

Un processo di ingegneria inversa sulla cuspidi in selce di Tabina 1

Vittorio Brizzi

Dipartimento delle Risorse Naturali e Culturali, Università di Ferrara - Paleoworking Bologna
vittorio.brizzi@unife.it

Abstract: Nell'insieme delle punte di freccia ritrovate nelle terramare padano-venete, la cuspidi di Tabina 1¹ (proveniente dallo scavo della terramare di Tabina di Magreta - Modena) è di foggia particolare. Per le sue dimensioni fisiche e per la sua morfologia il manufatto rappresenta un esempio di specializzazione atipico nelle Culture mediterranee dell'età del Bronzo, e può dare informazioni sul possibile sistema balistico in grado di scagliarla. Per la sua massa, le sue dimensioni e la sua forma si può ipotizzare che si tratti di una cuspidi destinata ad una freccia per la caccia, utilizzabile da un arco efficiente e forte.

Keywords: *cuspidi di freccia, ritocco bifacciale coprente, terramare, caccia, arco, balistica terminale.*

Descrizione e comparazione

Realizzata in selce della scaglia rossa (probabilmente dei Lessini) presenta una base concava pronunciata, un ritocco bifacciale piatto e coprente con margini denticolati (fig. 1). Essa risulta fratturata in punta² e le sue dimensioni sono di 19 mm nel punto di massima larghezza e 35 mm di lunghezza. Il suo spessore, nel punto mediano, è di circa 4 mm; la lunghezza reale doveva essere compresa tra i 46 e i 48 mm (fig. 2). La concavità della base è molto pronunciata, presenta nei bordi interni un ritocco erto³ e i ritocchi laterali, soprattutto nell'interno delle due spalle, sono molto accurati, denunciando l'uso di un ritoccatore molto sottile e resistente. La simmetria dei ritocchi per pressione è notevole e il ritmo è regolare, come si può notare in entrambi i profili denticolati. Ogni margine presenta un discreto numero di denti: 10 per il margine destro (il lato più lungo) e 9 per quello più corto. Anche se non è possibile la conferma per la mancanza del frammen-

to distale, l'andamento delle denticolazioni già tende ad alternarsi in prossimità dell'estremità corrispondente alla rottura: probabilmente un espediente per raggiungere il vertice con un angolo acuto minore. Conseguenza di ciò, il margine destro probabilmente presenterebbe 14 denti e il sinistro 13.

Questi margini denticolati offrono un disegno ben definito, simile ad alcune tipologie di cuspidi paleoamericane come le "Pine Tree", le "Cahokia" tradizionali *side notched* a 2 o 3 scassi, le "Spiro Points" cerimoniali, e ricordano direttamente quelle rinvenute nel sito Cahokia (MORSE & PHYLLIS, 1983, 163, PERINO, 1993, 66-67) che sembrano ispirarsi alla forma dei denti di squalo⁴ (fig. 4).

La punta di Tabina 1, di foggia assolutamente atipica per le culture preistoriche mediterranee, può suggerire alcuni dati importanti, e il suo ritrovamento, se confermato da altri analoghi nel medesimo contesto, indurrebbe a ragionamenti specifici riguardanti un aspetto "specializza-

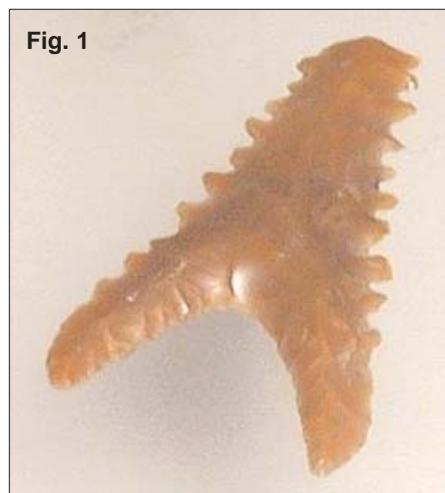


Fig. 1

to" della cultura dell'arco delle terramare, che coinvolge fattori meccanici e balistici.

La realizzazione di una cuspidi di questo tipo (fig. 3) è laboriosa. Lo scasso "a gola" e le spalle pronunciate e sottili che la contraddistinguono rendono la lavorazione a rischio di rottura continua. Lo

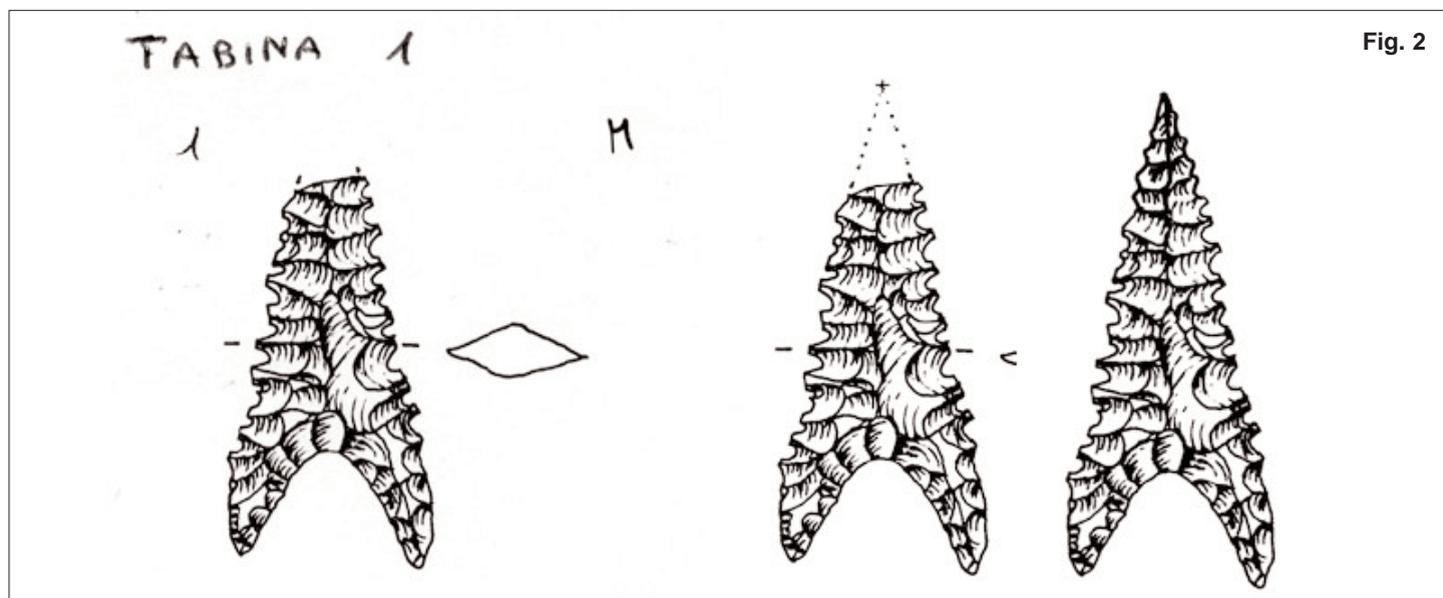


Fig. 2



Fig.3 - ricostruzioni

strumento ritoccatore, presumibilmente in palco di cervo, doveva avere durezza ed elasticità notevole, soprattutto doveva essere di piccolo spessore. Un ritoccatore a pressione di questo genere (la cui sezione nell'interfaccia di contatto con il bordo del supporto non dovrebbe essere superiore ai 3 mm²) è molto difficile da ottenere dal palco, è molto fragile, e soprattutto è impossibile da utilizzare senza continua manutenzione. La pressione da esercitare in un ritocco erto come quello evidenziato nella gola della punta di Tabina 1 è tale da rendere pregiudizievole sia la lavorazione in sé sia per lo strumento che per l'integrità del supporto. Questa difficoltà emerge anche nei ritocchi marginali (che vengono effettuati per ottenere la denticolazione). Lo spessore nell'area mediana della cuspidè in prossimità dell'apice della gola è di oltre 4 mm. Il ritocco necessario deve essere quindi esercitato con molta forza e controllo⁵.

Considerazioni meccaniche: relazioni tra la punta e l'asta della freccia

La punta in oggetto, con la base concava, priva di peduncolo centrale e con due spalle vistosamente pronunciate, fa supporre una specifica unione con l'asta che suggerisce un insieme di aspetti costrutti-

vi e funzionali. La giunzione della cuspidè con l'estremità distale dell'asta della freccia dovrebbe avvenire tramite mastice vegetale (ma non ci sono note analisi sul supporto che denuncino traccia di collante). Come è noto in etnografia, all'asta vengono unite le cuspidi a base concava mediante uno scasso (normalmente perpendicolare alla venatura del legno per aumentare la resistenza dell'asta all'impatto) e incollate con resina di pino (o resina di altro aghifoglie) mischiata ad altre componenti, normalmente cera (o grasso) e polvere di carbone vegetale, oppure a pece di betulla, ottenuta dalla distillazione a vapore (pirolisi) della corteccia di questo albero. La pece di betulla è comune nelle zone alpine, mentre la resina è documentata e diffusa in altri contesti di pianura o pedecollinari.

La mancanza di scassi e peduncoli evidenzia questa scelta ed elimina la possibilità che la cuspidè potesse essere assicurata all'asta della freccia con filamenti di tendine o di fibra vegetale, elementi però presenti quasi sempre nella sezione immediatamente sotto all'inserzione per irrobustire l'interfaccia di unione. Come vedremo, questa scelta ha delle precise ragioni legate alla balistica terminale del proiettile. Sull'asta della freccia possiamo solo formulare delle ipotesi, non essendo stata ritrovata nel contesto alcuna testimonianza in merito. Sulla base delle scarsissime testimonianze nei riscontri archeologici a nostra disposizione e grazie all'etnografia, è noto come le punte di freccia potessero essere immanicate in pino (*Picea*)⁶, larice (*Larix decidua*)⁷ viburno (*Viburnum lantana*)⁸. Ragionevolmente, in questo contesto spaziale, esse potevano essere facilmente ricavate da polloni di nocciolo (*Cornus avellana*), sanguinella (*Cornus sanguinea*) oppure canna palustre (*Phragmites communis*). In ogni caso, visto lo spessore della cuspidè, il diametro nella parte distale dell'asta non doveva essere inferiore a 9-10 mm per questioni di solidità strutturale⁹. La differenza "balistica" delle varie essenze per l'asta della freccia verte su parametri fisici, come il peso specifico, fattori entrambi correlati alla frequenza di oscillazione (in termini vaghi, ravvisabile nell'elasticità dell'asta). Aste di massa uguale possono avere resilienza¹⁰ diversa, e viceversa. La scelta delle aste e la loro fabbricazione, dedicata ad uno stesso utilizzatore, è quindi un processo molto delicato e specializzato. Non è possibile ipotizzare un sistema composito di unione tra asta e cuspidè in questo caso specifico (asticel-

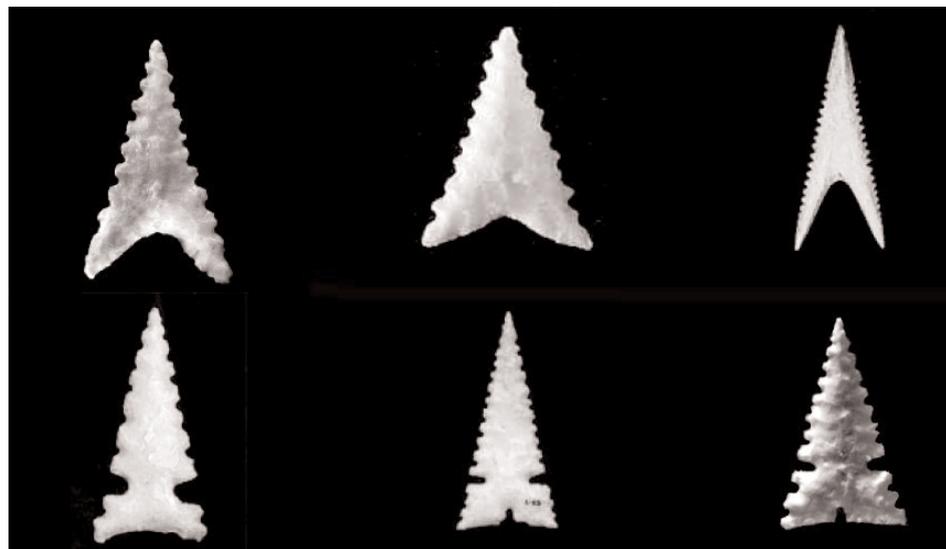


Fig. 4 : Cuspidi dal sito di Cahokia (Cahokia Mound, Illinois, USA).

La terza da sinistra in alto è in osso. Le tre in basso sono Cahokia classiche "side notched".

Tutte sono denticolate (serrated points).

la di legno duro su cui viene immanicata la cuspidi che, a sua volta, viene fissata all'asta della freccia in modo non vincolante) anche se il sistema (*foreshaft*) è noto e documentato sia in contesti archeologici (SPINDLER, 1993) che etnologici (HAMM, 1996). Questo sistema viene adottato sia estemporaneamente (per riparare un'asta "accorciata") sia come sistema funzionale, per recuperare l'asta e creare contemporaneamente un sistema (balistico terminale) più efficace (la "leva" della cuspidi unita al *foreshaft* amplifica la sua lesività nella ferita). Normalmente le frecce costituite da asta ed estremità distale mobile hanno cuspidi peduncolate con alette o scassi e sono unite tra loro in modo solido con legamenti di fibra vegetale o animale. La cuspidi di Tabina 1, priva di peduncolo e scassi, sembrerebbe verosimilmente fatta per una giunzione semplice.

Considerazioni sulla balistica interna ed esterna della freccia immanicata

La balistica della cuspidi è ovviamente legata alla balistica dell'intero sistema arco-freccia-bersaglio. Studiando la cuspidi (soprattutto per ciò che riguarda la sua morfologia) le informazioni più interessanti riguardano le inferenze possibili sulla *balistica terminale* del proiettile, ambito che studia gli effetti dell'impatto sul bersaglio. Essa comprende tutte quelle analisi legate da un lato alla fisica in senso stretto (impatto, penetrazione e analisi della possibile traiettoria interna), e dall'altro lato alla caratterizzazione della lesività del colpo, legata a fattori biologici propri del "bersaglio", che può condurre ad un arresto del bersaglio animato (*stopping power*) o al suo grave ferimento e alla morte (*killing power*)¹¹. Nell'analisi della cuspidi di Tabina 1 è opportuno soffermarci però prima sulle altre "balistiche", quella *interna* (la freccia collegata alla corda mentre riceve la prima accelerazione) e quella *esterna*, la freccia che lascia la corda dell'arco fino ad un istante prima dell'impatto (BRIZZI, 2005 (A)).

La balistica interna è fondamentalmente lo studio della freccia sollecitata dalla spinta della corda. Nell'istante del rilascio della corda qualsiasi massa collocata al vertice (estremità distale) dell'asta crea un fenomeno molto simile al "carico di punta" di un pilastro sollecitato alla sua sommità da una massa sottoposta alla forza di gravità. La risposta dell'asta è una inflessione più o meno vistosa. Nel 1/50 di secondo in cui il proiettile viene

Lunghezza Freccia (mm.)	Centro geometrico freccia (mm.)	Spostamento baricentro verso la punta (%)
710,00	355,00	16.2
730,00	365,00	14.9
750,00	375,00	13
770,00	385,00	11.8
790,00	395,00	10.0
800,00	400,00	8.9
820,00	410,00	7.1
840,00	420,00	6.5

Tab.1: Variazioni del baricentro statico della freccia, (Asta di legno pieno, diametro medio 9 mm., massa della cuspidi 7 grammi)

accelerato da 0 a più di 40 m/sec le oscillazioni si alternano ad un ritmo legato alla frequenza di vibrazione propria dell'asta. In più, considerando che il piano di scorrimento virtuale¹² della corda non corrisponde a quello della freccia (in maniera maggiore o minore ciò è dovuto allo spessore dell'arco nella zona dell'impugnatura) queste flessioni si enfatizzano. A complicare ulteriormente le cose abbiamo il fattore "rilascio": non possono essere certo fatte congetture biomeccaniche di alcun genere (su come gli antichi abitatori delle terramare rilasciasero la freccia) ma è sicuro, soprattutto se si considerano i sistemi di rilascio manuale conosciuti in etnografia (KROEBER, 1927), come questi contribuiscono comunque ad aggravare le componenti non assiali della spinta alla freccia, e conseguentemente aumentare l'ampiezza della sua oscillazione. Alla prima vistosa inflessione (il cui ordine di grandezza può essere da 0,8 a 1,5 cm nel centro della freccia) segue una seconda nel verso opposto sul piano orizzontale, e poi una terza – tutto ciò con la cocca ancora solidale con la corda – e questo fenomeno, noto nella sua globalità come "paradosso dell'arciere", è un fattore critico con il quale bisogna comunque fare i conti per poter indirizzare sempre le frecce in centro al bersaglio. L'oscillazione dell'asta della freccia avviene intorno ai suoi punti nodali (una vibrazione vera e propria) e la sua frequenza ed entità è funzione di vari fattori. Ovviamente quelli principali che entrano in gioco (pur semplificando) sono i parametri dimensionali e strutturali dell'asta: la sua lunghezza, la massa in punta (o meglio: il baricentro dell'asta), la resilienza¹³ del legno di cui è costituita e ovviamente l'energia accumulata dall'arco teso e al

modo con cui essa si scarica sulla freccia. Nel volo, da un punto di vista dinamico, l'oscillazione si riduce grazie all'impendaggio: sia per la sua massa collocata in coda, sia (e più evidentemente) per la superficie frenante delle penne. Di questi elementi purtroppo abbiamo solo la massa della cuspidi, quindi è vano elaborare ipotesi quantitative sul sistema balistico.

Quali sono quindi le informazioni, almeno da un punto di vista qualitativo, che ci può dare l'unico dato (la massa della cuspidi) a disposizione? Partiremo da semplicissime considerazioni.

La ricostruzione della cuspidi di Tabina 1 è di 7 grammi di peso. Una freccia, per poter essere utilizzata in modo ottimale a caccia (brevi distanze, alta stabilità in volo) indicativamente dovrebbe avere il baricentro statico¹⁴ spostato in avanti rispetto al centro geometrico della freccia da un minimo del 6% fino al 16% della sua lunghezza (BRIZZI & FERRARO, 1991). Questi valori sono comunque indicativi, ma delimitano un intervallo di parametri fisici propri della freccia che devono essere considerati in una fase preliminare d'analisi. Da questi dati si desume che una freccia immanicata con una cuspidi tipo Tabina 1 potrebbe avere una lunghezza compresa tra i 710 mm e gli 840 mm (tab. 1), tenendo sempre presente il limite minimo del diametro, non inferiore ai 9 mm.

A questo punto vale la pena soffermarsi su alcune considerazioni biometriche. Se la taglia "media" umana dell'età del Bronzo nella pianura padano-veneta si aggirava sul metro e sessantacinque¹⁵, la lunghezza media delle braccia umane (elemento indicativo per definire di quanto veniva tesa la freccia) poteva permettere trazioni coerenti con le lunghez-

ze di freccia riportate in tabella 1, nei due estremi indicati. Anche nel caso delle maggiori lunghezze (840 mm) e utilizzando un'asta più lunga del necessario, la freccia sarebbe risultata comunque ben bilanciata, purché dotata di impennaggio vistoso, atta a servire come proiettile efficace¹⁶.

Ragionando sempre in termini qualitativi, e senza alcuna pretesa di rigore, procediamo con le ipotesi. La massa di una freccia simile (consideriamo il *range* di riferimento indicato in tabella 1 e il peso dell'impennaggio, mastice, leganti e cuspidi) può variare da 62 a 77 grammi considerando la media dei pesi specifici dei legni stagionati, (*Cornus avellana* e *Cornus sanguinea*) e da 48 a 68 grammi considerando il peso specifico della canna palustre (*Phragmites communis*)¹⁷. Ora, dal punto di vista dell'arco che deve accelerare la sua freccia, "masse" di questa portata *non sono proprio uno scherzo*. Prendendo in esame un arco moderno da caccia¹⁸ con delle frecce di peso simili non si dovrebbero utilizzare carichi (alla massima trazione dell'arciere) inferiori ai 30-35 kg, e questo solo considerando il fattore balistico della "traiettoria"¹⁹.

In conclusione, una cuspidi come quella di Tabina 1 con ogni probabilità faceva parte di un'attrezzatura "prestante"²⁰. E non è solo da questo ragionamento che si può indurre tale affermazione, come si vedrà in seguito.

Considerazioni sulla balistica terminale: la cuspidi e l'impatto con il bersaglio

Innanzitutto è opportuno fare qualche premessa di carattere ologico. Come possiamo risolvere il problema forma/funzione nella punta di Tabina 1? In altre parole, possiamo con ragionevole certezza associare questa cuspidi alla pratica venatoria basandosi sulle sue caratteristiche fisiche e morfologiche, oppure no? I ragionamenti a seguire cercheranno di far luce su questo aspetto.

I ritrovamenti di punte di freccia delle terramare sono in larga misura costituiti da cuspidi in palco di cervo, con tipologie ricorrenti a sezione quadrata, circolare o romboidale, alcune peduncolate altre no, ma comunque con rapporti lunghezza/larghezza molto elevati. Il più delle volte l'innesto della cuspidi ci suggerisce il diametro dell'asta che la può immanicare, e la caratteristica risultante è quella di un proiettile-freccia affusolato, senza profili emergenti dalla sua sagoma. Le cuspidi in bronzo, invece, hanno spalle e alette, come pure alcune

in selce, che sembrano copie da queste ultime in bronzo, e altre di dimensioni veramente contenute²¹.

Solo la cuspidi di Tabina 1 si differenzia sostanzialmente, sia per le sue dimensioni che per la sua massa. Le cuspidi in palco, con molta probabilità erano la risposta tattica al sempre più diffuso uso delle protezioni dei guerrieri (BRIZZI, 2005 (B)). La piccola sezione d'urto poteva permettere la penetrazione dei corsetti in cuoio bollito²² e provocare ingenti danni, in grado di offendere o comunque inibire la risposta offensiva del nemico. La cuspidi in selce (per via della sua maggiore sezione) avrebbe avuto, a parità di quantità di moto, minori probabilità di penetrare queste difese, anche per la sua fragilità. Quella di bronzo, anche se di uguale sezione, non avrebbe avuto questo problema.

Combattere umani e cacciare prede, anche se di grosse dimensioni come il cervo, sono due cose ben diverse, anche da un punto di vista balistico terminale²³. Se il profilo della punta è appropriato e la quantità di moto della freccia è sufficiente, la selce si fa strada all'interno del corpo e se incontra tessuti ossei, l'eventualità di una sua frattura non diminuisce la gravità potenziale della ferita. Una cuspidi scheggiata, pur rallentando il suo moto, possiede un taglio "ravvivato" ancor più efficace del bordo ritoccato, con un effetto devastante sui tessuti. Il meccanismo che permette alla freccia di essere risolutiva, in caccia, è basato sul danneggiamento dei vasi sanguigni.

La cuspidi litica ha il compito di guidare la freccia all'interno della cavità del corpo del selvatico provocando i maggiori danni (emorragie) possibili. Non così è per il proiettile dell'arma da fuoco, che possedendo velocità anche dieci volte superiori rispetto alla freccia, può contare sul cosiddetto effetto "cavitazione", che sarebbe il danneggiamento degli organi interni dovuti all'onda d'urto che si propaga a seguito della penetrazione. Questa "cavitazione" è in grado di generare *shock* che possono tramortire e arrestare la preda, oltre che naturalmente ledere gravemente organi vitali. L'effetto di arresto, quindi, è proprio dei proiettili più veloci. La freccia, più lenta, non ha praticamente alcun effetto di arresto, se non sulle piccole prede a cui è possibile inibire la funzionalità degli organi di locomozione. La freccia ha, in compenso, altissimo potere lesivo (*killling power*) per via delle lesioni interne che procura. Queste lesioni sono naturalmente funzio-

ne degli organi vitali attraversati, del grado di "affilatura" dell'elemento tagliente (la cuspidi) e della sua sezione reale d'urto (BRIZZI, 2005).

La cuspidi di Tabina 1 (non prendendo per ora in considerazione i suoi margini denticolati) è prossima come sagoma alle cuspidi neolitiche ed eneolitiche venete e lombarde. Triangolari con la base concava, esse differiscono dalla nostra per dimensione e peso: difficilmente superano i 3 grammi e i 20 mm di lunghezza. Le piccole cuspidi paleovenete (comunemente diffuse in tutta l'area veronese e vicentina) hanno in comune con la cuspidi di Tabina 1 solo il possibile sistema di giunzione con l'asta, che comunque rappresenta un indicatore importante. Vediamo ora di approfondire questo aspetto.

Cosa significa una cuspidi "fermamente" fissata all'asta rispetto ad una semplicemente fissata con mastice? Se ci riferiamo alla balistica terminale, un proiettile con una blanda interfaccia tra asta e cuspidi non può servire ad altro che a permettere un deliberato distacco tra le componenti. In altre parole, fa sì che la cuspidi rimanga all'interno della ferita, sia nel momento post-impatto che dopo la rimozione della freccia. Nel caso venatorio, la cuspidi incollata con mastice si distacca dall'asta grazie ai movimenti della preda in fuga; questo processo è facilitato dal calore del corpo che permette l'ammorbidimento della colla vegetale. Una cuspidi che permane nella cavità della ferita ne aumenta la sua gravità, in più, l'asta perduta può essere recuperata dal cacciatore²⁴. Nel caso di utilizzo in combattimento, il tentativo di rimozione provoca la medesima conseguenza, e non permette "al nemico" di riutilizzare immediatamente la freccia per offendere chi la ha tirata. E' indubbio che una cuspidi di selce, con i residui di mastice, permanendo in profondità nella ferita, con il tempo provochi setticemia (anche senza ricorrere al veleno) e soprattutto implichi un certo impegno (e quindi occupazione *non offensiva*) di altri guerrieri impegnati nel combattimento, che intervengono per aiutare il ferito. Da un punto di vista economico, una valida azione tattica²⁵.

Le piccole dimensioni di queste cuspidi quindi suggeriscono due ipotesi, non necessariamente antitetiche: o venivano usati archi di limitata forza e frecce leggere (e quindi le piccole dimensioni della cuspidi permettevano comunque una penetrazione adeguata, sia in caccia che in combattimento) oppure che, indipen-

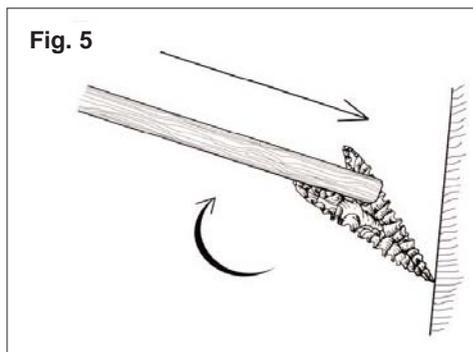


Fig.5 - traiettorie angolate: rotazione all'impatto su bersaglio anelastico di una cuspidi fissata con resina vegetale e non assicurata da fibra vegetale o tendine.

dentemente dalla forza dell'arco, servissero prevalentemente per il combattimento verso umani "protetti" da superfici resistenti e poco elastiche. La piccola cuspidi, a profilo sottile, permetteva di penetrare la protezione e infliggere danni ai tessuti sottostanti.

La cuspidi di Tabina 1 ha in comune con esse solo il profilo (anche se in scala 2,5:1) e le spalle pronunciate suggeriscono che dovesse essere fatta così per "permanere" nella ferita. Certo è che le sue dimensioni la pongono nella categoria dei proiettili pesanti, scagliati da archi forti, per le considerazioni di balistica interna/esterna fatte precedentemente.

La successiva considerazione, a sostegno di questa tesi, la suggerisce il suo profilo denticolato. È noto come il profilo del taglio più lineare è, maggiori garanzie di penetrazione fornisce (BRIZZI & ZANI, 2003). La denticolatura aumenta l'attrito notevolmente, e quindi la scelta del costruttore deve essere andata incontro ad uno specifico criterio funzionale. Se usata in combattimento, una cuspidi simile sarebbe potuta essere efficace solo su guerrieri privi di protezione (anelastica), a petto nudo o con solo leggere coperture di tessuto. La lunghezza della cuspidi (oltre 45 mm) e il suo sistema di fissaggio (solo mastice vegetale) in un tiro non perfettamente ortogonale rispetto al bersaglio, protetto con una probabile protezione dura e anelastica, avrebbe causato facili rotazioni della punta in sede o rotture all'impatto (fig. 5). Anche nel caso di un tiro ortogonale alla superficie, la larga sezione e la denticolatura avrebbero ridotto la penetrazione.

Nel caso venatorio (impatto con la cotenna di un ungulato) il problema della rotazione è ridotto dalla reazione elastica della pelle ricoperta di pelo, e la denticolatura "aumenta" la superficie della feri-

ta (fig. 6). Ogni dente, sfruttando le proprietà elastiche dei tessuti trascina con sé una maggiore superficie e il taglio risultante è di 1,5-2 volte maggiore della massima sezione geometrica della cuspidi (BRIZZI, 2005). Ciò che se ne ricava è una emorragia di maggiore entità, e quindi una ferita con un potere drenante superiore. Una ottimizzazione balistica terminale possibile solo se la velocità del proiettile moltiplicata per la sua massa è grande (26), quindi il sistema propulsivo è "ad alte prestazioni".

Ciò può ulteriormente confermare le ipotesi formulate sopra. Un arco in grado di scagliare la freccia immanicata con la cuspidi di Tabina 1 che non potesse raggiungere velocità di almeno 50 m/sec sarebbe stata un'arma inefficiente.

Conclusioni

La Cuspidi di Tabina 1, sulla base dei ragionamenti fatti sulla sua morfologia (massa, dimensioni, e profilo denticolato) probabilmente era immanicabile in una freccia la cui massa sarebbe risultata compresa tra 47 e i 77 grammi, ed un diametro nella parte distale di non meno 9 mm. Se ne deduce, orientativamente, un sistema arco-freccia prestante, molto di più di ciò che oggi è definito come tale da chi pratica arcieria sportiva. Una freccia di questa massa necessita (per essere efficace) di un sistema propulsivo tale da consentire alte velocità e quindi un carico di trazione senz'altro superiore ai 30 kg. Tali ragionamenti derivano dai fattori balistici interni (dell'ipotetico sistema arco-freccia) ed esterni (traiettoria). Per il rapporto forma/funzione della cuspidi si può ipotizzare una interpretazione venatoria grazie al materiale, al suo profilo, la sua massa e le sue dimensioni. Questo è verificato anche da considerazioni sperimentali, che forniscono una chiara indicazione di come le protezioni in cuoio/pelle bollita (superfici anelastiche) minimizzino l'efficacia balistica interna di una freccia armata in questa maniera.

Un altro dato a suffragio dell'uso venatorio con attrezzatura "prestante" è la denticolatura, caso unico nel panorama dei reperti delle terramare. Essa fa supporre una deliberata scelta del costruttore verso un tentativo di enfaticizzazione della lesività grazie al sistema di fissaggio possibile della cuspidi sull'asta, su selvaggina di medie-grandi dimensioni, possibile solo con una combinazione arco-freccia in grado di ottenere velocità superiori ai 50 m/sec.

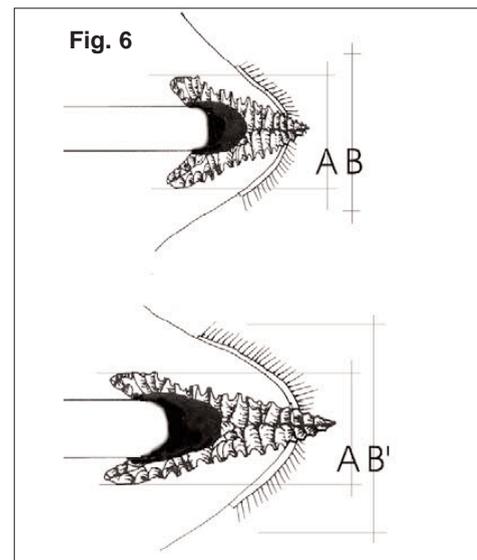


Fig.6 - Penetrazione dei tessuti. La cuspidi in basso, grazie al maggior sviluppo della lama, e pur avendo sezione geometrica A uguale a quella in alto, provoca un taglio B' più grande di 1,5-2 volte circa di B.

Note:

1. Esposta al Museo Etnologico Archeologico di Modena.
2. Allo stato attuale non è chiaro se la frattura sia da imputare ad un impatto.
3. L'unica via per ottenere un disegno basale simile, su un supporto di oltre 4 mm di spessore.
4. Pare infatti che nelle Culture *Mississippian* e *Caddoan* i "denti di squalo" rappresentassero oggetti di particolare prestigio e venissero spesso riprodotti in selce (fig. 4).
5. Anche se non è provato da analisi traceologiche, è possibile che venissero utilizzati ritoccatore in rame, materiale molto più funzionale del palco per i ritocchi. È documentato come il rame fosse stato utilizzato dalle culture paleoamerindie (Culture *Hopewell* e mesoamericane), in Egitto, Danimarca, Francia, Sardegna e India. Molti strumenti delle terramare classificati come "lesine" e "scalpelli" in rame immanicato dovrebbero essere riesaminati tenendo conto di questa possibile interpretazione (JOHNSON, 1991; KASHYAP & SCINDE, 2005; COSTA & PELEGRIN, 2004; RITCHIE, 1980).
6. Esempio eloquente e più antichi in assoluto tra i ritrovamenti archeologici sono i frammenti di freccia rinvenuti a Stellmoor (± 11.000 BP), cfr. INSULANDER, 2000; RUST, 1943; MOLLER, 1975.
7. Le frecce ritrovate a Fiafé Carera (Età del Bronzo medio) da Perini (1969-1976) sono costituite in larice. cfr. GONZALEZ, 2006.
8. Il corredo di Ötzi, l'Uomo dei ghiacci, comprende ben 14 frecce di viburno; cfr. OEGGL, 1997; SPINDLER, 1993.
9. Sulle relazioni diametro asta-spessore prossimale delle cuspidi, cfr. CORLISS, 1972; THOMAS, 1978;
10. Non è detto che a parità di sezione di asta di freccia in legno si abbiano le medesime risposte dinamiche di flessibilità sotto la sollecitazione della corda in movimento, e nei momenti succes-

- sivi di volo. E' un problema di resilienza, dal latino *resilire*, cioè rimbalzare. La resilienza può essere definita come la capacità che ha il materiale nel "resistere" e reagire ad una brusca sollecitazione. La compattezza delle fibre, la densità e la quantità d'acqua presente nelle stesse (cioè la loro stagionatura) sono tutti fattori che influenzano questa reazione, e possono facilmente variare da asta ad asta, anche della medesima specie, con dimensioni uguali. Essendo un fenomeno eminentemente dinamico, la misura statica della loro capacità di flettersi sotto un carico statico si rivela quindi insufficiente (BRIZZI, V. & FERRARO E. 1991, cap.3).
11. Una freccia, anche se ben indirizzata in area vitale sulla grossa selvaggina, non provoca mai la sua morte immediata. Mediamente trascorrono da 30 a 60 minuti prima di poter azzardare il recupero.
 12. È "virtuale" in quanto il suo *pattern* è una sinusoidale smorzata, per via della rotazione delle dita al rilascio della freccia.
 13. La proprietà che definisce la velocità della "risposta" elastica del legno (10).
 14. Il baricentro statico non necessariamente corrisponde a quello dinamico. Quest'ultimo è definito come centro di massa aerodinamico, e tiene in considerazione la superficie frenante dell'impennaggio (altrimenti detto *volume di coda*, corrispondente alla superficie totale dell'impennaggio moltiplicata per la distanza dal suo baricentro al baricentro statico dell'asta) e l'effetto vela della cuspidi. Per le osservazioni sopra riportate, il baricentro dinamico non è pertinente, mentre lo è nello studio della balistica esterna, in riferimento alla traiettoria (BRIZZI, V. & FERRARO E. 1991) .
 15. Come riportato in MELLARS, 1993; 1996.
 16. Per "efficace" intendiamo le doti di stabilità in volo fondamentali per indirizzare la freccia a bersaglio. In questo caso specifico, la lunghezza in surplus della freccia viene utilizzata per rendere più stabile il volo della freccia e rappresenta un elemento di riserva in caso di rotture. D'altro canto, come è noto in etnografia, molte frecce (soprattutto quelle in canna) venivano allungate con aste in legno duro per permetterne il facile riutilizzo, oltre che fungere da elementi attivi nel campo della balistica interna, e comunque il loro *foreshaft* non era parte in "trazione".
 17. È bene tener presente che un'asta di canna palustre, per motivi di solidità strutturale, facilmente richiederebbe un prolungamento in legno più duro (*foreshaft*) all'estremità distale a cui immanicare la cuspidi. Il suo diametro doveva essere quindi superiore a 9 mm.
 18. È indubbio che un arco moderno di geometria tradizionale possieda un rendimento dinamico un poco superiore a qualsiasi arco primitivo, ma è solo grazie ai materiali moderni impiegati, non certo alla ottimizzazione della geometria strutturale, che i costruttori d'arco preistorici erano ben in grado di realizzare (BRIZZI, V. 2005 (A)).
 19. Per "fattore traiettoria" intendiamo la classica distanza di tiro utile in caccia, 20-25 metri al massimo, senza parabole accentuate, tipiche di frecce con velocità compresa tra i 140 e i 180 metri al secondo.

20. Al giorno d'oggi, chi si dedica alla caccia con l'arco con archi di foggia tradizionale, anche se realizzati con materiali moderni (come la fibra di vetro o il carbonio nei flettenti, e corde in kevlar o altri filati inestensibili) difficilmente supera i 28 kg ad allunghi simili a quelli presi in considerazione, anche per la grossa selvaggina (BRIZZI, V. & ZANI, A. 2003).
21. Con l'avvento delle tecnologie del bronzo, inizia il decadimento della lavorazione litica. Se i metallurgi inizialmente si ispirano alle forme litiche, successivamente accade il contrario. Gli specializzati nelle tecnologie della pietra, per mantenere la propria offerta in linea con la domanda emergente, tendono a riprodurre a loro volta le fogge dei manufatti in bronzo, che intanto hanno acquisito un loro carattere. Il caso limite è rappresentato dalle splendide daghe in selce danesi.
22. Anche se non si hanno prove certe dell'uso di corazzature nelle Civiltà delle terramare, la verosimile protezione in cuoio bollito ha la caratteristica di ripartire su una larga superficie l'energia del colpo, e di conseguenza limitarne i danni. Solo con un proiettile appuntito e a bassa sezione (concentrando su una piccola area l'energia d'impatto) si può pensare ad una probabile penetrazione.
23. Per quanto dura e dotata di pelliccia, la cute di un selvatico di grosse dimensioni può essere lacerata da una punta litica con facilità, anche se la "vitalità" di un selvatico della massa equivalente a quella di un umano è senza dubbio superiore. L'effetto psicologico di una ferita – su un uomo – è elemento da tenere in considerazione, infatti una cuspidi a bassa sezione di impatto (come quelle in palco di cervo riscontrabili nelle terramare) ad un cinghiale di 60 kg non sortirebbe nell'immediato alcun effetto (BRIZZI, V. & ZANI, A. 2003).
24. È noto come nell'economia della produzione, realizzare aste di freccia uguali (e che conseguentemente volino nello stesso modo) sia notevolmente più gravoso che non sagomare cuspidi efficaci della stessa massa e morfologia; un processo da 7 a 10 volte più lungo.
25. Anche nel combattimento moderno, si tende ad utilizzare calibri ridotti che feriscano, mettano fuori combattimento e non uccidano, proprio per arrecare maggiori danni "economici" alla fazione avversaria.
26. Massa per Velocità è il *momento* del proiettile. Il "momento" è direttamente collegato alla penetrazione.

Bibliografia

- ACKERMAN L. B. 1985. The Bow Machine. *Science* 85. July/August, 92-93.
- ALLELY S. & Hamm J. 1999. *Encyclopedia of Native American Bows, Arrows & Quivers*, Volume I: Northeast, Southeast, And Midwest. Lyons Press. New York.
- ALLELY S. et al. 1992. *The Traditional Bowyer's Bible*. Lyons & Burford. New York, Vol. 1-3
- BRIZZI V. & FERRARO E. 1991. *Manuale di Tiro con l'Arco*. FIARC, Milano.
- BRIZZI V. & ZANI A. 2003. *Il libro del cacciatore con l'arco*. Greentime. Bologna.

- BRIZZI V. 2005 (A). *Meccanica dell'arco e Balistica della Freccia nel cacciatore primitivo*. In: *La catena operativa dell'arco preistorico*. atti del Convegno di Fivavé. Ufficio Beni Archeologici. Trento 2006.
- BRIZZI, V. 2005 (B). La cuspidi di freccia come indicatore dell'organizzazione sociale: uno studio sperimentale sulle popolazioni preistoriche della costa ovest degli Stati Uniti. *Arcosophia*. Greentime ed., Bologna, n. 1. pp. 8-13.
- CORLISS D. 1972. *Neck Width of Projectile Points: an Index to Culture, Continuity and Change*. Idaho State. University Museum. #29.
- COSTA J. & PELEGRIN. J. 2004. *Une production de grandes lames par pression à la fin du Néolithique, dans le nord de la Sardaigne (Conrada, Perfugas)*. *Bulletin Société Préhistorique Française*. n°4. Tome 101 - année 2004. pp. 867-873.
- GONZALEZ O. 2005. *Archi e Frecce dell'Arco Alpino Italiano*. In: *La Catena Operativa dell'Arco Preistorico*. Atti del convegno di Fivavé. Ufficio Beni Archeologici. Trento 2006
- HAMILTON T. M. 1982. *Native American Bows. Special Publications No. 5*. *Missouri Archaeological Society*. Columbia, Missouri.
- HAMM J. 1991. *Bows & Arrows of the Native Americans*. Lyons and Burford. New York.
- HARDY R. 1992. *Longbow: A Social and Military History*. Lyons and Burford. New York.
- HURLEY V. 1975. *Arrows Against Steel: The History of the Bow*. Mason Charter. New York.
- INSULANDER R. 2000: The bow from Stellmoor. *Primitive Archer*. vol. 8. iss. 4. pp.10-14.
- JOHNSON E. 1991. The Origins of copper in Three Northern Minnesota Sites: Pauly, River Point and Big Rice. *Publications in Anthropology*. University of Minnesota. n. 4.
- KASHYAP, A. & Shinde, V. 2005. *Significance of copper residue on microliths from the Mesolithic site of Bagor, Rajasthan, India*, Biennial Conference of the European Association of South Asian Archaeologists Clore Centre at the British Museum, Londra 4 - 8 luglio 2005.
- KROEBER, A. L. 1927. *Arrow release distribution*. In *American Archaeology and Ethnology*. Vol. 23. n. 4. pp. 283-296. University of California Press, Berkeley, California.
- MCEWEN E., MILLER R.L. & BERGMAN C. A. 1991. *Early Bow Design and Construction*. *Scientific American*. June 1991. 5. pp. 77-82.
- MELLARS P. 1993. Archaeology and modern human origins in Europe. *Proceedings of The British Academy*. 82. pp. 1-35.
- MELLARS P. 1996. *Models for the dispersal of anatomically-modern populations across Europe*. In Cavalli-Sforza L. & Bar-Yosef O. (ed.) *The Origins of Modern Man, Proceedings of International Union of Prehistoric and Protohistoric Sciences*. Forli. September 1996.
- MOLLER C. 1975. Ein Rentierwirbel mit eigeschossener Feuersteinpfeilspitze aus der Ahrensburger Fundschicht von Stellmoor. *Hammaburg NR 2*. pp. 93-94.
- MORSE D. & Phyllis F. 1983. *Archaeology of the Central Mississippi Valley*, New world archae-

- ological record. 163.
- OEGGL K. 1997. *Der Mann im Eis: archaeobotanische ergebnisse*. Freie universität bozen und Institut für botanik der leopold-fanzens-universität Innsbruck. Innsbruck. Austria.
- PERINO G. 1993. *Cahokia Brought to Life, An Artifactual Story of America's Great Monument*. St. Louis Archeological Society. pp. 66-67.
- POPE S.T. 1962. *Bows and Arrows*. University of California Press. Los Angeles.
- RITCHIE W. A. 1980. *The Archaeology of New York State. Revised edition*. Harbour Hill Books. Harrison. N.Y.
- RUST A. 1943. *Die alt-und mittelrteinzeilichen Funde von Stellmoor*. Archaeologisches Institut des deutschen Reiches. Neumünster. 242.
- SPINDLER K. 1993. *Der Mann im Eis*. University of Innsbruck. Austria.
- STOCKEL H.H. 1995. *The Lightning Stick: Arrows, Wounds, and Indian Legends*. University of Nevada Press. Reno.
- THOMAS D. H. 1978. *Arrowheads and Atlail Darts: How the Stones Got the Shaft*. *American Antiquity*. 43. pp. 461-472.