

TRANCIANTE TRASVERSO, *CUI PRODEST?*

Punta transversal, ¿cuáles son sus ventajas?

VITTORIO BRIZZI* e CINZIA LOI**

RIASSUNTO In questo studio preliminare si vuole discutere da un punto di vista meccanico (qualitativo e quantitativo) il rapporto forma – funzione del cosiddetto “tranciante trasverso”, microlito trapezoidale utilizzato come armatura di freccia dal tardo Mesolitico al Neolitico antico in tutta Europa e Nordafrica. Svariate pubblicazioni trattano di questo elemento come punta di freccia *tout court*, senza porsi il problema di approfondirne l’interpretazione funzionale. Lo studio sperimentale dimostra invece come la sua forma ne determini particolari caratteristiche balistiche terminali e di conseguenza ne restringa il campo di utilizzo come componente di proiettile, dedicato prevalentemente alla piccola selvaggina. Nello stesso tempo il suo documentato utilizzo come componente di proiettile per gli scontri armati nell’Egitto predinastico apre scenari diversi e interessanti in grado di giustificarne l’uso in particolari condizioni tattiche.

Parole chiave: Mesolitico, Neolitico, Tranciante, Studio balistico, Analisi morfo-funzionale.

RESUMEN En este estudio preliminar se quiere discutir desde un punto de vista mecánico (cualitativo y cuantitativo) la relación forma – función del denominado “tranciante trasverso”, microlito trapezoidal utilizado como punta de flecha desde el Mesolítico Tardío al Neolítico Antiguo en toda Europa y el norte de África. Diversas publicaciones se ocupan de este elemento como punta de flecha simplemente, sin pretender profundizar en la interpretación funcional. El estudio experimental demuestra, por el contrario, cómo su forma determina características balísticas terminales particulares y, como consecuencia, restringe su ámbito de utilización a un uso como componente de proyectiles dedicados a la caza menor. Al mismo tiempo su probado uso como componente de proyectiles en los enfrentamientos armados durante el Predinástico egipcio abre escenarios diversos e interesantes para justificar su uso en condiciones tácticas particulares.

Palabras clave: Mesolítico, Neolítico, Punta de flecha transversal, Estudio balístico, Análisis morfo-funcional.

* Paleoworking Network – Università di Ferrara, vittorio.brizzi@unife.it

** Paleoworking Sardegna – Università di Sassari, loicinzia71@gmail.com

Fecha de recepción: 01-02-2014. Fecha de aceptación: 23-10-2014.

INTRODUZIONE

In letteratura il microlito trapezoidale e in particolare il tranciante trasverso, utilizzati come armature di proiettile (tav. I), sono quasi sempre e solo trattati come indicatori temporali e culturali¹, senza mai ipotizzarne e verificarne un quadro di riferimento sulle sue precise destinazioni d'uso. È anche vero che le rarissime testimonianze archeologiche “probanti” in generale siano rare, saltuari i ritrovamenti di ossa in cui risultino conficcate punte di proiettile e ancor più rare (ma esistenti) testimonianze che associano microliti trapezoidali ad impatti con ossa di grossi mammiferi oppure bersagli umani². Proprio perché queste ultime rappresentano ormai dei “classici” nella documentazione tafonomica relativa alla caccia³ o alla violenza interpersonale nella preistoria (fig. 1), sono pochi gli scienziati che si sono mai posti qualche dubbio sul loro significato funzionale come componente di un'arma da lancio. Inoltre la ricca documentazione iconografica dell'Egitto predinastico non fa che confermare l'uso di quest'armatura in guerra e caccia.

Una delle prime osservazioni sui trapezi archeologici da un punto di vista funzionale risiede nel loro orientamento rispetto all'asse di moto: oltre a ossa umane e di animali testimoniando impatti di trancianti molti di essi denunciano inequivocabilmente, grazie allo studio delle macro e microfratture, il loro verso di immanicamento, prova conseguente di impatto. Il trapezio può risultare “a tranciante trasverso” con forma più o meno isoscele (con la base maggiore del trapezio ortogonale all'asse della freccia/di moto) oppure manifestare una pianta irregolare (sostanzialmente un quadrilatero convesso) e far ipotizzare un montaggio inclinato, in cui uno spigolo acuto (corrispondente al minor angolo del quadrilatero) funge da punta perforante (tav. II). In realtà attraverso lo studio sperimentale balistico appare un quadro ben delineato e diversificato, soprattutto se si paragonano le sue capacità lesive con le ordinarie armature di freccia a forma di cuspidi triangolare. Le armature quadrilatera tagliente inclinato possono rientrare nella categoria delle punte penetranti microlitiche mentre i trancianti trasversali dimostrano di essere punte di freccia destinabili solo a piccola selvaggina oppure a generare ferite superficiali ma comunque debilitanti sull'uomo non protetto da armature.

In questo lavoro si è cercato di individuare un indice numerico (TPI) da associare ai diversi profili delle punte in grado di consentire una previsione (o comunque una scala di merito) sul comportamento all'impatto con i tessuti biologici e le eventuali

1. Il microlito trapezoidale è sempre stato considerato un “fossile guida” nella determinazione delle fasi cronologiche e culturali nella preistoria fin dagli studi pionieristici effettuati su basi morfometriche e di stile (Barriere, 1956; Tixier, 1963; Bordes e Sonneville Bordes, 1970).

2. Caso ben noto è il trapezio microlitico trasverso conficcato nella costola dell'Uro (*Bos primigenius*) rinvenuto nelle paludi del Lago di Vig (Noe-Nygaard, 1973; 1974). D'altro canto, grazie alle innumerevoli torbiere e zone umide del nord Europa, sono state ritrovate innumerevoli altre testimonianze inequivocabili; un esempio è il ritrovamento del tranciante parziale nella dodicesima vertebra lombare assieme ad un microlito triangolare nella sesta vertebra di un maschio adulto di Tévéc (Morbihan), grazie al quale è stato possibile ricostruirne la traiettoria: due colpi frontale al torace, con totale attraversamento, fino a collidere con la spina dorsale (Péquart *et al.*, 1937). Altra testimonianza il trapezio tranciante ritrovato sulla vertebra di un uomo della Cultura di Seine-Oise-Marne (Baye, 1874).

3. Un testo di sintesi ma di grande interesse è quello di Cordier (1974).

protezioni; contemporaneamente, tramite prove balistiche qualitative (su carcasse) e quantitative (su gel balistico), si è cercata una falsificazione del modello ottenuto con la previsione matematica. Da ciò che segue si evincerà come le prestazioni del trapezio tranciante (in particolare nelle forme “lunate” e “trasverse”) sono estremamente critiche per quanto riguarda la penetrazione rispetto alle cuspidi triangolari di pari sezione d’urto.

La diffusione del trapezio secondo gli studi contemporanei

Il geometrico trapezoidale *sui generis* compare nello scenario preistorico europeo in maniera imponente alla fine del mesolitico, spaziando dalle regioni nordiche della Fenoscandia, della Russia e dell’Europa nord orientale a tutte le regioni mediterranee, scomparendo alla fine del neolitico antico. Il nord Africa, nella seconda metà del quarto millennio a.C., vede le testimonianze contestuali (ritrovamenti soprattutto nei corredi tombali) e testuali (raffigurazioni di arcieri in caccia e guerrieri in battaglia, fig. 2) che non lasciano adito a dubbi, fin anche nel periodo dinastico. Non dimentichiamo poi che la forma del trapezio è perdurata nel Sahara anche in contesto etnografico, pure se sostituita dal metallo come materia prima.

Uno dei problemi più significativi affrontati nello studio dei trapezi europei è proprio il perché di questo sorgere e del loro scomparire; non è scopo di questo lavoro approfondirne la questione, in quanto, da un punto di vista antropologico, molte autorevoli pubblicazioni ne trattano in modo compiuto anche se è raro che giungano a conclusioni concordi. Dall’

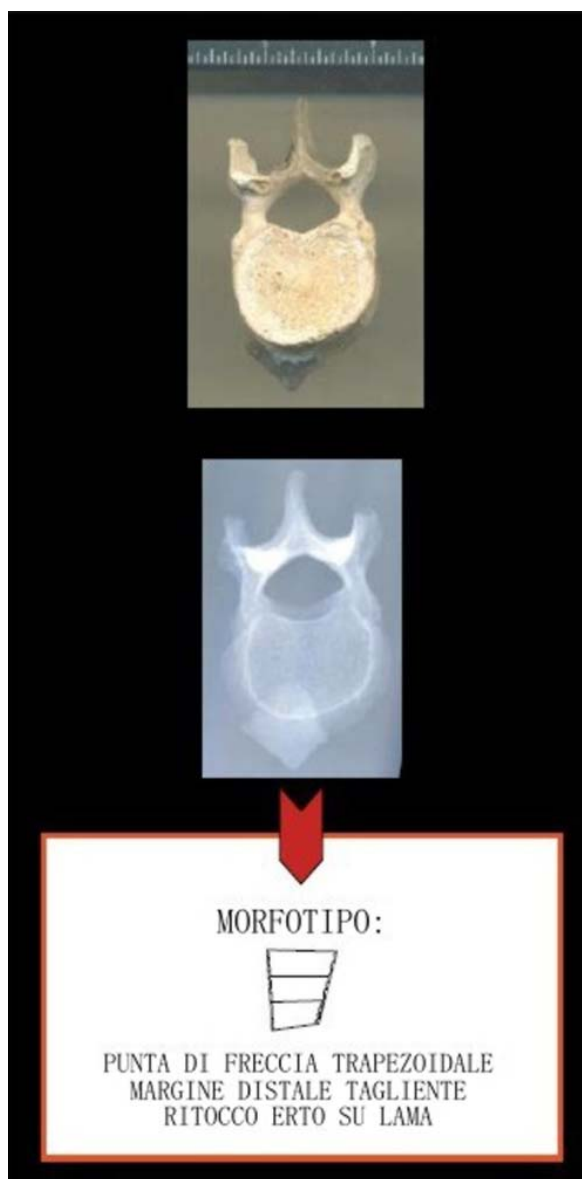


Fig. 1.—La Pierre Michelot, Marne (Baye collection, Musée d’Archéologie Nationale). Tranciante trasverso conficcato in una vertebra umana (da Dias Merinho, 2009:179).

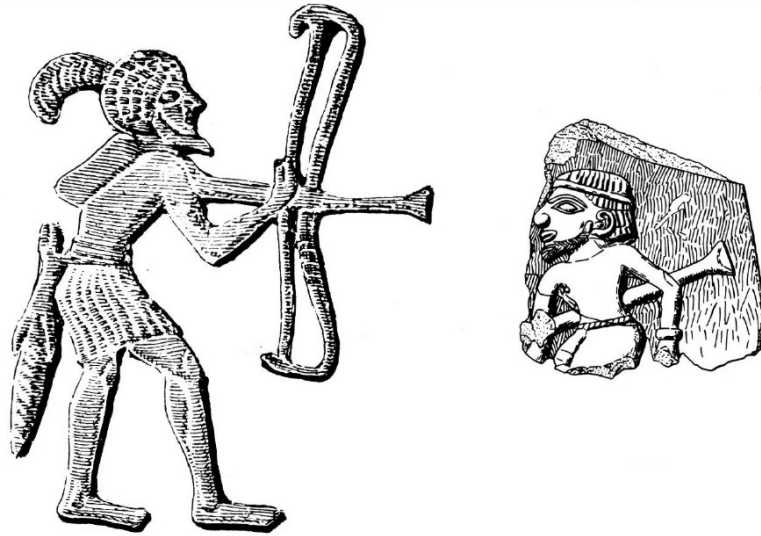


Fig. 2.—Arciere (sin) raffigurato nella famosa “Hunter’s palette” tardo predinastica da Hierakonpolis (da B.M. No. 20790; *Guide to the Egyptian collections in British Museum*, 1930:20). A dx: frammento di una tavoletta di ardesia del tardo predinastico che raffigura un soldato attraversato completamente da una freccia armata da un tranciante trasverso (da Hayes, 1953:fig. 23).

interessante lavoro sulla distribuzione dei microliti finlandesi nel mesolitico (Manninen e Tallvaara, 2011) ad esempio, pare emergere come la diffusione spaziale e temporale di questa tecnologia sia stata influenzata dai mutamenti sociali intervenuti nelle collettività di cacciatori-raccoglitori-pescatori e nella trasmissione culturale susseguente a vere e proprie migrazioni, a loro volta indotte da cambiamenti climatici su vasta scala in corrispondenza del massimo termale olocenico (8200 a.C.) e quindi dall’incidenza delle abitudini venatorie rivolte verso la selvaggina di un certo tipo⁴. Il legame con la taglia e le caratteristiche della selvaggina prevalentemente cacciata risulterebbe essere quindi un fattore importante, mentre la disponibilità della materia prima per realizzare tali armatura sfumerebbe di importanza per via della semplicità tecnica di fabbricazione. Nel lavoro sperimentale di Juan Francisco Gibaja e Antoni Palomo (Gibaja e Palomo, 2004) viene fornita una interessante analisi⁵ in riferimento ai ritrovamenti della Catalogna dal VI al III millennio, come pure il recente lavoro a cui essi hanno contribuito sull’uso di questi microliti nel Mediterraneo occidentale nel VI – V millennio (Mazzucco

4. In questo caso specifico appare chiaro come il microlito trapezoidale aumenti la sua diffusione in ambito costiero per la caccia ai grossi uccelli acquatici e decresca verso l’interno con l’aumento della forestazione, che favorisce l’incremento della grossa selvaggina ungulata.

5. Gli unici lavori alla data attuale che si sono occupati sperimentalmente di microliti trapezoidali e trancianti trasversi sono ad opera del Team spagnolo di Antoni Palomo (Universitat Autònoma de Barcelona) e Juan F. Gibaja (CSIC-IMF Institució Mila i Fontanals, Departament de Antropologia y Arqueologia, Barcelona).

et al., 2012), in cui vengono identificate e valutate le correlazioni tra fattori culturali, ambientali e comportamentali. Rimandiamo a questi interessanti lavori per un dovuto approfondimento.

CENNI SULLA TECNOLOGIA DELLA PRODUZIONE DI UNA FRECCIA ARMATA CON TRAPEZIO MICROLITICO

Questo lavoro intende definire le proprietà balistiche terminali⁶ di una freccia armata con un trapezio microlitico a tranciante trasverso, raffrontando la sua penetrazione con la cuspidi di freccia triangolare e appuntita. La procedura adottata prevede l'elaborazione di un "Indice" di merito predittivo per il profilo della punta utilizzata e una serie di sperimentazioni atte a verificare/falsificare il modello matematico della medesima. Sperimentazioni passate⁷ hanno permesso di far emergere alcuni parametri base che permettono di isolare (e quindi agire) su variabili fondamentali dipendenti dalla velocità di impatto e massa della freccia. Conseguentemente in questo lavoro non verranno considerate le variabili fisiche dovute al tipo di arma che scaglia il nostro proiettile, ma solo i parametri dinamici della freccia in prossimità del bersaglio e nei momenti immediatamente precedenti al suo arresto nel bersaglio.

Ai fini di un corretto approccio alla sperimentazione è bene definire le fasi importanti nel processo di fabbricazione dell'intero proiettile a prescindere dai parametri tecnici delle aste di freccia⁸ adeguate alle sollecitazioni che questo subirà durante il test.

Il trapezio microlitico (tranciante o obliquo) è un'armatura estremamente semplice da fabbricare. La qualità della materia prima non rappresenta un fattore condizionante, e può essere realizzato in diverse maniere sia da lame sia da schegge. La tecnica più standardizzata, percussione e ritocco a pressione su incudine e che permetta una "previsione" del risultato è quella del *microbulino*: quest'ultimo rappresenta il prodotto di scarto caratterizzante di questa tecnologia assieme al *Piquant triédre*. Ciò che rimane dal *coup de microburin* (Tixier et al., 1980) è il trapezio che interessa. Naturalmente il tranciante può essere realizzato anche solo per percussione da una lama, anche se il risultato non è facilmente prevedibile, e attraverso il ritocco con palco di cervide per la successiva rifinitura (Miolo e Peresani, 2005). Il peduncolo del trapezio, che deve essere immanicato nell'asta di freccia, non deve essere più spesso di tre – cinque millimetri per poter essere efficacemente assicurato. Normalmente il trapezio è fissato con mastice vegetale (miscela di resina di pino con altre componenti oppure mastice ottenuto dalla pirolisi della corteccia di betulla) e leganti animali (tendine seccato e battuto) o fibre vegetali. Qui si deve aprire doverosamente una parentesi. Come si vedrà oltre, l'interfaccia tra armatura e asta è di fondamentale importanza: la cosiddetta *bonding mass*

6. La balistica terminale è la scienza che studia i fenomeni che avvengono durante l'impatto del proiettile sul bersaglio. Su questo aspetto cfr. Brizzi (2002), Brizzi e Zani (2003).

7. Brizzi, V. (cds) T.I.P.S. Project 2002 - 2006.

8. Si presuppone che la fase di lancio sia predisposta in modo tale da poter aver costanza nelle velocità di uscita ed impatto. Ne consegue che la freccia deve essere opportunamente accoppiata all'arco (o comunque al sistema di propulsione adottato).

l'insieme di collanti e leganti che devono assicurare l'integrità strutturale dell'insieme devono comunque garantire il minimo attrito con il bersaglio durante la penetrazione (Howard, 1995:293,296). La giunzione del tranciante con l'asta è un argomento molto delicato. Come risulta dai record archeologici, l'armatura ha un peduncolo appena accennato nella maggioranza dei casi, in alcuni addirittura inesistente. Nella replica occorre fare molta attenzione all'interfaccia tra le due componenti, perché all'impatto con i tessuti superficiali facilmente possono avvenire rotazioni sul piano orizzontale. In questo critico punto, il mastice vegetale serve soprattutto per far aderire bene le irregolarità inevitabili della punta con la sede a "V" o a "U" del legno. Ciò che terrà solidale l'armatura con l'asta è l'avvolgimento in tendine (o altra fibra vegetale/animale) che deve essere ben serrato e consistente. Inoltre l'avvolgimento con tendine è fondamentale che prosegua per garantire la solidità dell'asta. Nel caso siano utilizzate aste ricavate da doghe di legno (cioè non polloni o canne palustri) il taglio in cui verrà inferito il microlito dovrà essere ortogonale alle fibre comunque e l'avvolgimento in legante dovrà essere distribuito sull'asta per almeno 6-8 cm per evitare il dirompente "effetto cuneo inverso" della punta all'impatto (vedi tav. VII:sg26). La "camiciatura" con mastice vegetale ha la funzione di regolarizzare la superficie dell'interfaccia per ridurre l'attrito (tav. III). È buona norma rastremare i primi 7-15 cm della porzione prossimale dell'asta per far sì che i leganti e collanti aggiunti non creino un esubero di "bonding mass" in quello che è il punto più delicato del profilo (ossia ove si esercita l'attrito iniziale più forte). Le frecce nordafricane e egiziane predinastiche dimostrano come questo concetto sia sempre stato esaltato (tav. IV). E' bene sottolineare come il complesso del rinforzo qui descritto, per affrontare una qualsiasi sperimentazione, deve essere considerato fondamentale, quantomeno uniformizzato e delineato con molta cura perché senz'altro rappresenta un fattore che può alterare la raccolta di risultati.

LA BALISTICA TERMINALE DEI PROIETTILI LENTI

Nella balistica terminale (la scienza che si occupa di prevedere, misurare e interpretare gli effetti di un qualsiasi proiettile all'impatto sul bersaglio) fattori "fisici" come penetrazione, massa e velocità, energia e quantità di moto del proiettile risultano ovviamente correlati tra loro. La balistica terminale interessa quindi un vasto spettro di elementi, connessi con l'archeologia, sia per quello che concerne le dinamiche di caccia che gli aspetti antropologici e materiali del vasto contesto della violenza interpersonale. Il primo nostro obiettivo è "modellizzare" il sistema d'arma per poter valutare i riscontri nei ritrovamenti archeologici in qualsivoglia scenario: dobbiamo giocoforza individuarne le variabili, attribuirne un "peso" tramite considerazioni teoriche, ridurre il numero di queste variabili per poter sollecitare i modelli teorici a fornire qualche risposta, infine effettuare la sperimentazione.

Su questo ultimo aspetto è importante soffermarsi. La punta di freccia ritrovata o l'osso su cui è conficcata sono le uniche rare testimonianze materiali (oltre al contesto del ritrovamento) su cui fare riferimento. La forma, le dimensioni e la natura della punta di freccia sono quindi gli elementi guida principali. Effettuare una sperimentazione significa riprodurre il più attentamente possibile il manufatto che deve impattare con

il bersaglio in una cornice controllata, un vero e proprio “laboratorio” in cui vengono effettuate prove e misure, i cui risultati saranno frutto di una elaborazione statistica.

Da un punto di vista epistemologico, questo particolare tipo di sperimentazione —per quanto ben condotta— sarà purtroppo sempre autoreferenziale (Grimaldi, 2008). Se la riproduzione della punta di freccia rappresenta un relativo problema, la scelta e l'utilizzo di bersagli succedanei fornisce dati scientifici probanti solo relativamente a quel tipo di bersagli adottati anche se, per approssimazione, possono essere ricondotti al mondo reale. Ecco perché solo dati osservativi effettuati in un contesto vero (con bersagli vivi e in situazioni venatorie reali) potrebbero confermare o falsificare la teoria (*outcome driven analysis*). Per questo motivo, in questo lavoro preliminare sui trapezi traccianti, oltre che avvalersi di prove su bersagli statici di varia natura (gel balistico e carcasse) facciamo riferimento anche a dati raccolti in situazioni reali di caccia (Loi e Brizzi, 2011).

La differenza tra l'impiego dei traccianti in caccia e quello in guerra è però sostanziale. Se la caccia alla selvaggina può riguardare un vasto spettro di “superfici d'impatto” e superfici d'impatto biologiche tutto sommato riconducibili ad una casistica ridotta (ad es. pelo, penne, squame) per un range di masse diversificato —il cui comportamento è tutto sommato lineare— l'impatto sui bersagli umani trova enormi differenze quando sono presenti delle protezioni anelastiche⁹. Inoltre, il concetto di trauma/lesione acquista altri significati. Se nella caccia la necessità è di “catturare” il selvatico (cioè ucciderlo o comunque recuperarlo) nel combattimento spesso la necessità tattica di ferire e costringere il nemico a predisporre una organizzazione di cura nelle retrovie è più importante economicamente che l'uccidere l'avversario. Nel valutare il rapporto forma/funzione del microlito trapezoidale questa considerazione apre scenari importantissimi, come vedremo.

Un'arma da getto preistorica scaglia un proiettile (freccia dall'arco o zagaglia dal propulsore) ad una velocità molto più bassa rispetto ad un'arma da fuoco moderna, e l'effetto “mortale” (comunemente chiamato *Killing Power*) del proiettile è dato dalla lesione dei vasi sanguigni e dall'emorragia conseguente nell'area vitale (Loi e Brizzi, 2011). Maggiori saranno i vasi sanguigni lesi, più grande sarà l'effetto lesivo. Per questo motivo un qualsiasi proiettile scagliato da un arco non possiederà capacità di arresto (*Stopping Power*) rilevanti per stordire e fermare la preda di medie e grandi dimensioni ma notevoli proprietà legate al ferimento. La capacità di arresto si può manifestare solo in prede di piccole dimensioni (Brizzi, 2002:82-86).

La penetrazione del proiettile è conseguenza della sua quantità di moto (massa x velocità) e la gravità della ferita è data dall'ampiezza del canale prodotto, in sostanza proporzionale alla sezione di taglio moltiplicata per la lunghezza di penetrazione (Friis-Hansen 1990). Naturalmente questi parametri variano in funzione della consistenza¹⁰

9. Per protezioni anelastiche preistoriche si intendono i tessuti di filati vegetale frenanti, pelle e cuoio bollito.

10. Nel concetto di “consistenza” vogliamo far rientrare tutti quei fattori legati al complesso sistema di resistenza del mezzo: parametri tissutali della parte esterna (ad es. elasticità della cotenna, assorbimento dinamico dovuto al pelo, spessore della pelle, diffusione del grasso stagionale) protezione ossea della cassa toracica, spessore del corpo nell'area vitale (direttamente ma non sempre proporzionale alla massa

del bersaglio e del suo peso (animale o umano con o senza protezioni che sia). La quantità di moto è propriamente il parametro in gioco principale dei proiettili lenti e pesanti, cioè quel parametro vettoriale (legato quindi alla direzione del moto) che indica la capacità di penetrare i tessuti biologici e provocare emorragie. In termini più precisi, la dimensione (superficie) della ferita è proporzionale all'emorragia provocata. In un mammifero, è sufficiente una emorragia pari al 10% del suo peso corporeo per consentirne il recupero.

Ora, per prevedere gli effetti di un proiettile su un dato tipo di bersaglio, è necessario determinare il modo con cui le variabili meccaniche interagiscono tra loro. Per poterlo fare a livello teorico si devono isolare una a una le variabili e rappresentare con opportune semplificazioni modelli approssimati ma corrispondenti il più possibile alla realtà attraverso opportune simulazioni. La sperimentazione dovrebbe poi determinare la conferma o la falsificazione del modello proposto.

VALUTARE LE CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELLA PUNTA DI FRECCIA A PRIORI: FRIIS HANSEN, ASHBY E IL TPI (*TISSUE PENETRATION INDEX*)

La punta del proiettile primitivo ha due fondamentali funzioni: la prima è aprire un taglio sufficientemente largo nel primo strato d'impatto rallentando il suo moto il meno possibile, la seconda è permettere il passaggio della freccia (riducendo al massimo l'attrito dell'asta a cui è collegata) provocando emorragie il più consistenti possibile grazie alle sue proprietà di taglio.

All'istante dell'impatto, la punta del nostro proiettile trova una immediata resistenza con la cute e questo rappresenta un momento molto critico. È qui che il profilo della punta gioca il suo ruolo fondamentale. Nella caccia lo spessore della cotenna, la sua elasticità, la grossezza del pelo, la quantità di grasso immediatamente sottostante fungono da elementi critici difficilmente valutabili in modo oggettivo (se non campionandole sperimentalmente) e variabili da specie a specie —a sua volta— variabili da stagione a stagione (fig. 3). Nel caso di bersagli umani, un torso privo di protezione è tutt'altra cosa rispetto ad una corazzatura anelastica (Brizzi, 2011). Una volta aperto il taglio nella superficie esterna del bersaglio, la punta ha il compito di aprire il canale trascinandosi dietro l'asta della freccia con il minor attrito possibile. Ecco che una punta con bassa sezione d'urto ma appuntita, se facilmente penetrerà la cotenna (o la protezione artificiale anelastica) affronterà il secondo mezzo (la cavità corporea dei vasi sanguigni principali) rallentando rapidamente per via dell'attrito provocato dall'asta¹¹. Tutto questo —ovviamente— se si ipotizza un tiro perfettamente indirizzato nell'area

corporea) e infine vitalità della specie, un parametro difficilmente racchiuso in un sistema di variabili oggettive ma —per esperienza— assolutamente da prendere in considerazione.

11. La cavità corporea ha un comportamento prossimo a quella di un fluido continuo a medio-bassa densità. La resistenza di un mezzo simile alla penetrazione è direttamente proporzionale al quadrato della velocità del proiettile. Ecco perché la sua energia cinetica ($E_c = 1/2 m v^2$) diventa un indicatore poco significativo per parametrizzare la profondità di penetrazione.

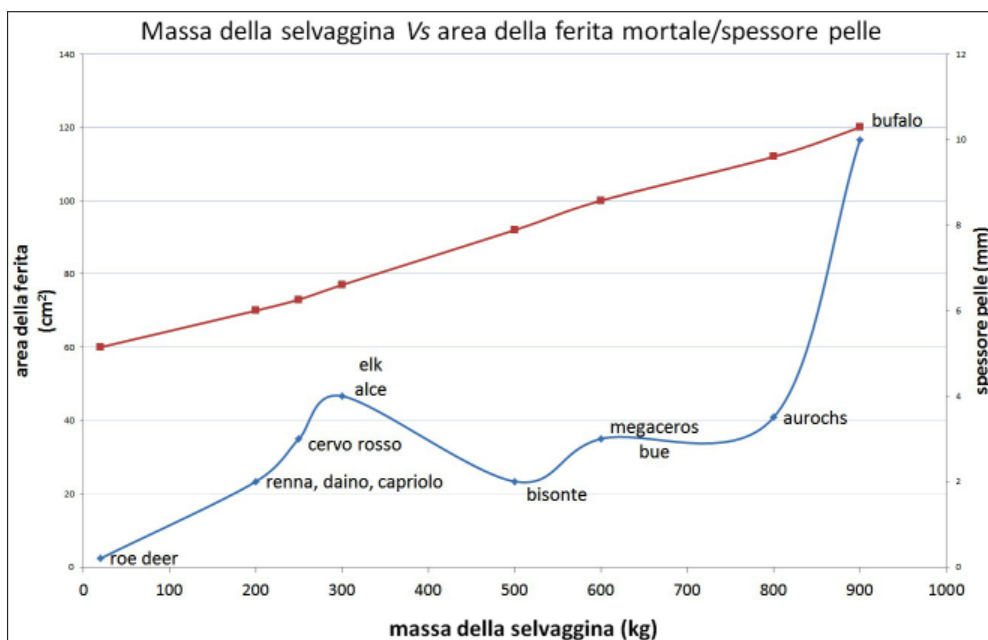


Fig. 3.—Rappresenta approssimativamente la relazione Peso della selvaggina–superficie necessaria per una ferita da freccia mortale / spessore della cute (presupponendo un tiro effettuato in area vitale). Nel caso “umano” non coperto da armature o protezioni, lo spessore dell’epidermide della ferita è pari circa a quello del Capriolo e la superficie della ferita mortale è all’incirca di 25 cm².

vitale, il più ortogonale alla superficie d’impatto e senza alcun contrasto con ossa e cartilagini.

L’attrito sull’asta deriva dalla frizione con i tessuti (pelle ed organi) attraversati. Su una freccia con solo la punta conica (priva cioè di lama) l’attrito risultante è primariamente quello dell’asta, mentre con una punta a lama della stessa massa, si avrà una penetrazione maggiore (Waguespack *et al.*, 2009). La punta tagliente riduce notevolmente l’attrito sull’asta e la resistenza alla penetrazione quindi dipenderà fondamentalmente dalla punta. I modelli teorici indicano che questa apertura passante deve essere provocata da una punta il cui perimetro è comunque sempre maggiore di quello dell’asta a cui è collegata¹² (Ashby, 1995) e la sperimentazione lo conferma a pieno.

La letalità intrinseca associata alla sola punta di freccia non esiste. Sussistono un insieme di fattori; primo fra tutti è la localizzazione del colpo e la sua ortogonalità con la superficie, poi la forma della punta, l’affilatura del bordo tagliente della punta e infine la profondità della ferita, direttamente collegata. Tra questi fattori, l’unico a non essere “progettabile” a priori è la circostanza e localizzazione del colpo. L’affilatura della lama è fondamentale. Conseguenza diretta dell’affilatura è la minor resistenza dei tessuti al primo impatto del proiettile e la successiva profondità del canale di taglio;

12. Il modello di Ashby per la definizione del TPI è stato implementato in questo lavoro dagli autori.

soprattutto l'affilatura influenzerà (a parità di ogni altro fattore) il modo con cui avverrà l'emorragia conseguente¹³ che permetterà di trasformare un colpo non troppo preciso in una ferita mortale. Più è grande la preda, maggiore influenza ha questo fattore.

Per poter procedere nelle valutazioni a priori del fenomeno balistico terminale dobbiamo stabilire le variabili principali su cui ragionare. La prima riguarda il proiettile nella sua globalità, il secondo riguarda il bersaglio. Friis Hansen (1990) e Ashby (1996) elaborarono due parametri di valutazione sufficientemente completi dei proiettili, indipendentemente. Il primo, nella disamina dei fattori relativi alla penetrazione, prese essenzialmente in considerazione l'attrito della freccia nel percorso lungo la cavità corporea (C.I.). Il secondo, invece, elaborò un indice (TPI) in cui l'attrito era il terzo fattore discriminante assieme alla quantità di moto della freccia e il "vantaggio meccanico" (M.A.) dipendente dalla forma della cuspid e dalla sua costituzione fisica. Anche Sisk e Shea (2011) nel loro studio sulle punte triangolari della MSA definirono uno standard di valutazione in base ai parametri dimensionali. Noi adotteremo un "ibrido" che ha rivelato la sua validità attraverso la sperimentazione che integra le procedure degli autori introducendo qualche variante.

Friis Hansen, nel suo lavoro del 1990, analizza una serie di reperti mesolitici e identifica (Friis-Hansen, 1990) in essi i due indici che servono a calcolare il "cutting index" (C.I.). Il primo è il coefficiente di perimetro (rapporto tra il perimetro massimo della sezione della cuspid e il perimetro dell'asta di freccia) e il secondo è il coefficiente di area (rapporto dell'area della sezione della cuspid e l'area della sezione dell'asta); il rapporto tra questi coefficienti fornisce il C.I.

Friis Hansen definisce anche altri parametri (l'angolo della punta, la larghezza della sezione massima) senza chiarire però su quale principio preciso sono modellizzati. Dopodiché definisce una scala di valori che permettono di discernere se una freccia è efficiente o meno (fig. 4).

Il nostro proiettile, nella forma più semplificata, è composto da un'asta in legno, un impennaggio¹⁴ e una punta, assicurata all'asta tramite uno scasso nel legno dell'asta

13. Più la lama è affilata in modo regolare, più il taglio è netto e sottile maggiormente è efficace l'emorragia conseguente. Se la lama è regolarmente affilata e priva di protuberanze (anche microscopiche) essa provoca minore perturbazione meccanica alle cellule che rivestono la parete interna dei vasi sanguigni su cui si produce la lesione. In altre parole, non "strappa" ma "taglia". Il modo con cui avviene la perturbazione di queste cellule avvia il processo di coagulazione del sangue. Ogni vaso sanguigno tagliato rilascia una proteina chiamata protrombina. La protrombina viene a contatto con il plasma e si converte in enzima (trombina) che agisce come catalizzatore convertendo il fibrinogeno nel sangue in fibrina, generando la reazione chimica finale per il processo di coagulazione. Maggiormente regolare e lineare sono le superfici interessate al processo di taglio, meno cellule vengono coinvolte localmente nella produzione di protrombina e la coagulazione diventa più lenta. Viceversa, un filo di lama irregolare provoca lacerazioni e strappi che stimolano ad una maggior produzione di trombina, e ovviamente viene inibito più rapidamente il deflusso del sangue (emorragia): è proprio quello che un cacciatore/guerriero vuole evitare con la sua azione deliberata. Una punta con superficie di taglio molto affilata e regolare (e a parità degli altri fattori) facilita quindi una emorragia veloce rispetto ad una qualsiasi linea di taglio irregolare (ad es. grazie a punte denticolate o comunque ritoccate a profilo ondulato).

14. L'impennaggio è ininfluente per i nostri calcoli "terminali" anche se è della massima importanza per tutto ciò che concerne le caratteristiche dinamiche del proiettile in volo (Brizzi, 2002:2.4.7).

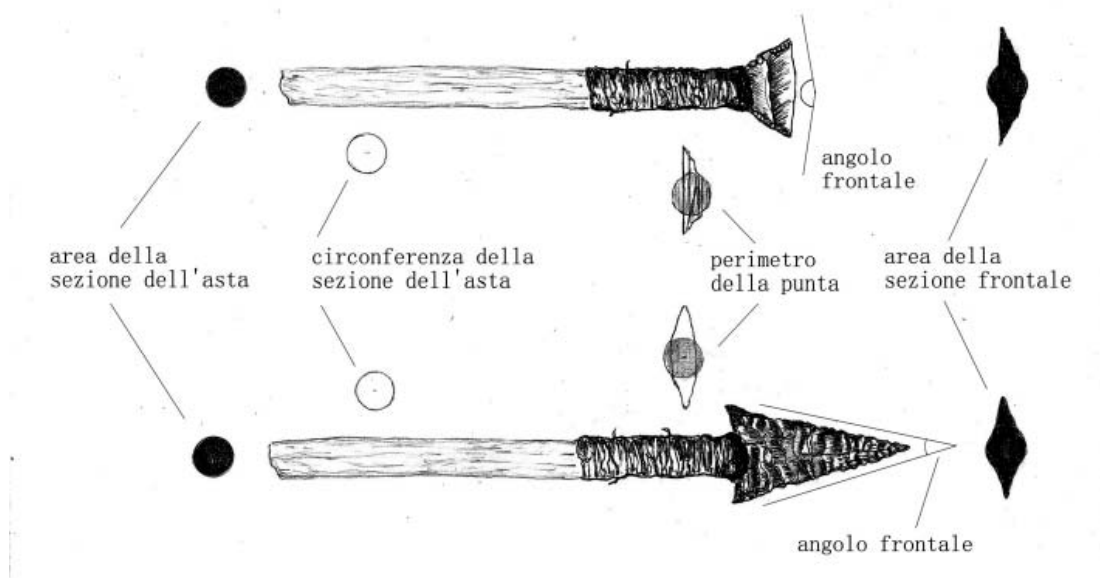


Fig. 4.—Parametri per il C.I. Elaborazione grafica (da Friis Hansen, 1990).

e una massa di collanti e leganti che la assicurano in modo solidale¹⁵. La massa del proiettile e la sua velocità determinano il primo parametro che ci interessa, la *quantità di moto*, valore che indica a prescindere una importante quantità vettoriale sempre proporzionale alla penetrazione:

$$Q.M. = \frac{\text{peso freccia (in grani)} \times \text{velocità freccia (fps)}}{32(\text{piedi}^2)}$$

La seconda variabile è il cosiddetto *vantaggio meccanico* (M.A.), che è dato dalle proprietà della punta di freccia. Una punta preistorica a profilo dritto può essere vista come una macchina semplice da un punto di vista fisico. È in sostanza una serie di piani inclinati. La formula per calcolarlo è la seguente:

$$M.A. = \frac{\text{lunghezza taglio della lama}}{\frac{1}{2} \text{larghezza lama} \times \text{numero di lame}}$$

15. In realtà la freccia può essere composta; sia grazie all'etnografia che ai riscontri archeologici è ben nota la variante con *foreshaft* (la punta è connessa ad una asticciola, generalmente di legno più duro, a sua volta innestata nel corpo dell'asta) che, oltre a diminuire l'attrito nella parte distale della freccia e favorire il recupero dell'asta "vettore", può provocare ulteriori effetti lesivi per la sua permanenza all'interno della ferita durante la fuga del selvatico colpito (Brizzi, 2002:2.3).

Per una punta triangolare e appuntita il valore approssimato del coefficiente M.A. può essere calcolato dividendo la lunghezza del taglio della lama (dalla punta al punto in cui la lama è più larga) per la metà della larghezza di taglio (dall'estremo in cui la punta è più larga all'asse della punta) e moltiplicando per il numero delle lame (nel caso di armature composite si deve considerare ogni singola lama immanicata).

La punta litica ha dalla sua un grande vantaggio: difficilmente ad un qualsiasi impatto resta integra, ma la rottura genera dei bordi taglienti "puri" che permettono ulteriori e efficaci lesioni (non è così ad esempio la cuspidata metallica che, piegandosi, cede la sua energia e rallenta la penetrazione).

Un terzo importante elemento da calcolare per giungere al TPI di Ashby (2006) è il fattore di attrito dell'asta. Nella sua trattazione viene calcolato il rapporto tra il perimetro della punta e la circonferenza dell'asta. Nel nostro caso preferiamo seguire le indicazioni di Friis Hansen (1990), adottando come valore il rapporto coefficiente di perimetro/coefficiente di area.

$$\text{Coefficiente di perimetro (c.p.)} = \frac{\text{perimetro punta}}{\text{circonferenza asta}}$$

$$\text{Coefficiente di area (c.a.)} = \frac{\text{area sezione punta}}{\text{area sezione asta}}$$

$$\text{Cutting Index (C.I.)} = \frac{\text{c.p.}}{\text{c.a.}}$$

Coefficiente di perimetro: La ferita ha una superficie uguale al perimetro della sezione della punta moltiplicata per la sua profondità; Il rapporto tra il maggiore perimetro della sezione della punta con il diametro dell'asta nel suo punto più largo risulta quindi un indicatore efficace della larghezza della ferita. Maggiore è questo rapporto più grande sarà la superficie del canale della ferita.

Coefficiente di area: La proporzione tra l'area della sezione della punta e l'area massima dell'asta è un indicatore dell'abilità a penetrare della freccia. Una piccola *area ratio* indica una penetrazione più profonda (mantenendo fisse le altre proporzioni). Il *Cutting Index* si ottiene dividendo il coefficiente di perimetro per il coefficiente di area. Si ottiene quindi un nuovo indice utile per valutare l'abilità a penetrare di una freccia. Questo valore, associato con il coefficiente di vantaggio meccanico (M.A.) e la quantità di moto (Q.M.) determina un valore di merito per la penetrazione di un qualsiasi proiettile preistorico... tranne il tranciante trasverso. In questa situazione Il vantaggio meccanico (M.A.) rientra in un caso particolare. Infatti, la formula (A) del M.A. prende in considerazione il rapporto tra un lato tagliente della punta e la metà della larghezza (nel suo punto massimo). Ogni tranciante trasverso, seguendo la medesima logica di Ashby (2006) ha il "lato tagliente" che corrisponde alla metà della larghezza di sé stesso e corrispondente la massima larghezza, quindi tutti i trancianti avrebbero il medesimo M.A. di 1. Ad es., se consideriamo un tranciante trasverso con

un lato distale di 30 mm, esso offrirà una resistenza all'impatto decisamente superiore ad un tranciante di poco più largo del diametro dell'asta ($7\text{mm} > \varnothing > 11\text{mm}$) sul quale è immanicato. Nella valutazione preventiva di un tranciante, quindi introduciamo un diverso modo di calcolare il vantaggio meccanico M.A. (TT):

$$M.A. (TT) = \frac{\text{lunghezza taglio della lama}}{\frac{1}{2} \text{larghezza lama} \times \sin(\alpha)}$$

Dove α corrisponde all'angolo tra il lato tagliente e uno dei due lati inclinati del trapezio, trascurando le piccole asimmetrie. In questo modo un tranciante trasverso con il lato tagliente uguale al diametro dell'asta avrà sempre un M.A. di 0,5, in quanto l'angolo sotteso con il lato "inclinato" del trapezio è di 90° . Via via che l'angolo diminuisce, il trapezio aumenta la sua lunghezza di taglio e riduce il suo M.A. (fig. 5).

Infine, la formula dedicata per il calcolo del TPI di Ashby (2006) adattata alle nostre esigenze, con il fattore correttivo dedicato ai trancianti trasversi:

$$(D) \\ \text{TPI} = \text{Q.M.} \times \text{M.A.}(TT) \times \text{C.I.}$$

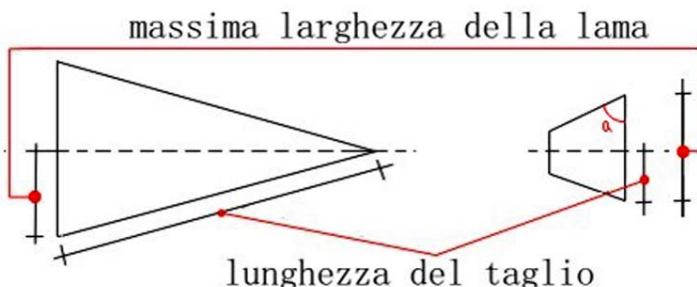


Fig. 5.—Parametri per il calcolo del M.A. comparati tra punta trapezoidale e tranciante trasverso.

Il bersaglio costituisce la successiva importantissima variabile. Lo spessore dell'epidermide rappresenta il primo elemento da considerare, anche perché il suo spessore ed elasticità determina la prima perdita di energia del proiettile. A parità di TPI si possono indicare in termini generali gli spessori di alcuni tipi di epidermide (fig. 3).

Definire le proprietà intrinseche di una punta di proiettile ha apparentemente dei punti in comune con un processo di "classificazione tipologica". Ricordiamo che la forma della punta di proiettile e le sue dimensioni (profilo in pianta) ci permettono di anticiparne la vocazione funzionale con ragionevole approssimazione (in modo relativo

ad altri profili, mantenendo invariati i parametri dinamici)ma ciò sarà valido solo in una cornice di riferimento in cui massa, baricentro statico, velocità del proiettile e resistenza dei tessuti iniziali siano comparabili (tab. 1, fig. 6).

TABELLA 1
PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DEL C.I. DA FRIIS HANSEN (1990)

Coeff.
Perimetro: > 1 - per far si che l'asta subisca meno attrito
Perimetro
punta: >48mm, < 24mm -in modo da tagliare più vasi possibile
Coeff. Area: minore possibile ma conservando la robustezza
Bordi: affilati e lunghi il più possibile, sempre al di sotto di 50° in sezione
C.I.: Più alto possibile
Angolo frontale: più piccolo possibile ma conservando la robustezza
C.I. 2.0 - 2.4: eccellente
C.I. 1.5 - 1.9: discreto
C.I. 1.0 - 1.4: scarso

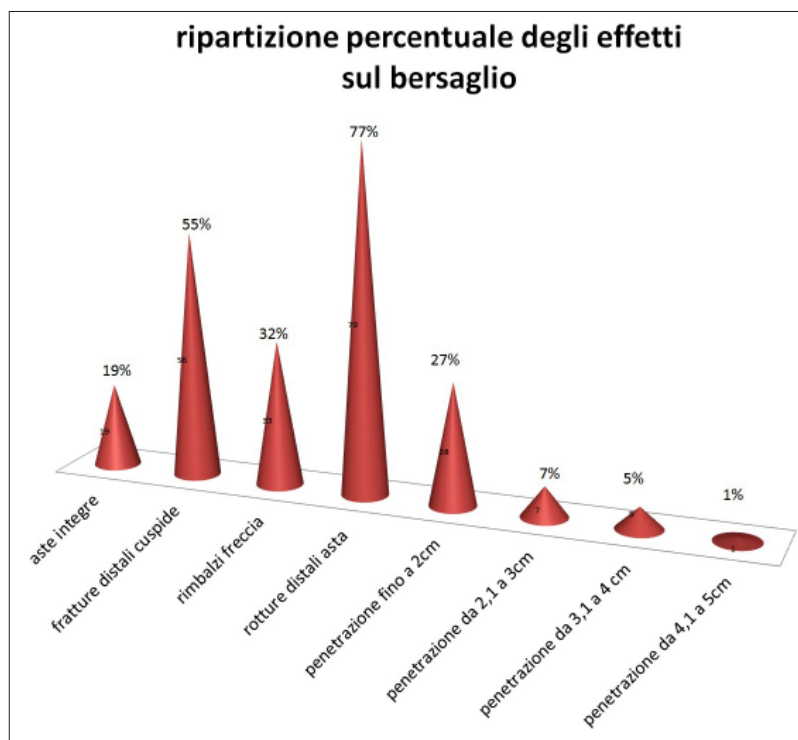


Fig. 6.—Effetti sul bersaglio della sperimentazione su carcasse.

LA RACCOLTA DEI DATI SPERIMENTALI

I traccianti trapezoidali sono stati riprodotti utilizzando sia selce del Biancone (Gargano), selce rossa della formazione della Maiolica Marchigiana, selce sarda di Pantallinuche ossidiana SC del Monte Arci, in 64 esemplari (tav. V). Inizialmente sono state prodotte lame dai nuclei per percussione dura, poi troncate per percussione o pressione (in alcune occasioni è stata adottata la tecnica del microbulino) e successivamente ritoccate per pressione, con ritocco erto, nella base minore del trapezio e nei due lati inclinati. Partendo da lame a dorso regolari, ogni trapezio ha richiesto la massimo due minuti per essere prodotto. Sono state prodotte tre classi di trapezi in funzione della larghezza del lato tagliente (L) da 10 a 13 mm (a), da 14 a 18 mm (b), da 19 a 23 mm (c). La massa dei trapezi varia da 0.59 gr a 4.35 gr per alcuni esemplari della classe (c). La raccolta dei dati sperimentali è avvenuta in tre fasi principali. La prima (I), di carattere qualitativo, è stata effettuata su carcasse fresche di media/grossa taglia (Cinghiale, Capriolo, Daino, Cervo) e su volatili di peso non superiore ai 2 kg (Fagiani). I tiri, con aste di freccia in legno immanicate (tab. 2), sono stati rivolti solo su zone articolari e sulla cassa toracica e da breve distanza. La seconda (II) è stata una rielaborazione di dati ottenuti in caccia reale alla media/piccola selvaggina nell'ambito del Progetto T.I.P.S. (2003 – 2006), comparando impatti di punte triangolari e punte trapezoidali. La terza (III) attraverso un test quantitativo su gel balistico con punte triangolari e traccianti trapezoidali immanicati in foreshaft in legno, innestati in aste di alluminio Easton XX75 – 2216 di massa identica (549,65 gr). Le punte triangolari, di eguale base e aventi la medesima larghezza massima (25,5 mm) e diversa lunghezza hanno permesso di individuare una relazione tra angolo al vertice della cuspide e relativa capacità di penetrazione in un mezzo omogeneo di densità paragonabile a quello della cavità corporea, esclusi gli impatti con cartilagini ed ossa.

TABELLA 2
SPECIE DI LEGNI UTILIZZATE PER LE FRECCIE

<i>N.</i>	<i>Specie</i>		<i>Provenienza</i>
24	bambú	Pseudosasa japonica	da pollone
12	nocciolo	Cornus sanguinea	da pollone
16	orniello	Fraxinus ornus	da pollone
12	Viburno	Viburnum lantan	da pollone
64	Totale		

Sperimentazione su carcasse

Sono stati campionati 102 tiri (tab. 3) effettuati da breve distanza su carcasse provenienti da animali appena abbattuti (Capriolo, Cinghiale, Daino e Cervo —tav. VI— in otto

diverse sessioni) riutilizzando due volte quei proiettili non danneggiati irrimediabilmente nell'armatura e non pregiudicati nell'asta e nell'interfaccia di giunzione (tav. VII). Il peso dei mammiferi andava da 25 a 140 kg. I tiri sono sempre stati indirizzati solo su ossa e principali articolazioni, e sono stati rilevati anche gli impatti su costole in area toracica. I trancianti trasversali armati erano di diverse forme, dimensioni e materiali (tab. 4). Da un punto di vista qualitativo macroscopico non sono state rilevate differenze sostanziali all'impatto tra ossidiana e selce dalle varie provenienze. I tiri sono stati effettuati con archi di vario libbraggio, da 50 a 90 libbre, da breve distanza. Le velocità di impatto, registrate da un tachigrafo commerciale, variavano da 50m/sec a 65m/sec. Tutti i tiri sono stati diretti esclusivamente verso ossa e articolazioni disposti ortogonalmente all'asse di tiro per verificare l'efficacia del sistema su bersaglio "duro". Il tiro sulla scapola negli ungulati, ad esempio, rappresenta un caso molto frequente in una situazione reale di caccia, che prevede come bersaglio primario l'area vitale. In funzione della posizione del selvatico, la scapola è facilmente obiettivo di un tiro non perfetto, e nei tiri semi-frontali inclinati dall'alto verso il basso il volume corrispondente all'area cuore-fegato sovente rimane coperto proprio dalla scapola e dall'articolazione dell'omero. Sono stati effettuati anche tiri nell'area toracica per ricercare l'impatto con le costole e tiri sulle ossa lunghe. Anche l'area delle vertebre cervicali è stata oggetto della nostra attenzione. Ogni carcassa è stata oggetto di max 5 frecce per area interessata, sia per evitare interferenze tra le frecce a bersaglio che per consentire uno studio dei canali interni delle ferite (fig. 7).

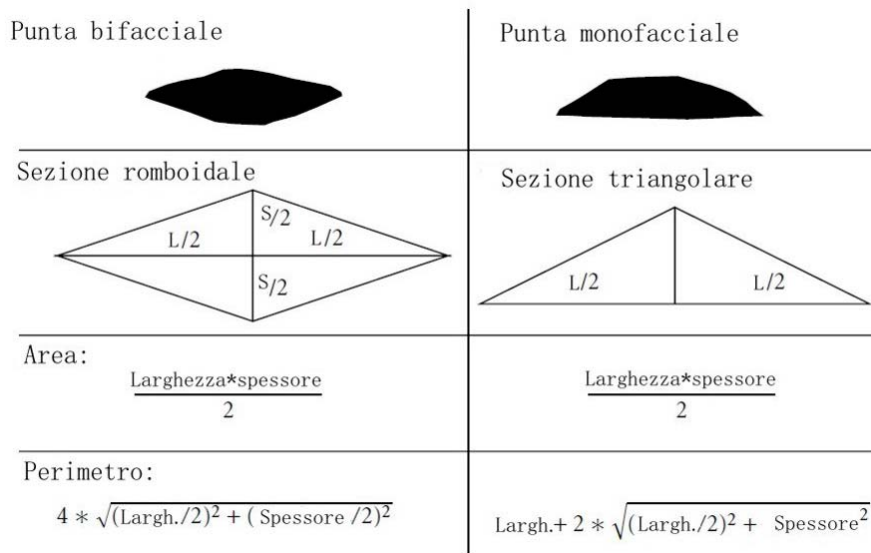


Fig. 7.—Schema per il calcolo del perimetro della sezione della punta bifacciale (sin.) e del geometrico a un dorso (dx) (da Sisk e Shea, 2011).

TABELLA 3

TABELLA SUGLI IMPATTI DELLA SPERIMENTAZIONE SU CARCASSE FRESCHE
(Viene indicata la lunghezza del bordo di taglio del tranciante trasversale LTT, la massa della freccia M.F., la specie della carcassa, il suo peso in kg e il punto di impatto. Inoltre vengono indicati gli effetti della freccia sul bersaglio: rimbalzo della freccia parziale o totale, penetrazione (CM), effetto sulla cuspid, se rimasta integra, fratturata totalmente o solo in modo marginale, e l'effetto sull'asta, rottura distale o integra)

np	c.1 tiro	L TT (mm)	m. f. (gr)	peso (kg)	hit	effetto su bers.	eff. su cusp.	eff. su asta	np	c. 2 tiro	hit	effetto su bers.	eff. su cusp.	eff. su asta
1	sg22	22	45,3	28	scapola	rimbalzo	frattura m	integra	67	1-22b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r.distale
2	sg20	19,2	43	28	scapola	rimbalzo	integra	r. distale	68	2-20b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r.distale
3	sg19	19	43	28	scapola	rimb. parziale	integra	r. distale	69	3-19b	vertebra tor.	pen. 1cm	frattura	r.distale
4	sg21	18,5	42,6	28	scapola	rimbalzo	integra	r. distale	70	4-21b	vertebra tor.	pen. 1,5cm	frattura	integra
5	sg26	19,1	41,5	28	costola	pen.2cm	frattura	r. distale						
6	sg4	24,4	43,5	28	scapola	rimbalzo	integra	integra	71	6-4b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r.distale
7	sg27	18,3	43,9	28	scapola	pen.1.5cm	frattura m	integra	72	7-27b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r.distale
8	sg8	18	41,5	28	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
9	ss35	19	45,2	32	scapola	rimbalzo	frattura m	r. distale	73	9.35b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r.distale
10	sg9	24,2	43,05	32	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
11	sg15	25,3	45,1	32	scapola	rimb. parziale	integra	r. distale	74	11-40b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r.distale
12	ss40	19,2	42,4	32	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
13	sg18	23	43,5	32	scapola	pen.2cm	frattura	r. distale						
14	sg7	19	44,1	32	scapola	rimbalzo	integra	integra	75	14-18b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	integra
15	sg14	31	44,3	32	scapola	pen.1.5cm	frattura m	integra	76	15-31b	costola tor.	pen. 4cm	frattura	r.distale
16	ss38	24,2	42,2	32	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
17	sg12	23,1	52	49	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
18	sg6	21,5	51,3	49	scapola	rimbalzo	frattura m	r. distale	77	18-6b	costola tor.	pen. 4cm	frattura	r.distale
19	sm30	23,1	52	49	scapola	rimb. parziale	integra	r. distale	78	19-30b	costola tor.	pen. 6cm	frattura	r.distale
20	sm33	22,2	53	49	f e m . estr.dist	pen.2cm	frattura	r.distale						
21	sg10	16,1	51,2	49	f e m . estr.dist	pen.1cm	frattura	r.distale						
22	sg11	18	53,6	49	costola tor.	pen.2cm	integra	r.distale	79	19-30b	costola tor.	pen. 4cm	frattura	r.distale
23	sm31	15,6	52,1	49	costola tor.	rimbalzo	frattura	r.distale						
24	sg16	27	53	68	scapola	pen.1,5cm	frattura	r.distale						

<i>np</i>	<i>c.1 tiro</i>	<i>L TT (mm)</i>	<i>m. f. (gr)</i>	<i>peso (kg)</i>	<i>hit</i>	<i>effetto su bers.</i>	<i>eff. su cusp.</i>	<i>eff. su asta</i>	<i>np</i>	<i>c. 2 tiro</i>	<i>hit</i>	<i>effetto su bers.</i>	<i>eff. su cusp.</i>	<i>eff. su asta</i>
25	sg23	23	55	68	scapola	rimbalzo	integrata	r. distale	80	19-30b	costola tor.	pen. 4cm	frattura	r. distale
26	sg28	33	55,2	68	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
27	sm34	16,3	53,2	68	vert. Tor.	pen. 1cm	frattura	r. distale						
28	sm29	22,6	52,8	68	costola tor.	pen. 5cm	frattura	r. distale						
29	sg17	19	55,6	113	scapola	rimbalzo	frattura	r. distale						
31	ss41	42,1	55,8	113	scapola	rimb. parziale	integrata	r. distale	81	31-41b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r. distale
32	sg3	18	55,3	113	costola tor.	pen. 2cm	frattura m	integrata	82	32-3b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r. distale
33	sg25	26	54,9	113	costola tor.	rimbalzo	frattura	r. distale						
34	sm32	23	56	121	scapola	rimbalzo	frattura	integrata						
35	sg13	27	55,9	121	scapola	rimb. parziale	Frattura	r. distale	83	35-13	costola tor.	rimbalzo	frattura	r. distale
36	ss37	26,4	55,3	121	costola tor.	pen. 1cm	Frattura	r. distale						
37	sg24	41,5	55,2	121	scapola	rimbalzo	Integra	r. distale	84	37-24b	costola tor.	rimbalzo	frattura	r. distale
38	sg5	25	56,1	121	vert. Tor.	pen. 1cm	Frattura	r. distale						
39	sg1	22	56,2	121	vert. Tor.	pen. 2cm	Integra	r. distale						
40	sg2	26	58,9	121	vert. Tor.	pen. 1cm	Integra	r. distale	85	40-2b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r. distale
41	ss36	21	58,9	121	vert. tor.	pen. 2cm	Frattura	r. distale						
42	ss39	27,1	59,3	121	vert. Tor.	pen. 2cm	Frattura	r. distale						
44	obs23	12,2	35,4	25	scapola	rimbalzo	frattura m	integrata	86	1-22b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r. distale
45	obs18	15,5	35,3	25	scapola	rimbalzo	Integra	r. distale	87	2-20b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r. distale
46	obs20	13,5	35,2	25	scapola	rimb. parziale	Integra	r. distale	88	3-19b	vertebra tor.	pen. 1cm	frattura	r. distale
47	obs21	10,7	34,9	25	scapola	rimbalzo	Integra	r. distale	89	4-21b	vertebra tor.	pen. 1,5cm	frattura	integrata
48	obs15	16,8	35,2	29	scapola	pen. 2cm	Frattura	r. distale						
49	obs22	15,2	35,1	29	scapola	rimbalzo	Integra	integrata	90	6-4b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r. distale
50	obs8	16,9	36,1	29	scapola	pen. 1.5cm	frattura m	integrata	91	7-27b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r. distale
51	obs17	11,3	34,9	29	scapola	rimbalzo	Frattura	r. distale	92	7-27b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r. distale
52	obs16	17,2	35,9	35	scapola	rimbalzo	frattura m	r. distale	93	9.35b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r. distale
53	obs24	12,2	35,6	35	scapola	rimbalzo	Frattura	r. distale						

TRANCIANTE TRASVERSO, CUI PRODEST?

np	c.1 tiro	L TT (mm)	m. f. (gr)	peso (kg)	hit	effetto su bers.	eff. su cusp.	eff. su asta	np	c. 2 tiro	hit	effetto su bers.	eff. su cusp.	eff. su asta
54	obs11	16,5	35,2	35	scapola	rimb. parziale	Integra	r. distale	94	11-40b	costola tor.	pen. 3cm	rimbalzo	r.distale
55	obs14	18	35,7	35	scapola	rimbalzo	Frattura	r. distale						
56	obs13	17,6	35,5	35	scapola	pen.2cm	Frattura	r. distale						
57	obs9	19,3	35,9	35	scapola	rimbalzo	Integra	integra	95	14-18b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	integra
58	obs4	17,1	34,6	35	scapola	pen.1.5cm	frattura m	integra	96	15-31b	costola tor.	pen. 4cm	rimbalzo	r.distale
59	obs6	16	35,7	35	scapola	rimbalzo	Frattura	r. distale						
60	obs10	20	36,3	28	scapola	rimbalzo	frattura m	integra	97	1-22b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r.distale
61	obs3	24,2	36,8	28	scapola	rimbalzo	Integra	r. distale	98	2-20b	costola tor.	pen. 3cm	frattura	r.distale
62	obs5	18	35,4	28	scapola	rimb. parziale	Integra	r. distale	99	3-19b	vertebra tor.	pen. 1cm	frattura	r.distale
63	obs7	16,2	35,2	28	scapola	rimbalzo	Integra	r. distale	100	4-21b	vertebra tor.	pen. 1,5cm	frattura	integra
64	obs12	19,1	36,4	28	scapola	pen.2cm	Frattura	r. distale						
65	obs1	18	36,2	28	scapola	rimbalzo	Integra	integra	101	6-4b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r.distale
66	obs2	19,09	36,7	28	scapola	rimbalzo	Integra	integra	102	6-4b	costola tor.	pen. 2cm	frattura	r.distale

TABELLA 4
CALCOLO DEI PARAMETRI DELLE FRECCIE

(Vengono indicati i parametri dimensionali della punta: lunghezza bordo tagliente LTT, distanza del bordo tagliente dall'interfaccia della cuspid HTT, lo spessore medio del tranciante STT, i valori che permettono di calcolare gli angoli interni del trapezio, il perimetro della punta, l'area della sezione frontale della freccia, il coefficiente di perimetro CP e il coefficiente dell'area CA della punta, infine il CI -cutting indes- e MA -vantaggio meccanico-)

L TT (mm)	H TT (mm)	S TT (mm)	a-b/2	rad	α	per. punta (mm)	S sez. punta (mm ²)	cp	ca	CI	MA
22	15	2,2	6	0,98	56,31	46,2	48,4	1,47	0,62	2,39	0,93
19,2	17,1	2,4	4,6	1,04	59,68	40,8	46,08	1,30	0,59	2,21	0,92
19	16,2	2,1	4,5	1,02	58,31	40,1	39,9	1,28	0,51	2,51	0,92
18,5	17,3	2,3	4,25	1,05	59,97	39,3	42,55	1,25	0,54	2,31	0,91
19,1	17,2	2,3	4,55	1,04	59,83	40,5	43,93	1,29	0,56	2,30	0,92
24,4	20,4	2,6	7,2	1,12	63,89	51,4	63,44	1,64	0,81	2,03	0,93
18,3	19	2,3	4,15	1,09	62,24	38,9	42,09	1,24	0,54	2,31	0,91
18	18,3	2,4	4	1,07	61,35	38,4	43,2	1,22	0,55	2,22	0,91
19	17,4	2,2	4,5	1,05	60,11	40,2	41,8	1,28	0,53	2,40	0,92
24,2	21,9	2,2	7,1	1,14	65,46	50,6	53,24	1,61	0,68	2,38	0,93

<i>L TT</i> (mm)	<i>H TT</i> (mm)	<i>S TT</i> (mm)	<i>a-b/2</i>	<i>rad</i>	<i>a</i>	<i>per.</i> <i>punta</i> (mm)	<i>S sez.</i> <i>punta</i> (mm ²)	<i>cp</i>	<i>ca</i>	<i>CI</i>	<i>MA</i>
25,3	21,5	2,3	7,65	1,14	65,06	52,9	58,19	1,68	0,74	2,27	0,93
19,2	17,4	2,5	4,6	1,05	60,11	40,9	48	1,30	0,61	2,13	0,92
23	22,4	2,4	6,5	1,15	65,94	48,4	55,2	1,54	0,70	2,19	0,93
19	16,4	2,1	4,5	1,02	58,63	40,1	39,9	1,28	0,51	2,51	0,92
31	27,3	2,6	10,5	1,22	69,88	64,6	80,6	2,06	1,03	2,00	0,94
24,2	22	2,3	7,1	1,14	65,56	50,7	55,66	1,61	0,71	2,28	0,93
23,1	21,9	2,3	6,55	1,14	65,46	48,5	53,13	1,54	0,68	2,28	0,93
21,5	19,5	2,1	5,75	1,10	62,85	45,1	45,15	1,44	0,57	2,50	0,92
23,1	24,2	2,3	6,55	1,18	67,55	48,5	53,13	1,54	0,68	2,28	0,93
22,2	21,1	2,1	6,1	1,13	64,64	46,5	46,62	1,48	0,59	2,49	0,92
16,1	16,7	1,9	3,05	1,03	59,09	34,1	30,59	1,09	0,39	2,79	0,90
18	18,9	1,8	4	1,08	62,12	37,8	32,4	1,20	0,41	2,92	0,91
15,6	19,2	1,9	2,8	1,09	62,49	33,1	29,64	1,05	0,38	2,79	0,90
27	22,8	2,3	8,5	1,16	66,32	56,3	62,1	1,79	0,79	2,27	0,94
23	21,8	2,2	6,5	1,14	65,36	48,2	50,6	1,53	0,64	2,38	0,93
33	29,5	2,9	11,5	1,24	71,27	68,9	95,7	2,19	1,22	1,80	0,95
16,3	20,1	2,1	3,15	1,11	63,55	34,7	34,23	1,10	0,44	2,53	0,90
22,6	21,1	2,4	6,3	1,13	64,64	47,6	54,24	1,52	0,69	2,19	0,93
19	21,7	2,1	4,5	1,14	65,26	40,1	39,9	1,28	0,51	2,51	0,91
42,1	32,7	3,5	16,05	1,27	73,00	87,7	147,35	2,79	1,88	1,49	0,96
18	19,7	1,9	4	1,10	63,09	37,9	34,2	1,21	0,44	2,77	0,91
26	22,8	2,5	8	1,16	66,32	54,5	65	1,73	0,83	2,10	0,93
23	22,9	2,4	6,5	1,16	66,41	48,4	55,2	1,54	0,70	2,19	0,93
27	25,9	2,7	8,5	1,20	68,89	56,7	72,9	1,80	0,93	1,94	0,94
26,4	25,4	2,4	8,2	1,20	68,51	55,2	63,36	1,76	0,81	2,18	0,93
41,5	34,1	3,8	15,75	1,29	73,66	86,8	157,7	2,76	2,01	1,38	0,96
25	22,3	2,1	7,5	1,15	65,85	52,1	52,5	1,66	0,67	2,48	0,93
22	24,7	2,2	6	1,19	67,96	46,2	48,4	1,47	0,62	2,39	0,92
26	27,9	2,9	8	1,23	70,28	54,9	75,4	1,75	0,96	1,82	0,93
21	19,3	2,2	5,5	1,09	62,61	44,2	46,2	1,41	0,59	2,39	0,92
27,1	26,5	2,6	8,55	1,21	69,33	56,8	70,46	1,81	0,90	2,02	0,94
12,2	14,7	1,7	1,1	0,97	55,77	26,1	20,74	0,83	0,26	3,15	0,88

<i>L TT</i> (mm)	<i>H TT</i> (mm)	<i>S TT</i> (mm)	<i>a-b/2</i>	<i>rad</i>	<i>α</i>	<i>per.</i> <i>punta</i> (mm)	<i>S sez.</i> <i>punta</i> (mm ²)	<i>cp</i>	<i>ca</i>	<i>CI</i>	<i>MA</i>
15,5	15,9	1,6	2,75	1,01	57,83	32,6	24,8	1,04	0,32	3,29	0,90
13,5	16,2	1,7	1,75	1,02	58,31	28,7	22,95	0,91	0,29	3,13	0,89
10,7	13,4	1,6	0,35	0,93	53,27	23	17,12	0,73	0,22	3,36	0,87
16,8	15,9	1,4	3,4	1,01	57,83	35	23,52	1,11	0,30	3,72	0,91
15,2	14,7	1,5	2,6	0,97	55,77	31,9	22,8	1,02	0,29	3,50	0,90
16,9	16,9	1,8	3,45	1,04	59,39	35,6	30,42	1,13	0,39	2,93	0,91
11,3	13,8	1,5	0,65	0,94	54,07	24,1	16,95	0,77	0,22	3,55	0,87
17,2	18,1	1,7	3,6	1,07	61,08	36,1	29,24	1,15	0,37	3,09	0,91
12,2	14,8	1,9	1,1	0,98	55,95	26,3	23,18	0,84	0,30	2,84	0,88
16,5	18,3	1,7	3,25	1,07	61,35	34,7	28,05	1,10	0,36	3,09	0,90
18	19,3	2,1	4	1,09	62,61	38,1	37,8	1,21	0,48	2,52	0,91
17,6	18,6	2,2	3,8	1,08	61,74	37,4	38,72	1,19	0,49	2,41	0,91
19,3	18,5	2,1	4,65	1,08	61,61	40,7	40,53	1,30	0,52	2,51	0,92
17,1	18,4	1,9	3,55	1,07	61,48	36,1	32,49	1,15	0,41	2,78	0,91
16	17,9	1,6	3	1,06	60,81	33,6	25,6	1,07	0,33	3,28	0,90
20	19,2	2,2	5	1,09	62,49	42,2	44	1,34	0,56	2,40	0,92
24,2	23,9	2,7	7,1	1,17	67,30	51,1	65,34	1,63	0,83	1,96	0,93
18	19,3	2,3	4	1,09	62,61	38,3	41,4	1,22	0,53	2,31	0,91
16,2	17,8	2,1	3,1	1,06	60,67	34,5	34,02	1,10	0,43	2,54	0,90
19,1	18,5	2,3	4,55	1,08	61,61	40,5	43,93	1,29	0,56	2,30	0,92
18	19,3	2,3	4	1,09	62,61	38,3	41,4	1,22	0,53	2,31	0,91
19,9	20,1	2,5	4,95	1,11	63,55	42,3	49,75	1,35	0,63	2,13	0,92

SPERIMENTAZIONE SU GEL BALISTICO

Per poter verificare in termini oggettivi la differente penetrazione dei profili di cuspidi in un fluido continuo secondo standard riconosciuti, è stata predisposta una sessione su gel balistico “ordnance” conforme alle norme (tuttora ritenute valide) definite dai ricercatori del LAIR (Letterman Army Institute of Research) nel 1980 per i proiettili da armi da fuoco. Questi standard furono individuati attraverso prove comparate di penetrazione tra suini “vivi” e gelatine di vario genere per verificare la verosimiglianza nella resistenza offerta al path balistico (Fackler, 1987; Fackler e Malinowski, 1985; Fackler *et al.*, 1984) e sostanzialmente identificano un compound di 10% di Gelatina alla temperatura di 4° come ottimo surrogato del muscolo fresco, con una approssimazione

del 3%. Questo gel, in blocchi di 25x25x50 cm (la sua densità risulta superiore di 800 volte a quella dell'aria) rappresenta un mezzo ottimale per verificare la forza che un corpo esercita all'avanzamento del proiettile, conseguentemente per ottenere la misura della penetrazione. Nella nostra prova sono state utilizzate tre frecce moderne¹⁶ in lega di alluminio Easton XX75 di 22/64" di diametro spesse 16/1000". All'estremità distale sono stati innestati foreshaft in legno, a loro volta armati con 4 cuspidi foliate triangolari (tav. VIII) in pasta di vetro di pari sezione di impatto ma con diverso angolo in punta, e due trancianti trasversali (tav. IX): uno con la stessa sezione di impatto delle cuspidi triangolari ed un altro con sezione di impatto pari alla metà. Ogni freccia assemblata (grazie alla possibilità di introdurre pesi diversi nel foreshaft) risultava di massa identica alle altre, pari a 549,65 grs con uno scostamento medio di +/- 0,08g (tav. X). Le frecce sono state scagliate da tre metri tramite un sistema composto da una shooting machine (per garantire uniformità) a cui è stato associato un arco laminato moderno che a 30" di allungo sviluppava 60 +/- 0,4 libbre di forza media ad un allungo predeterminato e uguale per tutti i tiri. Sono state scagliate le sei combinazioni di forma 5 volte, utilizzando 5 blocchi di Gel balistico, per evitare impatti sovrapposti, e ad ogni blocco è stata giustapposta una pelle umidificata di cervo che ad ogni cinque tiri veniva sostituita. Ad ogni tiro le frecce venivano rimosse dopo aver verificato la profondità di penetrazione nel gel balistico (tabb. 5 e 6, figg. 8 e 9).

TABELLA 5
CALCOLO DEI PARAMETRI DIMENSIONALI DELLE FRECCIE
(sperimentazione su gel balistico)

<i>spessore punta (mm)</i>	<i>L TT (mm)</i>	<i>H TT (mm)</i>	<i>α</i>	<i>per. punta (mm)</i>	<i>Area sez. punta (mm²)</i>	<i>cp (asta 9mm diametro)</i>	<i>ca (asta 9mm diametro)</i>	<i>Ashby coeff attrito</i>	<i>CI Friis Hansen</i>	<i>MA Ashby</i>
3,2	25,5	72,2	20,03	51,4	51	1,82	0,80	0,60	2,27	5,66
3,2	25,5	57,2	25,13	51,4	51	1,82	0,80	0,60	2,27	4,49
3,2	25,1	46,2	30,39	50,61	50,2	1,79	0,79	0,60	2,27	3,68
3,2	26,01	32,1	44,11	52,41	52,02	1,85	0,82	0,60	2,27	2,47
3,2	26,01	22,8	180,00	58,42	52,02	2,07	0,82	0,90	2,53	0,93
3,3	13,2	26,5	180,00	33	26,4	1,17	0,41	1,00	2,81	0,91

16. Sono state utilizzate aste di freccia in alluminio, cocche in plastica e penne naturali identiche moderne per ridurre le variabili legate alle possibili disomogeneità del materiale. La "parte attiva" dell'attrezzatura è stata realizzata in materiali naturali (foreshaft, cuspidi e bonding mass) facilmente riparabile e sostituibile in ogni sessione di tiro.

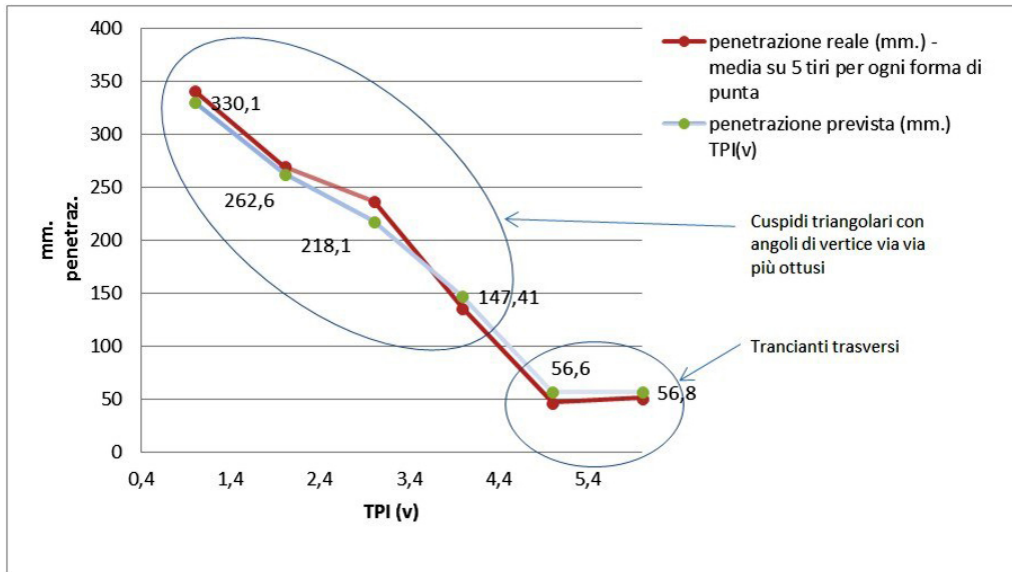


Fig. 8.—Comparazione del modello teorico con i dati sperimentali (gel balistico).

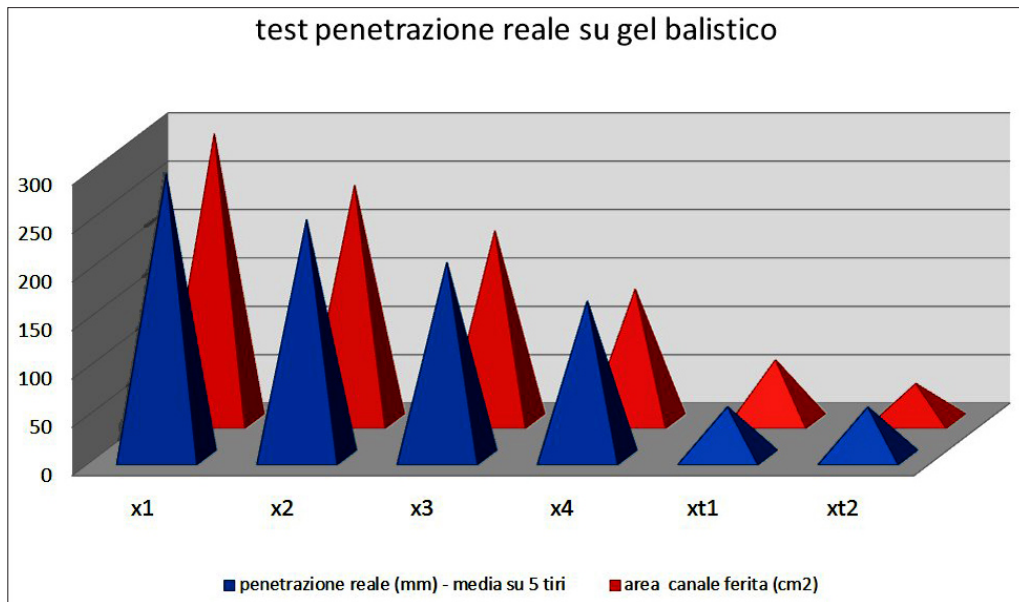


Fig. 9.—Test su gel balistico: comparazione delle diverse penetrazioni e dimensioni del canale di taglio in funzione della morfologia della cuspidè (freccie della stessa massa e velocità).

TABELLA 6

TABELLA DELLE PROVE SPERIMENTALI (SU GEL BALISTICO) E CORRISPONDENZA CON IL TPI

<i>comb. freccia cuspide</i>	<i>massa freccia (grani)</i>	<i>velocità media su 5 tiri (fps)</i>	<i>Quantità di moto (lbs-sec)</i>	<i>TPI(v)</i>	<i>penetrazione reale (mm) - media su 5 tiri</i>	<i>penetrazione prevista (mm) TPI(v)</i>	<i>penetrazione prevista mm. (TPI Ashby)</i>	<i>area canale ferita (cm²)</i>	<i>TPI (Ashby)</i>
x1	549,42	186,2	0,45	5,83	340,9	325	330,1	167,1	1,54
x2	549,85	186,1	0,45	4,62	270,8	257,9	270,1	132,6	1,22
x3	549,22	186,1	0,45	3,79	222,0	211,4	222,0	107,0	1,00
x4	549,78	185,9	0,45	2,54	135,7	141,7	148,8	74,3	0,67
xt1	550,1	184,7	0,45	1,06	52,3	59,2	56,7	34,6	0,38
xt2	550,1	184,4	0,45	1,15	52,1	64,3	56,9	21,2	0,41

CONCLUSIONI

Il tranciante trasverso è un microlito - punta di freccia emblematico. Facilissimo da produrre, è caratteristico di un certo periodo che va dal mesolitico al neolitico antico ed è comune a diverse culture. Nonostante la sua popolarità, non è mai stato studiato compiutamente nel suo rapporto forma-funzione. Il presente lavoro —individuando un modello analitico basato sugli attributi metrici dell'armatura e i fattori dinamici che caratterizzano il fenomeno fisico della penetrazione (quantità di moto del proiettile)—tramite una sperimentazione qualitativa su carcasse e un'altra quantitativa su gel balistico vuole dimostrare la sua inadeguatezza alla penetrazione dei tessuti se paragonato alle armature microlitiche composite epipaleolitiche e alle cuspidi foliate triangolari e bifacciali del neolitico antico.

La sperimentazione qualitativa su carcasse ha voluto mostrare i suoi effetti all'impatto con bersagli duri (ossa e articolazioni) e i dati raccolti parlano chiaro. La superficie del corpo "bersaglio" tranne che nell'addome ha una protezione ossea, potente nell'area vitale tramite la cassa toracica. Su 102 frecce perpendicolari alla superficie del bersaglio (caratterizzate da un discreto range di masse, velocità e dimensioni della punta) si sono avute solo 41 penetrazioni parziali e blande (di cui 28 non superiori ai 2 cm) nessuna delle quali poteva anche solo lontanamente essere considerata "mortale". In compenso si sono avuti 33 rimbalzi¹⁷ e 77 rotture dell'estremità distale dell'asta con penetrazione pari a zero (fig. 7). In questi ultimi casi —nonostante il rinforzo in tendine al di sotto dell'interfaccia asta-cuspide— l'effetto cuneo del tranciante ha provocato delle vere e proprie "esplosioni" dell'asta. I tiri rivolti verso la colonna vertebrale potranno certamente provocare la paralisi (e quindi facilitare il recupero) della preda, ma sono da considerarsi incidentali in un evento venatorio. In questi casi la cuspide si configge nell'osso per pochi mm¹⁸. I tiri nelle costole toraciche (dove si presume sia indirizzato

17. Una prova ulteriore (qui non documentata) con 30 frecce armate di trapezi trasversali lanciate con tiri angolati rispetto alla superficie del bersaglio ha fornito solo ed esclusivamente rimbalzi.

18. Nel record archeologico, la più frequente testimonianza di impatti è di questo genere, sia su animale che uomo.

preferibilmente il tiro da un bravo arciere) si sono sempre rivelati inefficaci: se alcuni di questi tiri hanno provocato la frattura della costola all’impatto, il tracciante si è immediatamente conficcato nell’asta. La freccia ha proseguito in qualche caso la sua traiettoria nella cavità per alcuni centimetri ma la sua letalità è enormemente diminuita. La natura del bersaglio in questo caso è fortemente determinante per il risultato. Lo spazio libero intercostale è l’elemento da considerare, varia da specie e specie¹⁹. La generale uniformità ed evidenza dei risultati ha reso inutile lo studio delle correlazioni tra gli effetti balistici terminali e la quantità di moto del proiettile, il baricentro dell’asta e forma del tracciante, dimostrando la non-vocazione di questo microlito trasverso verso la caccia di mammiferi di medio-grandi dimensioni.

Il test quantitativo su gel balistico ha permesso invece la verifica dei modelli matematici conosciuti e la successiva elaborazione del modello dedicato ai traccianti trasversali da parte degli scriventi. Analogamente alla precedente sessione, l’esperienza (questa volta controllata) ha dimostrato la correlazione tra il modello teorico predittivo con una discreta precisione, dimostrandosi insufficiente nella penetrazione dei fluidi artificiali del gel balistico (a cui è stata anteposta una pelle elastica) il cui comportamento, nella scienza forense, è assimilato a quella del tessuto biologico dei muscoli e degli altri organi interni.

Se sia l’impatto con le ossa che la penetrazione nel tessuto uniforme hanno dimostrato il limite di questa punta di proiettile, sorge spontanea la domanda espressa nel titolo.. a chi giova? Sicuramente la caccia alla piccola selvaggina può essere un campo privilegiato di indagine. I test condotti hanno dimostrato infatti ottimi risultati (grazie al suo “*stopping power*”) su selvaggina pennuta di media taglia, la conformazione a taglio trasversale infatti permette di conservare la sua energia ritardandone la penetrazione (grazie anche ad un effetto “cuscinetto” delle penne) o addirittura evitando il completo attraversamento; nello stesso tempo può lesionare le sottili ossa, provocare lesioni da impatto alle articolazioni e permettere quindi una facile cattura.

Il tracciante trasverso, ampiamente documentato come arma da battaglia, ha però bisogno di ulteriori indagini. Un combattente non protetto da protezioni è senz’altro vulnerabile ad un tracciante trasverso. Il taglio vivo del bordo favorisce le emorragie (anche superficiali) e rallenta il processo di coagulazione del sangue (v. nota 13). Emorragie copiose superficiali spaventano e sgomentano più delle lesioni interne e l’uomo è uno strano animale: è l’unico che ha paura della sua morte. L’impatto non sarà probabilmente “terminale”, ma nella logica di un combattimento più o meno organizzato, la “messa fuori combattimento” fisica e psicologica di un soldato nemico è forse più proficua da un punto di vista strategico che la sua eliminazione. Essere messi fuori combattimento (ma non morti) significa che qualcuno se ne deve occupare, con il relativo costo economico maggiorato che comporta una organizzazione di recupero e cura dei feriti. Nell’età del bronzo medio le cuspidi in osso prive di alette esterne al corpo dell’asta di freccia erano “frecce da guerra” tout court, servivano per penetrare blande corazzature e inibire gli attaccanti “tatticamente”. In più il loro metodo di fab-

19. Un Capriolo di 25 kg ha uno spazio intercostale di circa 13 cm; il Bufalo cafro, ad es. può essere considerato agli estremi di questo spettro: ha le costole che lasciano spazi praticamente nulli.

bricazione dal pieno del palco di cervide favoriva la rottura della punta all'interno del corpo lasciando alla parte spugnosa centrale ossea la diffusione di setticemie. Anche il tranciante trasverso, la cui giunzione con l'asta di freccia è labile, permaneva con facilità nel corpo del ferito infettandolo. In conclusione, anche se l'uomo non dotato di corazzatura protettiva potrebbe essere parificato ad un animale di media taglia, non avendo cotenna spessa e pelo e possedendo una spiccata tendenza a temere la morte, diventa un ottimo bersaglio per il tranciante trasverso. Se nell'epipaleolitico la comparsa del tranciante trasverso corrisponde all'innalzamento climatico olocenico con il mutare della mobilità della selvaggina e l'incremento della fauna volatile soprattutto sulle coste, nell'Egitto dei primi eserciti organizzati il tranciante diventa un'arma tatticamente vantaggiosa in mano agli arcieri. Oltretutto la sua facilità estrema di fabbricazione ha senz'altro agevolato la sua diffusione tecnologico – culturale. Naturalmente su questo campo specifico non possiamo dare risposte sperimentali (viste le componenti immateriali) ma costituisce un settore, ancora inviolato, da approfondire.

Infine, ci sentiamo di sottolineare come, tra i vari “effetti collaterali” di questa indagine, lo strumento predittivo matematico abbia dimostrato una sua discreta validità. Esso sarà probabilmente di aiuto nello studio balistico terminale di innumerevoli punte di proiettile dalle fogge diverse, per valutare *a priori* la loro collocazione in un ambito funzionale.

BIBLIOGRAFIA

- ASHBY, E. (2006): *Arrow Lethality Study Update–2005 Part 1*, http://www.alaskabowhunting.com/PR/Ashby_2005_Update_1.pdf
- BARRIÈRE, C. (1956): *Les Civilisations Tardenosiennes en Europe Occidentale*, Biène, Bordeaux.
- BAYE, J. de (1874): “Sur les grottes de la vallée du Petit-Morin (Marne)”, *BSAP 2^a sér.* IX, pp. 225-243.
- BORDES, F. e SONNEVILLE-BORDES, D. (1970): “The Significance of Variability in Palaeolithic Assemblages”, *World Archaeology* 2:1, pp. 61-73.
- BRIZZI, V. (2002): “Meccanica dell'arco e Balistica della Freccia nel cacciatore primitivo”, *La catena operativa dell'arco preistorico*, Atti del Convegno di Fiavé, Ufficio Beni Archeologici, Trento.
- BRIZZI, V. (2011): “The Tabina 1 Arrowhead. An Early Bronze Age Weapon Found in a Northern Italian Terramare Village Site”, *ACOTW (Arrowhead Collecting on the Web)* III:12, pp. 11-13.
- BRIZZI, V. e ZANI, A. (2003): *Il libro del cacciatore con l'arco*, Greentime, Bologna.
- CLARK, J. D., PHILLIPS, J. L. e STALEY, P. S. (1974): “Interpretations of Prehistoric Technology From Ancient Egyptian And Other Sources: Part 1: Ancient Egyptian Bows and Arrows and their Relevance for African Prehistory”, *Paleorient* 2:2, pp. 323-388.
- CORDIER, G. (1990): “Blessures préhistoriques animales et humaines avec armes ou projectiles conservés”, *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 87:10-12, pp. 462-481.
- DIAS MEIRINHO, M.-H. (2009): “On The Notion Of War Weaponry in the Neolithic. Projectile Weapon Elements From The Upper Palaeolithic to the Neolithic”, *Projectile Weapon Elements From The Upper Palaeolithic To The Neolithic. Proceedings of session C83* (Pétillon, J.-M., Dias-Meirinho, M.-H., Cattelain, P., Honegger, M., Normand, C. e Valdeyron, N.), XVth World Congress UISPP, Lisbon, September 4-9, 2006, Paleoethnology, pp. 174-182.
- FACKLER, M. L. (1987): *What's wrong with the wound ballistics literature, and why*, Letterman Army Institute of Research, Report, 239.<http://www.rkba.org/research/fackler/wrong.pdf>
- FACKLER, M. L. e MALINOWSKI, J. A. (1985): “The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components”, *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 25:6, pp. 522-529.

- FACKLER, M. L., SURINCHAK, J. S., MALINOWSKI, J. A. e BOWEN, R. E. (1984): "Wounding potential of the Russian AK-74 assault rifle", *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care* 24:2, pp. 263-266.
- FRIIS-HANSEN, J. (1990): "Mesolithic cutting arrows: functional analysis of arrows used in the hunting of large game", *Antiquity* 64:244, pp. 494-504.
- GIBAJA, J. F. & PALOMO A. (2004): "Geométricos usados como proyectiles. Implicaciones económicas, sociales e ideológicas en sociedades neolíticas del VI-IV milenio CAL BC en el Noroeste de la Península Ibérica", *Trabajos de Prehistoria* 61:1, pp. 81-97.
- GIBAJA, J. F., BOSCH, A., PALOMO, A. e TARRÚS, J. (2000): "Harvesting tools from the neolithic site of La Draga (Girona, North-Eastern Spain): reconstruction from the study of wooden hafts and the use-wear analysis of lithic tools", *The recent archaeological approaches to the use-wear analysis and technical process*, International conference dedicated to the 100th anniversary of S.A. Semenov. Saint Petersburg, Rusia, 30 enero-5 febrero 2000.
- GRIMALDI, S. (2009): "Experimental Observations of Early Mesolithic Points in North-East Italy. Projectile Weapon Elements From The Upper Palaeolithic To The Neolithic", *Projectile Weapon Elements From The Upper Palaeolithic To The Neolithic. Proceedings of session C83* (Pétillon, J.-M., Dias-Meirinho, M.-H., Cattelain, P., Honnegger, M., Normand, C. e Valdeyron, N.), XVth World Congress UISPP, Lisbon, September 4-9, 2006, *Paleoethnology*, pp. 147-160.
- HOWARD, C. D. (1995): "Projectile point and hafting design review", *North American Archaeologist* 16:4, pp. 291-301.
- LOI, C. e BRIZZI, V. (2011): "New experimental approaches on lithic projectile macro-wear analysis: A case study", *Experiments with past materialities* (Gheorghiu, D. & Childern, G., eds.), British Archaeological Reports. International Series 2302, Archaeopress, Oxford, pp. 19-28.
- MANNINEN, M. A. e TALLAVAARA, M. (2011): "Descent history of Mesolithic oblique points in Eastern Fennoscandia—a technological comparison between two artefact populations", *Mesolithic Interfaces. Variability in Lithic Technologies in Eastern Fennoscandia* (Rankama, T., ed.), Monograph of the Archaeological Society of Finland 1, Oulu, pp. 176-211.
- MIOLO, R. e PERESANI, M. (2005): "A new look at microburin technology: some implications from experimental procedures", *Preistoria Alpina* 41, pp. 65-71.
- NOE-NYGAARD, N. (1973): "The Vig Bull, New information on the final hunt", *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 22, pp. 244-249.
- NOE-NYGAARD, N. (1974): "Mesolithic hunting in Denmark illustrated by bone injuries caused by human weapons", *Journal of Archaeological Science* 1:3, pp. 217-248.
- PALOMO, A. e GIBAJA, J. (2003): "Estudi tecnològic, traceològic i experimental de les puntes de fletxa", *La Costa de Can Martorell (Dosrius, El Mareme). Mort i violència en una comunitat del litoral català durant el tercer mil·lenni a.C.* (Mercadal, O., coord.), *Laietània* 14, pp. 179-214.
- PÉQUART, M., PÉQUART, S. J., BOULE, M. e VALLOIS, H. V. (1937): *Téviec: station-nécropole mésolithique du Morbihan*, Archives de L'Institut de Paléontologie Humaine, Mémoires 18, Masson, Paris.
- SISK, M. L. e SHEA, J. J. (2011): "The African origin of complex projectile technology: an analysis using tip cross-sectional area and perimeter", *International Journal Of Evolutionary Biology* 2011, <http://dx.doi.org/10.4061/2011/968012>
- TIXIER, J. (1963): *Typologie de l'Épipaléolithique du Maghreb*, Mémoires du Centre de Recherches Anthropologiques, Préhistoriques et Ethnographiques 2, Arts et Métiers Graphiques, Paris.
- TIXIER J., INIZAN M. L. e ROCHE H. (1980): *Préhistoire de la pierre taillée. Terminologie et technologie*, Centre Recherches et Études Préhistoriques, CNRS, I, Meudon.
- WAGUESPACK, N. M., SUROVELL, T. A., DENOYER, A., DALLOW, A., SAVAGE, A., HYNEMAN, J. e TAPSTER, D. (2009): "Making a point: wood-versus stone-tipped projectiles", *Antiquity* 83:321, pp. 786-800.
- WILSON, T. (1901): "Arrow Wounds", *American Anthropologist New Series* 3:3, pp. 513-531.



Tav. I.—Trancianti trasversi sperimentali immanicati.



Tav. II.—a sin. microliti quadrilateri convessi, a dx. trapezi isosceli a tranciante trasversale, caratteristici del medesimo contesto culturale (Epipaleolitico e primo Neolitico finlandese): Alajärvi Rasi (a, b); Askola Puharonkimaa Järvensuo (c); Lohja Hossanmäki (d); Kuortane Ylijoki Lahdenkangas (e); Loppi Karhumäki (f) (Adattato da Manninen e Tallvaara, 2011).



Tav. III.—Asta sperimentale rastremata con “bonding mass” distribuita. Naturalmente nell’eseguire test sperimentali è necessario uniformare il più possibile il set di frecce da utilizzare anche nelle altre componenti. Massa totale del proiettile, baricentro, spessore e larghezza delle punte e bonding mass devono discostarsi di pochissimo tra loro.



Tav. IV.—Parti distali di frecce Predinastiche Egizie con tranciati trasversi. Notare la rastrematura progressiva verso la punta (da Clark *et al.*, 1937:335).



Tav. V.—Alcuni dei trancianti trasversi utilizzati nella sperimentazione. A dx., ossidiana SC del Monte Arci; a sin., selce veneta, marchigiana e sarda.



Tav. VI.—Particolare di un impatto su costola di Capriolo, vista dall'interno della cavità toracica. Il tranciante ha penetrato circa 2cm, sfondando la costola ma ha spaccato l'estremità distale dell'asta (sg26) rientrando vistosamente in essa.



Tav. VII.—Alcune aste lesionate (sg20, sg21, sg4) all'impatto, con perdita del tranciante nella cavità corporea. L'asta TØ - sg26 ha provocato la frattura nella costola di Tav. VI.



Tav. VIII.—Cuspidi triangolari su foreshaft per il test su gel balistico.



Tav. IX.—Cuspide a tranciante trasverso per la sperimentazione su gel balistico.



Tav. X.—Freccia completa per la sperimentazione su gel balistico.