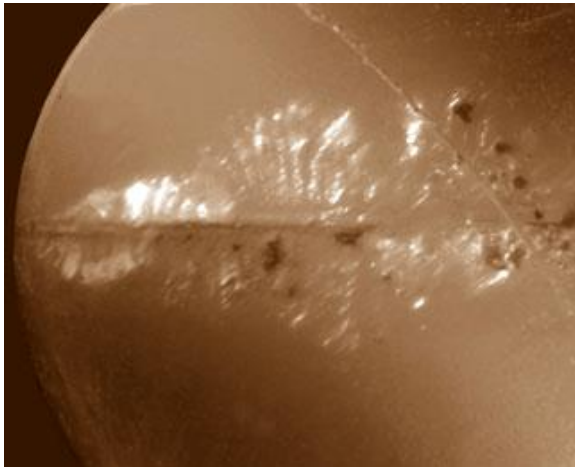


I frammenti ossei non sono proiettili secondari

-

**Analisi balistica delle capacità lesive dei frammenti ossei
staccati da un proiettile**



**Cristian Bettin
Padova Novembre 2015_v2/2019**

1. Premessa

Uno dei miti più duri a morire, più sbagliato e probabilmente il più diffuso in assoluto è la convinzione che i frammenti ossei staccati da un proiettile si comportino essi stessi come proiettili secondari all'interno del corpo umano. Cioè, una volta staccati dall'osso originario i frammenti penetrano il tessuto causando danni come se fossero tanti piccoli proiettili lanciati all'interno del bersaglio.

Questa visione dei frammenti ossei quali proiettili secondari si trova in moltissimi testi che trattano le ferite d'arma da fuoco, italiani o esteri. Tra quelli italiani, il sottoscritto non ne ha ancora mai trovato uno che affermasse il contrario, e non ha neppure mai incontrato un cultore italiano della materia che affermasse qualcosa di diverso. Ammetto che non sono molti gli anni da quando ho iniziato a contattare e confrontarmi con balistici e medici legali italiani (a dire il vero ne conosco ben pochi), però quelle poche volte che ho provato ad abbozzare una nota a riguardo, mi sono sente sentito guardare come un alieno!

Eppure ciò che sto per illustrare non è una novità. Saranno almeno trent'anni che è stato dimostrato che i frammenti ossei staccati da un proiettile **NON** si comportano come proiettili secondari. Il problema è però che in quasi tutti i testi sacri coi quali si sono formate le generazioni passate, è riportato che i frammenti ossei hanno caratteristiche di proiettili secondari.

L'esempio più classico che mi viene in mente è il famoso balistico tedesco Karl Sellier, oggi ampiamente citato da moltissimi periti balistici e medici legali italiani nelle aule di tribunale. Sellier fu, per molti versi, un precursore della balistica forense con un approccio estremamente scientifico (un po' troppo matematico per i miei gusti...ma de gustibus ecc.). Negli anni '70 - '80 del secolo scorso produsse dei lavori che ancora oggi devono trovare eguali. Leggendo però la versione originale dei suoi libri, si nota che diverse spiegazioni e teorie formulate dal Sellier si basavano su sue osservazioni e interpretazione dei risultati. Risultati che poi traduceva in teorie matematiche. Questo modo di ragionare è la base del metodo scientifico (guardare, descrivere, interpretare), ma in balistica trova il suo limite proprio nel "guardare". Alcuni fenomeni sono talmente rapidi che non è possibile coglierli ad occhio nudo. Inoltre la balistica lesionale tratta eventi che si svolgono all'interno di un essere vivente, e la documentazione visiva diventa ancora più difficile. Fatto sta, che il Sellier per decenni scrisse nei suoi libri che i frammenti ossei possono essere proiettili secondari, basandosi largamente sulla sua esperienza personale. Erede di Sellier è lo svizzero Beat P. Kneubuehl

(almeno secondo il mio parere), che ha di suo un approccio più pragmatico al problema, concentrandosi meno sulle teorie matematiche e più sull'aspetto pratico/funzionale della balistica lesionale. Nel primo libro sulla balistica lesionale scritta congiuntamente dagli autori Sellier-Kneubuehl, la teoria sui frammenti ossei quali proiettili secondari fu ribaltata e il Sellier, amante dei numeri, fornì una sua analisi matematica del perché i frammenti ossei **non** possono diventare proiettili secondari!

Era successo qualcosa che spinse il Sellier a ricredersi su sue affermazioni passate e, da bravo scienziato, accettare le nuove scoperte a fronte di prove inconfutabili. Mi pare che la spinta a questa svolta venne da Kneubuehl (almeno da quanto ho capito dalle comunicazioni personali con lui, ma non ci metterei la mano sul fuoco). Per un certo tempo mi chiesi le ragioni di questo cambio di direzione, finché non ebbi occasione di incontrare personalmente Kneubuehl e di chiedergli come giunse alle conclusioni che i frammenti ossei staccati da un proiettile non sono mai essi stessi proiettili secondari.

La risposta fu "grazie alle cineprese ultrarapide di cui si era dotato il laboratorio balistico". I filmati mostravano chiaramente una cosa: i frammenti ossei staccati da un proiettile non scavano propri tramiti nel tessuto umano, ma vi giungono attraverso un altro meccanismo (che illustrerò più vanati). Sellier fu portavoce della tecnologia del suo tempo, e ai suoi tempi una cinepresa capace di 4 milioni di frames al secondo non era ancora alla portata di una università. L'Armasuisse (per cui lavorava Kneubuehl) acquisì invece i mezzi e il personale, e produsse informazioni molto utili alla comunità scientifica, filmando già parecchi anni fa le dinamiche di fratturazione delle ossa al passaggio di un proiettile. Nella sua carriera Kneubuehl fu estremamente prolisso nel divulgare nozioni balistiche di un certo spessore ed impegno, con un linguaggio comprensibile anche alla comunità degli appassionati, promuovendo le nuove "scoperte" che per decenni erano state rilette agli scienziati del settore. Inoltre elaborò una serie di esperimenti pratici e molto visivi che illustrano chiaramente e inequivocabilmente che **i frammenti ossei si disperdono tutti entro e solo entro la zona interessata dalla cavità temporanea.**

Purtroppo, di questi esperimenti visivi non se e parla e non se ne fanno ancora in Italia, e finché la materia è studiata su testi che fanno riferimento a pubblicazioni di 30-40 anni fa, non c'è da stupirsi che manca il recepimento delle novità del settore.

Inoltre, ritengo doveroso avanzare una critica alla lentezza dell'ambiente medico nell'accettare novità e alla diffidenza e chiusura verso nozioni che toccano il loro settore ma non provengono da medici. Una situazione che sto sperimentando personalmente in Italia, essendo io ingegnere meccanico e

non medico. L'approccio dal mondo medico è quasi sempre di chiusura, quando un "non-medico" avanza argomentazioni dimostrando che il medico sta sbagliando. In questa visione ottusa tutto il mondo è paese e all'esterno non è che le cose vanno sempre meglio. A riguardo porto un esempio recente: Nel 2014 la John Wiley & Sons, Ltd. ha pubblicato il libro "Handbook of Forensic Medicine", First Edition edited by Burkhard Madea. Il prof. Burkhard Madea è il direttore dell'istituto di medicina legale dell'università di Bonn, la stessa università in cui lavorava a suo tempo Karl Sellier. La parte di balistica forense del libro è stata curata da Bernd Karger, un medico tedesco che ha pubblicato diversi articoli con Kneubuehl. Nel capitolo 20 "Forensic Ballistics: Injuries from Gunshots, Explosives and Arrows" del suddetto libro, al paragrafo 20.2.8 si legge:

Bone contact

Compared to soft tissues, bone is a hard and dense material, reducing the penetration depth of bullets striking. Depending on the construction, material and velocity of the projectile, bone contact favours deformation, fragmentation and yawing with the above-mentioned effects. Additionally, bone contact can cause secondary missiles in the form of bone fragments travelling in different directions in the vicinity of the bone, to a small extent even against the line of fire. The effect of secondary bony missiles is analogous to bullet fragments including secondary shot channels.

Il paragrafo afferma che i frammenti ossei sono proiettili secondari con effetti analoghi ai frammenti del proiettile. Chiariamo subito che tale passaggio è, come direbbe Fantozzi, una "cagata pazzesca"!! Appena ricevuto una copia del capitolo scrissi a Kneubuehl per capire come mai un suo "discepolo" scrivesse tale nozione in una pubblicazione recente. C'era forse stato nuovamente un cambiamento di rotta sulla questione? La risposta fu ben diversa da ciò che mi aspettavo, e necessita di un paio di informazioni extra sulla carriera di Kneubuehl.

Abbandonata l'Armasuisse nel 2006, Kneubuehl passò a dirigere il laboratorio di balistica sperimentale presso l'Università di Berna fino al 2014, nella facoltà di medicina. Poi andò in pensione. Kneubuehl non viene però considerato un "vero" medico. Il dottorato in medicina gli fu conferito honoris causa per la vita spesa a studiare la balistica lesionale e il suo impegno nella formazione e divulgazione di tali nozioni in collaborazione con la Croce Rossa Internazionale (ICRC) assieme a medici e chirurghi di guerra. Di formazione egli è un matematico! Proprio questo "dettaglio" non piace a tutti i medici del settore, specialmente a Madea (non voglio parlar male di nessuno, ma così mi

ha riferito Kneubuehl). Morale, la direttiva sui contenuti del libro di medicina forense uscito da poco fu che nozioni elaborate da “non medici” non devono essere riportate in un libro per “medici”. La cosa mi lasciò perplesso, perché Karger pubblicò diversi lavori con Kneubuehl, ma evidentemente in ambito accademico è più importante tagliare fuori qualcuno dalle pubblicazioni, piuttosto che riportare una verità dimostrata in parecchi articoli peer reviewed. Morale, la favola dei frammenti ossei quali proiettili secondari non morirà con questo mio scritto, spero almeno di stimolare le nuove generazioni ad approfondire criticamente l’argomento.

Nel seguito darò per scontato alcuni termini della balistica lesionale. Chi fosse totalmente ignorante in materia trova un primo accenno in¹.

2. I frammenti ossei agiscono come proiettili secondari?

Quando un proiettile colpisce quasi perpendicolarmente un osso piatto, la perdita di energia è esigua e si attesta sui 60-70J. L’energia ceduta è utilizzata principalmente per creare la frattura ossea e in parte minore per accelerare i frammenti ossei (la perdita di energia durante la frattura di un setto sottile non è una cosa intuitiva ed è spiegata nel testo¹, nella dispensa² e approfondita nel libro³).

Supponendo che metà dell’energia ceduta sia utilizzata per creare la frattura e l’altra metà sia ceduta ai frammenti di osso, e supponendo inoltre che il proiettile abbia staccato 10 frammenti ossei, l’energia media ceduta ad ogni frammento è di circa 3,5 J. I frammenti ossei hanno una massa talmente bassa che, nonostante (la scarsa) energia loro ceduta, il potenziale posseduto per arrecare danno è estremamente basso (a riguardo ricordiamo che le armi eroganti energia cinetica fino a 7,5 J sono di vendita libera e considerate di modesta capacità offensiva, mentre “armi” con energia sotto 1J sono giocattoli di vendita libera).

Nel caso di impatti contro le ossa cave l’energia ceduta all’osso è decisamente maggiore e può arrivare anche fino a 300 J (per proiettili con

¹ Bettin C, “I Proiettili – Tecnologia e balistica”, Padova 2015, ediz. in proprio.

² Bettin C, dispensa del corso “Verifica della resistenza ad impatto balistico dei materiali destinati alle protezioni balistiche secondo le direttive APR 2006 e PM 2007 del VPAM, con particolare riferimento alle costruzioni nei poligoni di tiro.”

³ Bettin C, Balistica Lesionale – Teoria e Applicazioni, 2018, ediz. in proprio.

energia cinetica nell'ordine dei 3000 J, per esempio il 7,62 NATO/.308 Winchester).

Quando un osso cavo viene colpito centralmente da un proiettile di diametro minore della larghezza dell'osso, la frattura conseguente sarà condizionata principalmente dalla pressione idraulica esercitata dal midollo contenuto nell'osso. Per questo motivo le schegge ossee saranno scagliate sia in direzione d'avanzamento del proiettile che contrariamente alla direzione d'impatto del proiettile.

Ricordiamo che una pressione idraulica ha la caratteristica di agire con intensità uguale in ogni direzione. La pressione esercitata dal midollo all'interno dell'osso cavo spinge quindi in ogni verso, sia nel senso in cui procede il proiettile che in quello opposto, e di conseguenza i frammenti ossei sul lato d'entrata del foro osseo sono spinti in direzione opposta a quella del proiettile.

Anche nel caso delle ossa cave l'energia ceduta a ogni frammento osseo non è sufficiente per accelerarli al punto da trasformarli in proiettili secondari (vale lo stesso ragionamento fatto per le ossa piatte).

Eppure la pratica medica mostra chiaramente che i frammenti ossei sono rinvenuti spesso a distanze anche notevoli dal canale di tramite principale (cavità permanente) del proiettile, e conficcati nel tessuto circostante. La domanda che sorge spontanea è: Se non ci sono arrivati come proiettili secondari, come hanno fatto a finire conficcati nel tessuto così lontani dalla cavità permanente e dalla loro sede d'origine?

La risposta si è fatta attendere per più di un secolo e richiede necessariamente una dimostrazione visiva. Con le riprese ultrarapide si è visto che i frammenti ossei volano dietro al proiettile, nel vuoto creato dalla dilatazione della cavità temporanea, che avviene sempre dopo il passaggio del proiettile (a riguardo si legga⁴).

Quando la cavità temporanea collassa, i frammenti rimangono inglobati nel tessuto danneggiato, anche a notevole distanza dall'osso da cui provengono e lontani dalla cavità permanente. I frammenti ossei non scavano quindi canali indipendenti nel tessuto sano, cioè non si comportano come proiettili secondari, ma vengono inglobati nel tessuto interessato dalla formazione della cavità temporanea.

⁴ Bettin C, "Onde d'urto e onde di pressione indotte dai proiettili nel tessuto biologico".

Questo fenomeno non si vede solamente con l'ausilio di cineprese ultrarapide, ma è facilmente simulabile in ogni balipodio con i blocchi di gelatina balistica e le ossa sintetiche usate dai chirurghi per esercitarsi alla loro professione.

La simulazione balistica lesionale senza l'uso di materiali animali è una delle pratiche affinate e diffuse da Kneubuehl negli anni, e devo dire che anche i più scettici e reticenti cambiano idea sull'argomento quando vedono e toccano di persona il risultato.

Dai filmati si vede che le schegge d'osso vengono inglobate nel tessuto durante il collasso della cavità temporanea (CT) e si vede anche che nessun frammento vola mai davanti al proiettile. Tutti i frammenti seguono il proiettile spostandosi nel vuoto della CT.

Esiste un'eccezione a questa dinamica, e riguarda grossi frammenti d'osso e proiettili a bassa velocità. Quando un proiettile lento spezza un frammento piuttosto grande, è possibile che il proiettile spinga il frammento davanti a se e di lato, schiacciandolo dentro al tessuto ancora intatto. Anche in questo caso non è però corretto parlare di proiettile secondario, perché la dinamica con cui l'osso è portato a penetrare il tessuto non è quella propria di un proiettile.

Per deliziare il lettore con qualche immagine esplicativa riporto alcune foto prese in "prestito" dai lavori di Kneubuehl, che dimostrano quanto affermato:

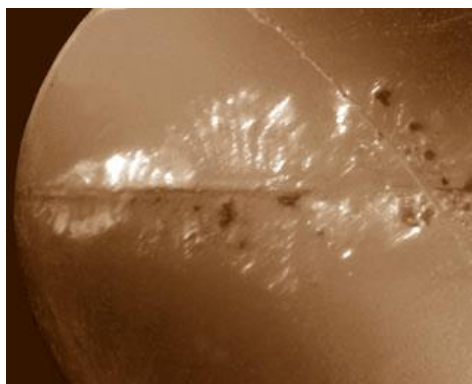


Fig. 1 Dispersione dei frammenti ossei di un simulacro del cranio riempito con gelatina balistica. Tutti i frammenti sono inglobati solamente nella zona opaca, cioè l'area interessata dalla cavità temporanea.



Fig. 2 Setup sperimentale per mostrare quanto descritto nel testo. Due ossa cave affogate in gelatina e riempite di midollo sintetico (anch'esso gelatina). L'osso a sinistra è stato colpito da un proiettile .308 FMJ, quello a destra da un .308 SP espansivo (da caccia) di eguale peso e velocità.



Fig. 3 Simulazione con osso sintetico che mostra la dispersione dei frammenti solo all'interno della zona afferente la cavità temporanea. La foto mostra il tramite lasciata da un proiettile FMJ, calibro 7,62. Il tratto tra le due dita delimita il narrow channel (NC), poi si apre la zona interessata dalla CT più ampia, riconoscibile dalla gelatina "maciullata". I frammenti di osso sono tutti nel NC e nella CT.



Fig. 4 Simulazione con osso sintetico che mostra la dispersione dei frammenti solo all'interno della zona afferente la cavità temporanea. La foto mostra il tramite lasciata da un proiettile espansivo, calibro 7,62. Il dito indica il lato d'ingresso. Con le palle espansive non si ha il narrow channel (NC), la zona interessata dalla CT si apre quasi subito. Di conseguenza anche la frantumazione e la dispersione dei frammenti è maggiore, ma sempre all'interno dell'area interessata dalla CT.



Fig. 5 Foto dello stesso colpo di fig. 4 centrata un poco più a destra, per mostrare meglio la zona della CT e la dispersione ossea.



Fig. 6 Foto dello stesso colpo di fig. 4, con palla espansiva calibro .308, centrata più ampia per mostrare meglio la zona della CT e la dispersione ossea. I frammenti sono dispersi solo dentro la zona interessata dalla cavità temporanea.

Per chiudere l'argomento, e sfruttare un paio di foto che avevo preparato, faccio notare che dalle immagini 2 e 3 si nota una cosa assai interessante. Sempre nei "sacri testi" di medicina legale italiani e a sentire numerosi "esperti" italici, un proiettile ad "alta velocità" ha sempre effetti devastanti sulle ossa umane.

Guardiamo attentamente due foto dell'esperienza raffigurato....



Fig.7 Foro di entrata di un proiettile .308 FMJ



Fig.8 Foro di entrata di un proiettile .308 SP

I proiettili della prova hanno stesso peso e stessa velocità, quindi stessa energia. L'impatto è avvenuto su bersagli identici. L'estensione del danno rispecchia esattamente l'estensione della cavità temporanea!!

Questo fatto spiega perché in alcune università estere ai medici interessati alle ferite d'arma da fuoco, e ai corsi del ICRC, viene insegnato il comportamento dinamico dei proiettili che interagiscono con bersagli biologici. Una diagnosi medica legale del tipo "foro piccolo = proiettile d'arma corta" (di cui ne ho lette in Italia) può essere totalmente sbagliata. Se il proiettile blindato da carabina colpisce l'osso nel tratto del NC, non ci sarà nessun foro/frattura estesa! Cambiando tipologia di proiettile o spostando la zona danneggiata oltre la zona di NC, la cosa cambia radicalmente.

La foto seguente mostra poi un'altra curiosità.

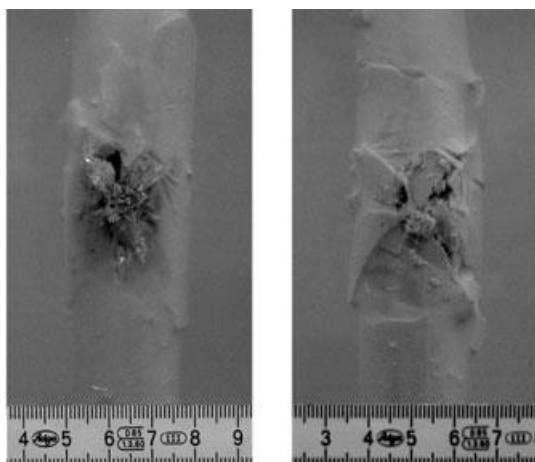


Fig.9 Foro di entrata di un proiettile .308 FMJ e 9mm FMJ.

La foto 9 mostra un confronto tra i fori d'ingresso di un proiettile calibro 9mm FMJ sparato da una pistola (energia circa 500 J) e un .308 FMJ sparato da un fucile (energia circa 3000 J). Grande energia (alias alta velocità) non è necessariamente sinonimo di danno esteso! Il punto sta che per arrecare un danno alle strutture biologiche serve un'interazione protratta per un certo tempo. Se il proiettile attraversa l'osso troppo rapidamente, l'energia ceduta è molto bassa e non è sufficiente per creare danni estesi. Per questo motivo un proiettile calibro 9mm e un 7,62 FMJ in zona NC possono creare fratture

simili. Il tempo d'azione del .308 è talmente breve che non riesce a scaricare grandi quantità di energia, e la frattura conseguente sarà modesta.

3. Conclusioni

Le riprese ultrarapide e le simulazioni hanno dimostrato che i frammenti ossei non si comportano come proiettili secondari e non creano canali di tramite propri.

Essi seguono il proiettile nel vuoto creato dalla cavità temporanea e rimangono inglobati nel tessuto quando la cavità gli collassa addosso.

L'estensione del danno all'osso dipende da molti fattori e per una diagnosi corretta è necessario conoscere anche gli aspetti balistici dell'evento. Le generalizzazioni possono portare ad errori di valutazione anche notevoli.

Esistono diversi casi particolari di cui non abbiamo discusso in questa sede, per approfondimenti consiglio di leggersi il libro di Balistica Lesionale del sottoscritto (rif.3).

Ing. Cristian Bettin