurezza balistica riportando grandezze di misura che non sono quelle corrette per valutare l'aspetto d'interesse.

Questo scritto nasce come manuale didattico per gli eventi formativi frontali che l'autore tiene su questo tema e completa la parte iconografica delle immagini e tabelle utilizzate nelle presentazioni delle lezioni.

Le informazioni tecniche qui riportate sono state estratte dal libro "Le Ferite d'Arma da Fuoco – Manuale di balistica lesionale", ritoccate leggermente per rendere la lettura meno scientifica e con l'aggiunta di alcuni spunti d'interesse legale.

Dott. Ing. Cristian Bettin  
Padova 2018

## 1 Introduzione

### 1.1 Che cos'è la balistica lesionale

La balistica lesionale (BL) (*Wundballistik* in tedesco, *wound ballistics* in inglese, *balistique lesionelle* in francese) è la scienza che studia l'interazione tra agenti lesivi appartenenti alla categoria dei penetratori ad energia cinetica, per esempio proiettili d'armi da fuoco leggere e schegge, e il tessuto biologico vivo del bersaglio (persone, animali). Essa è una branca della balistica generale, limitata alla sola parte terminale, della quale tratta l'interazione proiettile/scheggia considerando esclusivamente i bersagli vivi.

La balistica lesionale studia le dinamiche (i movimenti e le deformazioni) di un proiettile o di una scheggia all'interno del bersaglio e descrive le azioni nonché le reazioni a breve termine che tali dinamiche inducono nei tessuti dell'organismo colpito.

La balistica lesionale spiega le cause di una ferita d'arma da fuoco, descrivendo in maniera univoca quali parametri fisici concorrono nel cagionare il danno al bersaglio, ma non tratta le conseguenze sul corpo umano in un'ottica medica. Le reazioni patofisiologiche indotte dalle sollecitazioni causate dal proiettile/scheggia rientrano nell'ambito del trauma balistico che comprende argomenti estranei alla balistica lesionale, quali la perdita di sangue, lo shock, le infezioni e la morte<sup>1,2</sup>. Balistica lesionale e trauma balistico sono due ambiti differenti, ma parzialmente sovrapposti.

### *Immagine rimossa*

Fig.1.1 Nesso tra balistica lesionale e trauma balistico.

La balistica lesionale è una scienza fondata sulla fisica. Lo studio si articola attraverso simulazioni in laboratorio che permettono di misurare l'interazione tra agente lesivo e tessuto vivo o, più spesso, un suo simulatore sintetico. L'obiettivo è di identificare e quantificare i principali parametri fisici d'interesse balistico durante l'interazione di un proiettile/scheggia con il bersaglio biologico e di comprenderne il ruolo nel processo lesivo. La validazione delle teorie postulate avviene attraverso il confronto delle simulazioni fatte in laboratorio con ferite reali.

---

<sup>1</sup> ICRC (2008), Wound Ballistics, DVD reference.

<sup>2</sup> Kneubuehl BP, Coupland RM, Rothschild MA, Thali MJ (2008), Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen, Springer, Heidelberg.

Poiché la balistica lesionale è una branca molto specifica di quella terminale, prima di addentrarsi nella materia è necessario delimitare chiaramente l'ambito che sarà trattato.

In balistica terminale, la fisica alla base dei meccanismi di danneggiamento del bersaglio permette di classificare i proiettili e suddividerli in tipologie. Ciò è conseguenza del fatto che la rottura dei bersagli non è soggetta a una sola legge fisica. Le regole che trovano applicazione variano in base a due principi d'azione generali. Sommariamente possiamo distinguere tra proiettili che esercitato il proprio effetto distruttivo sfruttando l'energia cinetica posseduta al momento dell'impatto e proiettili che invece danneggiano il bersaglio sfruttando l'energia chimica in essi contenuta.

I primi sono chiamati penetratori cinetici (in gergo penetratori KE, dall'inglese kinetic energy). Tra questi rientrano tutti i proiettili sparati dalle armi da fuoco leggere (pistole, rivoltelle, fucili, carabine). Nonostante il mercato delle munizioni (militari) offra proiettili di calibro compreso tra i 5,6 mm e i 12,7 mm contenenti cariche esplosive, la quantità di esplosivo contenuta in quelli di calibro inferiore al 12,7 mm è insufficiente per arrecare un danno significativo al bersaglio. Eventuali cariche chimiche contenute nei proiettili delle armi leggere apportano una quantità di energia nettamente inferiore a quella cinetica posseduta dal proiettile. Il contributo della carica chimica sull'effetto terminale è, all'atto pratico, insignificante in confronto all'energia cinetica posseduta all'impatto. I parametri fisici dei proiettili KE che ne determinano l'energia (una grandezza importante per valutare il potenziale d'efficacia terminale) sono la massa e la velocità posseduta al momento d'impatto.

I proiettili non KE esercitano invece il proprio effetto distruttivo trasportando una carica di esplosivo fino al bersaglio (bombe, granate, cariche cave, ecc.). Questi proiettili non hanno bisogno di colpire il bersaglio con una velocità minima per garantire l'effetto terminale, è sufficiente che lo raggiungano in qualsiasi modo. Il danno cagionato sarà conseguenza della detonazione in prossimità del bersaglio.

I proiettili studiati in balistica lesionale sono esclusivamente di tipo KE e sono a loro volta suddivisi in due gruppi, in base al meccanismo di rottura del bersaglio. Per velocità fino a 1000 m/s circa (valore molto indicativo!) la rottura del bersaglio (e del proiettile) avviene secondo le leggi della meccanica dei corpi rigidi. Detto molto semplicemente, nella penetrazione dei corpi rigidi il materiale più duro rompe quello meno resistente. Oltre una certa soglia, all'aumentare della velocità d'impatto, il meccanismo di rottura cambia e la resistenza del materiale conta sempre meno, fino al punto in cui essa non conta praticamente più, ma prevale la massa delle sostanze a contatto. In questa situazione non è più l'oggetto più duro a vincere su quello meno resistente, bensì proiettile e bersaglio si erodono a vicenda. Non "vince" più il materiale con la resistenza più alta, ma quello che ha maggiore massa da consumare durante il contatto reciproco. Questo tipo di penetrazione è chiamata idrodinamica. Per approfondimenti si rimanda a<sup>3,4</sup>.

La balistica lesionale tratta esclusivamente proiettili che agiscono secondo le leggi della penetrazione dei corpi rigidi, senza sfociare nei fenomeni di penetrazione idrodinamica. Con il termine penetratori ad energia cinetica distinguiamo quindi:

- i proiettili inerti (non dotati di carica chimica in quantità significativa per l'effetto terminale), sparati da armi da fuoco o propulsi con altro principio fisico e
- le schegge generate da ordigni esplosivi o accelerate anch'esse da altra causa.

---

<sup>3</sup> Bettin C (2015), I Proiettili – Tecnologia e balistica, Padova

<sup>4</sup> CCG (2011), Endballistik, Grundlagen und Anwendungen, Mannheim

Alcuni lettori potrebbero obiettare che esistono armi da fuoco leggere in grado di lanciare proiettili a velocità tali da entrare parzialmente nel campo della penetrazione idrodinamica e che le schegge di bombe e granate possono superare tranquillamente i 2000 m/s. Entrambe le affermazioni sono corrette, ma l'effetto terminale sui bersagli biologici (che vedremo essere assimilabili sotto molti aspetti a bersagli fluidi per quanto concerne l'interazione proiettile-bersaglio) ha mostrato alcune peculiarità che nella pratica limitano la penetrazione alla sola teoria dei corpi rigidi.

### ***Immagine rimossa***

Fig.1.2 Classificazione dei proiettili in balistica terminale in base al principio di danneggiamento.

Indipendentemente dalla natura del bersaglio (solido, liquido, inanimato o essere vivente) le basi scientifiche della balistica terminale poggiano sulla fisica. La balistica lesionale non fa eccezione a questa regola e per studiarla a fondo è richiesta una buona conoscenza della meccanica dei solidi e dei fluidi, della termodinamica e della scienza dei materiali.

Per capire la balistica lesionale non servono invece particolari competenze mediche o di biologia, perché il meccanismo di rottura del bersaglio è indipendente dalla funzione biologica della parte colpita. Da un punto di vista della fisica interessa poco sapere se il bersaglio è un muscolo, un organo o un osso di una persona viva. La rottura dei corpi rigidi (tra i quali si assimilano in parte anche le strutture anatomiche del corpo umano) si esprime in termini di lavoro, di carichi e di caratteristiche di resistenza del materiale interessato. I termini e i concetti necessari per descriverla sono propri della meccanica, non della medicina o della biologia. Studiare il come e il perché un proiettile danneggia un essere vivente non rientra quindi nell'ambito della medicina ma dell'ingegneria! Alla medicina spetta la valutazione delle conseguenze dell'impatto di un proiettile ma, come anticipato, le conseguenze biologiche a medio e lungo termine rientrano nel concetto di trauma balistico, non di balistica lesionale. Precisiamo che il lasso temporale che delimita il "breve termine"

accennato è nell'ordine dei millisecondi. Tutti gli eventi trattati dalla balistica lesionale si svolgono in tempi minori di un secondo.

Le nozioni ricavate dalla balistica lesionale trovano applicazioni in molteplici settori, in particolare quelli medico, forense e industriale. Per i motivi citati e le diverse utilità che offre, la balistica lesionale è una materia fortemente interdisciplinare. Ciò la rende sia molto interessante che particolarmente complessa.

L'ambiente di ricerca che maggiormente ha contributo ai progressi ottenuti fino ai giorni nostri è caratterizzato dalla collaborazione di fisici/ingegneri con medici (chirurghi e patologi forensi in primis). Questa combinazione si è dimostrata particolarmente vantaggiosa perché unisce tecnici (fisici/ingegneri), dotati di competenze sufficienti per descrivere, analizzare e simulare gli eventi balistici, ai principali utilizzatori delle nozioni che i risultati possono offrire (i medici).

Fino dalla sua comparsa (databile verso al fine del 1800, per approfondimenti si veda [5]<sup>5</sup>) la balistica lesionale ha svolto un ruolo fondamentale di supporto scientifico nella promulgazione di leggi sulle armi da fuoco e la regolamentazione delle attività di tiro. In Italia, un paio di nozioni di balistica lesionale sono permeate in alcune leggi nazionali, tutte recepite da imposizioni dell'Unione Europea, senza però trasmettere agli utilizzatori la parte fisico/balistica alla base delle regole applicate. A differenza di altri paesi, in Italia non esistono ancora laboratori istituzionali o centri di ricerca specializzati in balistica lesionale e la materia è praticamente sconosciuta anche a livello accademico. Inoltre, l'attuale normativa non prevede nessuna formazione specifica per coloro che si definiscono "esperti" o "periti" in materia di balistica, venendo così meno anche la necessità di formare adeguatamente il personale che dovrebbe trattare l'argomento. Mancando in Italia la percezione a livelli istituzionali della necessità di approfondire la materia, non stupisce che l'offerta bibliografica sull'argomento sia praticamente inesistente, fatta eccezione per le recenti pubblicazioni dell'autore, in particolare il volume [5] col quale si tenta di colmare la lacuna.

Nello sviluppo storico della balistica lesionale, l'eterogeneità degli ambienti che possono trarre vantaggi dai suoi insegnamenti ha indotto fin dagli albori a studi isolati, fatti da gruppi di utenze spesso non sufficientemente qualificate per affrontare la materia. Già nei primi anni del 1900 medici, militari, forze dell'ordine, giuristi e anche semplici appassionati si dedicarono autonomamente allo studio, manifestando in molti casi una palese carenza di fisica di base. La letteratura scientifica in materia è oggi prega di teorie sbagliate e idee pittoresche che hanno fatto presa nell'immaginario collettivo e sopravvivono ai giorni nostri, ma sono molto lontane dalla verità scientifica validata (cioè confermata da più ricercatori indipendenti e ritenuta "giusta" fino a quando qualcuno non dimostrerà scientificamente il contrario).

In balistica lesionale la finalità che più interessa la collettività (e che riscuote maggiori finanziamenti) è da sempre l'aspetto medico delle conseguenze di un colpo d'arma da fuoco. Fin dai primi anni, medici e personale armato si avventurarono nello studio, pubblicando le proprie ricerche e giungendo a conclusioni, molte delle quali oggi sappiamo essere errate. L'errore più comune di allora (ma anche di oggi) era di trarre conclusioni di carattere generale da misurazioni meno specifiche di quanto i ricercatori ritenessero di avere

---

<sup>5</sup> Bettin C (2018), Le Ferite d'Arma da Fuoco – Manuale di Balistica Lesionale, Padova.

impostato e di basare inoltre le proprie conclusioni su argomentazioni che contrastano con la fisica o si basano su campionature statisticamente insignificanti.

Tra i molti lavori pubblicati nel primo cinquantennio del secolo scorso furono comunque gettate le basi per le teorie validate nei decenni a seguire e che oggi formano i concetti fondamentali della BL contemporanea. Purtroppo però, per lungo tempo queste scoperte furono affossate da teorie sbagliate ma più semplici, più accessibili concettualmente al pubblico e divulgata con maggiore enfasi. Teorie che sopravvivono ancora oggi e creano la disinformazione che si palesa sulla balistica lesionale e ha portato alla stesura del libro [5].

Indipendentemente dai risultati (giusti o sbagliati) ottenuti dagli scienziati degli inizi del secolo scorso, è doveroso precisare che lo studio approfondito della BL è possibile solamente da pochi decenni. Alcuni fenomeni balistici sono talmente rapidi e difficili da acquisire che solo il progresso tecnologico recente ne ha resa possibile l'analisi approfondita ed economicamente giustificabile. La scienza procede grazie ai tentativi e gli errori di molti, e la balistica lesionale non fa eccezione a questa regola.

A differenza di altre materie, le nozioni oggi validate soffrono però di scarsa diffusione. I progressi scientifici degli ultimi decenni sono sconosciuti a molti professionisti e ancora di più alla collettività dei semplici appassionati di armi/tiratori e del pubblico generico. Purtroppo, in questo settore la semplicità di alcune teorie superate e la spettacolarità delle immagini dei film per la TV fanno maggiore presa sul pubblico di quanto non riesca la scienza validata. Se poi aggiungiamo che i progressi in BL degli ultimi decenni hanno smentito proprio le teorie più facili, sostituendole con altre più complesse o articolate, non c'è da stupirsi della loro lentezza a diffondersi.

Quale utilità concreta offre la balistica lesionale?

La risposta a questa domanda spiega in parte l'inerzia della sua diffusione. La BL descrive e spiega come si crea una ferita d'arma da fuoco (o da scheggia).

Per un chirurgo può essere utile conoscerne alcuni rudimenti al fine di valutare correttamente determinati aspetti delle ferite e decidere come procedere. Ad egli occorre però sapere come intervenire sul paziente. Identificare gli aspetti balistici che hanno causato la ferita non gli è di grande aiuto, perché spiegare come si formano le ferite non significa affatto saperle anche curare.

A differenza del chirurgo, un patologo forense cerca le cause biologiche che hanno indotto la morte di un soggetto. Le dinamiche del proiettile all'interno del corpo sono solo un aspetto subordinato del suo lavoro, spesso liquidato descrivendo la conformazione della ferita. In medicina legale prevale l'analisi dello stato dei fatti di un paziente/vittima piuttosto che descrivere dettagliatamente la (presunta) azione meccanica che li ha causati.

Al militare/poliziotto interessa sapere se la sua arma è sufficientemente efficace per fermare un'aggressione prima di essere colpito a sua volta. Al cacciatore se la munizione che usa è adatta per abbattere l'animale al primo colpo, senza farlo soffrire troppo. Anche per queste utenze sapere come il proiettile agisce per ottenere lo scopo è una curiosità, ma non una necessità al fine di svolgere al meglio il proprio compito. Una volta appreso dove mirare per abbattere l'avversario/animale con l'attrezzatura in dotazione non serve tanta altra balistica.

Si potrebbe pensare che un progettista di armi/munizioni necessiti di una buona competenza della materia, ma non è proprio così. Di certo non guasterebbe alla sua professionalità, le grandezze in gioco in BL sono però spesso talmente sopra la soglia minima necessaria per cagionare l'effetto cercato (i militari chiamano questa condizione col termine

*overkill*) che il risultato è generalmente garantito se il tiratore colpisce il bersaglio nelle zone vitali, indipendentemente dal proiettile usato.

La scelta delle armi/munizioni per chi le adopera si limita quindi alla selezione dell'attrezzatura di comprovata efficacia (l'offerta è molto grande ed esiste un notevole bagaglio d'esperienza dal quale attingere) e all'apprendimento del suo uso, forti della consapevolezza che se una cosa funziona, per saperla usare bene non è necessario sapere perché funziona!

L'industria ha poi un giustificato interesse nel tenere gli utilizzatori discretamente ignoranti sulla materia, così da poter promuovere i propri prodotti con pubblicità pittoresche ma spesso lontane dalla realtà scientifica.

Chi invece dovrebbe conoscere a fondo la balistica lesionale sono i professionisti (balistici) forensi. Sapere identificare correttamente le cause di una ferita d'arma da fuoco è la base di un'indagine accurata. Inoltre, la balistica lesionale fornisce parametri obiettivi e misurabili per stabilire i criteri di efficacia delle armi e delle munizioni; informazioni essenziali per la promulgazione di leggi nazionali e internazionali sul controllo degli armamenti e il possesso/l'uso di armi civili.

### Come si impara la balistica lesionale?

Al pari di qualsiasi scienza naturale, la BL si basa sull'osservazione di eventi e la misurazione di parametri. I dati raccolti vengono poi interpretati secondo le proprie competenze personali (il classico metodo empirico). Questo modo di procedere ha portato alle cognizioni oggi validate e perdura fino dagli albori di questa scienza, databile alla seconda metà del 1800.

Nei decenni, lo studio della BL è passato attraverso diverse fasi, delle quali riportiamo qui solamente alcuni accenni delle ultime (per maggiori dettagli si veda [5]). Dalla seconda metà del 1900 in poi gli studi di BL si concentrarono sull'acquisizione dati e l'analisi in chiave matematica degli eventi misurabili, grazie alla disponibilità di nuovi strumenti di misura sempre più precisi e veloci. Fino agli anni '80 del secolo scorso, nelle pubblicazioni di BL prevalevano le formule, ricavate dalle analisi matematiche dei dati raccolti negli esperimenti. Il mondo degli utilizzatori recepì ampiamente queste formule, ma in molti settori si perse la seconda parte dell'evoluzione di questa scienza. Le formule furono inizialmente presentate come regole generali degli eventi, utili per simulare o prevedere (uno strumento che piacque molto al mondo forense). Col tempo ci si accorse però che le formule trovate descrivevano solamente alcuni nessi tra i principali parametri di interesse balistico, ma non fornivano strumenti sufficientemente affidabili per tentare previsioni con la precisione promessa. Dalla fine del secolo scorso in poi lo studio della BL si è spostato quindi sulle applicazioni pratiche, basandosi sulle nozioni teoriche acquisite nei decenni precedenti e forte di più affinate strumentazioni di acquisizione dati.

In Italia quest'ultimo passaggio manca ancora, non esistendo strutture attrezzate per tali esami ne personale competente a sufficienza. Inoltre, magistrati e pubblici ministeri non sono a conoscenza di queste tecniche d'indagine (e neppure chi li dovrebbe consigliare), perciò non vengono richieste.

Oggi la balistica lesionale offre tutte le nozioni necessarie per capire e valutare la formazione delle ferite d'arma da fuoco, i parametri numerici per confrontare obiettivamente sistemi d'arma diversi e la strumentazione necessaria per studiare in modo scientifico e attendibile casi individuali d'interesse forense. Nei capitoli che seguiranno tratteremo la valutazione della lesività di un'arma da fuoco usando i mezzi che la BL

contemporanea mette a disposizione. Il tema di questo lavoro è un argomento limitato della balistica lesionale, ma di notevole interesse per l'ambiente legale e con risvolti applicativi anche per gli utilizzatori delle armi da fuoco.

Nell'esperienza dell'autore, la domanda riguardo la “capacità offensiva” di una determinata/arma munizione è piuttosto ricorrente nelle aule di giustizia italiane e la risposta può influire significativamente sull'esito del processo. La stessa domanda se la pone quasi certamente ogni persona che abbia necessità di portare un'arma per difesa.

A causa della carenza di formazione sull'argomento, le risposte vissute dallo scrivente, o lette su perizie/consulenze legali italiane, raccolgono una mole incredibile di stupidaggini o teorie smentite da decenni, ma spacciate per valide perché fanno comodo al consulente/perito/commercianti o perché non ne conosce altre. Fintantoché tali opinioni si manifesta al bar o sulle linee di tiro, ma anche tra il personale armato (poco importa se PP.SS. e CC. conoscono realmente la balistica, l'importante è che sappiano usare l'arma in modo appropriato nel malaugurato momento del bisogno), le conseguenze non sono rilevanti. Quando però queste storie penetrano le aule di giustizia o formano la base per le indagini in corso o, peggio ancora, sono prese a riferimento per la promulgazione di nuove leggi, si va facilmente incontro a valutazioni errate, indagini indirizzate verso direzioni sbagliate, sentenze basate su dati “scientifici” che di scientifico non hanno nulla e una giurisprudenza basata su percezioni soggettive anziché su scienza e ragione.

Eppure le informazioni centrali di quanto esposto in questo tesio o nel libro [5] non sono delle novità per il settore balistico! La nozione più recente delle prossime pagine è della fine degli anni '80 primi anni '90 del secolo scorso e riguarda la soglia minima di lesività per la cessione locale di energia nella cavità temporanea. Questo dato risale a uno studio governativo svizzero, condotto dal Prof. Dr. Dr. hc Beat P Kneubuehl (che ringrazio per i dati messimi a disposizione) e mai pubblicato (non ancora di libera consultazione). I risultati dello studio svizzero sono però stati implementati in diversi capitolati tecnici e rappresentano uno di quei limiti della balistica lesionale accettato da molti, ma senza sapere esattamente cosa si cela dietro.

Il limite più noto che soffre di questa “malattia” è probabilmente la soglia dei 7,5 Joule per le armi ad aria compressa. Un valore recepito anche dalle leggi italiane, ma del quale si ignora ampiamente l'origine e la sua storia (trattata a fondo in un paragrafo del libro [5] e ripresa in questa pubblicazione). Anticipiamo che il valore dei 7,5J risale a studi tedeschi fatti negli anni '60 per rispondere a un quesito preciso in vista di una nuova legge sulle armi varata nel 1968 (notare che in Germania lo stato finanzia ricerche balistico lesionali per fini giuridici da oltre 60 anni, mentre in Italia non si conosce neppure la definizione della materia!).

In conclusione: La valutazione del potenziale lesivo di un'arma/munizione è uno degli strumenti di lavoro basilare della balistica lesionale. In questo testo non affronteremo gli aspetti tecnici delle armi e delle munizioni che influiscono direttamente sul potenziale lesivo, questo argomento è trattato a fondo nel libro [5] *“Le ferite d'Arma da Fuoco – Manuale di Balistica Lesionale”* che conta oltre 300 pagine per spiegare quei dettagli. Ci limiteremo ad esplicitare alcuni strumenti illustrati in [5], utili per rispondere alla domanda sul potenziale lesivo di un'arma da fuoco, così da fornire un facile strumento di lavoro applicativo.

Il tutto sarà poi messo in relazione ai possibili utilizzi in ambito legale, forense in generale e per la sicurezza al tiro.



## 2. Cenni di balistica lesionale

### 2.1 Come agisce un proiettile

Quando un proiettile impatta contro una persona (bersaglio biologico), esso cede la sua energia (cinetica) lungo il tramite di penetrazione, accelerando la massa di tessuto che gli si para davanti in direzione radiale rispetto alla traiettoria che segue dentro al corpo umano (traiettoria intrasomatica). Il tessuto è allontanato (dislocato) dalla sua posizione iniziale, espandendosi e formando una cavità che, per la rapidità del fenomeno, si sviluppa dapprima sotto vuoto. Questa “bolla” formatasi nel corpo umano è temporanea e collassa su se stessa a seguito dell’elasticità dei tessuti. Per questa sua caratteristica, la cavità appena descritta è chiamata **cavità temporanea (CT)**.

Durante la penetrazione nel corpo umano, il proiettile è in diretto contatto con il bersaglio. Lungo la zona di contatto reciproco il proiettile schiaccia il tessuto, danneggiandolo irreversibilmente. La distruzione dei tessuti ad opera del contatto diretto del proiettile, compresa una zona di immediata transizione nel tessuto circostante che viene staccato dalla sua trama, forma la cosiddetta **cavità permanente (CP)**. La cavità permanente viene spesso descritta come un buco nel quale manca tessuto.

In ogni ferita d’arma da fuoco si creano sempre entrambe le cavità, sia quella permanente che quella temporanea! Mentre la zona della cavità permanente demarca sempre un’area distrutta dal proiettile, le conseguenze dell’espansione della cavità temporanea possono variare notevolmente. Affinché la cavità temporanea sia in grado di causare un danno ai tessuti coinvolti è necessario, infatti, che la sua dilatazione sia sufficientemente ampia da stirare le fibre dei tessuti oltre il loro limite di rottura. Se la dilatazione della cavità temporanea non è sufficientemente ampia da indurre tensioni oltre il limite di rottura, allora il tessuto dislocato dalla “bolla” non si danneggia significativamente e la CT non ha sortito alcun effetto degno di nota sul bersaglio.

La differenza nelle conseguenze sul corpo umano dell’azione della cavità temporanea è la discriminante che permette di trattare separatamente la balistica lesionale dei colpi d’arma lunga (spesso chiamati ad alta energia) da quelli d’arma corta (generalmente ad energia nettamente più bassa rispetto alle armi lunghe). Entrambi i tipi di armi (lunghe o corte) danno origine a cavità permanente e cavità temporanea, ma con le armi lunghe, a causa di alcuni parametri costruttivi dei proiettili e della (solitamente) maggiore energia cinetica da essi posseduta, la dilatazione della cavità temporanea raggiunge estensioni tali da lacerare parte dei tessuti oltre la zona della cavità permanente (l’argomento è trattato a fondo in [5]).

Per dare un’idea delle grandezze energetiche in gioco, una munizione calibro 9mm (9x21 o 9x19), ma anche .45 ACP, eroga circa 500 J (J – Joule, è l’unità di misura dell’energia). I due calibri citati sono tra i più diffusi nelle armi corte per difesa personale (il 9mm è sicuramente il più diffuso al mondo). Le armi in dotazione all’esercito usano munizioni calibro 5,56x45 (circa 1500J) e 7,62x51 (circa 3200J) fino su al 12,7x99 (circa 13.000 – 15.000 J). Osserviamo che uno dei calibri più piccoli d’arma lunga rigata, usati sia per la caccia che per usi bellici (il 5,56x45 è chiamato in ambito civile CIP anche col nome di .223 Remington), eroga circa tre volte tanta energia quanto il calibro d’arma corta maggiormente usato per difesa personale (il 9x19/9x21).

Questo fatto ha una conseguenza notevole sulla percezione della capacità lesiva di un'arma da fuoco. Il quesito sulla sufficiente (per chi si difende) o eccessiva (per chi subisce) capacità lesiva di un'arma/munizione riguarda solitamente le armi corte (pistole e rivoltelle), perché le armi lunghe rigate sono in una fascia energetica talmente alta (con poche eccezioni) da garantire un esito letale del colpo ogni qualvolta il suo piazzamento è in una zona vitale del soggetto colpito. Sui calibri (munizioni) per arma lunga a canna rigata di solito non ci si chiede quindi se il loro potenziale lesivo è sufficiente, perché si da per scontato che lo sia.

Sui calibri per arma corta si discute invece fin dalla loro comparsa se il calibro utilizzato sia sufficiente o meno per sortire il risultato desiderato. La diatriba su quale munizione per arma corta sia la più adatta per difesa personale persiste da oltre un secolo e certamente non cesserà nei prossimi anni.

Da un punto di vista scientifico (balistico lesionale e terminale) le discussioni sui confronti tra calibri non hanno invece ragione di esistere, perché conoscendo la balistica lesionale ci si rende facilmente conto che la questione ha poco senso (vedremo oltre perché).

## 2.2 Meccanismi di lesione

L'effetto biologico di un colpo d'arma da fuoco è determinato da parametri del proiettile (massa, velocità, calibro, struttura, materiale, ecc.) e dalle proprietà dei tessuti coinvolti (densità, viscosità, elasticità, struttura anatomica ecc.). Il danno causato da un proiettile è conseguenza di processi dinamici molto veloci. Per capire e figurarsi come si formano le lesioni ci si avvale di due modelli astratti. I due meccanismi attraverso i quali un proiettile crea un danno al tessuto biologico (corpo umano) sono lo schiacciamento e lo stiramento.

1. **Lo schiacciamento del tessuto:** Il tessuto che si trova lungo la traiettoria di penetrazione viene compresso dalla superficie del proiettile in diretto contatto col tessuto stesso. L'enorme pressione che si forma nella zona di contatto reciproco spappola letteralmente il tessuto, creando un danno permanente. Si forma la cavità permanente.
2. **Lo stiramento del tessuto:** Il tessuto adiacente la traiettoria del proiettile viene accelerato radialmente. La dislocazione radiale del tessuto forma una cavità conica che raggiunge la sua massima espansione 2-4 ms dopo il passaggio del proiettile. L'elasticità del tessuto biologico ne causa rapidamente il collasso (da cui il nome di cavità temporanea). L'energia cinetica ceduta dal proiettile al tessuto viene consumata con una serie di cicli di espansione e collasso, si dice che la cavità temporanea "pulsa".

La cavità temporanea causa lesioni nel tessuto in tre modi diversi (per approfondimenti si veda [5]), riassunti sinteticamente con la denominazione unica di *stiramento del tessuto*, in riferimento al meccanismo preponderante tra i tre descritti di seguito:

- a. La dislocazione radiale dei tessuti causa lo stiramento di una zona tubolare attorno alla traiettoria intrasomatica del proiettile.

- b. Contestualmente alla dilatazione, lo spessore del setto di tubo figurativo viene assottigliato. Il tessuto subisce quindi anche una compressione (secondo Bettin questo modello ha più valenza concettuale che pratica, perché stiramento e compressione di una stessa area si compensano facendo prevalere la tensione di modulo maggiore – cioè lo stiramento).
- c. La pulsazione della cavità temporanea è un fenomeno dinamico, che dura alcuni millisecondi. Il tessuto umano non è omogeneo come i simulatori balistici usati in laboratorio e la dilatazione della cavità avviene preferenzialmente lungo le linee di minore resistenza. La CT reale in un corpo umano sarà asimmetrica, inducendo sforzi di taglio tra le interfacce dei tessuti con elasticità diversa.

Tra i tre meccanismi descritti riguardanti la CT, lo stiramento è il preponderante. Il tessuto dilatato non sarà però distrutto completamente. La gravità del danno diminuisce all'aumentare della distanza dalla cavità permanente e dipende anche dalle caratteristiche del tessuto. La maggior parte dei tessuti molli (per esempio muscoli, pelle, polmoni, intestino) assorbono bene l'energia, mentre altri meno elastici (per esempio fegato, cervello, milza) si danneggiano facilmente.

### 2.3 Definizione di potenziale lesivo, l'efficacia di un proiettile

Per comprendere la formazione delle ferite d'arma da fuoco è necessario capire che, da un punto di vista della fisica, una qualsiasi lesione cagionata da un proiettile al corpo umano non è altro che un fenomeno di rottura di materiale (i tessuti biologici) per come viene insegnata e studiata in ingegneria. L'azione del proiettile sul bersaglio induce tensioni in determinate zone della materia colpita e se le tensioni superano il carico di rottura del tessuto coinvolto questo si lacera. Che si tratti di un muscolo, un organo, un osso o una qualsiasi altra parte solida del corpo umano (o animale) la sua rottura segue le leggi della meccanica, senza eccezioni. Le caratteristiche utili per valutare la resistenza alla sollecitazione dei tessuti umani (per esempio la resistenza statica, la resistenza dinamica, l'elasticità ecc.) sono ovviamente diverse in base ai tipi di tessuto, ma il concetto base per portarli a rottura è sempre lo stesso:

- Per rompere un qualsiasi materiale bisogna compiere del lavoro!

#### 2.3.1 Errori comuni

Capire perché il corpo umano si rompe quando viene sollecitato da un proiettile o da una scheggia è uno dei requisiti base per affrontare correttamente lo studio della balistica lesionale e il discorso del potenziale lesivo in particolare. Questa introduzione si rende necessaria per fugare in partenza teorie e concetti sbagliati, per esempio l'idea errata (ma ampiamente diffusa in Italia e liberamente insegnata ai corsi di tiro difensivo) che l'impulso oppure anche lo "shock" siano grandezze importanti per valutare l'azione lesiva di un proiettile. Riassumiamo brevemente alcune delle teorie sbagliate e più diffuse sui meccanismi lesivi delle armi da fuoco. Invitiamo i lettori a diffidare di chi argomenta con una delle teorie 1-5, e i pubblici ministeri, avvocati e giudici a cercarsi un altro consulente in

materia, perché le cinque teorie seguenti sono state dimostrare essere errate da decenni (indice di scarsa preparazione o scorrettezza del CT). Nel riferimento bibliografico [5] si dimostra che:

1. L'impulso (si calcola moltiplicando la massa del proiettile in chilogrammi per la sua velocità in metri al secondo)<sup>1</sup> non ha nessun ruolo nella formazione di una ferita d'arma da fuoco e la credenza popolare che esso sia un parametro importante risale a quasi un secolo fa.
2. Lo shock associato a un proiettile è un'invenzione lessicale (vecchia di almeno una cinquantina di anni) della quale non esiste neppure una definizione. Il termine shock ha un suo significato in ambito medico (esistono più tipi di shock), nessuno di questi ha però un qualche nesso con la balistica lesionale.
3. Lo shock neurogeno a seguito dell'impatto di un proiettile, cioè una sollecitazione nervosa tale da fare cessare le attività vitali, non è mai stato documentato sull'uomo. Ne consegue che, all'atto pratico, questo fenomeno apparentemente riscontrato in animali di piccola taglia (per esempio le lepri) non interessa l'essere umano. Fin dai tempi della guerra del Vietnam girano parecchie storie sui "proiettili veloci che uccidono con lo shock nervoso (o qualcosa di simile)". La storia è talmente affascinante che alla gente piace crederci. La comunità scientifica balistico lesionale studia da tempo gli effetti sui nervi dei colpi d'arma da fuoco, ma ad oggi non è mai stata trovata una sola evidenza che uno shock neurogeno si sia mai verificato negli esseri umani. Gli stimoli nervosi creati dai proiettili esistono, ma non è ancora stato dimostrato che sono in grado di interrompere le funzioni vitali, né di danneggiare in maniera percepibile l'essere umano.
4. Le onde d'urto generate dai proiettili non hanno un effetto lesivo significativo (l'argomento è trattato a fondo in [5]). L'impatto di un proiettile genera onde d'urto e onde di pressione. Le due onde non sono la stessa cosa e (nell'esperienza dell'autore) l'esperto balistico italiano medio non è capace di spiegarne le differenze. Ne consegue che nella letteratura italiana (ma non solo) è piuttosto frequente imbattersi nell'affermazione sbagliata che i danni biologici sono causati da onde d'urto.
5. Non esiste alcun effetto "supersonico" dei proiettili nel corpo umano. Coloro che riportano questa teoria dimostrano che oltre a non conoscere la balistica non possiedono neppure una base di fisica. La velocità del suono è sempre riferita alla sostanza in discussione. Se si parla del proiettile in moto dentro ad una persona, la velocità del suono è quella propria del corpo umano (si prende a riferimento quella dell'acqua con circa 1500 m/s) e non la velocità del suono nell'aria (circa 340 m/s). I proiettili sparati dalle armi da fuoco sono tutti più lenti della velocità del suono in un corpo vivo, quindi sempre subsonici dentro alle persone e non possono esistere fantomatici effetti "supersonici"!

---

<sup>1</sup> Abbiamo inserito questa precisazione perché in una pubblicazione contemporanea del Dipartimento di Medina Legale di un'università del centro Italia l'autore (professore universitario) esordisce affermando che i proiettili d'arma da fuoco sono capaci di ribaltare una persona a seguito del loro impatto (affermazione sbagliatissima!!). A prova della sua tesi riporta il calcolo della quantità di moto per un proiettile calibro .38 dal peso di 10g, veloce 200m/s, col quale ottiene 200Kg (2000N) di "forza d'urto". Sono stati moltiplicati grammi anziché chilogrammi, sbagliano di un fattore mille!

**Per quanto riguarda le ferite d'arma da fuoco, gli effetti più marcati visibili sulle vittime sono generati da onde di pressione, non onde d'urto** (la differenza tra i due fenomeni è discussa in dettaglio nel capitolo 4 del riferimento [5] ed esula dallo scopo di questo lavoro).

### 2.3.2 Nesso tra l'energia apportata dal proiettile e il danno prodotto: la cessione locale di energia

Ritornando alle nozioni consolidate, i tessuti di un essere vivente (così come qualsiasi altro materiale solido) si rompono se sottoposti a tensioni superiori al loro limite di rottura (chiamato carico di rottura). La meccanica insegna che per rompere qualcosa bisogna compiere un lavoro, e il lavoro (meccanico) è dato dal prodotto di una forza per lo spostamento del suo punto di applicazione.

Tradotto in linguaggio pratico significa che per ledere un tessuto biologico bisogna tirarlo con forza sufficiente e per una certa distanza finché non si rompe (oppure comprimerlo o torsionarlo). La distanza e la forza necessaria per danneggiare un tessuto dipendono dalle caratteristiche di resistenza del materiale stesso, quindi possono differire tra i vari organi/tessuti e anche tra soggetti differenti a parità di tessuto, ma il principio fisico alla base del meccanismo di rottura è comune a tutti i tessuti del corpo umano o animale.

Uno dei cardini della meccanica, di notevole importanza nello studio delle ferite d'arma da fuoco, è la relazione che esiste tra lavoro ed energia. Vediamo perché:

L'importanza dell'energia posseduta da un proiettile deriva da due fattori, uno puramente legato alla fisica, il secondo invece di aspetto pratico:

1. Aspetto fisico: Per compiere lavoro abbiamo bisogno di una fonte di energia.
2. Aspetto pratico: L'energia di un proiettile è una grandezza facile da misurare.

Ci chiediamo:

quale è la fonte di energia da cui attinge il proiettile per compiere il lavoro sul bersaglio? L'unica fonte di energia disponibile al proiettile per essere trasformata in lavoro, e conseguente danno ai tessuti, è l'energia cinetica, con simbolo E e grandezza di misura joule [J], posseduta al momento dell'impatto e durante la penetrazione nel bersaglio.

Di tutte le forme di energia possedute dal proiettile, quella cinetica è l'unica importante per l'effetto terminale. L'energia potenziale di un proiettile è una grandezza trascurabile nei ragionamenti di balistica lesionale, mentre l'energia rotatoria (rotazione lungo l'asse di simmetria), presente solamente nei proiettili stabilizzati giroscopicamente, è talmente esigua da non apportare alcun contributo significativo nella formazione di una ferita d'arma da fuoco (vedi la seguente tabella 2.1).

**Tab.2.1 Bilancio energetico calibro .308 Winchester (valori indicativi)**


**Nota sull'energia cinetica:**

L'effetto del proiettile sul corpo umano non dipende tanto dalla quantità totale di energia cinetica posseduta al momento dell'impatto, ma dalla quantità di energia ceduta al bersaglio lungo la sua penetrazione!

Questo ragionamento è diretta conseguenza del fatto che per rompere qualcosa bisogna compiere lavoro e la sola indicazione dell'energia totale disponibile non ci aiuta a capire quanto lavoro è stato svolto in una certa zona limitata del bersaglio. L'energia cinetica posseduta dal proiettile è quindi solamente la fonte di quel "qualcosa" che viene trasformato in lavoro, ma non è necessariamente un metro utile per determinare quanto lavoro il proiettile compie effettivamente lungo il tragitto nel bersaglio.

L'energia ceduta al bersaglio è invece una grandezza che si presta egregiamente per valutare il lavoro compiuto dal proiettile. L'energia ceduta, che indichiamo col simbolo  $E_{ce}$ , ha la stessa unità di misura dell'energia cinetica E, il joule [J].

Poiché l'andamento e la quantità di energia ceduta da un proiettile lungo il suo tragitto nel bersaglio biologico non hanno andamento costante ma dipendono da molti fattori (per i dettagli si veda il capitolo 3 del testo [5]), è necessario valutare quanta energia è stata ceduta in una porzione limitata del tragitto piuttosto che misurare solamente la quantità totale ceduta al bersaglio. Da un punto di vista pratico questa esigenza è conseguenza della struttura anatomica degli esseri viventi. Poiché gli organi vitali sono posti in profondità nel corpo umano, è utile sapere se il proiettile in esame è in grado di cedere energia a sufficienza nelle zone corporee più sensibili oppure se ne scarica maggiormente in zone poco utili per l'effetto terminale ricercato.

Ribadiamo che esiste una relazione diretta tra energia ceduta e lavoro compiuto, e che per rompere il tessuto biologico bisogna compiere lavoro. L'indicazione della quantità di energia ceduta in una certa zona/ad una certa profondità del corpo umano è quindi un metro diretto per valutare il lavoro fatto in quella zona, cioè il potenziale intrinseco del proiettile per danneggiare il tessuto nella zona/alla profondità in esame.

Per studiare questo aspetto importante si rapporta l'energia ceduta dal proiettile alla distanza percorsa nel bersaglio (i matematici chiamerebbero questo rapporto col nome *gradiente della funzione distanza-energia*). Così facendo definiamo **la cessione locale di energia**, con simbolo  $E'_{ce}$ .

**La cessione locale di energia  $E'_{ce}$  è il parametro fondamentale per valutare il potenziale lesivo di un proiettile e si misura in [J/cm].** L'unità base della cessione locale di energia  $E'_{ce}$  sarebbe il [J/m], per semplicità di analisi dei dati sperimentali la valutazione dell'energia ceduta viene fatta sezionando i bersagli in fette spesse alcuni cm, ne consegue che i [J/cm] sono più pratici nell'uso quotidiano e anche la grandezza riportata nei lavori più recenti.

2.1	Energia ceduta	$E_{ce}$	[J]
2.2	Cessione locale di energia	$E'_{ce}$	[J/cm]

Abbiamo così introdotto il concetto di *potenziale di un proiettile*, chiamato in balistica lesionale **potenziale lesivo**, una grandezza che si misura con la cessione locale di energia  $E'_{ce}$  e si esprime in [J/cm]. Analizziamo più a fondo cosa ci rappresenta.

Il potenziale lesivo è il metro del lavoro che un proiettile può compiere sul bersaglio. Esso esprime il lavoro che un proiettile è in grado di scambiare per ogni centimetro percorso lungo tutto il tramite di penetrazione del bersaglio. La sua unità di misura è la cessione locale di energia  $E'_{ce}$ .

E' importante capire le ragioni di tale definizione.

Abbiamo già spiegato (ma lo ripetiamo perché è un concetto estremamente importante) che per creare un danno bisogna compiere lavoro sul bersaglio e per compiere lavoro serve energia da trasformare in lavoro (per chi non lo sapesse, lavoro ed energia hanno la stessa unità di misura, il joule [J]). L'energia che si trasforma in lavoro è sottratta all'energia cinetica del proiettile, di conseguenza l'energia ceduta localmente  $E'_{ce}$  dal proiettile al bersaglio è un metro per valutare quanto lavoro il proiettile ha compiuto nell'area nella quale ha appena perso energia.

La cessione locale di energia  $E'_{ce}$  non è un valore costante, ma varia lungo il tragitto dentro al bersaglio biologico e dipende sia dalle caratteristiche del proiettile che dalle condizioni di volo al momento dell'impatto.  $E'_{ce}$  non si può quindi riassumere con un unico numero, ma è una funzione che si rappresenta con un grafico (vedi fig. 2.2).

L'andamento di  $E'_{ce}$  si determina sperimentalmente. Il grafico di  $E'_{ce}$  esprime l'efficacia di un determinato proiettile per una data velocità d'impatto e angolo d'incidenza sul bersaglio.

Le curve della cessione locale di energia di un proiettile si ottengono sparando in condizioni controllate contro bersagli che simulano l'interazione del bersaglio biologico con il proiettile. Per garantire la riproducibilità degli esperimenti e l'attendibilità delle misurazioni fatte, i bersagli usati sono isotropi e omogenei (isotropo significa che la reazione della sostanza è indipendente dalla direzione di applicazione del carico). Poiché simulano la reazione del tessuto biologico sul proiettile, queste sostanze sono chiamate **simulatori** del bersaglio biologico. I simulatori più diffusi, e validati da tempo, sono un certo tipo di sapone e di gelatina.

Il grafico di fig. 2.2 è specifico per un solo tipo di proiettile (modello, marca) e varia con le sue condizioni d'impatto, in particolare con la velocità e l'angolo d'incidenza tra l'asse di simmetria del proiettile e la superficie del bersaglio. A causa dei numerosi parametri che influiscono sulla cessione locale di energia, è prassi definire il potenziale lesivo facendo riferimento alla condizione d'impatto ortogonale e ad una velocità di riferimento.

### ***Immagine rimossa***

Fig.2.2 Esempio di tracciato della cessione locale di energia di un proiettile espansivo d'arma corta (9mm PEP), con velocità d'impatto di circa 410 m/s. Il grafico è stato tracciato con intervalli di 2,5 cm di profondità di penetrazione. Questo tipo grafico rappresenta l'efficacia del proiettile usato.

Non esiste una formula capace di calcolare a priori il potenziale lesivo di un proiettile. E non esiste neppure un parametro esprimibile con un unico numero per descriverlo, anche se negli anni sono state proposte molte teorie e formule (tutte scientificamente sbagliate) per classificare con un unico valore l'efficacia delle armi da fuoco. L'esigenza di poter confrontare direttamente il potenziale delle armi da fuoco è una necessità psicologica che vorrebbe un unico numero, facile da comprendere, per classificare calibri e munizioni, così da scegliere il "più adatto". Scientificamente non esiste questo numero, ne potrà mai esistere (capiremo il perché nel proseguimento del testo).

Per chiarire ulteriormente il concetto di *potenziale* lesivo spendiamo due parole sul perché la misurazione della cessione locale di energia fornisce solamente un dato probabilistico (da qui la parola potenziale) e non può essere presa direttamente come misura (certa) del danno che farà il proiettile (cioè del suo effetto). Il motivo è legato a due variabili ignote a priori, ma proprie delle conseguenze di un colpo d'arma da fuoco sulle persone (o gli animali):

- a. Non si sa a priori quanto del grafico complessivo sarà applicabile al bersaglio colpito.
- b. Le proprietà di resistenza del bersaglio colpito non sono note. Facendo riferimento al bersaglio umano non si conoscono a priori le caratteristiche dei singoli tessuti e degli organi penetrati dal proiettile.

I due punti contengono implicitamente la traiettoria del proiettile nel bersaglio (tramite intrasomatico). Poiché non è possibile prevedere a priori dove il proiettile colpirà e quale tragitto intracorporeo percorrerà, e di conseguenza quali tessuti/organi attraverserà, non è dato sapere prima di aver sparato il colpo quanto del grafico di cessione d'energia si manifesterà realmente dentro al bersaglio e se l'energia ceduta in un dato punto sarà

sufficiente per danneggiare il tessuto circostante. Queste informazioni saranno note solamente dopo che il colpo è stato esploso e il proiettile avrà attinto il bersaglio.

Ragioniamo con un esempio: Pur sapendo che il proiettile del grafico in fig.2.2 cede circa 50 J di energia alla profondità di 7,5 cm, prima di sparare il colpo non abbiamo nessuna indicazione riguardo a dove sul corpo umano il proiettile andrà a colpire, quindi non sapremo quale organo/tessuto incontrerà a 7,5 cm di profondità. Se il proiettile dovesse colpire un arto, l'energia ceduta a 7,5 cm si manifesterebbe probabilmente su muscoli e/o cute/grasso in uscita dall'arto, causando una ferita modesta e con bassa probabilità di essere letale o invalidante. Se il proiettile dovesse invece colpire il tronco potrebbe essere che alla profondità di 7,5 cm esso si trovi dentro un organo fragile, oppure laceri un vaso sanguigno principale, causando danni di gravità tale da indurre la morte del soggetto in breve tempo. Nella pratica, la stessa funzione di efficacia può indurre effetti molto diversi!

Il tracciato dell'energia ceduta localmente è ripetibile per ogni modello di proiettile, sparato ad una velocità predefinita nello stesso tipo di bersaglio. Esso è quindi un dato oggettivo e quantificabile di un proiettile e rappresenta un valido strumento scientifico per avere un'idea di quanta energia il proiettile è in grado di cedere alle diverse profondità di penetrazione. Inoltre, essendo  $E_{ce}$  un parametro ripetibile e indipendente dal piazzamento del colpo sul bersaglio, l'energia ceduta localmente è utile per descrivere e quantificare una caratteristica intrinseca di un dato proiettile ad una certa velocità d'impatto.

In conclusione:

- L'efficacia di un proiettile esprime il lavoro che quel proiettile può compiere sul bersaglio alle varie profondità di penetrazione.
- L'efficacia è misurabile sperimentalmente, ripetibile e quantificabile. Si presta quindi quale riferimento numerico obiettivo per discutere alcuni aspetti di rilevanza forense.

## 2.4 Definizione di effetto di un proiettile

L'effetto di un proiettile è la descrizione dello stato finale del bersaglio dopo aver subito l'impatto del proiettile. L'effetto di un colpo d'arma da fuoco sulle persone dipende dall'energia ceduta localmente (cioè dall'efficacia del proiettile) e dalle caratteristiche di resistenza del tessuto lungo la direzione di avanzamento del proiettile.

Da un punto di vista biologico è stato dimostrato che danni meccanici di pari intensità su soggetti differenti possono indurre reazioni diverse nelle persone colpite e variano in base allo stato psicofisico delle persone. Cioè, a parità di ferita subita, persone diverse possono reagire in maniera differente. Poiché per definizione l'effetto è ciò che si vede dopo che il proiettile ha colpito il bersaglio, esso dipende necessariamente da:

1. L'efficacia di un proiettile (la possibilità di creare danno).
2. Il tramite intrasomatico sul soggetto colpito (i tessuti/organi realmente attinti dal proiettile).
3. Le condizioni psicofisiche del soggetto colpito (lo stato fisico e psichico soggettivo della persona colpita).

Dei tre fattori che determinano l'effetto di un colpo d'arma da fuoco l'unico misurabile obiettivamente e noto a priori è l'efficacia. Gli altri due non sono prevedibili con esattezza prima di aver sparato.

Parlare di effetto per descrivere un'arma/munizione senza specificare il punto d'impatto e il percorso intrasomatico del proiettile, oltre allo stato psicofisico del soggetto colpito, è quindi sbagliato, ma prassi in tutti gli ambienti legati alle armi da fuoco. Affermazioni tipo: l'effetto di un .44 Magnum è superiore a quello di un 9 mm sono molto comuni tra appassionati e (purtroppo) anche tra professionisti, ma scientificamente sbagliate. Per discutere di effetti terminali è necessario specificare almeno il tipo di proiettile, la velocità d'impatto e la zona corporea attinta. Un .44 Magnum con proiettile espansivo ha certamente un'efficacia maggiore di un 9 mm blindato, ma se colpisce una zona periferica di un soggetto (magari con stato psichico alterato) avrà un effetto minore del 9mm FMJ che attraversa il sistema nervoso centrale, attingendo zone essenziali per la vita e uccidendo all'istante. In balistica lesionale l'unica grandezza obiettiva e quantificabile a priori è l'efficacia, classificare armi e munizioni in base all'effetto conduce spesso ad errori di valutazione (la storia ne è piena).

### 3. Concetto di lesività

#### 3.1 Introduzione

La scelta di un'arma, del suo calibro, della munizione e del tipo di proiettile sono subordinate all'uso previsto e alla valutazione (in teoria oggettiva) della loro idoneità allo scopo prefissato. Le armi da fuoco si prestano a vari usi, siano essi sportivi, venatori oppure per difesa/offesa. Le esigenze balistiche nel tiro sportivo si limitano quasi esclusivamente alla precisione dell'arma, mentre la caccia di animali e la difesa/offesa nei confronti degli esseri umani richiede una valutazione balistico terminale.

I requisiti minimi venatori sono solitamente imposti dalle leggi nazionali e, da un punto di vista balistico, sono ormai espressi quasi ovunque in termini di energia posseduta da un proiettile ad una certa distanza di tiro e nell'obbligo di utilizzare proiettili espansivi, salvo alcune eccezioni per tipi di caccie particolari. Le imposizioni legali delle energie, dei calibri e dei proiettili destinati all'attività venatoria si basa essenzialmente sull'esperienza accumulata in oltre un secolo di caccia con munizioni moderne e su studi scientifici. Per quanto riguarda l'ambito venatorio, gli studi balistici non hanno fatto altro che confermare quanto i cacciatori sapevano per esperienza, fornendo una giustificazione scientifica alla limitazione legale di alcuni calibri per determinate specie animali.

La scelta dei calibri per difesa è invece un argomento che non cesserà mai di essere dibattuto. Le esigenze poste nei confronti di un'arma da fuoco da difesa/offesa non sono univoche e cambiano con la percezione, anche sociale e politica, delle necessità di contrastare una minaccia. La balistica lesionale offre alcuni strumenti per valutare in modo obiettivo se la combinazione calibro/proiettile sia adatta allo scopo desiderato, ma la complessità dell'argomento e le componenti soggettive dell'effetto di un colpo d'arma da fuoco non fanno di questa scienza la risposta a tutte le domande.

Il desiderio di classificare in modo semplice le armi da fuoco in base alla loro capacità di "difendere" o "incapacitare" (un modo elegante per aggirare la parola politicamente scorretta *uccidere*) ha portato alla formulazione di un buon numero di teorie di lesività, cioè espressioni analitiche per quantificare l'attitudine di un proiettile "a rendere una persona incapace a proseguire le proprie azioni volte a cagionare un danno altrui". Da un punto di vista medico una persona è certamente incapace di proseguire con le proprie azioni nei confronti di terzi quando è morta, quindi per discutere sul concetto di lesività è prima necessario capire bene cosa causa la morte di un essere umano colpito da un proiettile. Questa breve digressione è necessaria perché molte teorie di lesività (quasi tutte) sono frutto di "studiosi" con evidenti carenze di fisica e/o di medicina. Per comprendere appieno perché le teorie formulate in passato sono inutili, o utili solo limitatamente allo scopo militare per cui sono nate, bisogna capire quali eventi fisiologici inducono la morte in un soggetto colpito da un proiettile (per maggiori dettagli si rimanda a [5]).

### 3.2 Cosa causa la morte di un essere umano?

Le cause che inducono la morte nelle persone colpite da un proiettile non si differenziano particolarmente da altri tipi di lesioni penetrati. Gli effetti che portano alla morte sono sostanzialmente di due tipi e cambiano in base alla zona corporea colpita. Essi sono<sup>1</sup>:

- A. La distruzione diretta di parti del sistema nervoso centrale necessarie al sostentamento della vita. I colpi al cranio con distruzione delle parti che regolano la respirazione e il sistema cardiocircolatorio portano alla morte cerebrale. Anche lesioni delle altre parti del cervello possono indurre il decesso a causa di emorragie nella scatola cranica e/o gonfiori tali da causare lo schiacciamento di parti sensibili nel forame occipitale.
- B. La terminazione indiretta delle funzioni cerebrali causata da mancanza di ossigeno al cervello. Se il proiettile lede i vasi sanguigni o organi ben perfusi, l'emorragia che ne consegue causa la cosiddetta “morte per dissanguamento” (shock emorragico). La perdita di sangue porta all’ischemia cerebrale, cioè la morte del cervello per mancanza di ossigeno. Detto in parole più semplici, si muore per soffocamento da cause interne.

Qualunque sia il proiettile utilizzato, la morte di un soggetto colpito da un colpo d’arma da fuoco è sempre causata da uno dei due meccanismi descritti.

Da decenni circola la cosiddetta teoria della morte da “shock”, cioè a seguito di ferite traumatiche troppo lievi per causare la morte secondo uno dei due meccanismi citati, ma sufficienti per indurre una reazione nervosa che blocca il sistema cardiocircolatorio. Questo meccanismo letale non è mai stato osservato sugli esseri umani (è però noto per animali di piccola taglia) e non rientra ad oggi tra le possibili (reali) cause di morte di una persona colpita da un proiettile<sup>1,2</sup>.

Un aspetto molto discusso, e anche di notevole importanza forense, riguarda la capacità di un soggetto di compiere azioni dopo aver subito una ferita mortale. L’argomento riporta necessariamente alla definizione dell’effetto di un proiettile, cioè allo stato finale reale di una persona attinta da un colpo d’arma da fuoco. L’effetto dipende da una componente obiettiva del proiettile (la sua efficacia) ma anche da due componenti soggettive della persona colpita, che sono la zona corporea attraversata dal proiettile e lo stato psicofisico del soggetto nell’istante in cui è stato colpito. Nella pratica forense sarà possibile discutere sull’effetto e sulle conseguenti capacità (o meno) del soggetto di compiere azioni solamente dopo l’autopsia (mostra le zone corporee attinte) e avendo sufficienti informazioni dalla scena dei fatti (tracce di sangue, posizione del cadavere, tracce balistiche, ecc.).

Riguardo alla definizione di “incapacità di proseguire le azioni” in letteratura non esiste una definizione univoca. La valutazione è soggettiva e dipende dalle esigenze della situazione. Se l’obiettivo è però la terminazione delle funzioni cerebrali (cioè la morte) al fine di fare cessare le attività motorie, diversi autori, per esempio HATCHER<sup>3</sup> nel 1935 e più di

<sup>1</sup> Kneubuehl BP, Coupland RM, Rothschild MA, Thali MJ (2008), Wundballistik – Grundlagen und Anwendungen, Springer, Heidelberg.

<sup>2</sup> Sellier K (1982), Schußwaffen und Schußwirkungen I, seconda ediz., Schmidt –Römhild, Lübeck.

<sup>3</sup> Hatcher JS (1935), Textbook of Pistols and Revolvers, their Ammunition, Ballistics and Use. Plantersville TX.

recente KARGER<sup>4</sup> et al., hanno suddiviso in tre fasce il tempo latente tra il colpo ricevuto e il collasso delle funzioni:

1. La cessazione immediata delle attività motorie si ha solamente con lesioni estese del cervello o del midollo allungato (medulla oblongata). Solo la distruzione rilevante di aree importanti per la vita, per esempio dei gangli basali, del mesencefalo, del diencefalo, del cervelletto, del tronco cerebrale, la protuberanza anulare o del midollo allungato possono indurre una immediata cessazione delle attività motorie. Se il proiettile attinge zone del cervello che non rientrano tra quelle elencate, il soggetto può sopravvivere o soccombere alle lesioni dopo un certo tempo, anche mantenendo temporaneamente le capacità reattive volontarie.
2. La cessazione rapida delle attività motorie si verifica quando il soggetto soccombe per mancanza di ossigeno al cervello. La distruzione del cuore, delle arterie polmonari, dell'aorta causano un dissanguamento rapido, che porta prima all'incoscienza e poi alla morte cerebrale. Alla distruzione dei principali veicoli del sangue non consegue però una cessazione immediata delle azioni, perché il cervello ha una sua riserva propria di ossigeno che gli permette di funzionare per alcuni secondi. In letteratura sono riportati numerosi casi nei quali la vittima sostenne un colpo devastante al cuore, ma fu ancora in grado di camminare per alcuni metri, ricaricare l'arma o sparare.
3. La cessazione ritardata delle attività motorie è comune alle lesioni delle arterie e degli organi principali (esclusi ovviamente quelli indicati nei due punti precedenti). Il tempo necessario affinché l'emorragia sia tale da indurre un'anossia al cervello dipende dalla gravità della ferita e può durare anche alcuni minuti.

Se la ferita non è di gravità tale da causare un'emorragia che rientra in uno dei punti descritti, il tempo di sopravvivenza è indefinito. La morte differita nel tempo può sopraggiungere anche per setticemia, ma è un meccanismo letale che non rientra negli effetti immediati o a breve termine dei colpi d'arma da fuoco<sup>5</sup>.

### 3.3 Considerazioni sull'idea di lesività

L'uso di un'arma da fuoco contro una persona nella realtà civile del nostro paese non contempla necessariamente la volontà di indurre la morte nel soggetto colpito. La morte dell'opponente/aggressore dovrebbe essere l'ultima ratio. Nell'ottica della sicurezza pubblica, gli agenti di PS dovrebbero essere chiamati a sparare per "fermare" un'aggressione, preferibilmente senza uccidere l'aggressore. Lo stesso ci si vorrebbe aspettare dal cittadino che si trova a difendere se stesso o altri con l'uso delle armi da fuoco.

La balistica lesionale aiuta a rispondere a una domanda cruciale: E' possibile usare le armi da fuoco in modo volutamente mirato per fermare un aggressore senza ucciderlo? Cioè, un

---

<sup>4</sup> Karger B, Brinkmann B (1997), Multiple gunshot suicides: Potential for physical activity and medico-legal aspects. Int J Legal Med 110:188–192.

<sup>5</sup> DiMaio VJM (1998), Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques, CRC Press.

agente di pubblica sicurezza sarebbe in grado di usare l'arma in maniera tale che pur esplodendo un colpo contro una persona avrà la certezza di fermarne l'azione, ma senza uccidere la persona colpita?

La risposta è abbastanza semplice e lineare, ma per comprenderla è necessario un certo sforzo cognitivo, perché per accettare la realtà “fisica” delle conseguenze di uno sparo bisogna prima spogliarsi delle idee e delle teorie sbagliate su cosa è in grado di fare un proiettile.

Cominciamo con la credenza popolare più comune:

I film per la TV mostrano da sempre che quando il buono spara al cattivo, il cattivo vola indietro, viene scaraventato attraverso finestre ecc. Il classico film western o d'azione diffondono l'idea che un colpo di pistola può essere sufficiente per abbattere fisicamente una persona. La conseguenza logica è che se l'aggressore è stato buttato a terra, non riuscirà più a muoversi (almeno per un po'), quindi è temporaneamente inoffensivo (l'ispettore Callaghan docet!). Questa idea è talmente diffusa che lo scrivente l'ha letta in consulenze legali recenti e si è trovato in discussioni con “esperti” per dei casi giudiziari nei quali si affermava che il soggetto xy, colpito da un proiettile, fosse sicuramente volato all'indietro ecc. quindi incapace di commettere nell'immediatezza certi gesti. La realtà è ben diversa! Nessun colpo d'arma da fuoco è in grado di far volare chiunque per il solo impatto del proiettile, né di spostarlo in alcun modo. La spiegazione fisica risiede nella conservazione della quantità di moto che dice (semplificando veramente tanto) che la “spinta” esercitata dal proiettile sul bersaglio non può mai essere maggiore di quella subita dal tiratore. Ne consegue che se un colpo d'arma da fuoco fosse in grado di buttare giù una persona, allora dovrebbe buttare a terra anche colui che spara! La credenza popolare di questo effetto è talmente diffusa che nel 1985 JASON<sup>6</sup>, per smentire questa storia, pubblicò un video in cui si fece sparare (protetto da GAP) da varie armi stando in equilibrio su un solo piede, tra le quali un FAL in .308 Win. e un revolver in .44 Magnum, senza accusare minimamente il colpo. Nel 1996 KARGER e KNEUBUEHL<sup>7</sup> pubblicarono uno studio più analitico per smentire anch'essi questa credenza. L'esperienza riporta di soggetti caduti a seguito di un colpo d'arma da fuoco, ma la reazione è solitamente nervosa (quindi totalmente soggettiva) oppure conseguenza di un colpo che ha danneggiato notevolmente un osso portante del soggetto (per esempio l'anca). Neppure il dolore è una reazione sulla quale si può contare a breve termine<sup>1,2</sup>, esso dipende ampiamente dallo stato psichico del soggetto colpito. Dall'esperienza medica risulta che persone che si aspettano di essere colpiti (per esempio militari o soggetti armati coinvolti in un conflitto a fuoco) spesso si accorgono di esser stati feriti solo tempo dopo aver subito il colpo, mentre civili che si trovano in mezzo a una sparatoria possono cadere a terra doloranti anche solo per un colpo di striscio<sup>1</sup>.

Appurato che nessun colpo d'arma da fuoco, di qualsiasi calibro, è in grado di abbattere l'avversario per il solo urto del proiettile (cioè del suo impulso), sfuma uno dei meccanismi lesivi col quale si vorrebbe credere che sia possibile fermare fisicamente una persona con un'arma da fuoco e senza ucciderla.

Sfuma anche la possibilità di contare sul dolore fisico della ferita inflitta, perché è una variabile talmente soggettiva che non dà nessuna garanzia.

---

<sup>6</sup> Jason A (1985), Deadly weapons, firearms and firepower, DVD, Anite production.

<sup>7</sup> Karger B, Kneubuehl BP (1996), On the physics of momentum in ballistics: Can the human body be displaced or knocked down by a small arms projectile? Int J Legal Med 109:147–149.

Nel paragrafo precedente abbiamo illustrato come un proiettile induce la morte in un soggetto, cioè per distruzione diretta del sistema nervoso centrale o per anossia causata dal dissanguamento. Il primo metodo porta certamente all'interruzione dell'aggressione, ma anche alla morte della persona colpita e il risultato non è quello auspicato. Sparare in testa alle persone o colpire organi o vasi sanguigni principali non è quindi una soluzione accettabile per fermare senza uccidere usando le armi da fuoco.

A questo punto ci si chiede quale conseguenza hanno quei colpi sparati verso parti non vitali? La risposta sta scritta dopo il punto 3. del paragrafo precedente *"Se la ferita non è di gravità tale da causare un'emorragia che rientra in uno dei punti descritti, il tempo di sopravvivenza è indefinito"*. Il soggetto è vivo e, purtroppo, probabilmente ancora attivo. Per continuare il discorso sugli effetti di un colpo d'arma da fuoco è bene ricordare i parametri dai quali dipendono gli effetti (riportati in 2.3).

L'effetto dipende da:

1. L'efficacia di un proiettile (la possibilità di creare danno).
2. Il tramite intrasomatico sul soggetto colpito (i tessuti/organi realmente attinti dal proiettile).
3. Le condizioni psicofisiche del soggetto colpito (lo stato fisico e psichico soggettivo della persona colpita).

Il primo punto è quantificabile e sarà discusso in un prossimo paragrafo. Nella realtà italiana questo argomento si esaurisce però rapidamente perché la legge impone l'uso di proiettili non espansivi per la difesa personale, quindi l'uso di soli proiettili con una efficacia bassa.

Il secondo punto chiama in causa la capacità del tiratore. Se l'obiettivo è di uccidere, si insegna a sparare alla testa o più colpi al tronco, contano sulla probabilità che almeno uno dei proiettili vada a colpire una zona vitale del sistema nervoso centrale oppure uno degli organi/vasi che portano ad un rapido dissanguamento. Se lo scopo è invece di fermare senza uccidere la cosa si complica, perché bisognerebbe escludere i colpi alla testa e al tronco. Rimangono gli arti, ma anche un colpo alla coscia non esclude la possibilità di ledere pesantemente uno dei vasi sanguigni più grossi. In teoria rimangono quali bersagli possibili le zone periferiche degli arti e del corpo, ma sono bersagli assai difficili e non si ha nessuna garanzia che il soggetto colpito termini la sua azione violenta. Non bisogna, infatti, dimenticare la terza variabile dell'effetto di un colpo d'arma da fuoco, cioè lo stato psicofisico del soggetto colpito. Su questo punto non è possibile fare nessuna previsione.

Ricapitolando:

Nessun colpo d'arma da fuoco è in grado di "spingere" la persona colpita al punto da farla cadere e neppure sbilanciare<sup>8</sup>. Le conseguenze dell'impulso scaricato sul corpo umano sono insignificanti.

In un confronto violento i soggetti coinvolti spesso non provano alcun dolore quando vengono colpiti. Sparare a qualcuno per renderlo dolorante nel breve periodo non è una tattica affidabile.

Sparando alla testa o al tronco si ha una buona probabilità di colpire una zona vitale e di far morire il soggetto nel breve, medio o lungo termine.

---

<sup>8</sup> Bettin C (2012), Il potere d'arresto –cento anni di falsi miti, Armi e Balistica.

Morale: chiunque decida di usare un'arma da fuoco può avere una buona certezza di uccidere il soggetto se viene colpito nelle zone vitali, ma nessuna garanzia che esso termini nel breve periodo la sua azione violenta qualora la parte corporea attinta non sia vitale.

Per rispondere alla domanda iniziale: Si può fermare l'aggressione di un soggetto con un colpo d'arma da fuoco avendo la certezza di non ferire mortalmente la persona? La risposta è no!

E' possibile sparare verso zone periferiche contando su una buona probabilità che la ferita non riesca letale, ma non è detto che l'aggressore si fermi prima di finire la sua azione, e non è neppure detto che il proiettile non crei una ferita tale da escludere la morte in tempi più lunghi. Poiché in questo discorso rientrano diversi fattori psicologici e soggettivi, terminiamo questa breve digressione riflessiva che ci è servita per introdurre un concetto più scientifico e quantificabile.

### 3.4 La capacità di penetrare il corpo umano

L'uso ricreativo/sportivo delle armi da fuoco pone una serie di problemi e considerazioni diverse dall'esigenza difensiva. Nello sport si spara per diletto e la pubblica sicurezza vuole che ciò avvenga senza cagionare un danno a terzi. Per limitare la possibilità di ferire altre persone, il tiro ludico/sportivo è permesso solamente in aree debitamente attrezzate (poligoni di tiro o campi di tiro) o con armi di ridotta o nessuna capacità offensiva.

Analizziamo più a fondo quali strumenti offre la balistica lesionale per affrontare le esigenze di sicurezza nell'uso delle armi da fuoco e su quali parametri obiettivi si basano le definizioni di *ridotta* o *nessuna capacità offensiva*.

#### 3.4.1 Soglie minime di penetrazione

Vediamo di capire quando un proiettile non ha alcuna capacità offensiva.

Un proiettile è in grado di infliggere danni seri a una persona solamente se penetra nel corpo umano. Tralasciando gli orifizi corporei, le zone di accesso per un proiettile al corpo umano sono:

- Attraverso a pelle
- Attraverso gli occhi (cavità oculari)

Per penetrare fino a un qualsiasi organo, vaso sanguigno o anche fino al cervello un proiettile deve prima perforare la pelle che ci riveste.

Per la loro sensibilità (influenza sulla qualità della vita) e per la possibilità di raggiungere il cervello attraverso le cavità oculari, gli occhi rappresentano da sempre una zona corporea sensibile e che si tenta di preservare con molta cura.

La capacità di penetrazione di un proiettile attraverso la pelle e gli occhi è stata studiata ampiamente e da oltre un secolo, giungendo alla spiegazione su quale parametro balistico conta per misurare la capacità di penetrazione e quali sono i valori di soglia minima per garantire l'incolinità di tutti i soggetti di una società come la nostra.

### 3.4.2 Soglia minima di penetrazione per la pelle

L'analisi più dettagliata della perforazione della pelle umana da parte di un proiettile si deve a Karl SELLIER<sup>9</sup> e risale al 1968. Il valore di soglia minima della pelle umana si ricava dal lavoro citato, che conta ad oggi cinquant'anni di riferimento scientifico per la balistica lesionale. A distanza di quasi cinque decenni, il primo scritto in italiano che illustra il lavoro del Sellier, che sfatò anche il modello dell'introflessione della pelle umana a dito di guanto che tanto piace ai medici legali italiani, è di BETTIN<sup>10,11</sup> e risale all'anno 2015. La sperimentazione condotta dal Sellier fu ricreata nel 2002 con strumentazione più moderna dai suoi successori THALI, KNEUBUEHL et al.<sup>12</sup> che confermarono le dinamiche proposte trent'anni prima.

Quanto segue è preso dal paragrafo 6.7.1 del testo "Le Ferite d'arma da Fuoco – Manuale di balistica lesionale", pagina 182-183, di BETTIN. I numeri tra le parentesi graffe [-] sono i riferimenti bibliografici di quel libro.

Conoscere la velocità minima necessaria per penetrare la pelle è un'esigenza antica. Uno degli studi più datati e ampiamente citati risale al 1907, ad opera di JOURNEE [52]. Egli usò sfere di piombo (pallini dello shrapnell) per studiarne la penetrazione nei cavalli (importanti strumenti bellici all'epoca) e gli esseri umani. Dalle sue prove emerge che palle pesanti 8,5 g, larghe 11,25 mm e lanciate a 46 m/s non penetrarono la pelle. Aumentando la velocità a 70 m/s esse bucavano la pelle. Il SELLIER riporta in [12] che la velocità minima, necessaria ad una sfera di acciaio di diametro 3,2 mm e pesante 0,13 g, per bucare la pelle umana è di circa 50 m/s, mentre un pallino di piombo pesante 0,5 g e largo 4,4 mm richiede circa 48 m/s. DIMAIO et al. [79] riporta che sono necessari 101 m/s per fare penetrare un palino d'aria compressa calibro 0.177 (4,5mm) pesante 8,25 grs (0,53 g); servono 75 m/s per un pallino cal. 22 pensante 16,6 grs (10,7 g) e servono 58 m/s per un proiettile calibro .38 pesante 113 grs (7,32 g). MATOO [80] riporta invece che servono 65 m/s ai pallettoni 000 per bucare la pelle umana. MISSLIWETZ [81] condusse una lunga serie di prove con pallini sparati da armi ad aria compressa contro cadaveri di adulti e bambini, misurando velocità minime comprese tra 99 m/s e 130 m/s. In [13] il SELLIER indica una velocità minima di 20 m/s per chiodi sparati da un utensile ad aria compressa.

Gli studi citati non sono gli unici sull'argomento ma dimostrano chiaramente che **la velocità minima necessaria per bucare la pelle non è un valore definito e neppure costante.**

Ciò che sorprende ancora di più è che calcolando le energie d'impatto necessarie per bucare la pelle si nota che l'energia minima che deve apportare un proiettile varia molto (un fisico direbbe che la considerazione è ovvia, visto che anche le velocità d'impatto variano tanto).

---

<sup>9</sup> Sellier K (1969), Einschußstudien an der Haut, Beitr. Gerichtl. Med. 25, 265-270

<sup>10</sup> Bettin C (2015), Sulla dinamica della perforazione della pelle da parte di un proiettile d'arma da fuoco - Analisi dell'interazione tra proiettile e pelle umana durante la penetrazione di un agente balistico. Review dei modelli.

<sup>11</sup> Bettin C (2016), Aggiunte sulla dinamica della perforazione della pelle da parte di un proiettile d'arma da fuoco.

<sup>12</sup> Thali MJ, Kneubuehl BP, Zollinger U, Dirnhofer R (2002), A study of the morphology of gunshot entrance wounds, in connection with their dynamic creation, utilizing the "Skin-Skull-Brain-Model". Forensic Sci Int 125:190–194.

Confrontando i dati del Sellier con quelli di Journèe si osserva che i proiettili di diametro 3,2 mm penetrano la cute con appena 0,16 J di energia d'impatto, mentre quelli larghi 4,4 mm hanno bisogno di 0,6 J (quasi 4 volte tanto). I proiettili usati da Journèe, larghi 11,25 mm, hanno richiesto 20 J per bucare la pelle, cioè 125 volte di più delle sfere da 3,5 mm. A questo punto pare ovvio che la velocità d'impatto, e contestualmente l'energia d'impatto, non sono due grandezze che si prestano per descrivere realmente i nessi fisici che contano nella perforazione della pelle umana.

Il lettore ricorderà che nel secondo capitolo abbiamo introdotto il concetto di densità di energia, spiegando che i materiali si rompono compiendo lavoro, e che la velocità d'impatto di un proiettile o la sua energia al momento d'impatto non sono due grandezze utili per descrivere quanto lavoro compie un proiettile. Un metro appropriato per quantificare il lavoro che può essere svolto su una superficie è la densità di energia [ $J/mm^2$ ] e, infatti, la resistenza delle protezioni balistiche viene misurata in  $J/mm^2$ .

Se calcoliamo le densità di energia dei proiettili usati negli esperimenti sulla pelle umana si vede che il mondo appare all'improvviso molto più lineare.

La variabile importante per studiare la penetrazione della pelle umana non è la velocità d'impatto di un proiettile, ma la sua densità di energia!

Dai lavori di Sellier [12] risulta che la densità di energia limite per la penetrazione della pelle è di circa 0,1 J/mm<sup>2</sup>.

**Tab.3.1 Esempi di densità di energia e velocità limite per la perforazione della pelle**


In ambito forense è diffusa l'abitudine di indicare il limite di perforazione in termini di velocità (m/s), sia per la facilità di acquisizione del dato, che (in particolar modo) a causa dell'ignoranza diffusa sull'argomento. Se scientificamente ciò potrebbe apparire come un errore notevole (lo è senza dubbio), da un punto di vista pratico le conseguenze sono però ridotte. Nella realtà delle armi da fuoco i limiti di perforazione della pelle, per i proiettili e i calibri più comuni, sono tutti raggruppati in un range di qualche decina di metri al secondo (40-80 m/s circa). Ne consegue che per l'uso forense che se ne fa (stima della distanza di sparo) scegliere di calcolare con 40 m/s, 50 m/s oppure con 80 m/s non influisce più di tanto sulla ricostruzione finale.

### Attenzione:

Il discorso cambia notevolmente se l'obiettivo è valutare la capacità offensiva di un'arma/munizione o discutere di sicurezza pubblica anziché stimarne la distanza di sparo.

Per valutare la capacità di penetrazione della pelle da parte di un proiettile non è corretto ragionare in termini di velocità; ciò può risultare molto fuorviante. Intanto perché la

grandezza fisica che regola la penetrazione non è la velocità ma la densità di energia, e poi proprio perché non essendo la velocità il vero parametro di riferimento, è facile citare il dato più favorevole per la tesi che si vuole sostenere. Basta guardare gli esempi riportati, per vedere che le velocità minime misurate per bucare la pelle spaziano dai 20 m/s ai 130 m/s.

Lo stesso "giochino" si può fare anche con l'energia del proiettile, che è legata direttamente alla velocità (al suo quadrato per l'esattezza) e si presta quindi ancora meglio a interpretazioni proprie (tra Sellier e Journèe il divario di energia necessaria per bucare la pelle ammonta a 125 volte!!).

Con la densità di energia questo gioco numerico non riesce tanto bene, proprio perché è il parametro corretto per valutare la possibilità di penetrazione della pelle (e di tanti altri bersagli).

L'applicazione della densità di energia in balistica terminale è una realtà assodata da tanti anni, ma non è ancora stata recepita nel mondo della balistica forense italiana. La resistenza balistica dei giubbotti antiproiettile, dei serramenti, delle porte, dei muri, delle lamiere metalliche ecc. viene da sempre espressa in  $J/mm^2$  (ad eccezione del vetro che ha un modo di rompersi tutto suo<sup>13</sup>).

Guardando la tabella si osserva che i valori delle densità di energia elencati sono tutti più alti degli  $0,1J/mm^2$  indicati da Sellier. Ciò è conseguenza del fatto che i valori della tabella 3.1 sono le medie dei dati misurati. Il valore indicato dal Sellier è invece una soglia minima da applicare per ragionamenti di sicurezza pubblica, validi per tutti i soggetti della società, comprese le fasce più deboli (solitamente i bambini piccoli).

Il valore di  $0,1J/mm^2$  quale soglia di sicurezza contro la penetrazione di un proiettile nella pelle umana è ormai consolidato scientificamente e trova applicazione in diverse leggi estere. Lo stesso valore è alla base delle distanze di sicurezza dei campi di tiro a volo, che vale (non a caso) 150 m di zona di caduta piombo per i pallini di diametro autorizzato per quello sport. In Italia questo dato è un semplice "suggerimento" della federazione sportiva, in altri paesi, per esempio la Germania che finanziò lo studio proprio per determinare questo limite (vi ricordo che parliamo di lavori vecchi mezzo secolo!), il dato ha validità legale<sup>14</sup>.

### 3.4.3 Soglia minima di penetrazione per gli occhi

Esattamente come è stato fatto per la pelle, gli studiosi di balistica lesionale hanno stabilito una soglia minima di densità di energia, sotto la quale i proiettili sferici possono essere ritenuti poco pericolosi per gli occhi. Anche qui citiamo un pezzo tratto dal testo "Le Ferite d'Arma da fuoco...", pagina 226, di BETTIN.

Analogamente alla soglia minima per la pelle è stata elaborata una soglia di densità di energia minima per evitare la penetrazione di oggetti nell'occhio. Il limite minimo di densità di energia per evitare che un pallino penetri l'occhio è indicato con  **$0,06 J/mm^2$** .

Attenzione: La soglia demarca un limite sotto il quale, con buona probabilità, un oggetto (un pallino sferico) non è più in grado di penetrare l'occhio, ma ciò non esclude che l'oggetto non sia capace di arrecare danni superficiali alla cornea!

---

<sup>13</sup> Bettin C (2015), I Proiettili – Tecnologia e balistica, Padova.

<sup>14</sup> AA.VV. Schießstandrichtlinien 2012, BMI.

Il limite risale ai lavori di STEWART [112] del 1961 e WILLIAM e STUART [114], condotti sparando pallini di acciaio contro occhi di coniglio. In [13] Sellier parla di una tesi del proprio dipartimento [113] nella quale studiarono la penetrazione negli occhi dei maiali (ritenuti più simili a quelli umani rispetto agli occhi dei conigli), giungendo a conclusioni analoghe a quelle di Stewart et al.

Riportiamo nella tabella 8.1 i dati tratti dai lavori di Stewart et al. Il valore medio della densità di energia limite per l'occhio è di  $0,06 \pm 0,015 \text{ J/mm}^2$ . Questo valore è stato ottenuto con pallini sferici di acciaio.

Stewart et al. condussero anche prove lanciando proiettili a forma di cubo (simulatori per schegge e frammenti irregolari). Il valore limite misurato fu  $0,018 \pm 0,006 \text{ J/mm}^2$ . L'energia limite per frammenti irregolari è decisamente più bassa rispetto ai proiettili sferici perché la probabilità che un cubo colpisca l'occhio con uno spigolo è molto elevata (una piccola superficie di contatto implica un'alta densità di energia).

**Tab.8.1 Densità di energia limite per la penetrazione dei pallini d'acciaio nell'occhio**


## 4. Applicazioni

Nei capitoli precedenti abbiamo introdotto alcune grandezze fisiche usate in balistica lesionale:

- Per quantificare la capacità di arrecare danno lungo la traiettoria intracorporea di una persona si usa la → **cessione locale di energia**, espressa in joule per centimetro [**J/cm**]. La cessione locale di energia ci fornisce un'indicazione diretta del lavoro che il proiettile compie sul bersaglio lungo tutta la profondità della ferita creata.
- Per misurare la capacità di perforare un setto (per esempio la pelle umana o penetrare l'occhio) si usa la → **densità di energia [J/mm<sup>2</sup>]**, cioè l'energia posseduta dal proiettile divisa per la superficie di contatto tra proiettile e bersaglio.

Le due grandezze hanno ciascuna la propria ragione di esistere. La densità di energia è il parametro importante per discutere se un proiettile è in grado di penetrare il corpo umano. Se un proiettile non penetra dentro ad una persona, allora non sarà neppure capace di arrecare ferite importanti. In un'ottica d'incolumità pubblica inherente l'uso delle armi da fuoco conoscere il concetto di densità di energia è quindi essenziale.

La cessione locale di energia prende peso quando il proiettile è penetrato nel corpo umano e compie il suo "lavoro" (cioè crea la ferita vera e propria). La descrizione di come si manifesta la cessione locale di energia e quali conseguenze ha sul corpo umano è un discorso lungo e complesso e rappresenta una delle parti centrali della balistica lesionale. L'argomento è trattato a fondo nel citato libro sulle ferite d'arma da fuoco di BETTIN. In questo lavoro discuteremo solamente un aspetto, limitandoci ai valori di soglia.

### 4.1 Le distanze di sicurezza

Questo paragrafo è tratto dal libro "Le Ferite d'arma da Fuoco -...", pagina 227. I numeri delle citazioni fanno riferimento alla bibliografia di quel testo.

Il concetto di sicurezza inherente l'uso delle armi da fuoco è subordinato alla definizione di quando si può definire sicuro l'impatto di un proiettile contro una persona. A riguardo si prestano due criteri:

- a) **Nessun proiettile/scheggia deve penetrare una qualsiasi zona scoperta del corpo umano.** Per applicare questo criterio ci si avvale dei valori di densità di energia limite per la pelle e per gli occhi. Se un proiettile/scheggia non penetra la pelle o gli occhi è lecito ritenere l'impatto relativamente sicuro. Questo criterio non esclude lesioni minori, quali traumi oculari alla cornea o lividi sul corpo.
- b) **Il proiettile/scheggia può penetrare per una certa profondità nel corpo umano.** In determinati ambienti è lecito accettare la possibilità di una penetrazione minima, per esempio 2,5cm nel muscolo. Questo criterio è generalmente subordinato a soggetti dotati di protezioni individuali (per esempio personale armato e in addestramento

con armi modificate, che indossano maschere e corpetti protettivi sopra ad indumenti resistenti). La possibilità di subire un trauma rilevante è ridotta dall'uso di dispositivi di protezione individuali (DPI) e da regole di comportamento vincolanti. La verifica di questo criterio è sperimentale e si avvale oggi dei simulatori balistici (un tempo si usavano cadaveri o animali vivi). Il margine d'incertezza della verifica è mitigato dai DPI.

Un esempio del criterio a. è la profondità minima di 150 m della zona di caduta piombo per i campi di tiro a volo. Il diametro dei pallini usati per il tiro a volo è di 2,5 mm. Rapportandolo agli  $0,1 \text{ J/mm}^2$  di soglia per la pelle umana si ottiene una velocità limite di circa 60 m/s per il pallino (velocità sotto la quale non è più in grado di penetrare la pelle). Per le velocità tipiche di sparo di quei pallini, a distanze oltre i 150 m di volo la loro velocità residua è uguale o inferiore ai 60 m/s e non sono più in grado di bucare la pelle.

La legge sulla caccia (legge 157/92) impone una distanza minima di 150 m per i fucili ad anima liscia caricati con munizioni spezzate (pallini) e una volta e mezza la gittata delle armi a palla singola (salvo particolari conformazioni del terreno atte ad intercettare i proiettili). La legge non distingue tra il diametro dei pallini nelle armi a canna liscia (la distanza indicata va bene per i pallini fino ai circa 2,5-3 mm di diametro ma è insufficiente per quelli dai 4 mm in su, per i quali servono almeno 300 m [140]). La legge non indica neppure quale sia la gittata massima da considerare per le armi a palla. Per ovviare a questa lacuna riportiamo una tabella indicativa, estratta dalla legge tedesca del 2012 sui poligoni di tiro [115], nella quale sono riportate le distanze massime di volo per alcuni calibri scelti come esempio.

*Tabella rimossa per la versione disponibile online.*

In letteratura si trovano diverse pubblicazioni con indicate le distanze massime di volo dei proiettili; si è scelto citare la fonte [115] perché fa riferimento a una legge attuale e di concezione moderna, basata su studi balistico lesionali, a differenza dei libri di balistica che sono invece riferibili solamente all'autore e spesso manca la fonte di provenienza del dato.

La questione sulle distanze di sicurezza nell'uso delle armi da fuoco trova la sua risposta valutando secondo uno dei criteri a) o b).

Il criterio a) impone la non penetrazione della pelle o degli occhi. Nella pratica questo criterio non può essere applicato direttamente ai proiettili d'arma rigata perché qualsiasi proiettile d'arma rigata in caduta verso terra è in grado di penetrare la pelle umana. Non è detto che sia anche in grado di penetrare le ossa, ma l'impatto contro la pelle nuda può causare una ferita aperta. Nel prossimo capitolo vedremo che il criterio a) non trova neppure applicazione per le armi di modesta capacità offensiva, con  $E_0 < 7,5 \text{ J}$ . Il criterio a) agisce invece sulle armi giocattolo, per esempio quelle che sparano pallini di plastica da 6mm. La densità di energia di un pallino da 6 mm con un joule di energia misura  $0,035 \text{ J/mm}^2$  ed è inferiore alla soglia di  $0,06 \text{ J/mm}^2$  della penetrazione nell'occhio. Ciò non esclude che quel pallino possa graffiare la cornea (in parole poche: preso in un occhio fa comunque male), ma non è in grado di bucare l'occhio né di arrivare fino al cervello. Il criterio si presta anche per delimitare le zone di sicurezza degli spettatori sui campi di tiro, nel qual caso si ragiona sui frammenti di rimbalzo e non più sui proiettili.

Il criterio b) è stato l'approccio che ha portato alla definizione della soglia dei  $7,5 \text{ J}$  per le armi di vendita libera (vedi 4.3) e dei cosiddetti marcatori "paintball" nei paesi in cui sono di vendita libera. Viene anche applicato per certi sistemi di simulazione al tiro usati dalle forze armate. Uno dei cardini del criterio b) consiste nella scelta di DPI adeguati per agevolare l'attività di tiro, per esempio gli occhiali di protezione nelle gare di tiro dinamico sportivo (chi partecipa accetta la possibilità di subire graffi da eventuali schegge, ma gli occhi sono protetti da DPI per evitare traumi con conseguenze più importanti).

## 4.2 La capacità di perforazione

Comprendere quali parametri balistici contano nel valutare la capacità di perforazione di un bersaglio è fondamentale per le valutazioni di carattere giuridico/legale/forense.

Con il termine perforazione s'intende l'attitudine del proiettile a rompere una superficie e penetrare dentro al bersaglio.

- ➔ Se l'oggetto da perforare è una persona, la superficie chiamata in causa è la pelle umana e le valutazioni riguardano la capacità lesiva del proiettile.
- ➔ Se l'oggetto da perforare è invece un materiale, per esempio ferro, legno, calcestruzzo, kevlar ecc. la questione assume i connotati della valutazione di resistenza balistica.

In entrambi i casi il parametro importante è la densità di energia, e non l'energia cinetica posseduta dal proiettile (fanno eccezione i vetri e le ceramiche).

## 4.3 Il limite dei $7,5 \text{ J}$ per le armi di modesta capacità offensiva

Con il decreto del 9 agosto 2001, n. 362 - Regolamento recante la disciplina specifica dell'utilizzo delle armi ad aria compressa o a gas compressi, sia lunghe che corte, i cui proiettili erogano un'energia cinetica non superiore a  $7,5 \text{ joule}$  e delle repliche di armi

antiche ad avancarica di modello anteriore al 1890 a colpo singolo (Gazzetta Ufficiale Serie gen. - nr. 231 del 4 ottobre 2001), l'Italia si è adeguata ad altri paesi europei introducendo un limite energetico ai proiettili sparati dalle cosiddette "armi" di vendita libera.

Per l'Italia il limite dei 7,5 J è venuto "dall'Europa". Per l'Europa i 7,5 J vengono dalla Germania (non a caso, avendo la Germania riconosciuto da molto tempo il valore sociale ed economico della ricerca balistico lesionale). Ma i tedeschi, come sono arrivati a definire i 7,5 J quale soglia per demarcare un'arma "poco letale" da una "pericolosa"?

Precisiamo che le armi ad aria compressa o gas compressi che erogano fino a 7,5 J, pur essendo di vendita libera, non sono da sottovalutare. In letteratura medica sono raccolti diversi casi di bambini feriti mortalmente dai pallini sparati da armi ad aria compressa di vendita libera. I pallini di piombo da 4,5 - 5,5 mm con 7,5 J di energia sono in grado di perforare gli occhi di un bambino e penetrare fino al cervello, causando danni irreversibili e in alcuni casi mortali (e purtroppo in molti casi pubblicati non si trattava neppure di morti istantanee; per riferimenti bibliografici si veda l'ampia casistica elencata in [12,13]).

Da ricerche bibliografiche, Bettin è riuscito a risalire al 1968 quale anno d'introduzione del limite dei 7,5 J per le armi di vendita libera in Germania (BWaffG del 14.6.1968). In quell'anno la Germania impose una F dentro ad un pentagono stampato sulle armi di vendita libera con  $E_0 < 7,5$  J. Il legislatore tedesco ritenne inizialmente che tutte le armi con  $E_0 < 7,5$  J fossero relativamente innocue, ma dovette ricredersi dopo alcune morti accidentali causate dalle armi di vendita libera, specialmente quelle in calibro 4 mm a percussione anulare e 4 mm M20 a percussione centrale. In una revisione della legge, le armi nei calibri da 4 mm citati furono annoverate nuovamente tra quelle da fuoco e le armi ad aria o gas compressi con  $E_0 < 7,5$  J rimasero di vendita libera.

Ma come si arrivò a definire la soglia dei 7,5 J?

Prima dell'introduzione della legge sulle armi del '68 il legislatore si rivolse alla PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, il centro nazionale di metrologia scientifica tedesca) con la domanda su quale fosse il limite energetico minimo affinché i proiettili d'uso più comune (6,35 mm; 7,65 mm e 9 mm) non penetrassero nella calotta cranica (un approccio secondo il criterio b) discusso al paragrafo 4.1). Il PTB chiese l'aiuto dell'istituto medico legale di Münster, giungendo alla conclusione che la soglia minima di energia necessaria per penetrare la calotta cranica si attesta su circa 10 J (all'epoca scrissero  $\approx 1$  m kp) [126]. Togliendo il 25% di margine di sicurezza si scelse la soglia dei 0,75 m kp, cioè 7,5 J. Se qualcuno si chiedesse come si svolsero le prove, invitiamo a considerare che in quegli anni il discorso "etica" era decisamente meno sentito di quanto non sia oggi (la generazione di mezza età dell'epoca aveva vissuto in prima persona la seconda guerra mondiale) e dalle pubblicazioni mediche traspare che sparare sui cadaveri umani (adulti e bambini) non fosse affatto fuori dall'ordinario.

Il quesito posto dal legislatore era chiaro e ben delimitato, e la risposta fu altrettanto concisa e precisa. Coi calibri di diametro 6,35 mm e superiori il limite dei 7,5 J è una soglia accettabile di sicurezza riguardo alla perforazione delle ossa. Il corpo umano ha però anche zone sensibili meno protette, per esempio le orbite oculari e gli spazi intercostali, attraverso le quali un proiettile con  $E < 7,5$  J può penetrare il corpo umano e causare ferite importanti. A causa di queste zone, e per il fatto che la densità di energia di un proiettile da 4,5 - 5,5 mm con  $E = 7,5$  J è maggiore rispetto a quella di un calibro 6,35 mm o 9 mm, i proiettili delle armi ad aria compressa di vendita libera (secondo il decreto citato in apertura) possono causare ferite importanti, specialmente sui soggetti più deboli.

Le armi ad aria compressa di vendita libera con  $E_0 < 7,5 \text{ J}$  non sono quindi strumenti adatti per la difesa personale o la caccia. I pallini si fermano facilmente con indumenti pesanti e non sono in grado di penetrare le ossa di un adulto medio. Un uso irresponsabile può però avere conseguenze nefaste, che nella migliore ipotesi si concluderebbe con vistosi lividi sul soggetto, ma in casi particolarmente sfortunati può portare alla morte (i casi riportati in letteratura descrivono perforazioni dell'occhio e penetrazione nel cervello, oppure perforazioni intercostali con recisione di un vaso sanguigno, o sfondamenti delle tempie di bambini piccoli e penetrazione nel cervello).

### 4.3.1 Considerazioni legali e forensi sul limite dei 7,5 J

Il limite dei 7,5 J è facile da applicare (si pesa il proiettile, si spara attraverso un cronografo e il gioco è fatto), ma da un punto di vista scientifico l'energia di un proiettile non è il parametro che conta nel valutare la sua attitudine a penetrare il corpo umano.

La legge è chiara, le armi che erogano  $E_0 > 7,5 \text{ J}$  sono armi comuni da sparo e richiedono un permesso di pubblica sicurezza. Volendo applicare questo dato in chiave più scientifica si ottengono alcune informazioni di notevole interesse. Vediamole in dettaglio:

- La legge italiana definisce “di modesta capacità offensiva” le armi che sparano proiettili con energia alla volata inferiore ai 7,5 J.
- I proiettili per armi ad aria compressa di vendita libera di calibro più piccolo che si possono acquistare sul mercato italiano misurano 4,5 mm (i pallini da 4,5 mm di diametro sono i più diffusi in assoluto).

Ne consegue che il legislatore italiano ritiene di modesta capacità offensiva i proiettili che impattano con una densità di energia massima di circa **0,472 J/mm<sup>2</sup>**.

Questo valore si ricava dividendo i 7,5 J che delimitano le armi di vendita libera per l'area del calibro più piccolo di vendita libera (quindi con la maggiore densità di energia), che è appunto il pallino da 4,5 mm di diametro.

Se da un punto di vista applicativo la definizione dell'energia cinetica quale discriminante per distinguere le armi di libera vendita è una scelta che facilita il lavoro agli organi di controllo, quando si ha la necessità di valutare casi individuali di interesse forense/legale il richiamo alla densità di energia è doveroso. E' possibile, infatti, imbattersi in casi nei quali l'arma in esame eroga un'energia cinetica maggior dei 7,5J, ma anche una densità di energia inferiore a quella permessa per le armi cosiddette “depotenziate” e di vendita libera.

Lo scenario descritto è fortunatamente piuttosto raro in Italia e riguarda generalmente le armi clandestine (e fatte anche male), perché una qualsiasi arma comune da sparo dal calibro .22lr in su spara proiettili con densità di energia ben al di sopra dell'equivalente di un pallino ad aria compressa con  $E_0 < 7,5 \text{ J}$ .

D'altra parte, quando un pubblico ministero o giudice richiede una valutazione sul potenziale lesivo, la legge italiana offre pochi appigli certi per dare una valutazione oggettiva. L'unico valore di riferimento che la legge offre implicitamente sono i 0,472 J/mm<sup>2</sup> quale diretta conseguenza dei 7,5 J per le armi ad aria compressa. L'esistenza di questo dato facilita comunque molto il lavoro ai consulenti tecnici e a coloro che sono chiamati a

giudicare. I  $0,472 \text{ J/mm}^2$  rientrano infatti in un criterio di tipo b), cioè la probabilità di un danno ma di entità tale da essere socialmente accettabile, e quanto sia socialmente accettabile lo ha già deciso il legislatore fissando la soglia dei 7,5 J.

La richiesta di valutare il potenziale lesivo di un'arma usata per commettere un crimine è assai frequente nei processi italiani e le risposte che l'autore ha avuto modo di leggere o sentire erano tutte basate su “esperienze personali” o teorie smentite<sup>1</sup> da tempo (non di rado prese dal mondo venatorio, che con gli esseri umani centra ben poco!).

L'elaborazione balistico lesionale del limite legale dei 7,5 J permette invece un approccio scientificamente corretto, basato su un valore numerico che il legislatore ha deciso di applicare. Quando si pone la domanda sulla lesività di un'arma usata per il caso in discussione, il consulente tecnico ha quindi la possibilità di calcolare la densità di energia erogata dall'arma, eventualmente anche alla distanza di tiro per la quale si sta indagando. Questo approccio permette di discutere con dati numerici certi e che fanno riferimento ad una legge, anziché su esperienze personali (molto discutibili) e teorie improbabili recuperate alla bisogna.

Seguendo il ragionamento proposto, i conoscitori delle armi da fuoco arriveranno presto alla conclusione che nessuna arma comune da sparo a canna rigata acquistabile in Italia spara proiettili con densità di energia inferiore alla soglia indicata. La conseguenza logica è che tutte le armi citate sono potenzialmente mortali.

Se il colpo sparato da un'arma comune a canna rigata e perfettamente funzionante non ha ucciso la vittima è grazie alla traiettoria intrasomatica del proiettile e non della scarsa potenzialità offensiva dell'arma stessa.

Detto ciò, il messaggio per i magistrati è che quando un soggetto utilizza un'arma comune da sparo a canna rigata e pienamente efficiente nei confronti di una persona, qualunque discorso sull'insufficiente potenziale offensivo che può presentare la difesa dell'imputato è scientificamente infondato. Se la vittima non è deceduta è grazie al piazzamento del colpo, non del mezzo utilizzato. Il discorso dovrebbe quindi spostarsi esclusivamente sulla volontà o meno di uccidere, dando per scontato che il mezzo è tecnicamente capace di infliggere ferite mortali, ma l'uso che ne è stato fatto non è stato adeguato per indurre la morte. Le ultime riflessioni riportate ci portano al limite dello scopo di questo testo e della balistica lesionale, motivo per cui terminiamo qui il discorso.

#### **4.4 La cessione locale di energia e il concetto di lesività eccessiva**

Nel 2001 la Germania introdusse un capitolo tecnico per la fornitura di munizioni d'arma corta con proiettili espansivi destinate alle forze dell'ordine. Nei decenni prima sia in Germania che nel resto d'Europa (ma anche del mondo) vigeva la comune convinzione che un proiettile espansivo fosse sempre e comunque più dannoso e quindi più lesivo rispetto ad un proiettile blindato di pari calibro. Per giustificare tale affermazione si faceva riferimento alla convenzione dell'Aia del 1899 che vieta l'utilizzo bellico di munitionamento per armi leggere con proiettili che si schiacciano o deformano facilmente nel corpo umano. Già alla

---

<sup>1</sup> Un'analisi delle teorie di lesività (civili e militari) formulate negli anni è riportata al capitolo 7 del testo sulle ferite d'arma da fuoco di Bettin.

fine del secolo scorso DiMAIO<sup>2</sup> spiegava in un capitolo apposito del suo libro (uno dei principali riferimenti sulle ferite d'arma da fuoco) che il potere “devastante” dei proiettili espansivi d'arma corta è - per i calibri da difesa maggiormente usati - un mito e che la scarsa lesività di quelli blindati è un mito anch'essa. Questi miti sopravvivono ancora oggi e circoleranno sicuramente anche in futuro, perché il discorso sulla lesività dei proiettili blindati o espansivi non è facilissimo e richiede una buona base di balistica lesionale (o tanta esperienza sul campo come ne ha accumulata il dottor DiMaio nella sua carriera).

Il problema italiano che riguarda questo argomento è la mancanza cronica di formazione scientificamente corretta. Sia i politici che gli “esperti” di armi, i medici legali, gli istruttori di tiro e giù fino al tiratore occasionale “sanno” che il proiettile espansivo è quella cosa che ti scaraventa a terra o della quale basta un colpo e sei morto. Forte di questa convinzione, l'Italia è l'unico paese in Europa a tenere il divieto dell'uso di munitionamento con proiettile espansivo per la difesa personale. Tutti gli altri hanno cambiato idea...e leggi.

Vediamo di capire il perché di questa scelta a livello europeo (come per i capitoli precedenti, la parte che segue è estratta dal libro “Le ferite d'arma da fuoco - ...” pagina 235-237 di Bettin al quale si rimanda per approfondimenti).

Nell'esperienza dell'autore, l'Italia è probabilmente l'unico paese in Europa a mantenere il divieto dei proiettili espansivi d'arma corta per difesa personale. L'uso di tali proiettili non è ovunque esente da regolamenti, molti paesi hanno restrizioni specifiche per i civili (per esempio alcuni modelli o certi materiali) ma per le forze dell'ordine europee l'uso di munitionamento espansivo è ormai una realtà assodata. La giustificazione potrebbe sorprendere, perché la scelta di usare proiettili espansivi calibro 9 mm nelle armi in dotazione ai pubblici ufficiali ha carattere umanitario! Vediamo perché...

E' opinione diffusa che un proiettile espansivo d'arma corta abbia effetti devastanti sul corpo umano e sia sufficiente un solo colpo per “fermare” l'aggressore. Inoltre, si pensa che le ferite dei proiettili espansivi siano sproporzionalmente maggiori di quelle causate dai proiettili blindati. Queste credenze risalgono alla fine del 1800 e sono nate con l'avvento del proiettile Dum Dum e tutta la famiglia di proiettili espansivi per arma lunga usati nelle armi militari. Questi tipi di proiettili ebbero vita molto breve, nel 1899 la conferenza di pace dell'Aia li vietò per usi bellici (per approfondimenti si veda 7.7).

Se il discorso verte sui proiettili per arma lunga, le affermazioni riguardo al loro potere lesivo non sono sbagliate. Le ferite causate da un proiettile espansivo d'arma lunga, sparato entro i 1-200 m contro un bersaglio biologico, possono effettivamente essere maggiori di quelle causate da un proiettile blindato di pari calibro, massa e velocità d'impatto (l'argomento è stato discusso in dettaglio nei capitoli 3 e 4). Oltre la distanza che demarca la soglia minima di espansione, i proiettili espansivi si comportano esattamente come quelli blindati e non si nota più nessuna differenza.

Parlando di proiettili d'arma corta le cose cambiano notevolmente!

Un proiettile d'arma corta non possiede la stessa energia d'impatto rispetto ad uno d'arma lunga. In virtù della formula  $2:9 E'_{ce} \sim E/q$  la cessione locale di energia di un proiettile espansivo d'arma corta è notevolmente minore se confrontata alla cessione di un proiettile d'arma lunga.

---

<sup>2</sup> DiMaio VJM (1998), Gunshot Wounds: Practical Aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques, CRC Press.

Per facilità d'esposizione, nei prossimi ragionamenti faremo riferimento al calibro 9 mm (9x19 o 9x21). L'energia indicativa alla volata di un calibro 9 mm è di circa 500 J, in confronto ai circa 1500 J di un 5,56x45 e i 3200 J di un 7,62x51. Un tipico proiettile espansivo calibro 9 mm raggiunge un picco di circa 70 J di cessione locale di energia massima, mentre un espansivo d'arma lunga supera tranquillamente i 120 J di cessione locale massima.

La domanda balistico lesionale rilevante è: l'energia massima ceduta localmente da un classico proiettile espansivo d'arma corta da 9 mm è sufficiente per danneggiare notevolmente il corpo umano? Espresso in termini più tecnici: la sua cessione locale di energia è tale da causare un danno significativo e potenzialmente letale grazie al meccanismo della cavità temporanea? Si può affermare che un proiettile espansivo calibro 9 mm sia più lesivo di uno blindato?

**La risposta è no!** Un tipico proiettile espansivo calibro 9 mm non crea ferite tali da poterle definire disumane o eccessive. Anzi, le ferite causate da un proiettile espansivo calibro 9 mm non si distinguono da quelle causate da un proiettile blindato da 9 mm<sup>2</sup>! Quanto appena affermato è confermato dall'esperienza medica ed è stato pubblicato numerose volte in letteratura. Il seguito è tratto in buona parte da [29], per dare un riferimento bibliografico noto del settore.

In generale, il meccanismo lesivo dei proiettili è legato:

1. alla distruzione di tessuto per schiacciamento diretto del proiettile (forma la cavità permanente),
2. alla formazione della cavità temporanea,
3. alla possibile formazione di frammenti di proiettile che aumentano la superficie di contatto con il tessuto (rientrando nel meccanismo 1) e riducono la densità sezionale facendo crescere contestualmente la cessione locale di energia (meccanismo 2).

Nei capitoli precedenti abbiamo dimostrato che la formazione della cavità temporanea non è un fattore decisivo per l'estensione della lesione coi proiettili d'arma corta calibro 9 mm. L'unico meccanismo che rimane è quindi la distruzione di tessuto per schiacciamento diretto.

Un proiettile espansivo calibro 9mm si allarga indicativamente fino a circa 12-13 mm di diametro. In virtù di questo fatto si è portati a ritenere che un proiettile espansivo largo 12 mm crei più danno di uno blindato largo 9 mm. Nel capitolo 3 abbiamo spiegato perché un proiettile espansivo procede in linea retta attraverso il bersaglio, mentre un FMJ da 9 mm si ribalta. Il danno (cavità permanente) creato da un 9 mm FMJ non corrisponde quindi ad un tratto largo quanto il calibro, ma riflette il moto del proiettile (illustrato in dettaglio nel capitolo 3). La conseguenza pratica è che in realtà un proiettile FMJ da 9 mm può causare danni equivalenti o superiori a quelli di un HP da 9 mm, perché si ribalta in profondità nel corpo (se si ribalta). Inoltre i proiettili espansivi non penetrano a fondo quanto quelli blindati. In un'ottica di lesività, se un proiettile espansivo non penetra a sufficienza per danneggiare una zona vitale, il colpo non sarà efficace perché, come vedremo oltre, la cavità temporanea prodotta dai proiettili espansivi da 9 mm di regola non è sufficientemente ampia per danneggiare significativamente oltre la zona di cavità permanente. Un proiettile blindato calibro 9 mm ha invece una profondità di penetrazione almeno doppia dell'omologo espansivo e la possibilità di colpire una zona vitale dipende solamente dalla direzione del tramite intrasomatico.

La cessione locale di energia E' del proiettile espansivo è obiettivamente maggiore nel tratto iniziale di penetrazione rispetto alla E' di un proiettile blindato. La pratica medica ha però dimostrato che l'energia ceduta localmente da un proiettile HP calibro 9 non è sufficiente per arrecare danni significativi attraverso la sola formazione della cavità temporanea. Il fatto che un proiettile HP da 9 mm abbia una maggiore E' non lo rende quindi automaticamente più lesivo, perché quella cessione locale di energia non basta per danneggiare sensibilmente il tessuto.

Affinché siano letali, i proiettili calibro 9 mm devono quindi necessariamente colpire una zona vitale, non potendo contare su effetti remoti come avviene invece coi proiettili d'arma lunga. Ne consegue che l'uso di un 9 mm blindato, di piombo o espansivo non fa alcuna differenza per la difesa personale. Se il proiettile non colpisce una zona vitale, il colpo non sarà mortale.

Da un punto di vista medico legale, un proiettile calibro 9 mm a punta cava non crea ferite tanto diverse da un omologo blindato o con palla di piombo<sup>2</sup>. I fori di entrata e di uscita sono simili e anche le ferite interne non si distinguono. In pratica, in sede autoptica non ci sono segni sui tessuti distrutti che indicano se un soggetto è stato colpito da un 9 mm espansivo o da altro tipo di proiettile calibro 9.

Abbiamo esordito in questo paragrafo affermando che l'adozione dei proiettili espansivi calibro 9 mm da parte dei corpi di polizia europei è stato giustificato da considerazioni umanitarie. In base a quanto appena esposto, l'uso di un proiettile HP o FMJ per colui che riceve il colpo non fa alcuna differenza.

Il discorso umanitario non riguarda, infatti, il soggetto a cui si sta sparando, ma eventuali persone innocenti che si trovano coinvolte in una sparatoria. Il vantaggio della scelta di un proiettile espansivo calibro 9 mm per difesa personale non risiede in ciò che il proiettile HP fa al bersaglio, ma in ciò che non fa al di fuori del bersaglio!

Un proiettile espansivo penetra meno a fondo di un proiettile blindato. Un calibro 9mm FMJ penetra sui 60-70 cm di tessuto biologico, sufficiente per trapassare una persona e ferire mortalmente altri, posti dietro colui a cui era destinato il colpo. Questa tragedia si è ripetuta numerose volte negli ultimi decenni in Europa (agenti di polizia che hanno ucciso accidentalmente soggetti posti dietro alla persona alla quale è stato sparato) e ha dato vita ai capitolati attuali per la fornitura di munizioni presso numerose forze di polizia, per esempio quello tedesco [10]. Il metro di confronto di questi capitolati è il proiettile 9 mm FMJ da 8 g (123 grs). Ai nuovi proiettili per le forze dell'ordine si richiede che abbiano una penetrazione complessiva sui 30-40 cm massimo e che siano meno propensi ai rimbalzi del 9 mm FMJ. Inoltre è possibile porre un limite massimo alla cessione locale di energia! La soluzione alle varie richieste sono i proiettili espansivi in calibro 9mm, siano essi fatti con nucleo di piombo e mantello in lega di rame, oppure totalmente in lega di rame.

Il secondo vantaggio dei proiettili espansivi, specialmente se costruiti con nucleo di piombo e mantello in lega di rame, è la minore propensione al rimbalzo dei proiettili (BETTIN (2013) [137]). L'angolo critico dei proiettili espansivi con nucleo di piombo, cioè l'angolo di impatto oltre il quale il proiettile si frammenta e non rimbalza più, è decisamente minore rispetto all'omologo blindato.

Appurato che la lesività di un 9 mm HP è equivalente a quella di altri proiettili da 9 mm, tutti i discorsi basati sulle ferite mutilanti dei proiettili a punta cava e sulle convenzioni umanitarie non si applicano ai proiettili d'arma corta nei calibri più diffusi per la difesa personale. I proiettili espansivi calibro 9 mm offrono una maggiore sicurezza tattica dei

proiettili blindati, perché riducono il rischio di sovrappenetrazione e di rimbalzo accidentale, ma non sono più letali o mutilanti. Due motivi che ne hanno decretato la diffusione capillare tra le forze dell'ordine di tutto il mondo.

In Italia, per quanto concerne l'argomento appena discusso, le credenze popolari, le "verità" balistiche dei film d'azione e i luoghi comuni profusi dai vari "esperti" di settore prevalgono sulla scienza dimostrata, al punto che è stata formulata una legge basata su preconcetti scientificamente sbagliati, precludendo ai tutori dell'ordine uno strumento che favorisce l'incolumità pubblica.

Il documento tecnico che fa scuola a tutto il discorso appena esposto è il citato capitolo di fornitura per le munizioni calibro 9x19 della polizia tedesca (che per inciso è stato adottato da molti paesi esteri). In questo documento compare un'imposizione di soglia sulla cessione locale di energia, cioè proprio quel valore che in questo capitolo abbiamo descritto come la *capacità di arrecare danno lungo la traiettoria intracorporea*. La soglia richiesta è stata fissata in **60 J/cm**. La cessione locale di energia dei proiettili espansivi destinati alle forze dell'ordine (secondo la filosofia tedesca) non deve superare questo valore.

La questione di interesse legale/forense è: cosa esprimono questi 60 J/cm di cessione locale di energia? Da dove vengono?

Il dato è stato elaborato dal governo svizzero, nello specifico fu un lavoro del Prof. Dr. Dr hc BP Kneubuehl, su precisa richiesta di trovare una soglia minima per determinare un valore da inserire nelle leggi a tutela del cittadino. Tutelarlo in che modo, visto che riguarda un proiettile espansivo per le forze dell'ordine e quindi è implicito che se un soggetto ci viene in contatto è perché gli stanno sparando addosso le forze di polizia?

Nell'ottica dell'umanitario e politicamente corretto che caratterizza la Svizzera, la richiesta fu di trovare un limite numerico per il quale la lesività di un proiettile espansivo non fosse superiore a quella di un proiettile blindato. Fortunatamente a questa domanda può rispondere la balistica lesionale!

Per capire il procedere della ricerca di Kneubuehl ripetiamo le cause che portano alla morte un soggetto colpito da un proiettile d'arma da fuoco:

1. Cessazione delle funzioni cerebrali a seguito di un colpo diretto al sistema nervoso centrale.
2. Cessazione delle funzioni cerebrali a seguito di carenza d'ossigeno indotta da una perdita di sangue eccessiva per la sopravvivenza.

La prima causa non è modulabile in termini balistici, perché si basa sul primo meccanismo d'azione dei proiettili, cioè la distruzione di tessuto a seguito del contatto diretto tra proiettile e bersaglio (cavità permanente).

La seconda causa permette invece un margine d'azione. Ricordiamo che il metro di confronto è il classico proiettile blindato che fa un "buco" largo circa quanto la sua superficie di contatto col bersaglio e non genera una cavità temporanea di ampiezza tale da indurre danni sensibili fuori dall'area di contatto diretto.

La richiesta degli svizzeri fu molto avanzata tecnicamente e mirava a determinare il valore minimo di cessione locale di energia affinché la cavità temporanea sia larga a sufficienza per creare un danno potenzialmente letale in una zona diversa dal cervello. Un danno potenzialmente letale nei colpi non al cranio è possibile solamente quando l'azione del proiettile causa un'emorragia tale da far morire il soggetto.

Appurata questa base di partenza si esclusero ovviamente gli organi vitali quali bersagli perché qualsiasi colpo diretto ad una di quelle zone la distrugge con il meccanismo dello schiacciamento diretto (cavità permanente) e non serve neppure la cavità temporanea (stiramento e lacerazione) per creare una ferita mortale.

La domanda svizzera fu riassunta quindi in: quale è la soglia minima di cessione locale di energia affinché un proiettile non sia più in grado di danneggiare un vaso sanguigno principale senza colpire direttamente il vaso?

Per trovare la risposta Kneubuehl uso dei pezzi di vena (sia reali che simulatori sintetici) affogati in un simulatore balistico e vi sparò accanto in condizioni tali da far misurare varie cessioni locali di energia. Il suo team registrò per quali cessioni di energia e a quale distanza x di passaggio dalla vena i proiettili erano ancora in grado di strappare il vaso sanguigno e indurre così un sanguinamento potenzialmente letale.

### ***Immagine rimossa***

Fig. 4.1 Disposizione sperimentale di Kneubuehl per valutare il valore minimo di efficacia di un proiettile espansivo affinché sia in grado di creare lesioni potenzialmente letali attraverso il meccanismo della cavità temporanea.

I dettagli di questo studio sono ancora riservati (Kneubuehl mi ha gentilmente messo a disposizione alcuni dati dei quali riporto in questa sede solo il grafico di fig.4.2), ma il risultato dello studio ha concluso che la soglia minima di cessione locale di energia, socialmente e legalmente accettabile per garantire che un proiettile espansivo non sia più lesivo (disumano) di uno blindato è di **60 J/cm**.

Guardando i dati raccolti da Kneubuehl si osserva che i singoli valori misurati sono più alti dei 60 J/cm. Ciò concorda anche con l'esperienza documentata da DiMaio e altri medici legali che riportano nessuna differenza sostanziale tra gli effetti di un 9 mm espansivo e uno blindato. Chiesi direttamente a Kneubuehl come mai scelse il valore di 60 J/cm e non uno più alto o in prossimità della soglia tracciata. Gli chiesi anche come valutava quel singolo valore segnato con il punto interrogativo, nettamente più basso degli altri. La risposta fu che l'obiettivo dello studio non era di trovare una relazione analitica o un valore medio di cessione locale di energia per stabilire la soglia di lesività delle persone, ma di trovare un valore minimo per la sicurezza di tutti. Quel valore segnato dal punto interrogativo rappresenta quindi un dato molto importante per la valutazione finale perché mostra una certa variabilità nella resistenza dei vasi sanguigni. La valutazione finale ha portato in fine alla soglia dei 60 J/cm citati.

### ***Immagine rimossa***

Fig. 4.2 Risultati di Kneubuehl. I quadratini indicano un vaso strappato, i rombi uno integro. La zona di impatto diretto è riferita ad un proiettile cal. 9 mm espansivo con la punta affungata (diametro circa 13mm).

### **Conclusioni**

E' convinzione assai diffusa che un proiettile espansivo d'arma corta sia sempre più lesivo di uno blindato, al punto che la legge italiana vieta espressamente i primi per difesa personale e nelle aule giudiziarie italiane l'uso di questi proiettili è visto come un'aggravante. Da un punto di vista tecnico tali convinzioni non sono giustificate a priori. Per i calibri discretamente deboli, tra i quali sono compresi il 9 mm e il .45, l'uso di proiettili espansivi non causa a priori una lesione maggiormente lesiva rispetto all'uso di un proiettile blindato. I paesi che hanno recepito questa realtà scientifica hanno introdotto tali proiettili tra le forze dell'ordine in virtù degli indiscutibili vantaggi che essi portano (illustrati in questo paragrafo).

Per l'utilità legale e forense italiana, abbiamo voluto mostrare ai lettori che la balistica lesionale offre validi strumenti sia per valutare obiettivamente che per discutere scientificamente la lesività delle armi da fuoco e tutti gli aspetti ad essa correlati (giuridici, legali, tecnici costruttivi).