**VITTORIO BRIZZI**

# DINAMICA DELL'ARCO E BALISTICA DELLA FRECCIA NEL CACCIATORE PREISTORICO

*Keywords:*
*Arco, Freccia, Cuspide, Caccia preistorica, Balistica terminale*

## Indice

Abstract ..... 1
1.Introduzione ..... 1
1.1 Metodi di indagine ..... 3
1.2 La cuspide litica e ossea ..... 3
2. L'arco e le frecce in una prospettiva materiale ..... 4
2.1 Possedere e ben utilizzare arco e frecce ..... 5
2.2 Arco durevole ed efficiente: la Balistica interna del sistema ..... 6
2.2.1 Rendimento dell'arco ..... 8
2.2.2 Classificazione degli archi in funzione del modello ..... 9
2.3 Efficienza e velocità: Balistica esterna dell'arco e della freccia ..... 11
2.3.1 Traiettorie ..... 16
2.4 Penetrazione ed effetti sul bersaglio: Balistica terminale della freccia ..... 17
2.4.1 Potere di Arresto (Stopping power) ..... 17
2.4.2 Killing power: Aree vitali ..... 19
2.4.3 Fattori che influenzano il Killing power ..... 20
2.4.4 Problemi legati al ferimento ..... 21
2.4.5 Il proiettile ..... 22
2.4.6.Sezione distale della cuspide ..... 22
2.4.7 Leggere le frecce: caratteristiche legate alla lesività ..... 24
2.4.8 Interfaccia tra asta e cuspide ..... 26
2.4.9 il sistema di fissaggio della cuspide con l'estremità dell'asta ..... 26
4. L'uomo in caccia: considerazioni antropometriche e biomeccaniche sugli stili di tiro ..... 30
4.Conclusione: indicatori archeologici ..... 34
4.1 Arco e frecce ..... 35
4.2 Freccia Vs giavellotto ..... 37
Bibliografia ..... 41

## Abstract

L'analisi dell'arco e della freccia nelle componenti meccaniche, associata alla conoscenza delle attitudini venatorie dell'uomo contestualizzate all'ambiente e alla fauna, possono consentire all'archeologo una valutazione di alcuni aspetti nascosti della dinamica della caccia preistorica recente, intesa come strategia addattativa. Considerare l'arciere, il suo mezzo di caccia e il bersaglio nel contesto ecologico come un insieme

indissolubile, le cui variabili sono strettamente collegate a principi di ergonomia e di efficienza, conduce a discernere sull'aspetto strumentale e materiale per ottenere degli indicatori archeologici interessanti. Tale aspetto ha infatti i connotati di una alta specializzazione, necessaria per raggiungere il risultato voluto: la cattura della preda in modo efficiente e selettivo.

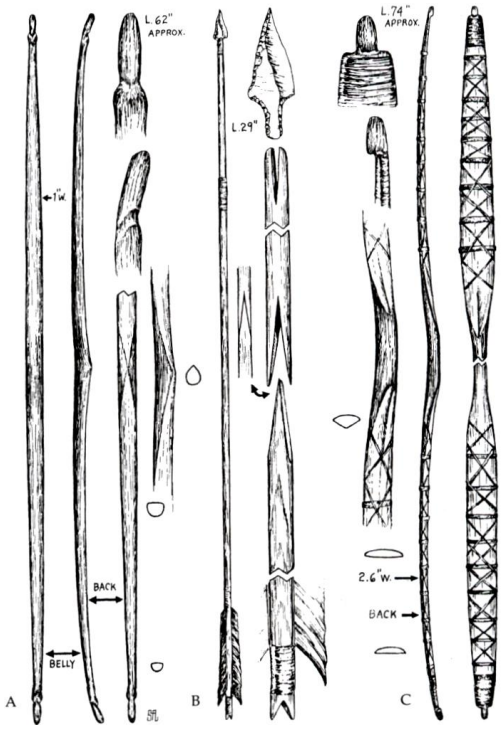



*fig*. **Errore. Il segnalibro non è definito.**. Arcieria preistorica europea: Ashcott Bow, 2665 B.C., B) Freccia di Stellmoor, 8000 B.C., Meare Heathe Bow, 2690 B.C.

## 1.Introduzione

Arco e frecce sono armi molto antiche, e solo negli ultimi cinquant'anni hanno subito trasformazioni rispetto alla loro matrice preistorica[1[1]]. La loro moderna destinazione d'uso, lo sport del tiro al bersaglio, ha stimolato i fabbricatori verso le modifiche nei materiali e generato *novità* nelle tecnologie, in realtà migliorandole[2[2]] ben

---

[1[1]] Il riferimento è all'arco Compound, nato negli anni '60 in America, munito di carrucole eccentriche per demoltiplicare lo sforzo di trazione (Cfr. T. LISTON, 1989).

[2[2]] Il miglioramento delle prestazioni c'è sicuramente stato con l'avvento della fibra di vetro e del carbonio, sia per le frecce che per i flettenti degli archi, e dei filati inestensibili per le corde. Tutto sul fronte della velocità e della resistenza all'usura e alle rotture. Per ciò che riguarda un "reale" miglioramento da un punto di vista del rendimento, no. L'arco

poco. Le geometrie maggiormente vincenti d'arco esistevano già diecimila anni fa, negli archi semplici, e tremila anni fa e più in quelli compositi. Le "novità" cui oggi facciamo sfoggio sono legate solo alla *popolarizzazione* del tiro come attività sportiva, cioè la possibilità di fruire industrialmente di un prodotto standard realizzato con materiali moderni ed economici rispetto a ciò che anticamente era frutto di costruttori esperti e molto specializzati.

Nell'antichità l'arco era strumento e appannaggio di utilizzatori fortemente dedicati, e l'abilità al tiro e alla caccia era conseguenza di duri allenamenti e discipline tutt'altro che superficiali. La bibliografia scientifica moderna, che sulla tipologia delle cuspidi è praticamente sconfinata, su questo specifico soggetto è carente; molto spesso ritrovamenti che potrebbero servire a illustrare attributi tecnologici e culturali vengono ignorati o male interpretati perché non associati al contesto generale.

La migliore conoscenza del funzionamento della macchina arco – freccia e il suo rapporto con l'arciere e il bersaglio – ambiente può aiutare a riconsiderare il ruolo che quest'arma ha avuto nel passato. Teniamo infatti a sottolineare quanto, secondo noi, ci si dovrebbe rivolgere alla caccia con l'arco in una visione d'insieme che comprenda arco, freccia, arciere, e "bersaglio - ambiente", tutto come fosse un unico ambito, olistico. L'analisi fisica operabile sull'arco e le frecce, come elementi materiali di una macchina venatoria complessa e specializzata, per quanto accurata possa risultare non è sufficiente per fornire spiegazioni esaurienti su un ambito così complesso come la caccia con l'arco preistorica recente. La componente del comportamento umano associato alle necessità e al contesto ecologico condizionano fortemente le lavorazioni sui materiali, i prodotti ottenuti e le tecnologie impiegate.

L'arco è una delle prime armi da getto complesse creata dall'uomo. Irrefutabili evidenze dell'uso dell'arco e delle frecce provengono dal paleolitico superiore e dal mesolitico europeo. Una di queste è basata sul ritrovamento di alcuni frammenti di freccia

---

compound ridistribuisce il lavoro umano durante la trazione in modo diverso rispetto all'arco della tradizione, ma in realtà è costretto a sovradimensionarsi e diventa ridondante per poter raggiungere il suo obiettivo.

a Stellmoor (RUST 1943) datati 10.500 anni dal presente (*fig.* **Errore. Il segnalibro non è definito.**) e dal ritrovamento di alcuni frammenti di arco (RAUSING 1967) datati 8000 anni da oggi. Come accade anche per le altre armi, identificare le origini dell'arco e delle frecce risulta problematico. Molte punte del paleolitico superiore (Font-Robert, Gravette, el-Wad) potrebbero essere tranquillamente servite come punte di freccia, e il disegno sofisticato degli archi di legno del mesolitico europeo ritrovati suggerisce che la "tradizione" arcaia sia veramente antica, probabilmente risalente fin dalla metà del paleolitico superiore (BERGMAN 1988, BERGMAN & NEWCOMER 1983).

Riguardo al problema del "quando" questa particolare arma abbia fatto il suo debutto nella preistoria, è inequivocabile come tra il pleistocene medio e il primo olocene l'uomo si appropriò delle tecnologie necessarie per creare ed utilizzare armi in grado di abbattere la selvaggina da distante (propulsore e arco) affiancate alle preesistenti lance da getto e da mano, bastoni appuntiti e pietre. Cosa significa ciò in termini di strategie globali di sussistenza, evoluzione delle tecniche di caccia, e evoluzione delle abilità di caccia umane?

Per rispondere a queste domande è opportuno ritornare agli studi etnografici e etnostorici relativi agli uomini "primitivi" moderni, gli ultimi cacciatori- raccoglitori della nostra epoca che ancora usano (o hanno usato fino a poco tempo fa) armi da getto e da mano; e attraverso la sperimentazione, ricreare scenari in grado di mostrare, permettere di comparare e misurare le variabili veramente significative, in modo da evidenziare "indicatori archeologici" utili alla ricerca. Dai dati esaminati emerge il fatto che l'arco e le frecce – e l'arciere – rappresentano un insieme estremamente specializzato, assolutamente collegato a fattori ambientali e all'evoluzione sociale umana.

### *1.1 Metodi di indagine*

Grazie ai ritrovamenti dei resti ossei della selvaggina e degli strumenti prevalentemente litici impiegati dai popoli primitivi, oggi si è in grado di elaborare

interpretazioni abbastanza realistiche sulla sussistenza alimentare preistorica. Le armi litiche ed il loro utilizzo sono direttamente correlate alle tecniche di ricerca della preda, al suo abbattimento e al suo recupero, momenti ovviamente basilari per vivere alimentandosi anche di selvaggina.

La selezione della preda è funzione della gamma di dimensioni che il predatore è in grado di abbattere e recuperare. Per degli ominidi biologicamente male adattati ad una specifica nicchia predatoria (deboli mandibole contro artigli grandi o grande velocità) le armi in grado di "colpire a distanza" riducono ovviamente i problemi di cattura legati a prede sfuggenti o pericolose. Questi fattori quindi influenzano la decisione su quale preda selezionare (ed il suo peso) e quindi il "costo" dell'operazione di ricerca, come pure l'uso di armi efficienti permette di colpire la preda riducendo i "prezzi" del suo recupero.

Esiste una naturale congruenza tra le proprietà di una particolare arma e le capacità predatorie del cacciatore. Delineando lo sviluppo delle armi durante l'evoluzione umana è critico studiare e comprendere la condotta dei predatori ominidi e la loro sussistenza e l'evoluzione della tecnologia che diventa *strategia adattativa*. Sfortunatamente non sempre è facile interpretare la funzione degli strumenti litici, lignei e ossei; spesso si prendono delle cantonate.

Due tipi di studio ci possono venire in aiuto, spesso complementari tra loro: il lavoro sperimentale con armi litiche e ossee montate su lance, giavellotti e frecce ci può fornire preziose informazioni sui limiti balistici, costruttivi e la loro efficacia, come pure l'analisi dei logorii e delle fratture al microscopio sulle punte ci può fornire un termine di paragone con i ritrovamenti archeologici. Lavori scientifici recenti sulle popolazioni che attualmente vivono di caccia possono fornirci un terzo punto di vista.

### *1.2 La cuspide litica e ossea*

Le punte di freccia hanno una particolare importanza in archeologia, soprattutto quando la loro forma può aiutare ad identificare differenze stilistico-culturali in quegli assemblaggi preistorici in cui non vi è presenza di ceramica. Durante l'analisi molto spesso gli assemblaggi di punte di freccia vengono trattati come entità culturali indipendenti

inattaccabili, e recanti solo informazioni stilistiche. Secondo chi scrive, le forme delle punte di freccia sono indicatori importanti soprattutto per descrivere ambiti e scenari comportamentali, in quanto recano in sé informazioni preziose sia sullo stile di caccia che sulle modalità intrinseche di azione dei protagonisti di quella determinata cultura.

Vi sono autori contrari alla tesi che la forma del proiettile sia collegata al tipo di caccia (KEHOE, 1973:64) e altri contrari alla tesi che la punta sia sempre collegabile al tipo di proiettile (ELLIS 1997:37, THOMAS 1978: 468). Nel capitolo dedicato alla balistica terminale (v.2.4 e segg.) verranno espresse considerazioni sperimentali – e pratiche - da cui si evincerà come, in funzione del sistema arco – arciere – bersaglio, l'aspetto "culturale - stilistico" sia meno convincente di quello prettamente funzionale.

## 2. L'arco e le frecce in una prospettiva materiale

La bibliografia tecnica sull'arco, da un punto di vista etnoantropologico, preistorico e storico, è molto spesso vaga e superficiale (nell'ambito dei dati che a noi interessano), come abbiamo già riportato. Comunque sia, l'elaborazione teorica dei modelli matematici fa immediatamente comprendere quanto risulti critico l'aspetto della geometria costruttiva per le *performance* del sistema; e nella stessa maniera quali siano le caratteristiche dell'effetto sulla preda animale[3][3] in funzione del proiettile.

A questo punto, appare importante definire quali sono queste performance, poiché ogni arciere pone le sue aspirazioni sull'attrezzo. Ragionando quindi con una logica stringente, le aspirazioni principali di un arciere che deve utilizzare l'arco per il suo dovuto ruolo (caccia, pesca e combattimento tra umani[4][4]) dovranno essere:

---

[3][3] Il presente lavoro si occupa del cacciatore con l'arco che pratica la sua attività con frecce non avvelenate, non del guerriero-arciere. Comunque sia, problematiche legate al killing power e agli effetti terminali della freccia possono essere intuitivamente valide anche per il combattimento tra umani, salvo poi distinguere aspetti legati all'evoluzione delle protezioni artificiali (che, ad esempio, hanno rese necessarie diverse cuspidi con effetto penetrante superiore) o a diverse dinamiche legate alla tattica di combattimento (la freccia come arma d'artiglieria).

[4][4] Nell'economia generale del conflitto tra umani, la freccia deve comunque mettere "fuori combattimento" l'antagonista, e possibilmente creare motivo di impedimento ai colleghi nel tentativo di curare il ferito o portarlo in

1) 1) **possedere e ben utilizzare** arco e frecce di qualità
2) 2) che questo insieme arco freccia **sia durevole ed efficiente**;
3) 3) che sia in grado di scagliare le **frecce più veloci possibile**;
4) 4) che esse possano **penetrare nel bersaglio profondamente** provocando in esso gli effetti più devastanti, per il recupero e per neutralizzare la possibile reazione[5][5].

In molti antichi trattati del vicino oriente (G.AMATUCCIO, 1995) vengono espresse, come doti fondamentali dell'arciere la precisione, la destrezza e la potenza. Sembrerebbe ovvio, ma oggi tirare d'arco per colpire un bersaglio significa solo precisione, e di conseguenza i criteri sia meccanici che comportamentali con cui un sistema complesso come quello uomo-arco-freccia-bersaglio viene normalmente studiato e valutato dagli addetti ai lavori[6][6] sono ben lontani da qualsiasi visione utile per il suo studio dell'arcieria nella preistoria ed in etnologia. Questo desiderio, o somma di desideri, rappresenta la sintesi della vera problematica di studio dell'arco e della freccia e della sua destinazione d'uso.

La definizione di "buona performance" dell'arco varia in funzione dell'uso che di esso se ne fa: ad esempio, i tiratori di gittata[7][7] vogliono enfatizzare la distanza percorsa dalla freccia, indipendentemente da tutto il resto; i tiratori al bersaglio[8][8] desiderano un arco stabile nelle mani, facilmente governabile e semplice da mettere a punto, i cacciatori (e nel nostro caso, i tiratori d'arco della preistoria) ovviamente desiderano archi durevoli in grado di scagliare frecce letali sulla selvaggina [9][9].

*2.1 Possedere e ben utilizzare arco e frecce*

Su questa lapidaria frase ci sarebbe molto da scrivere. Nella prospettiva specifica dell'arco e della freccia (dalla preistoria di ventimila e forse più anni fa fino al medioevo)

---

salvo. Questo è testimoniato da ricorrenti differenziazioni tra fogge delle cuspidi e sistemi di fissaggio con l'asta rispetto ai sistemi utilizzati per la caccia.
[5][5] Della preda, se pericolosa e ovviamente del nemico in combattimento.
[6][6] L'arco moderno è studiato prevalentemente da chi si occupa della sua disciplina sportiva.
[7][7] specialità in auge nell'impero ottomano, consiste in una gara che premia chi scaglia più lontano le sue frecce. E' considerata una vera e propria" formula uno" dell'arcieria, praticata da secoli in oriente, che ha visto record ancora imbattuti. Gli archi utilizzati sono quelli di tipo composito, ricurvo e riflesso.
[8][8] Il tiro al bersaglio moderno
[9][9] cfr. 1.1

possedere per un cacciatore un buon arco e relative frecce efficienti e poterle utilizzare, rappresenta un grosso privilegio. Costruire l'arco -in sé- non è un problema di ingegno e manualità particolare, in quanto un buon legno stagionato (o verde ma comunque flessibile e asciugato con il calore) una volta piegato e incordato diventa comunque un *propulsore* da freccia, ed un esempio visivo può essere sufficiente. Ma costruire un arco *efficiente* e *durevole* non è facile, e soprattutto:

1. 1. *costruire delle frecce adeguate alle caratteristiche dell'arco*: lo spessore, il bilanciamento e il modulo di elasticità dell'asta di freccia deve essere adeguata al modo con cui l'arco restituisce l'energia immagazzinata durante la tensione;
2. 2. *uguali tra loro, in numero cospicuo*: considerazione ovvia, diverse frecce impatteranno in punti diversi del bersaglio;
3. 3. *assemblate con punte di freccia efficienti per la caccia:* non è operazione da poco, richiede altissima specializzazione. Esse devono essere assemblate con punte efficienti: la lama di pietra è importante per: il suo peso e lunghezza (influenzando il posizionamento dei punti nodali dell'asta e quindi la sua flessibilità e la conseguente balistica esterna) e la sua connessione con l'asta nonché l'efficienza della linea di taglio (combinazione tra lunghezza, larghezza, profilo, sezione e filo). Più che specializzazione!

Il *possedere* quindi diventa un fattore di alta specializzazione o frutto di uno scambio commerciale di alto livello, e il *ben utilizzare* è specializzazione ulteriore, dipendenti da:

1. 1. *la forma fisica del tiratore*: (forza->controllo del tiro) è la chiave per tendere archi forti.
2. 2. *le sue misure antropometriche*: sono chiavi interpretative molto condizionanti il modello arco – freccia – arciere – tipo di bersaglio. L'allungo fisiologico determina vantaggi e problemi contemporaneamente, ad esempio: due archi con la geometria simile, costruiti con il medesimo materiale e tecnologia, tesi a due diversi allunghi

che danno il medesimo carico finale, quello teso ad allungo superiore immagazzinerà più energia. Nello stesso tempo, la freccia maggiormente lunga dell'arco teso dall'arciere con il maggiore allungo, sarà a) più pesante, b) probabilmente di maggior sezione e quindi più critica da "mettere a punto" con l'arco.

3. 3. *le sue possibilità di allenarsi*: è funzione di tanto tempo (e tanti tiri) a disposizione per raggiungere la forma ottimale utilizzando frecce "da allenamento" fatte con cuspidi più economiche di quelle per la caccia ma dello stesso peso e lunghezza, probabilmente meno rifinite oppure in osso, e della capacità di costruire/mantenere bersagli che non danneggiano le frecce nei tiri ripetuti[10[10]].

Ancor più complesso è l'*utilizzo in caccia*: gli skills del cacciatore sono frutto di esperienza vissuta e tramandata, di compenetrazione negli elementi fino quasi ad assurgere il ruolo del predatore "naturale" per via della distanza estremamente ravvicinata necessaria ad un buon tiro. L'uso dell'arma (in questo caso molto sofisticata) permette l'economia di energie e soprattutto la possibilità di selezionare la preda[11[11]].

2.2 *Arco durevole ed efficiente: la Balistica interna del sistema*

La balistica interna riguarda tutto ciò che avviene prima del rilascio della freccia; Il processo balistico interno del sistema arco-freccia-arciere è sinteticamente il meccanismo di conversione del lavoro muscolare dell'arciere in potenziale elastica dell'arco, piegato quindi dall' azione biomeccanica. In termini fisici, è la misura della quantità di "energia "potenziale" immagazzinata e, in un certo qual modo, della sua "qualità[12[12]]".

---

[10[10]] curiosamente, il problema dell'allenamento non è mai stato affrontato in modo sistematico da nessuno studio archeologico e paleoantropologico. Allenarsi per mantenere la forma fisica dei muscoli dorsali e la precisione è fondamentale; soprattutto genera prodotti secondari che potrebbero essere evidenze archeologiche utilissime. Per ogni freccia scagliata in caccia, ragionevolmente un arciere scaglia mille frecce in allenamento su bersagli che non danneggiano le frecce.

[11[11]] La selezione della preda diventa fattore critico nelle collettività "stanziali" che non possono permettersi il depauperamento indiscriminato delle risorse.

[12[12]] V. BRIZZI, E .FERRARO, 1991

Per qualità possiamo intendere tutta la serie di fattori che permettono di determinare "previsioni" sul funzionamento balistico dell'arma, desumibili dalle proprietà meccaniche del legno, dal disegno (geometria) dell'arco, e da quanto e come si comporta sotto lo stress della tensione. Non importa che un arco accumuli "molta" energia: è necessario che il processo di accumulazione di energia elastica potenziale sia graduale e comunque distribuito in modo tale da consentire un'agevole azione biomeccanica e, ovviamente, la più lunga durata all'arco sotto ogni condizione.

Domandarsi quanto abbia senso elaborare un modello matematico del sistema arco-freccia senza includervi l'arciere è un'ottima questione. D'altra parte è interessante restringere il campo ad osservazioni meccaniche pure in cui la matematica concede il lusso di elaborare modelli predittivi sperimentali (sul comportamento della macchina sollecitata nelle varie componenti) e da qui formulare congetture ed ottenere conferme attraverso le ricostruzioni sottoposte a sperimentazione.

A fronte di un ritrovamento archeologico, la struttura dell'arco comunica in diretta l'abilità e la specializzazione di chi la ha ideato e realizzato. L'arco è una macchina il cui scopo è quello di devolvere la maggior parte di energia immagazzinata durante la sua trazione per far volare in modo accurato ed efficace la freccia al rilascio della corda.

Diversi tipi di arco (e per diversità intendiamo *geometria, costituzione e dimensioni*) hanno diversi modi di comportarsi. Dal punto di vista della "macchina" queste componenti determinano diversi "modelli matematici".

Il modello matematico prescinde quindi dall'arciere, funziona perfettamente come se l'artefice della trazione e del rilascio fosse una macchina. Più fine è il modello (in altre parole, maggior numero di variabili tiene in considerazione) maggiore è l'attendibilità delle risposte. Ma la "chimera" che si vuole raggiungere, quella di ottenere tutte le risposte, è imprescindibile dalla realizzazione di un modello matematico del tiratore…il sogno elusivo della cibernetica!

Uno dei sistemi più ovvi per studiare gli archi antichi è sempre stato quello di costruirne delle repliche e fare degli esperimenti con esse. I primi pionieri in questo campo

furono Pope[13][13], Mac Ewen e Miller[14][14] che pubblicarono interessanti osservazioni soprattutto per quello che riguarda gli archi compositi orientali e quelli nordamericani. L'approccio teorico e sperimentale, su cui hanno lavorato Hickman,[15][15] Nagler e Klopsteg (autori del famoso *Turkish Archery*) fornisce interessanti spunti. Ancor più efficace appare il moderno lavoro di B.W.Kooi [16][16] e C.A. Bergman, che punta a descrivere in modo originale il problema. I dati ottenuti dalle sperimentazioni, effettuate dal sottoscritto con l'uso di celle di carico digitali, apparati stroboscopici e analisi dinamiche sono concordi con quest'ultimo lavoro[17][17].

I parametri da considerare nel modello che determinano l'azione meccanica nell'arco sono:

arco:

- - *lunghezza dei flettenti*
- - *lunghezza dell'impugnatura*
- - *forma dei flettenti non incordati*
- - *forma della sezione del flettente per tutta la sua lunghezza*
- - *proprietà elastiche dei materiali costituenti i flettenti*
- - *massa specifica del materiale costituente i flettenti*
- - *geometria della parte terminale dei flettenti (se presente)*
- - *massa dei puntali sulle estremità dell'arco (se presenti)*
- - *distanza arco corda (brace height)*
- - *allungo (lunghezza alla massima trazione)*

corda

- - *massa della corda*

---

[13][13] S. POPE 1974
[14][14] MAC EWEN, MILLER 1991
[15][15] C.HICKMAN, 1937 - 1947
[16][16] B.W.KOOI 1997
[17][17] V.BRIZZI, 1989

- - *proprietà elastica della corda*

freccia

- - *massa della freccia*

Questi parametri permettono di risalire al carico dell'arco e al modo con cui l'energia viene accumulata durante la trazione. Permettono anche di risalire al modo con cui questa energia accumulata viene ripartita alla freccia. In questa operazione di "reverse engineering" si ripercorre a ritroso ciò che viene fatto dal costruttore, che rifinisce nelle operazioni di tillering[18[18]] il suo arco finché non ottiene il carico all'allungo voluto, e dall'arciere che da parte sua regola la distanza arco corda modificandone la lunghezza .

### 2.2.1 Rendimento dell'arco

Un'azione di tiro coinvolge tre tipi di energia diversa; vediamo quali. Il lavoro compiuto dall'arciere nel tendere l'arco si trasforma in energia potenziale elastica accumulata dalle fibre della struttura dei flettenti. Dal momento che avviene il rilascio della corda, questa energia si trasforma in energia cinetica, cioè di movimento, della corda-freccia. Appena la freccia lascia la corda, essa vince la sua energia potenziale gravitazionale a spese della sua energia cinetica. Se non esistessero attriti, l'energia dell'arciere verrebbe trasferita attraverso questi passaggi senza perdite. Così non avviene;

[18[18]] tillering: è l'operazione che consiste nell'asportare dall'arco appena costruito legno (o altro materiale costituente del flettente) in modo da ridurre al carico voluto il medesimo oppure "bilanciare" i due flettenti tra loro in modo che siano geometricamente simmetrici durante la trazione.

l'isteresi19[19] la resistenza dell'aria, la massa in movimento20[20] ed altre forme di attrito riducono l'energia risultante.

É possibile determinare il **rendimento dell'arco** sottoponendo al modello matematico i parametri fisici misurati e calcolare il rapporto tra E.cinetica della freccia e E.potenziale dell'arco. Più il rapporto si avvicina a 1 meglio è, ovviamente.

Per comparare le performance tra diversi archi, è utile introdurre tre coefficienti di qualità:

P: coefficiente di qualità "statica" -> misura la quantità di energia potenziale elastica è realmente immagazzinata nei flettenti dell'arco completamente teso; è definito come l'energia immagazzinata che determina la deformazione dei flettenti e nella corda tendendo l'arco dalla posizione "a riposo" verso quella finale, ad arco completamente teso diviso il carico X l'allungo;

η: *è l'efficienza, misurata come energia cinetica trasferita alla freccia diviso P; indica la quantità di energia utile disponibile alla propulsione della freccia;*

ν: *quantità proporzionale alla velocità iniziale, una costante che dipende solo dal carico, allungo e massa dei flettenti.*

Per chi desidera ottenere le gittate maggiori dal proprio arco, la velocità iniziale che deve avere la freccia al distacco dalla corda è estremamente importante: maggiore è questa velocità, più lunga sarà la traiettoria. Ovviamente la resistenza dell'aria è un fattore importante da considerare; come pure l'angolo di alzo, che deve essere intorno ai 45°, e la superficie d'impennaggio della freccia deve essere ridotta al minimo.

Ma questo è argomento della balistica esterna21[21].

Il tiro al bersaglio, ed anche il tiro di caccia, necessitano archi docili, che non abbiano "rinculo" e vibrazioni all'uscita della freccia in modo da rendere accurato il

---

19[19] Isteresi**:** dal punto di vista fisico è il ritardo con il quale un fenomeno si manifesta rispetto all'azione delle cause che lo producono, in relazione con le trasformazioni precedentemente subite dal materiale sottoposto allo stress. Un corpo soggetto ad una sollecitazione si deforma, (il flettente). Se la sollecitazione è debole e graduale, la deformazione si manifesta proporzionale alla forza, e non c'è isteresi. Se invece la sollecitazione è forte e veloce, la deformazione scompare con un certo ritardo dal corpo deformato, e quindi l'energia spesa non viene resa totalmente (al rilascio) dalle fibre del flettente.)

20[20] questa massa è definita "virtuale" in quanto non misurabile direttamente.

21[21] cfr. 2.3

tiro il più possibile, ed è abbastanza difficile tradurre analiticamente questa qualità: sicuramente una grande efficienza è un buon punto di partenza, anche se significa velocità di uscita non elevate. L'arco non deve enfatizzare l'errore umano, anzi lo deve possibilmente ridurre.

### 2.2.2 Classificazione degli archi in funzione del modello

Per questo studio, gli archi vengono classificati in funzione della loro geometria e delle proprietà dei materiali costituenti la struttura dei flettenti.

**a) Arco dritto** (*straight bow* - arco a flettenti dritti): Il contatto con la corda è solo all'estremità, (puntale) vedi Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**

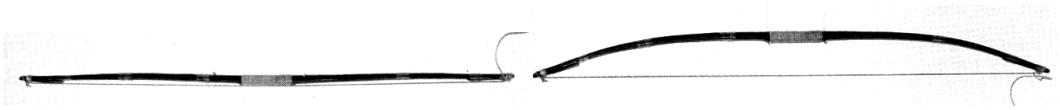


Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**

Arco dritto, scarico e incordato

**b) Arco Angolare** (*angular bow*) arco ritrovato in Egitto e usato presso gli Assiri. Nella fase "a riposo" forma la caratteristica geometria triangolare. E' definibile anche come "arco ad impugnatura riflessa[22[22]]"(Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**)

Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**

Arco angolare scarico e incordato

**c) Arco ricurvo passivo o statico**

Nell'arco statico ricurvo (o ricurvo passivo) la parte finale del flettente è ricurvata verso il bersaglio ed è unita al corpo del flettente con una giunzione rigida. Nella posizione incordata e a riposo, la corda tocca il flettente, e durante la trazione se ne distacca. Il tipo persiano, scarico, ha una forma rettilinea. In questa posizione, il tipo

[22[22]] cfr BRIZZI, V., FERRARO, E.. , 1991

turco ha una curvatura del flettente al di sotto delle leve con la concavità rivolta verso il bersaglio.

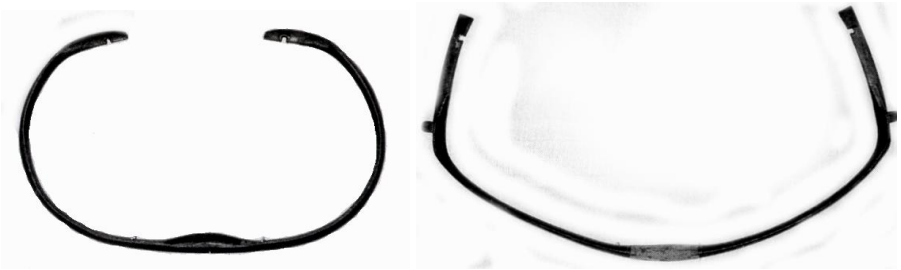


Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**

Arco ricurvo passivo (scarico): turco (sin) e persiano (dx)

Figura **Errore. Il segnalibro non è definito.**

Arco ricurvo passivo (carico): turco (sin) e persiano (dx)

**d) Ricurvo attivo**

È la forma più consueta dei moderni archi ricurvi[23][23]: la curvatura è omogenea e la leva (diversamente dal ricurvo passivo, flette senza discontinuità, la corda tocca la parte superiore del flettente in posizione "a riposo". I coefficienti di qualità per i quattro tipi di arco testati dal modello si riferiscono ad archi del medesimo carico, allungo, massa dei flettenti, massa della freccia e massa della corda.

Tabella **Errore. Il segnalibro non è definito.**

Tabella 1. Rendimenti a confronto tra le diverse geometrie d'arco

| tipologia | P | η | ν |
|---|---|---|---|
| Arco dritto | 0.405 | 0.766 | 2.00 |
| Arco angolare | 0.389 | 0.713 | 1.90 |
| Persiano(ric. passivo) | 0.430 | 0.667 | 1.98 |
| Turco (ricurvo passivo) | 0.488 | 0.620 | 1.99 |

[23][23] l'arco ricurvo attivo moderno qui è esaminato per termine di paragone. La sua maggiore efficienza è data si dal disegno ma è ottenibile solo con la struttura laminata dei flettenti e la fibra di vetro.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ricurvo attivo | 0.437 | 0.769 | 2.10 |

**P**: coefficiente di qualità "statica" ;**η**: è l'efficienza, **ν**: coeff. Proporzionale alla velocità iniziale.

I coefficienti di qualità statica per l'arco ricurvo passivo (turco e persiano) sono maggiori degli archi non ricurvi. Questo significa, ovviamente, che i primi immagazzinano più energia potenziale elastica durante la trazione. Una sorpresa riserva il coefficiente di qualità dinamica: gli archi dritti rimangono decisamente più efficienti (questo per via, soprattutto, della minore massa dei flettenti verso le estremità). Il coefficiente di velocità non subisce variazioni particolari, anche se in lieve percentuale avvantaggia i non ricurvi. L'arco ricurvo moderno "attivo" unisce le qualità di entrambi: alta energia immagazzinata, alto coefficiente di qualità dinamica, alto coefficiente di velocità all'uscita. E' interessante a questo proposito entrare in merito ai diagrammi che mostrano il progredire del carico all'aumento della trazione e il modo con cui il carico viene ripartito alla freccia durante il percorso inverso: analizzandolo in dettaglio, il grafico mostra con chiarezza cosa avviene.

In conclusione, se si escludono gli archi moderni realizzati in struttura composita legno e fibra di vetro, gli archi a profilo dritto (la totalità di quelli rinvenuti in scavo e la maggior parte di quelli di cui si ha un riscontro etnografico) a sezione piatta e a impugnatura riflessa (archi caratteristici delle culture native nordamericane) sono a tutti gli effetti gli strumenti a miglior rendimento dinamico mai ideati dall'uomo.

### *2.3 Efficienza e velocità: Balistica esterna dell'arco e della freccia*

È ovvio che un arco ben strutturato, con tutte le carte in regola ed i requisiti necessari, senza la freccia appropriata non rende affatto. Un grande capo pellerossa diceva così a proposito del problema: "ogni arco è un buon arco, l'importante è che la freccia sia dritta[24[24]]". Questa frase, verissima nella sua essenza, fa da contrappunto con l'antico detto "impara l'arte e mettila da parte" . Ironicamente sottintende tantissimo. E la freccia non

[24[24]] Crazy Horse (riportato da HAMILTON, 1960)

deve solo essere dritta. I fattori che pesano sulla dinamica della freccia sono numerosi. Naturalmente affrontandoli separatamente è possibile comprendere come la loro combinazione determini comportamenti così critici nella pratica.

La Balistica esterna è l'analisi e la descrizione di ciò che avviene al momento successivo del rilascio della corda. Sinteticamente riguarda i fenomeni in corso durante la corsa della corda con la freccia ancora solidale con essa, e nei momenti immediatamente successivi, il volo di essa prima dell'impatto con il bersaglio. La prima parte è rappresentata dal famoso (*arcieristicamente parlando*) "paradosso dell'arciere[25][25]" , il fenomeno ancor oggi non è completamente compreso[26][26] e riguarda il complesso meccanismo di oscillazioni sul piano orizzontale dell'asta della freccia ancora solidale con la corda che interagisce con la faccia laterale dell'arco. L'entità di queste oscillazioni determina spostamenti della traiettoria iniziale della freccia verso destra o verso sinistra, che, come tali, devono essere bilanciate ricercando aste di freccia con opportune caratteristiche di *spine*[27][27] che compensino queste interazioni in modo da poter contare su traiettorie "efficaci".

Tirare, con lo stesso arco, frecce di diverso spine significa vederle impattare sul bersaglio a destra o a sinistra del punto mirato. Questo importante fenomeno spiega la necessità (e la difficoltà) di individuare aste dedicate all'arco e all'arciere che le utilizza, tutte rigorosamente con un grado di flessibilità (resilienza[28][28]) omogenea e adeguata, e spiega la specializzazione necessaria per realizzare un "kit" di attrezzatura efficace. Ad un arciere ovviamente non basta una sola freccia, ma un grande numero: la difficoltà di

---

[25][25] HICKMAN, 1937, BRIZZI – FERRARO 1991

[26][26] KOOI, 1998, BRIZZI – FERRARO 1991

[27][27] spine: termine anglosassone che sintetizza le proprietà elastiche delle aste di freccia; viene classificato con un indice statico (ponendo un peso nel baricentro dell'asta vincolata agli estremi su due sostegni e misurando il grado di inflessione) ma in realtà sottintende proprietà dinamiche della freccia, le cui variabili indipendenti sono la lunghezza, la massa, la resilienza, il modulo di elasticità e la densità del materiale costituente la freccia che influenzano le oscillazioni intorno ai punti nodali dell'asta.

[28][28] dal latino "resilire", cioé rimbalzare. 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 misura e natura. Essendo un fenomeno eminentemente dinamico, la misura statica dello "spine" si rivela quindi insufficiente.

fabbricare più frecce di legno con uguali caratteristiche (spine) pone questa tecnologia in un ambito molto specializzato[29][29].

Ciò che avviene con la freccia in volo è il campo del calcolo della traiettoria. La traiettoria della freccia, in ultima analisi, è il risultato di un processo conservativo energetico. La freccia, nei primi metri di volo possiede energia cinetica (energia in funzione del suo movimento) risultante dalla trasformazione dell'energia elastica potenziale accumulata dall'arco grazie al lavoro compiuto dall'arciere nel tenderlo. Il concetto di "rendimento" della macchina arco (isolando quindi il sistema) non è altro che il rapporto tra energia potenziale/energia cinetica, mai uguale ad uno. Il calcolo delle perdite d'energia coinvolge fattori meccanici molto importanti quali la distribuzione delle masse nell'arco e le proprietà meccaniche dei materiali.

Dopo i primi metri di traiettoria, i fattori legati alla penetrazione della freccia nell'aria spostano il problema balistico esterno in un calcolo delle resistenze aerodinamiche del proiettile. La freccia è un "missile" che nel suo moto offre all'aria una superficie d'urto pari all'area in sezione dell'asta, della cuspide e soprattutto dell'impennaggio. La caduta gravitazionale (considerando una determinata densità dell'aria) è funzione poi della massa della freccia e ovviamente della velocità all'uscita dall'arco. L'impennaggio (il suo dimensionamento e posizionamento) è quindi il principale fattore condizionante la caduta a parità di massa e velocità di uscita (maggiore è, intuitivamente, più resistenza è offerta all'aria e più velocemente la freccia rallenta e cade). Per contro, gli sbandamenti sul piano orizzontale della freccia (causati dalle oscillazioni di cui sopra) - vere e proprie "perdite di energia" - sono riducibili grazie ad esso, e il posizionamento del baricentro dinamico dell'asta viene ad essere influenzato dal "volume di coda" risultante.

Maggiore è il volume di coda più rapidamente la freccia assume una traiettoria ottimale (e di conseguenza, la relativa "balistica interna" al contatto con il bersaglio ne trae

---

[29][29] Da una intervista (1994) dell'autore con un Archie Little, anziano Lakota Oglala che rievocava i racconti del bisnonno, la catena operativa della costruzione dell'attrezzatura (arco + frecce) nel suo villaggio comprendeva - alla metà dell'ottocento - ben nove diversi "professionisti", di cui uno preposto alla costruzione dell'arco e otto alla selezione-costruzione-assemblaggio-verifica delle frecce (non veniva nemmeno contato chi fabbricava le cuspidi!).

giovamento. Nello stesso tempo, più vistose sono le penne, più vengono facilmente emendati eventuali errori nel rilascio della freccia.

Il tiro utile in caccia grossa[30][30] va da pochi metri a non più di 25 – 30 metri (improbabilmente comunque oltre i quaranta metri). Le cadute aerodinamiche, nei primi venti metri di traiettoria, utilizzando cuspidi di massa prossime ai 7 grammi, sono limitate e non condizionano granché la precisione legata alla valutazione della distanza e quindi dell'alzo. Ecco perché la stabilità in volo vuole impennaggi di discrete dimensioni (L > 10 cm, 1,5 > H > 0.8 cm) per stabilizzare il volo il più velocemente possibile e "perdonare" errori dovuti a movimenti biomeccanici non perfettamente lineari – cosa che in situazioni di caccia può avvenire spesso. Una freccia con le caratteristiche descritte (considerando un sistema costituito da un arco da 25 kg, una freccia di 30 g e una velocità di uscita di 60 mt/sec.) scagliata a 45° può percorrere fino a 200 metri[31][31]. Analizziamo ora alcuni indicatori importanti:

a) *Distanza arco-corda (brace height).*

Generalmente è una dimensione determinabile durante la messa a punto preliminare di ogni arco. Il suo giusto calibraggio implica un arco silenzioso e con scarse vibrazioni. Se la distanza è alta si avrà un carico terminale all'allungo più alto di quello per cui l'arco è stato costruito.

In compenso l'intervallo tempo/spazio per il quale corda e freccia saranno solidali sarà minore. L'effetto sarà di un arco con minore energia immagazzinata. Però con tolleranze superiori nei confronti dei diversi spine di freccia. Saranno archi meno problematici (a volte) più stabili, ma meno veloci. Con un "brace" minore, l'effetto opposto. Maggiore energia accumulata, maggiore velocità di uscita, maggiori vibrazioni, maggiori difficoltà nel trovare aste adeguate (la freccia interagirà con la corda per più tempo); é da ricercare il giusto compromesso.

---

[30][30] Per caccia grossa intendiamo la caccia a selvaggina di peso superiore ai 150 kg.

[31][31] Per il tiro ai volatili – e considerando la preziosità della freccia in sé – il rischio di perdere il manufatto è altissimo e critico. In questi casi, impennaggi di maggior volume limitano la traiettoria a poche decine di metri, facilitando il recupero della freccia (la resistenza dell'aria è proporzionale al quadrato della velocità e alla superficie frenante.

b) *Grado di "center shot".*

I moderni archi dispongono di finestrature[32][32] in grado di portare la freccia molto prossima al centro dell'arco dove passa la linea verticale complanare al piano virtuale di scorrimento della corda. Gli archi preistorici ovviamente No. Molti archi osservati in popolazioni di cacciatori raccoglitori di oggi manifestano una esplicita curvatura sul piano verticale, creata appositamente per diminuire la distanza tra il center shot e il piano virtuale di scorrimento della freccia. In ogni caso le divergenze (anche se minime) tra asse di freccia e linea centrale dell' arco *deve* esistere, perché altrimenti è impossibile compensare le oscillazioni prodotte nel movimento della corda comunicatesi alla freccia.

c) *Diametro freccia.*

È, come indicato, un fattore aggravante il problema b). Più la freccia è grossa, maggiormente il suo asse si discosta dall'asse centrale di scorrimento corda.

d) *Spine dell'asta*

Non é detto che a parità di sezione di freccia in legno si abbiano le medesime risposte dinamiche di spine sotto la sollecitazione della corda in movimento, e nei momenti successivi di volo. E' un problema di resilienza (vedi nota 39).

e) *Carico e distribuzione dello stesso durante la corsa della corda.*

Risulta chiaro a questo punto, come l'andamento del grafico di trazione di un arco possa rivelarci comportamenti intrinseci del fenomeno dinamico.
Due archi di egual carico possono richiedere aste con "spine" differenti se gli incrementi di carico per unità di allungo sono diversi tra loro. Se è presente "stack" nel momento terminale della trazione di un arco, si dovranno usare aste più rigide anche se l'EEP accumulata è uguale o inferiore all'altro. La freccia subirà, in questo caso, accelerazione

---

[32][32] La "finestra" dell'arco moderno è uno *scasso* dell'impugnatura che compare sulla sinistra (impugnando l'arco) per un tiratore destro, sulla destra dell'arco per un mancino.

superiore nel momento in cui la sua lunghezza libera di inflessione è massima. Naturalmente. Il grafico di trazione nella fase di apertura dell'arco è diverso da quello effettuabile in chiusura (i fenomeni di isteresi si fanno sentire) e le accelerazioni positive e negative che la corda impartisce alla freccia sono fenomeni macroscopici. Essi, come si è visto, dipendono dalle masse dei flettenti in movimento e dalla tensione della corda.

f) *Materiale costituente la corda.*

La corda è della massima importanza. Le fibre vegetali ritorte e intrecciate (canapa e lino) e altre (cotone) normalmente osservate dagli etnologi dimostrano proprietà assolutamente insospettabili.

La loro capacità di non allungarsi è paragonabile ad alcune fibre sintetiche moderne, anche se il loro carico di rottura è decisamente più basso. Le fibre animali (tendine e budello) risultano essere molto efficienti, purché in climi privi di umidità. La corda accompagna la prima fase di accelerazione della freccia. Alla fine della sua corsa, essa rallenta in modo brusco (la rapidità della frenata è funzione diretta al grado di indeformabilità del sistema di fibre della corda). Più la frenata è brusca, meglio l'energia è comunicata alla freccia. La corsa della corda risulta mutata in fase ed in traiettoria. Viene così minimizzato il fenomeno della sinusoidalità e di conseguenza anche lo "spine" è meno accentuato (d'altro canto, visto il pacchetto energetico più cospicuo, la freccia è più sollecitata anche se più assialmente). Lo stesso diametro della corda può accentuare i suoi movimenti sinusoidali al rilascio. la combinazione di questi fattori determina svariati comportamenti. Il fattore umano, poi, gioca un ruolo molto importante. Diversi rilasci, diversi assetti, implicano diverse reazioni, sia sul piano verticale che orrizzontale[33][33].

Lavorando poi nel campo degli archi da caccia di forte carico, molto spesso l'influenza umana va ancora oltre[34][34].

---

[33][33] Sulla componente umana nel rilascio della freccia, cfr.BRIZZI 1996

[34][34] particolare interessante, gli archi egizi (ad es. la ricca collezione della tomba di Tutankhamon) avevano caratteristiche apparentemente incompatibili con le loro frecce. Se non si considera la variabile umana, in questo caso si è nel pieno paradosso. Cfr.BLYTH, 1990

g) *Peso della Freccia*

Per peso della freccia si intende usualmente la somma delle masse dell'asta, punta, cocca ed impennaggio e dei materiali leganti. Ovviamente non sempre frecce pesanti sono più rigide di quelle leggere. Una modificazione del peso della freccia causa inevitabilmente variazioni nella balistica, cioè nel punto di impatto sulla verticale. Per effetto della resistenza dell'aria, più la velocità é alta, più la gravità fa la parte del leone. I primi 30 metri generalmente sono i meno influenzati dalla caduta gravitazionale; a parità di velocità. Più la freccia è pesante, maggiormente mantiene la sua velocità. (Per le relazioni peso freccia-velocità-penetrazione cfr.cap sulla balistica terminale). In ogni caso una freccia pesante è più stabile, penetra meglio l'aria ed è meno influenzabile dal vento (od altri ostacoli). Conviene in pratica utilizzare le frecce più pesanti che permettono traiettorie più "realistiche" alle distanze massime a cui si tira.

h) *Bilanciamento della freccia*

Il baricentro di una freccia non dovrebbe mai essere, rispetto alla metà geometrica, a meno del 5% della lunghezza totale verso la punta. Per avere una freccia stabile, su una lunghezza di 28" (28"+9/16" totali) il baricentro deve essere perciò come minimo a 1 1/2" dal centro verso la punta (38 mm.). Il baricentro può essere modificato aumentando il peso della punta o delle penne; non dimentichiamo però che così si modifica anche lo "spine" dinamico. Essendo un fenomeno eminentemente dinamico la misura statica dello "spine" si rivela quindi insufficiente.

i) *Impennaggio*

Nel tiro di caccia, l'impennaggio è molto importante perché deve stabilizzare frecce pesanti scagliate da archi molto forti. Sotto questo punto di vista è opportuno fare chiarezza: maggiore è il peso in punta (e quindi il baricentro risulta spostato in avanti)

minore necessità vi sarebbe di un grande impennaggio. La stabilizzazione della freccia, da un punto di vista puramente balistico, viene data dalla posizione del baricentro. Ma è anche vero che una punta pesante normalmente è di grande larghezza, e la sua superficie deve essere assolutamente allineata con l'asse dell'asta per evitare l'effetto "alettone".

L'impennaggio riduce (frenando la parte prossimale dell'asta) gli sbandamenti laterali e porta ad una maggiore tolleranza di traiettoria. Ecco che in questo caso impennaggi di cospicua dimensione verrebbero in aiuto. Le prerogative stesse del tiro venatorio, in più, conducono ad un dimensionamento considerevole dell'impennaggio, vista la dinamica dei tiri che si svolgono normalmente in caccia, su bersagli in movimento e nei tiri effettuati in velocità.

Le penne naturali possiedono un avvitamento "naturale" per la loro struttura in cui una faccia è più scivolosa aerodinamicamente dell'altra, anche se poste diritte sull'asta, quindi stabilizzano il volo fornendo una spinta rotatoria sull'asse dell'asta (effetto giroscopico) maggiore è la loro superficie, più alta è la velocità di rotazione. L'avvitamento destrorso o sinistrorso, non ha alcuna influenza sul tiro, sempre se l'arco è ben a punto. Qualsiasi penna di qualsiasi volatile può fungere allo scopo: le migliori penne da freccia comunque sono le remiganti di uccelli di grandi dimensioni; generalmente in climi umidi le penne degli uccelli acquatici rispondono alle doti di impermeabilità necessarie per l'integrità della freccia nel trasporto e nel suo uso.

### 2.3.1 Traiettorie

Trasferire il più possibile di energia dall'arco alla freccia, e farlo nella massima percentuale dal primo metro all'ultimo, è un problema di penetrazione del fluido (l'aria) che conduce in fine dei conti alla massima penetrazione sul bersaglio. L'applicazione delle leggi di Newton dicono che maggiore è la massa del proiettile, minor perdita energetica avviene nel moto e maggiore effetto "terminale" si ha sul bersaglio penetrato. Tutto quindi va a vantaggio di una freccia pesante. Ma non avendo a disposizione infinita energia, bisogna fare ovvi conti con la velocità, che diminuisce in proporzione alla massa del

proiettile. Per essere più chiari, è vero che per la balistica una freccia pesante mantiene in maggior percentuale la sua velocità, ma è altrettanto vero che essa parte più lenta. Il rebus può essere risolto ricercando il compromesso tra l'incremento della massa e il decremento di velocità di uscita, e adottare i parametri relativi per il massimo rendimento. È ovvio che l'utilizzo di archi di carico sostenuto sia il fattore da privilegiare ogni qual volta si ragioni in termini di ottimizzazione di "traiettoria tesa - penetrazione aria e bersaglio", ma tale utilizzo è limitato dalla forza fisica del tiratore e dalle proprietà meccaniche dei materiali naturali utilizzabili.

E' convinzione dell'autore che le "unità di misura e di opinione" odierne (riferite al carico medio di un arco sportivo) siano assolutamente fuori gioco nell'ipotesi di ricreare scenari d'utilizzo preistorici. Sicuramente è più difficile costruire un arco di forte libbraggio (superiore ai 30 kg di trazione) rispetto ad uno di 15-20 Kg. Ma senza tirare in ballo i Longbow inglesi e la guerra dei cent'anni con i loro carichi di 100 e più libbre[35][35] (50 kg. di media) è prevedibile che un arciere preistorico fosse ben in grado di allenarsi con archi molto forti, e che facesse di tutto per ottenerli.

La massa di alcune frecce[36][36] e cuspidi ritrovate, permette un processo di ingegneria inversa che fa supporre archi con carico medio superiore alle 70 libbre (33 Kg), e la logica stringente della balistica terminale a certe prede conduce nella medesima direzione. Le cuspidi di massa inferiore ai 2 grammi (comuni in nord africa e nei territori prevalentemente desertici) si ritrovano spesso nei luoghi ove la vegetazione e la disponibilità di legno adatto condiziona la scelta del materiale per l'arco, o di quelle a piccola sezione, porta a immaginare un tipo di caccia diverso da quello in solitario, svolto in gruppo, ove il limitato killing power viene accresciuto da un potenziale impatto multiplo (più frecce scagliate da più cacciatori).

D'altro canto, il fatto che molti reperti integri giunti fino a noi siano di "debole costituzione" non deve trarre in inganno[37][37], ma dovrebbe invece far supporre il loro

---

[35][35] Dal Mary Rose Project, che permise la ricostruzione di alcuni archi dell'epoca di Re Enrico VIII ritrovati a bordo del vascello Mary Rose affondato all'imboccatura del Tamigi nella seconda metà del 16 secolo, risultarono archi fino a 140 libbre di carico.

[36][36] Vedi le frecce dell'Uomo dei Ghiacci

[37][37] Ovviamente ciò non vale per i ritrovamenti "congelati all'istante" come quello del ghiacciaio del Similaun.

limitato uso, l'utilizzo da parte di ragazzini, o il loro scarto. Il destino di un buon arco forte è inevitabilmente la rottura, mentre un arco debole può resistere maggiormente alle sollecitazioni. Le sollecitazioni che la struttura di un arco da 70 e più libbre riceve, prima o poi hanno ragione sull'integrità del legno. Qualsiasi arciere moderno che utilizza archi di solo legno lo sa benissimo, e nelle battute di caccia che si protraggono per più giorni volentieri porta con sé almeno un arco di scorta.

*2.4 Penetrazione ed effetti sul bersaglio: Balistica terminale della freccia*

La balistica **terminale** riguarda l'analisi di tutto ciò che avviene all'impatto sul bersaglio. Alle considerazioni energetiche derivanti dalla balistica esterna (la freccia dotata di massa e velocità) vengono aggiunte le considerazioni legate alla forma, materiale e proprietà della cuspide e le rispettive conseguenze funzione della natura dei tessuti del bersaglio, nonché alle sue caratteristiche biologiche.
La balistica terminale distingue il potere d'arresto (stopping power) dal potere lesivo (killing power). Questi due parametri, associabili a qualsiasi genere di proiettile scagliato, assumono particolare significato quando il proiettile è lento e quando la massa della selvaggina è grande.

2.4.1 Potere di Arresto (Stopping power)

E' quell'effetto terminale del proiettile che causa la perdita dei sensi della preda, o comunque il suo arresto e immobilizzazione nel momento dell'impatto.
Intuitivamente, si può essere portati a pensare che lo stopping power sia dovuto all'impulso della massa del proiettile sul corpo del selvatico, fisicamente la forza (o l'inerzia) del proiettile che si scarica su di esso nell'unità di tempo. Se fosse così, le armi atte a colpire a distanza possederebbero *stopping power* in funzione di un unico parametro combinato, la massa del proiettile e la sua velocità (cioè la quantità di moto, o forza assorbita dal bersaglio nell'unità di tempo).

Vista la relativa bassa velocità e peso dei proiettili propulsi dalla sola forza umana, anche se essa risulta "potenziata" da leve o da ausili meccanici che funzionano

grazie all'accumulo di energia elastica come nel caso dell'arco e del propulsore, l'arresto della preda non può dipendere completamente da questo parametro, soprattutto quando la massa del bersaglio è superiore a qualche Kg.

Ma anche con un'arma da fuoco le cose vanno diversamente. Si sente spesso dire (e si legge anche in libri e riviste a carattere venatorio) che la forza d'urto di questo o quel proiettile (scagliato da un fucile da caccia grossa) è in grado di arrestare la carica di questo o quell'animale, anche se non colpito nei punti vitali. Il proiettile eserciterebbe quindi sulla preda una azione capace di arrestarne la corsa, o addirittura di ributtarlo indietro, per l'effetto meccanico della spinta da esso esercitata. In realtà (ed il calcolo lo dimostra[38][38]) è virtualmente impossibile arrestare un grosso animale con L'impulso generato da un qualsiasi proiettile umanamente "proiettabile". Se ciò avvenisse, lo stesso cacciatore finirebbe a gambe all'aria dopo il tiro. Il potere d'arresto è condizionato dall'energia cinetica del proiettile[39][39] e l'effetto di arresto è dovuto allo shock generato dalla pressione del corpo che penetra nel bersaglio, producendo un'onda d'urto tale da devastare tessuti a largo raggio. Nel caso di un proiettile di un'arma da fuoco, l'alta velocità che caratterizza il suo moto fa si che all'impatto con un corpo la cui composizione è all'ottanta per cento liquida crei una vera e propria onda di pressione che si propaga in modo rapidissimo, misurabile dall'**energia** del proiettile. Questa onda di pressione è devastante: lo shock causato è in grado di mettere fuori combattimento anche animali di taglia assai grande[40][40].

Un'arma proiettata da un sistema "primitivo", dal punto di vista delle velocità, non è assolutamente in grado di competere con l'energia chimica sviluppata dalla rapidissima combustione della polvere da sparo. Le velocità risultanti (e le conseguenti energie cinetiche) sono inferiori di un ordine di grandezza per un bifacciale lanciato, *bolas*, un giavellotto scagliato da un propulsore o una freccia

---

[38][38] A.PIGNONE, 1976

[39][39] Massa del proiettile per il quadrato della sua velocità ($\frac{1}{2}mv^2$)

[40][40] Ciò è soprattutto valido per proiettili con velocità superiore a quella del suono; gli esperimenti con proiettili di pistola hanno mostrato che lo stopping power è riferibile fondamentalmente alla quantità di tessuti distrutti e al conseguente shock nervoso; attualmente si propende quindi per una relazione tra s.p. e cavità provocata nel selvatico; talvolta si prende come parametro la cavità nel legno di abete. È per questo motivo che proiettili deformabili hanno uno s.p. molto maggiore di quelli camiciati (E. MORI, comunicazione personale, 2002).

scoccata da un arco, più di un ordine di grandezza per una lancia o un sasso scagliate con la sola forza del corpo.

L'energia cinetica del proiettile è quindi la principale responsabile dello "shock" che mette fuori combattimento la preda. E' ovvio il vantaggio che un adeguato stopping power procuri ad un cacciatore impegnato in una attività venatoria rivolta verso grossi animali pericolosi (o verso "animali" della sua specie armati in combattimento).

Un'arma da getto primitiva non può contare su quest'aiuto, e di conseguenza devono essere elaborate strategie venatorie ben diverse, in cui il selvatico ferito ma non immobilizzato vede scemare nel tempo la sua forza grazie all'emorragia causata dal proiettile lento, e funzionalità agli organi vitali, purché non sia disturbato. La quantità di moto, analizzata prima, in realtà è protagonista di quest'altra vicenda, che rappresenta il vero fattore critico della caccia primitiva: il killing power che vedremo più avanti.

Lo stopping power di un proiettile primitivo è comunque un fattore da considerare, per prede di piccola/media taglia. L'effetto di una freccia da 30 grammi che impatti a 60 m/sec (e che non trapassi completamente) il corpo di un selvatico, di massa non superiore ai 10 Kg è sicuramente discreta, e la maggior parte delle volte è sufficiente per provocarne la perdita di conoscenza; ciò avviene purché il proiettile ceda tutta la sua "spinta" non trapassando il bersaglio. Lo stopping power si manifesta anche quando viene lesa una articolazione in un animale di grossa taglia: proiettili dotati di sufficiente quantità di moto che possono facilmente causare fratture debilitanti anche a prede di massa superiore ai 100 kg. E' il caso di lance scagliate, grossi proiettili da fionda, bolas e ovviamente frecce di peso superiore ai 50 grammi.

### 2.4.2 Killing power: Aree vitali

In un ungulato europeo (dalle dimensioni del capriolo – min. 12 Kg a quelle del cervo – fino a 300 kg) l'area vitale in cui colpire (vista da una posizione laterale con l'asse di mira ortogonale all'asse del corpo) varia da 15 a 40 cm di raggio. In tale area e con tale orientamento troviamo polmoni, fegato, cuore. Una emorragia prodotta in questa zona è sempre rapida e mortale.

Il ferimento da proiettile primitivo è causa ovvia di emorragia. La qualità (intesa come "efficacia") della ferita conseguente all'emorragia è funzione del numero di vasi coinvolti (attraversati e lacerati dal proiettile) e del drenaggio della ferita; Il tempo che intercorre tra l'impatto e la morte del selvatico varia in funzione di questo parametro e dell'azione di disturbo causata dal cacciatore che ha inferto il colpo. In altre parole, se il colpo è ben indirizzato in area vitale e se non viene generato alcun disturbo susseguente, generalmente intercorrono da trenta minuti a sessanta minuti perché l'emorragia compia il suo effetto. Statisticamente, su selvaggina di medio-grandi dimensioni (70/150 Kg) il percorso compiuto dal momento dell'impatto a quello terminale non supera i 100 metri, spesso compiuto in discesa e verso corsi d'acqua quando presenti nelle vicinanze.

E' opportuno distinguere tra ferite che provocano grandi emorragie e quelle che inficiano la funzionalità immediata degli organi vitali. Paradossalmente, un cuore attraversato completamente da una freccia può continuare a svolgere la sua funzione per un tempo insospettabilmente grande, e se il selvatico è perturbato dal cacciatore che lo incalza, consentirgli di correre per centinaia di metri. Fondamentale è quindi l'immobilità e il silenzio, che per almeno un'ora devono seguire il colpo a segno. La caratteristica migliore di un colpo è sempre da ricercarsi nella quantità di sangue drenata dalle ferite, non dalla precisa mira al singolo organo vitale.

Nello stesso tempo, il miglior tipo di ferita con altissimo killing power e in grado di frenare la fuga o l'allontanamento del selvatico rimane quella ai polmoni. Con entrambi i polmoni attraversati da un colpo si genera un doppio collasso pneumotoracico e l'animale (se non pressato da inseguitori) si immobilizza pochi

minuti, a volte secondi, dopo l'impatto perché il sangue non si ossigena più. Le ferite al cuore, al fegato, sono sempre mortali, e in funzione dei vasi sanguigni recisi si ha un sicuro abbattimento. Generalmente un selvatico deve versare circa 1/3 (35%) del suo totale peso di sangue in circolazione per perdere conoscenza e morire.

Il sistema circolatorio di un mammifero funziona sulla base di una percentuale approssimativamente pari a 56 grammi di sangue per kg. di peso corporeo. Di conseguenza, ad un cervo da cento kg. basta un'emorragia (interna od esterna) pari a circa 1800 grammi di sangue. E' critico quindi il fattore "velocità" . Più velocemente procede l'emorragia, meno percorso il selvatico compie dal momento dell'impatto.

### 2.4.3 Fattori che influenzano il Killing power

Partendo dal presupposto che la freccia venga indirizzata verso l'area vitale del selvatico, il killing power è il potere lesivo propriamente detto, quello che misura la capacità di provocare ferite mortali alla preda. Naturalmente non si può parlare di K.P assoluto ma relativo, in funzione della massa della preda e delle caratteristiche fisiche dei tessuti. Intuitivamente, maggiore è la dimensione della lama, maggiore sarà la sezione d'impatto, il che comporta una maggior superficie attraversata e una lesione più ampia. Teniamo sempre presente che dall'entità di quest'ultima dipendono le probabilità di ottenere un decesso rapido ed un recupero. Di contro, lame di grandi dimensioni comportano maggior attrito e quindi un rallentamento della penetrazione, per cui sono adatte ad archi molto forti e veloci[41][41].

Se l'arco è lento, conviene senz'altro affidarsi a punte di modesta larghezza, con la parte distale molto rastremata. L'uso di un arco lento causa però un inevitabile e sensibile rallentamento della penetrazione, quando non addirittura l'arresto, e in ogni caso una forte riduzione delle capacità lesive (vedi anche 2.3.1).

---

[41][41] In più, maggiore è la superficie della cuspide maggiori sono gli effetti di "planata" (piccoli disassamenti provocano vistose variazioni di traiettoria)

Un discorso generale, ma doveroso, è quello relativo ai rapporti morfologia, massa e parametri fisici del proiettile e destinazioni d'uso. L'evoluzione del proiettile freccia è funzione delle materie disponibili, delle procedure costruttivo-tecnologiche legate ai sistemi di caccia o combattimento, all'adattamento all'ambiente e infine funzione naturale delle caratteristiche del bersaglio. La preda – sia essa animale o umana – può orientare la tecnologia (sia nelle componenti materiali che metodologico-costruttive) in maniera diversa.

### 2.4.4 Problemi legati al ferimento

Il proiettile primitivo nella penetrazione produce anche un piccolo effetto collaterale di shock nei tessuti immediatamente circostanti il taglio. Ad un'analisi accurata (J.STINGER *et Al.*1981 ) appaiono rotture di piccoli vasi sanguigni in un raggio di 15 cm. dalla ferita principale che possono essere interpretate solo come shock da impatto. Tale shock produce l'effetto di "intorpidire" l'area e "narcotizzare" l'effetto della penetrazione.

La medesima considerazione proviene dall'analisi chimica dei tessuti muscolari attraversati dal proiettile lento in cui non vi è associazione con adrenalina e bassa quantità di endorfina, caratteristica questa sempre riscontrabile ingigantita nelle ferite da arma da fuoco. (E.MORI *et Al.*, 1983). Questo ragionamento vale per proiettili sempre dotati di bordo estremamente tagliente, profilo a cuspide e con caratteristiche cinetiche tali da possedere quantità di moto nel range considerato.

La soglia del dolore negli animali selvatici risulta sia estremamente più alta che negli umani. Generalizzando, maggiore è la taglia del selvatico, più in alto essa si sposta e maggiori capacità di recupero si manifestano in essi. Maggiore è la "pulizia" della ferita (il proiettile affilatissimo) e migliore è la localizzazione del colpo, meno facilmente viene raggiunta questa soglia del dolore. Esempi innumerevoli di selvatici di grosse dimensioni trapassati da una freccia che continuano a brucare (e che crollano dopo qualche minuto per l'emorragia) confermano come la concezione umana del

dolore sia un parametro assolutamente non idoneo per valutare tale aspetto. Una ferita da taglio che corrisponde alla nostra descrizione e che non colpisce organi vitali può tranquillamente non rivelarsi mortale per via della bassissima percentuale di danneggiamento dei tessuti circostanti, con l'unica eccezione delle ferite addominali, che provocano quasi sempre la morte per setticemia (anche se essa può avvenire giorni dopo il colpo). Comunque sia, la fisiologia del dolore si riflette sempre nell'umano in base alla natura della ferita, come dire che l'effetto "psicologico" di un taglio anche se superficiale ha manifestazioni e reazioni "non proporzionali" alla reale intensità e gravità del danno. Non si deve quindi valutare la problematica del ferimento sotto questo aspetto "antropizzato" …ed è fuorviante umanizzare gli animali. Gli animali consciamente non possono avere il timore della propria morte, a meno che qualcuno non riesca a dimostrare il contrario.

La configurazione neurologica del dolore osservabile sia tra gli animali domestici che quelli selvatici non è misurabile, se non in termini clinici. Fisiologicamente, le terminazioni nervose che percepiscono il dolore sono localizzate sulla superficie dell'epidermide e nelle ossa. Gli organi interni vitali (cuore, fegato, polmoni e viscere) ne hanno pochissime, salvo alcune, come quelle responsabili delle nausee.

### 2.4.5 Il proiettile

Il proiettile freccia risulta composto di un'asta impennata e di una cuspide inserita nella sua estremità distale. La flessibilità dell'asta (spine) è la componente fondamentale per tutto ciò che riguarda la balistica esterna[42][42], ed il suo accoppiamento con la massa della cuspide configura un insieme dinamico i cui punti critici sono il baricentro e i punti nodali[43][43].

---

[42][42] la balistica esterna riguarda la freccia nel suo volo, dal distacco dall'arco all'istante immediatamente precedente l'impatto con il bersaglio, vv 2.3.

[43][43] V. BRIZZI, E. FERRARO, 1991, *Interpretazione Accademica del Paradosso dell'Arciere*, in: *Manuale d'Istruzione Federale*, FIARC, Milano III:23, 203-214

2.4.6.Sezione distale della cuspide

Se l'estremità distale della punta presenta una sezione trasversale a prisma o a scalpello, di spessore, nei primi istanti dell'impatto essa sfrutterà l'elasticità del tessuto (che nell'ungulato è generalmente elastico e robusto) per trascinarsene dietro un cono, il cui sviluppo è assai maggiore della sezione geometrica della punta. Di conseguenza, se il profilo della lama è largo oltre che lungo, il taglio sarà molto ampio, anche due volte maggiore della sezione stessa della punta.

Anche in questo caso si ha una certa perdita di energia all'impatto, che si traduce in una minore penetrazione e che deve essere bilanciata con un'adeguata velocità iniziale (usando quindi un arco decisamente forte[44[44]]). Se la punta è tagliente fino dall'estremità, il taglio sarà di superficie inferiore, ma sicuramente la freccia penetrerà di più, quindi le probabilità di ledere efficacemente gli organi vitali saranno maggiori.

Nel caso di una arma da getto "primitiva" come il nostro sistema arco- freccia, il K.P. è comunque funzione della penetrazione e di conseguenza alla possibilità di ledere in maggior misura gli organi vitali in profondità, provocando emorragia. Essa, a sua volta è valutabile in base a una serie discreta di parametri:

*Parametri dinamici della freccia:* massa del proiettile x la sua velocità (diversamente dai proiettili delle armi da fuoco dotati di velocità fino a 10 volte superiori e masse comunque minori, il cui KP è funzione dell'energia cinetica[45[45]]); è utile ricordare come la quantità di moto sia anche un fattore condizionante la traiettoria del proiettile (dal "lanciatore" all'impatto – campo della balistica esterna) in quanto la resistenza dell'aria (fluido meno denso dei tessuti che compongono il bersaglio) è comunque sempre direttamente proporzionale al quadrato della velocità (V.BRIZZI, 1993c). In questo caso, la primitività di un proiettile lento (rispetto alla palla di fucile) ma molto

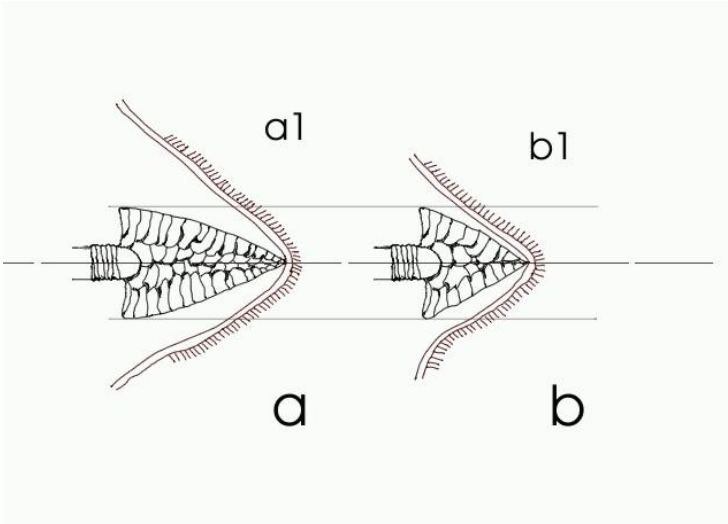
---

[44[44]] Per arco "forte" deve intendersi un arco di libbraggio considerevole e di buon rendimento, tale da poter lanciare frecce di massa superiore ai 45 grammi ad una velocità non inferiore a 60 metri al secondo.

[45[45]] L'energia cinetica è uguale alla metà della massa del proiettile moltiplicata per la sua velocità elevata al quadrato. E' intuitivo come la velocità sia quindi un fattore critico.

più pesante premia la traiettoria, nel senso che viene meno ad influire la forza di gravità e eventuali ostacoli leggeri (foglie, rametti) non perturbano significativamente il tiro[46[46]]

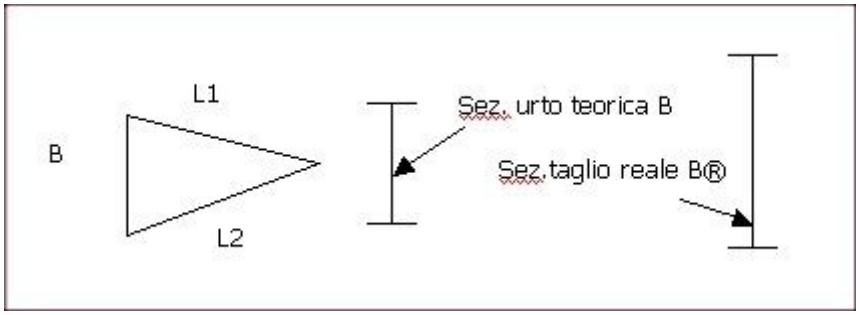
*Parametri morfologici della cuspide:* la sezione d'urto e lunghezza della parte tagliente del proiettile meritano la nostra attenzione: la resistenza negli istanti della penetrazione iniziale (la intera lunghezza della cuspide) varia in funzione dei parametri dinamici e della sezione d'urto, ma la lesione dei tessuti e degli organi attraversati dalla punta del proiettile sono funzione anche della lunghezza e del disegno (lo sviluppo della "lama" fino alla sua massima larghezza) perché la deformazione iniziale del tessuto amplia la sezione di taglio rispetto alla misura della pura sezione d'urto.




Tav.1 deformazione elastica dell'epidermide nel momento dell'impatto.

Il taglio iniziale del tessuto e degli organi interni attraversati, considerando due cuspidi della medesima sezione d'urto, varia in funzione dello sviluppo in lunghezza della lama e della continuità del taglio. Si è osservato e sperimentato (WISE 1991, BRIZZI 1992, MAYNARD 1984) come il taglio del tessuto risulti approssimativamente pari alla somma delle misure di sviluppo e altezza della lama diviso n, con n compreso tra 2 e 4 in funzione dei parametri tissutali:

46[46] Se il proiettile è lento, la forza di gravità non può fare a meno di influire maggiormente, visto che è funzione del tempo.




Tav.2

Rapporto tra sezione d'urto teorica e reale: Una lama di 2 cm. di sezione di taglio (B) e sviluppo 7 cm (L1 +L2) può provocare un taglio (B®) da 3 cm a 5 cm (non 2 cm. A cui corrisponde la sezione d'urto teorica B.). La "continuità" o linearità del taglio possono aumentare o diminuire la quantità di tessuto "trascinato". Più la lama risulta irregolare[47[47]] o a profilo arcuato più la misura del taglio aumenta.

*Parametri d'impatto della freccia:* si distinguono in statici e cinetici. Quelli statici sono funzione dell'angolo d'impatto. L'impatto del proiettile a 90° è quello che garantisce il maggior effetto e la migliore penetrazione. Quelli cinetici sono funzione delle velocità relative del proiettile e della preda. Intuitivamente la composizione vettoriale delle due velocità genera una risultante che deve essere sempre considerata, anche perché le velocità tra preda e proiettile potrebbero essere del medesimo ordine di grandezza nel caso di un selvatico in corsa.

*Parametri tissutali iniziali:* consistenza, elasticità del primo tessuto all'impatto e densità del tessuto immediatamente successivo al primo strato di epidermide, ma è molto complesso poter classificare e parametrizzare tra le diverse specie. Anche la medesima specie può modificare densità e volume del mantello in funzione del sesso, dell'età e del periodo dell'anno (sulla base del clima). Ovviamente il grado di resistenza all'impatto, nel caso degli erbivori di medio-grandi dimensioni durante il periodo estivo, è minore che nel clima freddo. Può essere anche del doppio (inibisce la penetrazione della metà). Nell'ambito dello stesso animale, in più, lo spessore del pelo del fianco diminuisce dall'alto verso il basso e dal capo verso la parte posteriore.

---

[47[47]] E' il caso delle cuspidi con ritocco denticolato (serrated point) e di quelle a profilo convesso.

*Parametri vari:* proprietà di taglio ( grado di affilatura della prima parte della cuspide in funzione del tessuto-bersaglio) e di mantenimento del taglio dopo la prima penetrazione. La proprietà di taglio del vertice della punta di freccia è critica, le punte affilate fin dall'inizio lacerano con più facilità il primo strato di tessuto. Possono però rallentare facilmente la loro traiettoria conficcandosi nelle ossa. Nel caso della selce, emblematicamente il problema è minore, perché si scheggia facilmente e la cuspide fratturata presenta un bordo ravvivato e ancor più tagliente di quello originale frutto del ritocco. Su questo fronte, l'efficacia del proiettile litico è stata verificata sperimentalmente, tale da dimostrarsi in molti casi superiore a quello metallico (R.COOMBS, 1982, D.WALLENTINE, 1981, R.MAYNARD, 1984).

Naturalmente, a parità di KP strumentale (somma dei parametri precedenti), la letalità del colpo è funzione della localizzazione dell' impatto e quindi della letalità della ferita.

### 2.4.7 Leggere le frecce: caratteristiche legate alla lesività

Dato per scontato che l'obiettivo fondamentale e ovvio di qualsiasi proiettile scagliato a bassa velocità ad un essere vivente è quello di creare i maggiori danni (in questo caso emorragie e lesioni di organi vitali) possibili ed accelerare il decesso o la cattura, vediamo quali siano i fattori chiave di un impatto favorevole:

- in primo luogo quello che crea un canale passante tra la cavità del corpo in cui sono presenti organi vitali, cioè cuore, fegato, polmoni (questo per favorire il drenaggio e il dissanguamento) - cioè un foro di entrata corrispondente ad un foro di uscita (C. ADAMS, 1992);
- in secondo luogo, qualora non sia possibile ottenere il "foro passante" (per via di una insufficiente energia o quantità di moto del proiettile) la permanenza della cuspide

nella cavità, anche (e soprattutto) se danneggiata nell'impatto. I movimenti di fuga o i tentativi di estrazione non fanno altro che peggiorare lo stato della ferita[48][48];

- in terzo luogo la superficie danneggiata, fattore proporzionale ai parametri dimensionali della cuspide, alla sua affilatura, alla quantità di moto (massa per velocità) con cui colpisce.

Nella letteratura scientifica le tipologie di cuspidi da freccia sono le più molteplici. E' lecito domandarsi se le diversità siano legate a fattori funzionali o prettamente culturali. Le ipotesi sono le più varie, anche se probabilmente la combinazione di adattamenti all'ecosistema e permanenza di "template" mentali tramandati culturalmente in diversa misura potrebbero fornire la risposta[49][49]. Dal punto di vista balistico abbiamo visto (a parità di quantità di moto) come il profilo del proiettile (e il suo grado di affilatura) agiscano da attori fondamentali per la penetrazione ed il danneggiamento dei tessuti. Altre caratteristiche funzionali, che influiscono comunque sulla letalità del colpo, di tipo materiale e costruttivo, sono osservabili sia nella sezione distale della cuspide sia nel modo con cui essa è connessa all'asta della freccia.

Analizzando sotto questi punti di vista funzionali e topologici la cuspide (tav.3), e indipendentemente dalla sua tipologia, distinguiamo due macrocategorie principali:

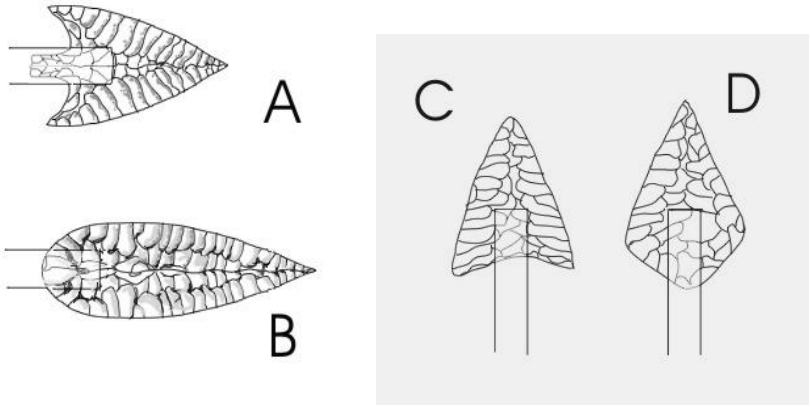
- *le punte con barbe o spalle che ostacolano nettamente l'estrazione* (angolo acuto tra spalle e linea dell'asta)
- *punte a base arrotondata*, che non ostacolano intuitivamente l'estrazione, base arrotondata o (angolo ottuso tra linea dell'asta e linea della lama).

Ad esse si possono aggiungere come varianti le cuspidi a base piatta o concava, senza codolo, **C** a base concava e **D** a base acuta, anch'esse senza codolo.

---

[48][48] BELDEN 1905, CATLIN 1973, JAMES 1823, LATTA 1949, WYETH 1851

[49][49] Heidi Knecht sostiene, ad esempio, che la posizione degli scassi laterali delle cuspidi (quando deriva da una riparazione) è influenzata sia dalle caratteristiche del pezzo che dalle norme culturali sulla forma. Secondo lui le norme culturali hanno il sopravvento su quelle funzionali.

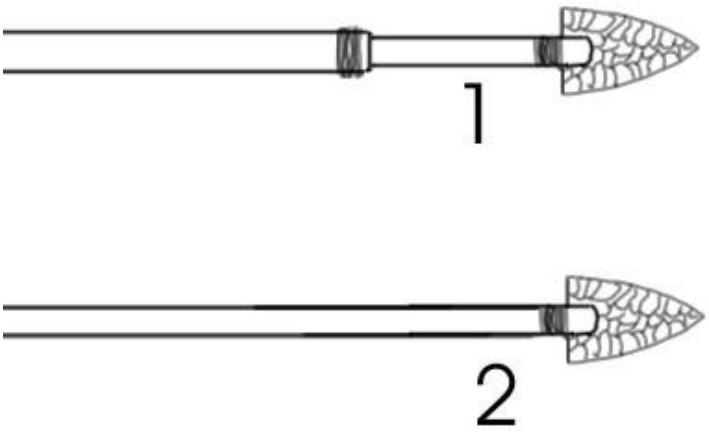



tav.3 topologia della cuspide

Nei proiettili destinati alla caccia alla fauna acquatica, il concetto di arpone è molto comune. Ha la funzione di trattenere la preda per poterla recuperare grazie ad una probabile sagola connessa o ad un rapporto massa del proiettile/massa della preda prossimo a 1. Dal punto di vista topologico concorda con la tipologia "A", e abbiamo in questo caso una risposta funzionale ovvia che però non può risolvere il nostro interrogativo per la fauna terrestre, a cui il tiro è diretto ma nessuna forma di corda o cavo per il recupero è connessa e il rapporto delle masse è ben diverso.

2.4.8 Interfaccia tra asta e cuspide

Per l'interfaccia tra asta e punta si considerano due varianti fondamentali:




tav.4 sistemi di interfaccia tra asta e cuspide

1 - giunzione indiretta tramite prolunga di legno duro (foreshaft);
2 - giunzione diretta dell'estremità distale con la punta;

Il significato del sistema con foreshaft (1) è quello di poter provvedere al recupero del corpo della freccia e al suo riutilizzo, unitamente a favorire la permanenza del corpo tagliente all'interno della ferita per massimizzare le lesioni. Nel caso venatorio ciò aumenta il Killing power[50][50]; nel caso del combattimento, oltre ad aumentare i fattori lesivi, rende più difficile qualsiasi operazione di rimozione definitiva. Il riutilizzo dell'asta priva di foreshaft risponde ad una pura necessità economica: realizzare aste di freccia è sicuramente più costoso che realizzare una cuspide e assemblare un foreshaft.

Un altro significato eminentemente funzionale, in quelle aree in cui la disponibilità di essenza per aste di freccia è limitata alla canna (tipo *Phragmites*), la difficoltà di creare giunzioni (interfacce) robuste tra asta e cuspide per via della debolezza dell'interfaccia obbliga al foreshaft costituita da un legno più duro che minimizza i rischi di lesioni nello scasso dell'asta in legno[51][51].

2.4.9 il sistema di fissaggio della cuspide con l'estremità dell'asta

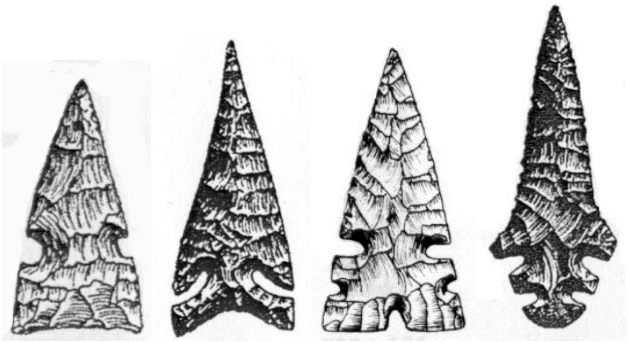
il sistema di fissaggio è caratterizzato da due componenti: il filamento e la colla. Il filamento serve ad assicurare la cuspide nel suo alloggiamento, opportunamente sagomato in modo da tollerare le irregolarità del peduncolo litico. E' sorprendente di come si possa giungere ad una configurazione della freccia ottimale pur indipendentemente dalla giunzione adottata.
Generalmente le soluzioni sono di due tipi:

- - colla animale e tendine, oppure
- - tendine o fibra vegetale e mastice di resina.

[50][50] l'incremento del KP è dato anche dall'effetto "leva" del foreshaft all'interno della cavità del corpo.
[51][51] Riportato anche da E. STRONG, , 1969, 19 : 109

Particolare attenzione va alla giunzione: la cosiddetta "bonding mass" è l'ingrossamento tra cuspide e asta che provoca il rallentamento della penetrazione. Il suo volume deve essere minimizzato e rientrare nel profilo della sezione della cuspide per non penalizzare la penetrazione [52][52].

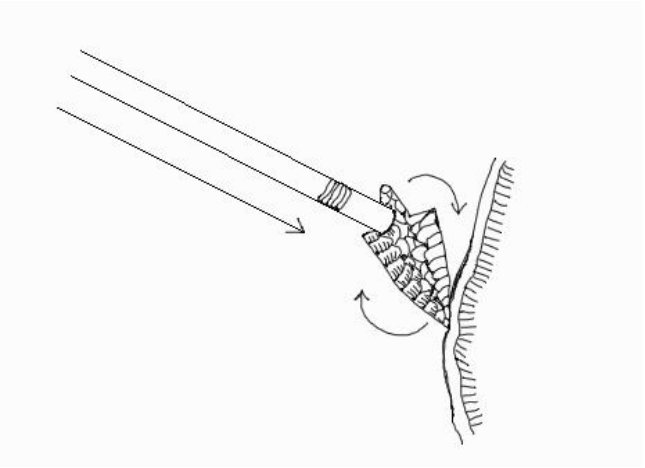
Se il desiderio del cacciatore è quello di assemblare nel modo più solido possibile la cuspide all'asta, la soluzione più efficace probabilmente consiste in quella che era estremamente diffusa tra le popolazioni indigene del nord america fino alla fine dell'ottocento, nella costa e nell'interno (Pianure e Grande Bacino). Essa consisteva nelle cuspidi munite di scassi laterali (side notched point, v.tav.5) e con scassi angolati (corner notched point). Tali punte infatti prevedono un fissaggio solidale all'asta con tendine e colle animali (a volte anche mediato con resine vegetali) Alcune di esse presentano un sistema complesso di scassi che non lascia spazio all'immaginazione: il fissaggio risulta estremamente solido. Grazie agli alloggiamenti profondi praticati sulla cuspide, è possibile ottenere un sistema solidissimo, sensibile solo all'umidità, ma comunque perfettamente funzionale. Per solidità, intendiamo la coerenza della punta all'asta durante la fase di penetrazione. In realtà, la cuspide side notched ha la caratteristica di avere un'area centrale molto debole in prossimità degli scassi profondi. Tale debolezza strutturale rappresenta un esplicito indirizzo alla rottura pilotata"(all'interno della cavità) per gli elementi balistici "terminali" sopra descritti. E rappresenta una base di recupero per il triangolo isoscele rimasto integro[53][53].



Tav.5 Esempio di cuspidi "side notched"

[52][52] vv. HOWARD, 1995, RAUP, 1976
[53][53] REDDING 1889, MUSIL (1988), JELKS 1973

Ma funzionale a cosa? Fissare solidamente la cuspide all'asta diventa un'esigenza primaria quando il bersaglio è protetto da una folta pelliccia o comunque da una protezione elastica e resistente. In questo caso al cacciatore serve una assoluta solidità strutturale del proiettile. Al momento dell'impatto la cupide e l'asta devono fare "corpo unico", superare i primi resistenti strati di epidermide e proseguire nella penetrazione all'interno del corpo, evitando qualsiasi rotazione nell'alloggiamento dell'asta (Tav.6). Di fronte ad una tale resistenza, la possibilità di recuperare l'asta della freccia o di approfittare delle qualità lesive della punta all'interno della cavità creatasi dall'impatto diventano ovviamente secondarie rispetto al rischio di veder rimbalzare la freccia.



Tav.6 – impatto angolato

Se il tessuto è elastico e resistente, e la cuspide non è solidamente fissata all'asta, possono avvenire delle rotazioni all'istante dell'impatto e ovviamente il tiro non risulta efficace.

Nel caso di selvaggina meno "protetta" esternamente, una freccia costituita da una cuspide solo incollata (cuspidi con o senza peduncolo ma prive di scassi) è una buona soluzione ergonomica: l'asta può essere recuperata eventualmente e la punta prosegue l'effetto lesivo. La freccia fissata con colla animale, dotata di spalle pronunciate, durante la sua permanenza nella ferita tende a distaccarsi dal corpo

dell'asta. Il sangue agisce da agente "solvente" e dopo qualche decina di minuti con molta probabilità l'asta si libera della cuspide[54][54].

Un compromesso è rappresentato dalle cuspidi collegate in modo rigido al foreshaft: è abbastanza semplice realizzare un inserto sicuro ma non fisso tra asta e foreshaft, e anche un impatto su un bersaglio tenace permette la penetrazione del primo strato e nello stesso tempo l'asta (priva della parte distale) può essere recuperata. L'emorragia aumenta con il tempo anche dopo il primo impatto, amplificata dai movimenti di fuga del selvatico e dall'effetto leva dei pochi centimetri di foreshaft. E' stato verificato[55][55] come nei movimenti concitati di fuga il piccolo stadio distale del foreshaft (cuspide più segmento ligneo) possa anche ruotare all'interno della ferita provocando danni notevoli, superiori quelli di una cuspide isolata. Si legge come quelle culture che trovano penuria di legni adatti per la fabbricazione di frecce (cioè abbastanza duri da sopportare l'impatto di una armatura a bersaglio) si orientino verso la canna fluviale o lacustre accompagnata ad un foreshaft "duro" in grado di resistere agli impatti senza rompersi. Spesso viene giustificata così la propensione alla fabbricazione di frecce composite. In realtà la realizzazione di questo tipo di frecce risponde a criteri funzionali. Lo svantaggio della freccia dotata di foreshaft è solamente di tipo balistico - esterno: l'asta dotata di foreshaft è più lunga di quella che ne è priva, conseguentemente la sua inflessione è maggiore quando subisce la spinta della corda; quindi deve essere proporzionalmente più rigida e pesante. Raggiungere un buon equilibrio balistico con queste frecce è abbastanza complicato, anche perché il foreshaft rappresenta una vera e propria zavorra dinamica.

Il tipo di fissaggio è funzionale all'ambiente e alla selvaggina. La morfologia della cuspide è anch'essa funzionale e dipendente dal metodo di incollaggio adottato.

---

[54][54] A. L. CHRISTENSON, 1989

[55][55] V.Brizzi, sperimentazioni effettuate nel 2002 in collaborazione con la Michigan Flintknappers Association, BSAI project, National Bowhunter Education Foundation.

Le cuspidi peduncolate nostrane e quelle “basal notched” nordamericane sono caratteristiche dell’incollaggio a caldo con mastice, resina o catrame.

La morfologia della maggior parte delle cuspidi nordamericane dell’altipiano e delle pianure centrali è del tipo corner-notched o side notched. Vistosi scassi laterali che servono a fissare l’asta tramite il tendine animale e la colla della stessa matrice. E’ un incollaggio formidabile. L’uso di colla animale è critico negli ambienti umidi (le frecce necessitano una protezione), ma efficacissimo in quelli secchi.

La cuspide, se non avviene trapasso completo del corpo (e quindi la possibilità di buon drenaggio) deve rimanere dentro la ferita e non deve essere assolutamente facile estrarla. Altra cosa è cosa è l'asta. leggendo Catlin (G.CATLIN, 1884), nei suoi rapporti osservativi effettuati ai primi dell'ottocento tra le tribù delle pianure e degli altipiani americani, scrive a proposito dei Crow come essi "differenziassero" le frecce da caccia da quelle da guerra. Semplicemente, quelle da guerra avevano una giunzione blanda e non irremovibile tra punta ed asta, In modo sufficiente per non ostacolare la penetrazione all’istante dell’impatto, ma con degli accorgimenti (solo un ottimo incastro, colla animale o foreshaft) diversamente da quelle da caccia la cui cuspide era montata più fermamente, atta a recuperare con facilità l'asta in caso di fuga del selvatico. La cuspide da guerra ha delle “barbe” (barbs) per aumentare la probabilità di permanenza del corpo. Catlin giustifica questa differenziazione con la necessità del cacciatore di recuperare il corpo della freccia, per poi riutilizzarlo.

Il fatto che, invece, una freccia da guerra, al contrario, debba avere una giunzione solidale con la punta fa supporre che il guerriero possieda una corazzatura (N.LOWREY, 1999) può far pensare a questi scopi:

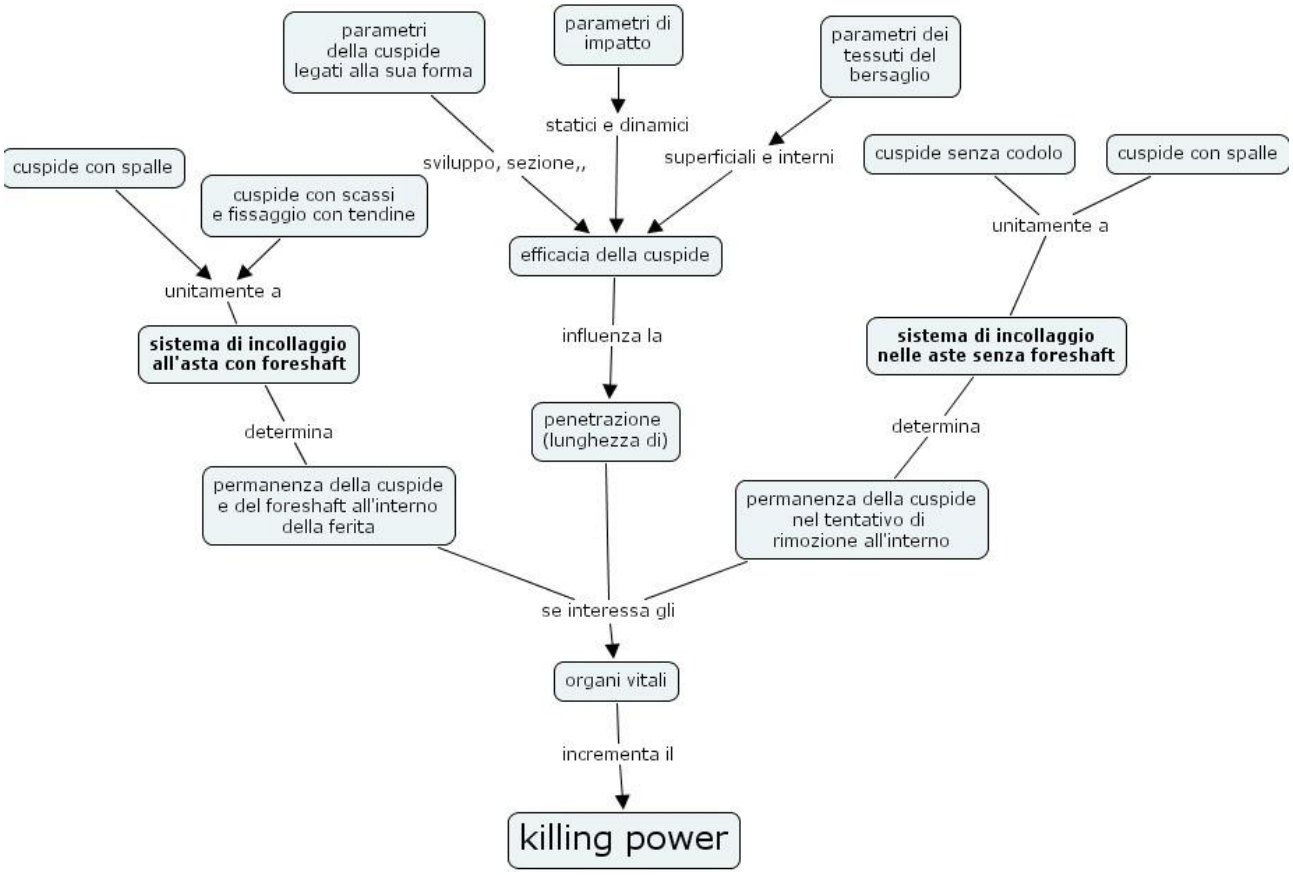
a) a) la freccia deve essere estratta dal corpo con difficoltà, facendosi aiutare da altri (che ovviamente rimangono impegnati e non combattono);

b) b) i movimenti del "colpito" devono essere il più possibile ostacolati (in altre parole, lo rendono impotente per una pronta controffensiva)

c) c) la freccia, solidale con la punta, produce sempre più danni all'interno del corpo aumentando l'emorragia grazie all'effetto leva;

d) d) la parte dell'asta (esclusa la punta conficcata) non può essere comunque recuperata e riutilizzata dal nemico[56][56].

Tav.7 Killing Power - Mappa concettuale




[56][56] a questo proposito, è interessante ricordare come alcuni arcieri mongoli avessero sviluppato un sistema in cui le frecce scagliate in guerra non potessero essere riutilizzate dall'avversario perché prive di cocca, in quanto la cocca faceva parte della corda che le tirava.

## 4. L'uomo in caccia: considerazioni antropometriche e biomeccaniche sugli stili di tiro

Il moderno tiro con l'arco sportivo occidentale (e orientale – se visto come tiro con l'arco agonistico olimpionico in cui gli orientali oggi mietono successi incredibili) risente nello stile delle scuole nordamericane della fine dell'ottocento: scuole che predicavano un concetto antropometrico in cui la posizione dell'arciere è simmetrica, tutto sommato "statuaria", con la freccia portata sotto al mento dalla mano della corda e il braccio dell'arco teso verso il bersaglio, l'arco perfettamente verticale. La presa sulla corda è la cosiddetta "fiamminga" o mediterranea con il dito indice sopra la cocca inferita nella corda e l'anulare e il medio immediatamente sotto di essa. Ma ovviamente non è e non è stato sempre così e lo scenario etnoantropologico lo dimostra.

Partire dal presupposto che l'arco si tenda in un unico modo o in pochi modi, e quindi generalizzare, è errato. Non esiste un "modello" di tiro perfetto come non esiste un rilascio migliore degli altri. Analizzando la biomeccanica del gesto di tendere e scagliare frecce, le uniche considerazioni da tener conto sono basate sull'ergonomia. A tutti gli effetti, qualsiasi tipo di tiro che preveda un allineamento scapolo-omerale permette di coinvolgere il minor numero di muscoli (riducendo i consumi) e ottimizzare la configurazione dello scheletro. Sia l'oriente che l'occidente hanno stili di tiro che rispettano questo principio. In più, alcuni stili prevedono una partecipazione attiva al tiro utilizzando il corpo per aumentare l'energia accumulata dall'arco, è il caso di alcuni stili di tiro giapponesi dove il movimento del braccio dell'arco verso l'esterno, durante la corsa della corda, accelera ulteriormente la freccia. Riferirsi nell'analisi del gesto più conosciuto oggi per ricercare indicatori funzionali nel reperto preistorico è fuorviante.

Non si può comunque compiere alcuna classificazione sistematica tra il metodo d'aggancio e la cultura (A.L. KROEBER, 1927). In medesime aree gruppi isolati possono avere forti varianze tra loro su questo aspetto. In linea di principio un arco e una freccia possono essere tesi sfruttando qualsiasi tipo di aggancio (tranne in alcuni casi "costruttivi" in cui il piano di scorrimento verticale della corda dell'arco è a destra della mezzeria

dell'arco oppure a sinistra in modo evidente). Le etnie non sono generalmente identificabili con uno stile specifico, anche se esistono "raggruppamenti" che possono essere interpretati come funzione del tipo di caccia, ambiente e di conseguenza delle caratteristiche legate allo strumento propulsivo adottato.

L'unica cosa certa è quindi che gli agganci di tipo meno sofisticato (primario, secondario e terziario) implicano archi deboli - spesso con frecce avvelenate - oppure frecce corte (archi forti ma tesi poco, come il caso degli archi utilizzati dagli indiani delle pianure a caccia di bisonti). Per tendere archi forti, cioè destinati a grossa selvaggina, gli agganci più diffusi perché più efficienti sono quelli a tre dita (mediterraneo) e con il pollice (orientale).

Stone (G.C.STONE, 1981), nella sua disamina sui diversi sistemi di aggancio della corda (Tav.8), identifica questi sistemi:

**aggancio primario**: la cocca è trattenuta dal pollice e dall'indice solamente

**aggancio secondario**: la cocca è trattenuta tra il pollice e l'indice, il medio aggancia la corda

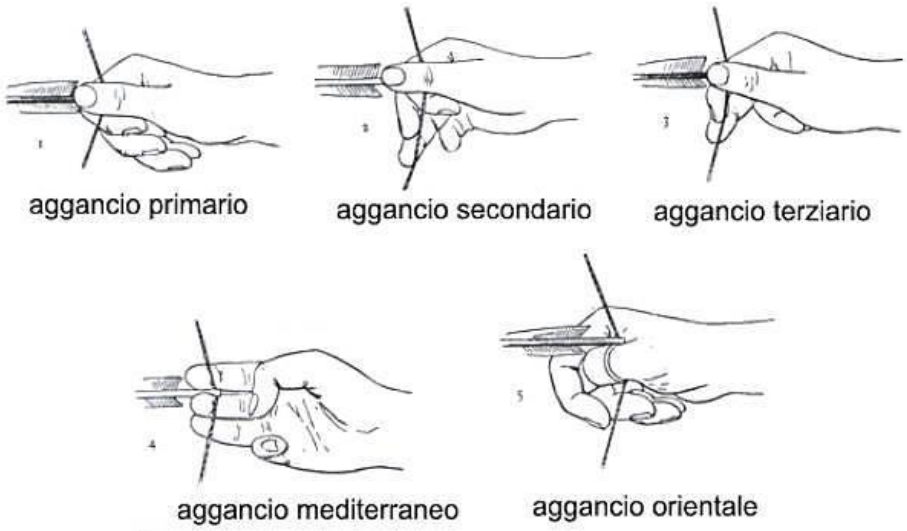
**aggancio terziario:** la cocca è trattenuta tra il pollice e l'indice, il medio e l'anulare agganciano la corda

**aggancio "fiammingo" o presa mediterranea**: la corda è agganciata con due (indice e medio) o tre dita (indice, medio e anulare); la cocca è tra indice e medio.

*Ad essi si aggiunga:*

**Aggancio orientale:** la corda è agganciata con il pollice e l'indice (e il medio) chiudono la presa. La cocca si trova in mezzo.

Tav.8 – Stili di aggancio (Stone)




- *L'aggancio primario e secondario:* è probabilmente il più diffuso tra le popolazioni indigene del continente africano e americano. Il vantaggio di questo sistema risiede nella riduzione al minimo dell'interazione tra le dita della corda dell'arco e la corda stessa, minimizzando il fenomeno del paradosso dell'arciere. In altre parole, risulta semplificato ed efficiente il rilascio della freccia, anche in condizioni dinamiche (cioè di movimento dell'arciere). La mano si apre quando la forza dell'arco risulta insostenibile. Il suo vero svantaggio risiede nell'impossibilità di tendere in modo ottimale la corda per poter quindi immagazzinare il massimo di energia elastica nell'arco. La sua efficacia è comunque nota (si pensi agli indiani d'America e le loro cacce al bisonte). Questo aggancio non condiziona la simmetria del punto in cui la freccia poggia sull'arco: può essere genericamente a destra o a sinistra. L'arco comunque viene teso poco, viene poco stressato, quindi, e le traiettorie sono generalmente brevi. Tipico è l'uso di frecce avvelenate (che non devono contare sulla penetrazione dei tessuti) con questo tipo di aggancio.

- *L'aggancio mediterraneo:* è molto più efficiente; alcune popolazioni africane che utilizzano archi forti in legno di palma come i Bassa del nord della Nigeria (v. Tukura, in J.HAMM *et al.* 1988) utilizzano questa presa sulla corda. Nel medioevo europeo l'aggancio

mediterraneo o fiammingo fu la norma; questo aggancio prevede la freccia che appoggia a sinistra dell'arco (per un arciere destro).

- *l'aggancio orientale*: Nel medesimo periodo, evolutosi dallo stile di tiro degli Sciiti, l'aggancio orientale si contrapponeva all'aggancio mediterraneo. Questo tipo di aggancio, tecnicamente permette l'uso di archi molto più corti (archi orientali compositi, ricurvi e riflessi, fatti con il dorso in corno e la parte posteriore in tendine) perché la superficie di contatto tra le dita e la corda è molto minore rispetto al sistema europeo; quindi si possono tollerare angoli più acuti della corda senza influenzare la balistica del tiro. L'efficienza di questo tipo di aggancio è indubbia; la freccia viene posta dal lato opposto (rispetto al mediterraneo) e tutt'oggi è utilizzato nel tiro tradizionale tibetano, coreano e giapponese.

- *La postura di tiro*: inutile esaminarne le varianze etnografiche; l'unica costante, naturale, è data dalla ricerca dell'allineamento dell'asse scapolo omerale con il braccio dell'arco. In questo modo l'energia necessaria per tendere completamente l'arco è minore (non vengono coinvolti muscoli antagonisti, la maggior parte dello sforzo è dei potenti muscoli dorsali, al rilascio l'asse di tiro viene mantenuto) e permette un allineamento corpo bersaglio migliore. Tutte le popolazioni che hanno sviluppato una "scuola" arcieristica propria hanno in comune questa evidenza di simmetria e assialità. Il punto di contatto della mano che aggancia la corda con il corpo del tiratore può variare, in funzione degli eventuali accorgimenti utilizzati nella "mira". Più la mano sale in prossimità dell'occhio, più il tiro è preciso alle brevi distanze.

- *La mira*: risultano essere utilizzate metodologie di mira diverse su tiri a distanza (fino a 20 mt generalmente, con un arco da caccia, la traiettoria si discosta poco dalla linea retta) ma trattando tiri in movimento o su selvaggina comunque in moto, risulta impossibile valutare nel brevissimo tempo distanza e relativo alzo o anticipo. La precisione è sempre frutto di allenamento *simbiotico* con l'arco[57][57], qualità assolutamente imprescindibile vista

[57][57] Bateson, nel suo libro *Mente e Natura*, *(*G.BATESON, 1984*) definisce que*sto sistema di coordinamento mente-corpo con il nome di *retroazione*, differenziandolo dal meccanismo di *calibrazione* che corrisponde al sistema di mira tipico dei tiratori di carabina. Essi hanno la necessità di calibrare il mirino attraverso un processo razionale di aggiustamenti. La retroazione, invece, deriva in senso stretto dall'analisi dei sensi e della parte istintiva del cervello. In pratica non analizza uno ad uno i processi, ma "si esprime" con una reazione a cui corrisponde spesso un'azione diretta del corpo in tempi rapidissimi. Viene affinata via via con la pratica, con la ripetizione, con l'assimilazione inconscia delle variabili.

la preziosità delle frecce (ogni freccia mancata è rotta o persa) e della difficoltà d'incontro con il selvatico (non si può mai contare sulla possibilità del secondo tiro).

3.1 *Le tecniche di caccia*

La ricerca antropologica sulle popolazioni che vivono ancora di caccia e raccolta ci può dare risultati formidabili. I limiti delle armi vengono esaminati da un punto di vista eminentemente pratico, non sperimentale, e i risultati possono essere comparati con i ritrovamenti archeologici nel ricostruire un possibile scenario.

- • *Svantaggio:*

Include qualsiasi tecnica che possa limitare la fuga della preda in modo da guadagnare tempo e vantaggio tattico per utilizzare al meglio le armi possedute dai cacciatori. La "battuta" (con i battitori che spingono la preda) è da considerare come tecnica di svantaggio, a condizione che l'obiettivo sia quello di spingere la preda in posizioni svantaggiose per utilizzare al meglio le armi.

Un esempio può essere lo spingere la preda nell'acqua, nella neve profonda, e nelle paludi, come pure spingere con i cani un animale verso le poste dei cacciatori oppure condurre un attacco ad un animale in letargo all'interno della sua caverna.

- • *Appostamento:* E' la tecnica che prevede un cacciatore immobile, mimetizzato e nascosto che attenda la preda all'interno della distanza utile della sua arma da getto. Lo svantaggio diventa appostamento qualora la battuta preveda cacciatori nascosti e mimetizzati.
- • *Avvicinamento:* E' la tecnica più complessa, che richiede la maggior abilità da parte del cacciatore. Significa avvistare la preda e avvicinarla fino alla distanza utile per la propria arma (e abilità) senza spaventarla. E' un tipo di caccia solitaria.
- • *Inseguimento:* E' la tecnica che prevede l'avvicinamento e l'inseguimento (fino allo sfinimento) della preda. Può essere interpretato come una tecnica di svantaggio (la

---

La caratteristica fondamentale di questa calibrazione è il tempo "di allenamento" necessario a far si che diventi uno strumento efficace, a prova di errore (approfondimenti in: BRIZZI V, *et Al.*,2003).

preda stancata dall'inseguimento può essere più facilmente raggiunta e abbattuta) L'inseguimento può essere coadiuvato da animali addomesticati (cani e cavalli) ma comunque il sistema-arma viene usato dal momento che la preda parte in fuga.

- • *Incontro:* E' il classico incontro *fortuito* del cacciatore durante quella che viene definita anche *caccia vagante.* Vagando nel bosco viene vista una preda (che non ha percepito il cacciatore) e la distanza viene accorciata fino al limite necessario per utilizzare l'arma da getto. Anche questa metodologia ha le sue maggiori possibilità di riuscita per un cacciatore solitario, oppure pochissimi ma molto affiatati.

**4.Conclusione: indicatori archeologici**

L'attrito che provoca l'area di unione tra armatura e asta di una punta di proiettile durante la penetrazione è un problema che non si pone nelle armi manovrate a mano, dove l'apporto muscolare del cacciatore assicura la penetrazione continuata della punta. La standardizzazione delle dimensioni basali delle punte solutreane potrebbe quindi significare uno sviluppato interesse per facilitare la sostituzione delle punte danneggiate dagli impatti (le aste diritte e efficaci sono oggetti "costosi"). Queste evoluzioni evidenti, tra il periodo intermedio tra paleolitico medio e superiore, che sono accompagnate con il passar del tempo ad un aumento della frequenza delle punte piccole e simmetriche di osso, potrebbero avere a che fare con l'avvento delle armi atte a "colpire a distanza".
Il ritrovamento di un arco integro deve far *pensare*: un buon arco è tale per via delle sue prestazioni; molto spesso esse sono alte quando l'utilizzatore sa sfruttarlo in quella *border line* che sta tra la massima *performance* e la sua rottura[58[58]]; ecco perché l'utilizzo regolare di un attrezzo ben fatto conduce inevitabilmente al limite di rottura. Un arco ritrovato integro è molto probabilmente un oggetto dismesso o poco valido (è chiaro come ciò non valga per situazioni "fotografate" come L'Uomo dei Ghiacci dell'Hauslabjoch).

---

[58[58]] Un detto indiano famoso, reinterpretato, suona circa così "un buon arco teso completamente è rotto al 99%

I dati fondamentali da conoscere preliminarmente per poter simulare e speculare su modelli comportamentali sperimentali non possono prescindere dalla conoscenza del tipo di ambiente relativo al contesto, dalla conoscenza dell'esistenza di piante idonee per la costruzione di archi, frecce, filati, e dalla consistenza e tipologia delle selvaggina, nonché dal paleoclima e dalle informazioni sugli aspetti antropometrici dei "protagonisti". Si possono quindi azzardare considerazioni utili sui reperti rinvenuti, da definirsi come indicatori archeologici.

*4.1 Arco e frecce*

L'arco e le frecce sono utilizzate con tutti i metodi di caccia riportati al capitolo 3. La media delle taglie della selvaggina cacciata (come si evince nei pochi studi etnografici completi effettuati, vedi CHURCHILL, 1993) denota differenze associabili alla tipologia, e eccetto per la caccia d'incontro, le differenze non appaiono statisticamente significative.

L'arco e le frecce possono definirsi quindi arma versatile e adattativa, non vincolata alla taglia della preda ma adattabile alle sua caratteristiche e habitat.

Con lo svantaggio, avvicinamento e inseguimento, l'arco diviene un'arma "chirurgica", nel senso che permette tiri precisi nell'area vitale delle prede da una distanza sicura per causare emorragie mortali. Un utilizzo simile permette l'abbattimento di prede di grossa taglia, anche se il raggio d'azione medio (25,8 metri contro 39,6 del propulsore[59[59]]) si deve giocoforza ridurre.

Un giavellotto scagliato da un propulsore pesa mediamente da tre a cinque volte una freccia da arco, e vola all'incirca con la stessa velocità. L'energia cinetica (massa per velocità al quadrato) del giavellotto è maggiore di quella della freccia, e di conseguenza per selvaggina di medio-piccole dimensioni (fino a 20 kg.) il suo potere d'arresto può risultare sufficiente. In più, la punta armata di un giavellotto da propulsore ha una superficie di taglio (e quindi una sezione d'impatto) maggiore di quella della freccia, ed ha anche maggiore quantità di moto, fattore responsabile della penetrazione nei fluidi. Da ciò ne consegue la possibilità di poter azzardare tiri da distanze superiori, sempre che la

[59[59]] Churchill, *op.cit.*

selvaggina sia di medio-piccole dimensioni. Come arma in sé, però, risulta molto meno precisa dell'arco, soprattutto alle brevi distanze.

Le caratteristiche balistiche terminali della freccia con la punta di pietra scagliata da un arco da caccia sono correlate alle qualità strutturali e robustezza dei tessuti della preda. La combinazione tra energia accumulata dall'arco e convertita in energia cinetica della freccia in volo fa si che il suo potere d'arresto sia sufficiente solo per selvaggina modesta. La freccia da caccia possiede quindi bassissimo stopping power (potere d'arresto) ma altissimo killing power (potere lesivo) se sfrutta la penetrazione (quindi il taglio con conseguente emorragia) nei tessuti degli organi vitali. Deve essere ben diretta, però: gli organi vitali di un cervide di media taglia sono fegato, cuore, polmoni. Una freccia che colpisce entrambi i polmoni causa un collasso degli stessi ed una immobilizzazione quasi istantanea della preda, soprattutto se non è incalzata da "inseguimenti" umani o animali. Una freccia nel cuore o nel fegato comunque provoca un'emorragia mortale che causa la morte entro 20-40 minuti.

In una caccia di gruppo (inseguimento, svantaggio) archi deboli in mano a tanti arcieri possono scagliare frecce leggere ripetutamente sulla preda causando svariate lesioni, indebolendola e provocandone la morte. Un arciere cacciatore appostato, anche solo, se è dotato di un arma efficace in grado di scagliare frecce dotate di punta a larga superficie di taglio può abbattere prede di grandi dimensioni.

Unico parametro variabile e non ipotizzabile, anche se direttamente correlato, è la lunghezza dell'asta funzione dell'allungo fisiologico dell'arciere e del suo stile di tiro[60[60]].

- *Lunghezza*: un arco di legno dritto (la geometria meno complessa) per poter essere piegato senza rompersi dovrebbe essere lungo minimo come la lunghezza di 2 volte il braccio dell'arciere +/- 20%; se si dispone dell'informazione anatomica relativa al contesto umano si può desumere se si tratta di un arco per fanciulli o adulti;
- *Spessore*: in funzione dell'essenza si può comprendere la vocazione: spessori alti devono essere ripartiti nella lunghezza ma possono generare archi molto forti.

---

[60[60]] v. Cap. 3

- *La geometria*: il profilo lineare, spesso nel centro con rastremazioni alle estremità e a sezione circolare/ellittica, è il più semplice da ottenere, ma non è il più efficiente. In termini generali, una geometria semplificata (arco dritto a sezione ellittica) può essere frutto di un "fai da te" del cacciatore, ma una geometria "piatta" e modellata nella zona centrale (ispessimento sul piano laterale[61][61] – assottigliamento sul piano verticale) testimoniano un'altissima specializzazione, una scuola o almeno presumibilmente, un professionista lautamente "compensato" per i suoi manufatti.

- *Modalità di incordatura*. Non potendo sempre rinvenire tracce della fibra vegetale, è importantissimo comprendere dai segni sul legno alle estremità dell'arco come essa veniva inferita alle estremità, soprattutto in quale verso. L'arco non è mai simmetrico (nella direzione avanti-dietro). La parte sottoposta a compressione è quella composta dal durame della fibra vegetale, ed è quella rivolta verso la faccia dell'arciere in tensione; quella sottoposta a trazione è l'alburno, ed è la parte rivolta verso il bersaglio. In legni particolarmente densi spesso non è possibile determinare la discontinuità tra le due zone, di conseguenza la geometria degli "scassi" delle estremità può suggerire da quale parte l'arco vieni piegato. La piegatura, nel ritrovamento, non può essere considerata come indicatore, per ovvi motivi: dopo migliaia di anni il legno può prendere le più svariate forme. Dal consumo e dalla geometria degli scassi alle estremità si può, probabilmente, arguire la meccanica della trazione, la sua direzione e stabilire la geometria (se evoluta o no).

- *Segni particolari*: in prossimità dell'impugnatura, tracce di consumo/attrito asimmetriche possono fornire indicazione sul passaggio a destra o a sinistra della freccia. Da ciò si può desumere lo stile di tiro e di aggancio della corda. La mancanza degli scassi alle estremità non significa nulla: molti archi vengono incordati approfittando della rastrematura accentuata, ponendo un fermo di fibra vegetale o animale avvolto intorno al profilo di cui non rimane traccia[62][62].

---

[61][61] Archi rinvenuti a Holmegaard, Fiavé, Maere Heathe.

[62][62] È il caso dell'arco dell'Uomo dei Ghiacci, il cui arco era probabilmente incompleto ma potenzialmente operativo.

*4.2 Freccia Vs giavellotto*

Le prime vere armi da getto, il propulsore e il dardo, sono con certezza testimoniate nell'ultimo paleolitico superiore, basate sul ritrovamento di un propulsore solutreano proveniente da La Placard e Combe-Saunière, ma potrebbero essere stati usati anche molto prima.

Il cambiamento morfologico delle punte in questo periodo a cavallo tra il paleolitico medio e quello superiore indica un vero progresso nella tecnologia costruttiva dei proiettili, ma non esclude un uso delle armi da getto anche in periodi precedenti. Basti pensare all'uso dei grandi e asimmetrici proiettili come punte di dardo da propulsore (le punte Lellyra) in alcune zone dell'Australia. Dimostrazione di come alcuni utilizzatori di atl-atl possono essere indifferenti alle considerazioni fatte prima.

Paragonando la somiglianza tra le punte Levallois alle punte Lellyra, è ragionevole supporre che anch'esse potessero essere impiegate come armi da getto scagliate con il propulsore.

Verificando le scarse ma esistenti prove di esistenza dei propulsori solutreani, è opportuno considerare come un propulsore in osso possa resistere al sonno dei millenni di più di un propulsore di legno. Nel maddaleniano si ritrova un maggior numero di propulsori semplicemente perché l'uso dell'osso risulta più diffuso, e l'osso è sicuramente meno deperibile del legno. In altre parole, l'uso dell'osso (caratteristico del maddaleniano) ci permette di ritrovare un maggior numero di manufatti, ma non ci comunica con certezza un incremento dell'uso dell'arma e soprattutto non ci può negare la possibilità della sua inesistenza nel periodo precedente.

La differenza tra lancia scagliata con la forza del corpo tramite la mano del cacciatore e il giavellotto lanciato dal propulsore (atl-atl) è evidente. Nello studio il giavellotto del propulsore non risulta mai associato alla caccia da svantaggio, inseguimento o da incontro. Nella caccia da appostamento nascosto e da avvicinamento appare usato con tecniche e modalità diverse (rispetto alla lancia) verso la piccola e media selvaggina. Con un raggio d'azione medio di 39,6 metri lo si può considerare arma "a

lunga gittata"[63][63]. I dati dello studio provengono nella quasi totalità dall'Australia[64][64] le dimensioni delle prede dono modeste, e quindi non permettono una ipotesi d'uso verso taglie più grosse di selvaggina.

*Freccia da arco o giavellotto da propulsore?* Uno dei problemi più dibattuti concernenti la prima comparsa dell'arco è relativo al riconoscimento e l'attribuzione delle cuspidi dei relativi proiettili, freccia o giavellotto rinvenute in scavo. La bibliografia su questo argomento è piuttosto vasta (FISHER, *et al.* 1984, GENESTE 1986, PLISSON *et al.*, 1989, STRAUS 1992, ROZOY, 1992, MOREL, 1993, CATTELAIN, *et al.,* 1993) , ma non è mai stata raggiunta una vera intesa tra gli studiosi. Numerose ipotesi deduttive, basate su considerazioni metriche (le dimensioni delle cuspidi[65][65]) e argomenti balistici (le proprietà fisiche in volo dei due diversi proiettili) conducono ad alcuni ragionamenti generali.

In una limitata serie di casi la freccia e le sue componenti possono risultare di difficile interpretazione, non facilmente attribuibili con sicurezza all'arco piuttosto che al propulsore. La difficoltà interpretativa nasce nei casi di confine, quando sia la cuspide che l'asta possiedono dimensioni, masse e tipologie molto simili. Nella vasta bibliografia su i Nativi d'America, più di un autore sostiene che il passaggio tra l'uso del propulsore e l'arco abbia lasciato cuspidi "ridimensionate" ma conservanti la medesima tipologia[66][66].

Vista la difficoltà di ritrovare aste lignee complete, l'unico elemento su cui speculare è la cuspide. Di seguito vengono espressi i criteri che rendono differenti gli attributi principali tra la freccia da arco e il giavellotto da propulsore e le loro componenti.

*La freccia è generalmente più corta del giavellotto* (ma esistono casi limite come gli archi amazzonici[67][67] che scagliano frecce lunghe fino a 1,80 mt.) e di massima il propulsore scaglia giavellotti con spessori comunque superiori a 1,5 cm., molto rari nelle aste di freccia.

---

[63][63] CHURCHILL, *op.cit.*
[64][64] Una eccezione territoriale può essere fatta per gli Eskimo a (pesca e caccia alla selvaggina acquatica) e i Tarasco del New Mexico (selvaggina acquatica).
[65][65] THOMAS 1980 - *Atl Atl Dart and Arrowshaft*: *How the stone got the shaft*
[66][66] ELLIS, 1997, *op.cit*
[67][67] E.G.HEAT, L.CHIARA, 1985

*Dal punto di vista balistico*, una freccia che esca per una buona percentuale (>20% della sua lunghezza) dall'arco una volta teso non è certo sinonimo di ottimizzazione meccanica, nel senso che la lunghezza in più, non essendo partecipe della trazione, è solo "zavorra". Oltretutto, la maggior lunghezza d'inflessione complica la dinamica ondulatoria del paradosso dell'arciere, rendendo problematico l'accoppiamento tra arco e freccia, oppure obbligando ad una scelta d'asta più rigida, la maggior quantità delle volte più pesante. Ecco perché, mediamente, le frecce da caccia (non avvelenate) conservano parametri tipici nel rapporto misure antropometriche/lunghezza d'asta.

*Un'asta da giavellotto* risulta essere praticamente sempre superiore al metro e mezzo, non esistono riscontri etnografici che documentino il contrario.

*La cuspide*, più grande e lunga è, maggiori danni compie all'impatto, è intuitivo (questo vale sia per l'asta di freccia che per quella di giavellotto). Ma la stessa punta, con massa identica, montata su un asta di densità $\varrho$ e di lunghezza **L**, se armata su un'asta pari a **2L** con la medesima densità $\varrho$ può subire un impulso pari a 0.6 rispetto alla prima senza mostrare i problemi di un volo erratico e impreciso; quindi il sistema di propulsione si trova a dover spingere un proiettile di massa due volte superiore con un "gap" balistico notevole. Per supplire a tale "gap" è necessario aumentare la densità del materiale costituente l'asta di almeno **2x** e conseguentemente aumentarne il peso, rallentandone la velocità. Ecco perché il dimensionamento dell'asta (lunghezza e spessore) è fattore critico. Le caratteristiche fisiche della cuspide influenzano il volo del proiettile. La massa, al di sopra di un certo limite, sposta in avanti i punti nodali dell'asta e conseguentemente amplifica le oscillazioni di coda. Concretamente, l'equilibrio tra massa della cuspide, "spine" dell'asta, impennaggio e impulso provocato dal sistema di propulsione (arco o propulsore) sono fattori strettamente collegati, a cui non si può transigere pena il volo erratico del proiettile o addirittura la sua rottura.

Elemento possibile indicatore è lo spessore alla base dell'asta; il codolo o la base della cuspide non dovrebbero mai essere maggiori di 2/5 dello spessore dell'estremità distale del supporto. Misurando lo spessore dell'armatura alla base, si può quindi ragionare sul diametro massimo che l'asta potrebbe possedere.

*Le oscillazioni* (molto evidenti anche ad occhio nudo) nel giavellotto scagliato dal propulsore vengono smorzate con un impennaggio vistoso. L'oscillazione quindi è molto più grande nel giavellotto che non nella freccia. Ma non si possono compiere attribuzioni sicure in questi "casi di confine", soprattutto quando la ricerca verte su culture ad es.magdaleniane e solutreane in cui le punte di dimensioni intermedie (30mm.< Lunghezza< 60mm.) sono la norma.

L'esistenza del propulsore, nelle culture preistoriche, è documentata da svariati ritrovamenti dello strumento "propulsore" (in virtù del materiale osseo prevalentemente costituente) ma non si hanno riscontri sulle sue relative aste. La lunghezza dei propulsori ritrovati è comunque un indicatore abbastanza definito, in quanto il rapporto tra il braccio di leva e (il propulsore propriamente detto) e l'asta del giavellotto deve essere minimo a 1:3 per poter garantire un efficace azione propulsiva (e la conferma viene anche dai dati etnografici). La maggior parte dei propulsori preistorici rinvenuti in scavo e i riscontri etnografici suggeriscono che la lunghezza media si aggiri intorno ai 50 cm. Ecco perché il giavellotto medio dovrebbe misurare intorno ai 150 cm.

Mentre l'arco può essere un frutto artigianale estemporaneo privo di alta specializzazione (anche improvvisato e condizionato dalle contingenze tempo/disponibilità di materiali idonei) **la freccia mai**. Se l'economia di caccia è l'argomento di studio, una collettività che confida nei suoi arcieri deve avere una "officina" – o comunque un esperto - in grado di produrre frecce omogenee con continuità ed affidabilità (questo, ovviamente, vale anche per il propulsore). In prima analisi la conoscenza del paleombiente e degli indicatori paleozoologici possono essere d'aiuto: Aree con vegetazione fitta, sottobosco implicano la totale impossibilità di fruire appieno delle possibilità balistiche del propulsore, che per il suo massimo sfruttamento in caccia necessita di movimenti del braccio del cacciatore molto ampi o rincorse, se pur brevi, in direzione del bersaglio.

L'inesistenza (nel luogo e nell'epoca) di volatili dotati di penne di cospicue dimensioni, in un certo contesto, rende improbabile la fabbricazione di giavellotti

stabilizzati da impennaggi sufficientemente grandi, e dotati di cuspidi di medio-piccole dimensioni.

La difficoltà di attribuire una cuspide ad un'arma piuttosto che ad un'altra (arco o propulsore) non potrà mai essere risolta con sicurezza, tranne in casi specifici che possano escludere a priori l'uno dall'altra (cuspidi molto piccole oppure molto grandi e pesanti). Thomas (cit.) elaborò una equazione in grado di attribuire la funzione alla cuspide in base ai suoi dati dimensionali. La verifica di tale equazione su assemblaggi costituiti anche da frecce immanicate (a cui era quindi possibile in modo sicuro attribuire una destinazione propria) ha dato, a volte, risultati errati. Sul grosso volume delle dimensioni intermedie delle cuspidi, possono intervenire quindi in aiuto altri indicatori:

- *Spessore e lunghezza dell'asta:* il tipo di essenza impiegata (o disponibile), la sua lunghezza e ipotetica densità iniziale sono indicatori sul sistema di propulsione (l'arco) sul tipo di caccia (selvaggina), sulla scuola tecnologica dei costruttori. Fino a un cm. di spessore, e un metro di lunghezza, si può con ragionevole sicurezza parlare di frecce per arco.
- *Cuspide*: la massa della cuspide è (generalmente) direttamente proporzionale alla forza dell'arco che la scaglia; questo perché la bilanciatura dell'asta deve sempre sussistere ed è funzione della flessibilità del legno utilizzato per l'asta, il suo diametro e la sua lunghezza. Anche la superficie di taglio è un indicatore importante: ad es. la larghezza alla base (l > 10 mm.) fa supporre carichi d'arco non inferiori a 25 kg., come è noto dalla sperimentazione. Combinando questi dati con quelli relativi all'asta di supporto, si possono escludere delle possibilità.
- *Cuspidi di piccole dimensioni e leggere*, e la conoscenza delle essenze disponibili nel paleoambiente (qualora risultino inadeguate per la costruzione di archi forti) possono far arguire tecniche di caccia alla grossa selvaggina di tipo specializzato, tipo *svantaggio, inseguimento* [68[68]], assolutamente destinate all'arco: tecniche che implicano molti cacciatori e quindi molte frecce che impattano sul selvatico in tempi vicinissimi. La cuspide di piccole dimensioni supplisce, con il minor attrito, alla scarsa energia cinetica/quantità di moto penetrando ugualmente in profondità.

---

[68[68]] vv.3.1

- *Le cuspidi trapezoidali a tranciante trasverso* sono specifiche per la piccola selvaggina e utilizzabili sicuramente da un arco: la loro peculiarità è quella di provocare ferite senza penetrare (o attraversare) completamente il corpo del selvatico.

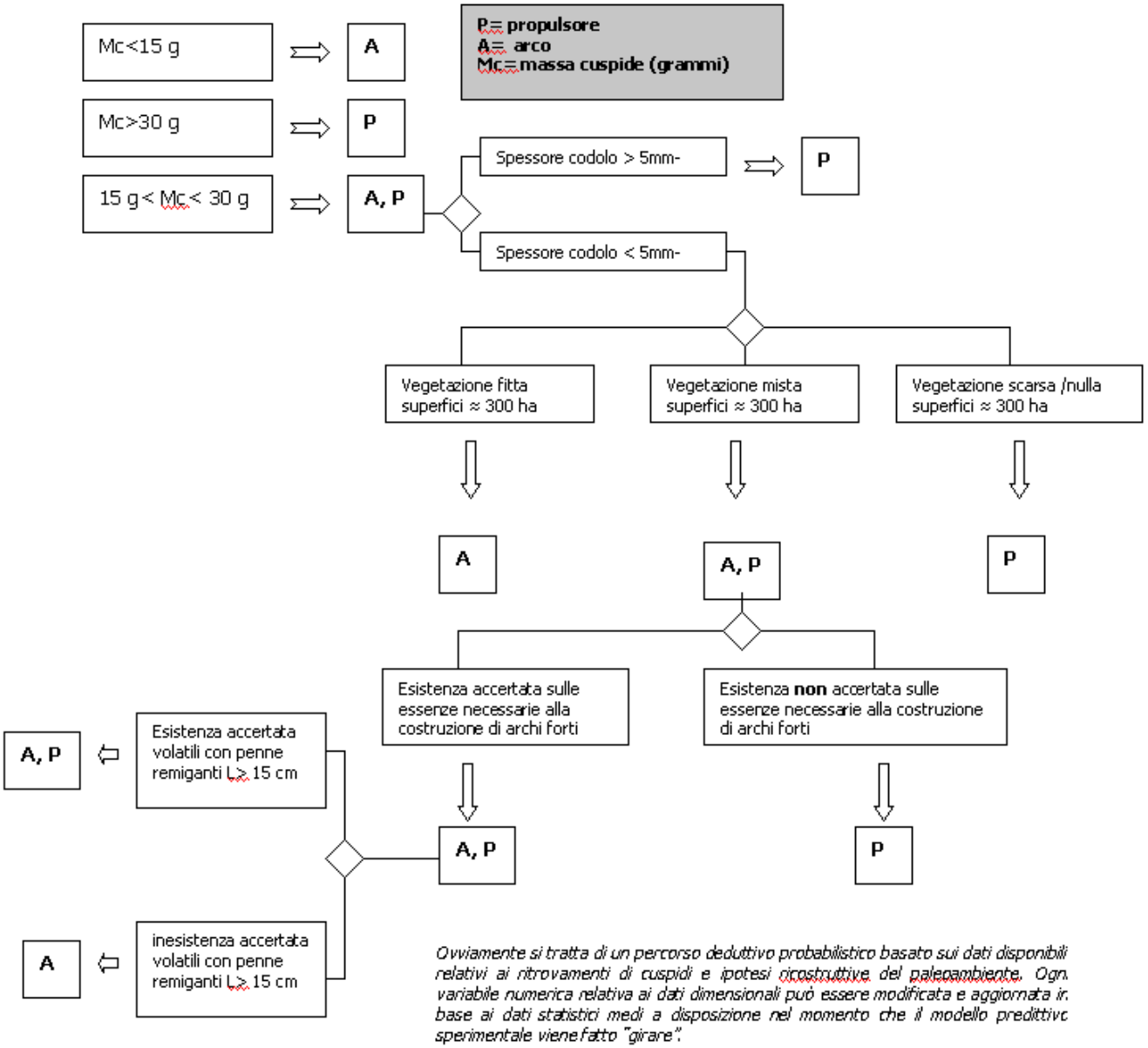
- *dati antropometrici*: una volta escluso il propulsore, se si hanno dati antropometrici medi dell'uomo che utilizzava l'attrezzatura in questione, si può effettuare un calcolo (sulla base media dei pesi delle cuspidi ritrovate) in grado di fornire indicazioni atte ad escludere un particolare tipo di caccia (anche dal punto di vista metodologico). Ad es: cuspidi non più lunghe di 130 mm. e cacciatori di statura non superiore a 160 cm. possono far arguire metodologie di caccia di gruppo, se questa informazione viene associata alla non esistenza/ testimonianza di essenze lignee in grado di produrre archi forti, come olmo, tasso, corniolo, frassino.

Uomini di altezza superiore a 170 cm possono facilmente sviluppare una tecnica in grado di gestire attrezzature più "impegnative", come archi forti e lunghi (anche in assenza di legni nobili come quelli elencati) e quindi cuspidi di medie/grandi dimensioni (l> 15 mm., L.> 35 mm., aste di lunghezza 80 cm, diametro 8/12 mm.) con la conseguente applicazione di metodologie di caccia specializzata alla grossa selvaggina attraverso *cerca*, *appostamento*, *incontro* (cacce solitarie – *one shot one kill*…)

-*Impennaggio*: è impossibile (o quasi) ritrovare penne sulle aste, ma non è impossibile trovare tracce della loro incollatura sull'asta. La lunghezza di tali tracce può fornire (unita alla conoscenza delle variabili antropometriche) un indicatore per la massa della cuspide, della bilanciatura dell'asta e quindi del tipo di caccia praticata. Vale il principio balistico che più la cuspide è leggera, maggiore dimensione deve avere l'impenaggio. Una punta molto pesante (che sposta in avanti il baricentro) può anche non aver bisogno di impennaggio.[69[69]]

[69[69]] ad es. le frecce degli Agta nella penisola di Luzon, Filippine.

Indicatori Archeologici: **esempio di percorso deduttivo in funzione della massa della cuspide**




*Ovviamente si tratta di un percorso deduttivo probabilistico basato sui dati disponibili relativi ai ritrovamenti di cuspidi e ipotesi ricostruttive del paleoambiente. Ogn variabile numerica relativa ai dati dimensionali può essere modificata e aggiornata ir base ai dati statistici medi a disposizione nel momento che il modello predittivo sperimentale viene fatto "girare".*

## Bibliografia


ADAMS, C., 1992, *On Arrow letality*, Bowhunter, Petersen, n.3 March 1992

AMATUCCIO, G., 1995, *Peri Toxeias* , Planetario, Bologna

ASHBY, E., 1985, *Broadhead test performances* , Natal, South Africa, corrispondenza personale.

BADSWORTH, A., STINGER F., 1975, NBEF Educational Papers 145:234 , NBEF, USA

BADSWORTH, J. 1975, *White, Tailed Deer* , Petersen's, NY

BATESON, G., *Mente e Natura* , Adelphi, 1984

BERGMAN, C. 1996, *The Development of the Bow in Western Europe: A Technological and Functional Perspective.* Northern Kentucky University Archaeological Papers of American Anthropological Association N.4

BERGMAN, C.,McEven E. 1996 *Sinew, Reinforced and Composite Bows: Technology, Function, and Social Implications*, Archaeological Papers of American Anthropological Association N.4

BERGMAN, C.A., *et al*, 1988 , *Experimental Archery: Projectile Velocities and Comparison of Bow Performances*, , Antiquity, Vol. 62, No. 237, 658-670, Dec. 1988.

BRISBIN, J. 1870, "*Belden, The White Chief or twelve years among the Wild Indians of the Plains*" by C. F. Vent, Cincinnati, OR

BRIZZI,V, 1989, *Experimental observation on bow, arrow dynamic relationship and computational models*, Il Nuovo Cimento, 101°:234, (Bologna, I, Mar, 1989)

BRIZZI, V., FERRARO, E.. , 1991, *Manuale di Tiro con L'arco* , FIARC, Milano

BRIZZI, V.1992 , *A Caccia con L'Arco* , Planetario, Bologna

BRIZZI, V(a) .1993– *Bowhunting in Italy* , Primitive Archery, Bois D'Arc Press, Marzo 1993

BRIZZI, V., FERRARO, E. , 1994, *Tiro con l'arco, i fondamenti* , Planetario, Bologna

BRIZZI, V. (b), 1993 , *Il libro delle frecce* , Planetario, Bologna

BRIZZI, V (c ), 1993 *le punte da caccia*, Diana Caccia ed. Olimpia, Maggio 1993

BRIZZI, V., 1996 , *L'uomo come ammortizzatore naturale*, Quaderni di Ullr,.14:8, Gennaio 1996, Gruppo YR, Bologna

BRIZZI, V., ZANI, A.,2003, *Il libro del Cacciatore con l'Arco*, Greentime, Bologna

BROOKE, C, STINGER, F., 1981, *NBEF Educational Papers* n.4 , NBEF, USA

BROWN, R.C. 1967, *'Observations on the Berkhamstead Bow',* JSAA, x, pp. 12, 15.

Bureau of American Ethnology to the secretary of the Smithsonian Institution, 1896, 1897.

CATLIN, G. *Letters and Notes on The Manners, Customs, and Conditions of North American Indians, 1844, Dover Publications, 1973*

CATTELAIN, P., PERPERE M., 1993, *Tir Expérimental de Sagaies et de Flèches*

Reconstitutions Archéologiques, Archéosite d'Aubechies, Beloeil, September 1993:94, 100.

CENNI, A. 1995, *Woods for Bow*, http://www.studionet.it/cenni/legni1.htm

CENNI, A., 1996, *Archi e frecce nell'Italia Medievale*, Greentime, Bologna

CHURCHILL, S. E., 1993, *Weapon Technology, Prey size selection, and Hunting methods in Modern Hunting, Gatherers: Implications for Hunting in Palaleolithic and Mesolithic,* Hunting and Animal Exploitation in the Later Palaeolithic and Mesolithic of Eurasia, archeological Papers of the American Anthropological Association, n.4,

CLARK, J.G.D. 1963, "*Neolithic Bows From Somerset, England, and the Prehistory of Archery in North, West Europe*", Proc. Prehistoric Soc., xxix, December,. 50-98

COMSTOCK, P. 1988, *The Bent Stick*, Bent Stick, Delaware, OH

COOMBS, R. 1982, *Bowhunter's Encyclopaedia*, Petersen's, NY

CHRISTENSON, A. L., 1986a, *Projectile Point Size and Projectile Aerodynamics: An Exploratory Study* Plains Anthropologist 31:109-128.

CHRISTENSON, A. L., 1986b, *Reconstructing Prehistoric Projectiles from Their Stone Points*. ]ournal of the Society of Archer-Antiquaries 29:21-27.

CHRISTENSON, A. L., 1987, *Projectile Points: Eight Millenia of Projectile Change on the Colorado Plateau*. In Prehistoric Stone Technology on Northern Black Mesa, Arizona, by W J. Parry find A. L. Christenson, pp. 143-198. Southern Illinois University, Center for Archaeological Investigations Occasional Paper 12.

CHRISTENSON, A. L., 1995, *Chipped Stone*. In The Neural Site, edited by R. E. Grossman. In preparation.

FARIS, N.A., ELMER, R.P. [Trans. & Ed.], 1945, *Arab Archery , An Arab manuscript of about A.D. 1500, 'A Book on the Excellance of the Bow and Arrow'and the Description Thereof*,, Princetown University Press

FISHER, A., VEMMING P. RASMUSSEN H. P., 1984, *Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points* , Journal Of Danish, Volume 3, 19-46, Odense University Press

GEIER, C.R., 1983, *Some Thoughts on the Taxonomic and Temporal Implications of Late Woodland Triangular Projectile Points from Sites in the Ridge and Valley Province of Virginia*, Archaeological Society of Virgina Quarterly Bullettin 38:197-233

GENESTE, J. M. , PLISSON H., 1986, *Le Solutréen de La Grotte de Combe Saunière 1 , Dordogne, Première approche palethnologique* , Gallia Prèhistoire 29, 9-27,

GENESTE, J. M. , PLISSON H.,1989, *Analyse technologique des points a cran soluteennes du Placard , Charente, Du Forneau du Diable, du Pech de la Boisserie et de Combe Sauniere , Dordogne,* , Palèo N°1 , Décembre 1989

GUY STRAUS, L. 1996, *Upper Palaelolithic Hunting Tactics and weapons in Western Europe*, Archaeological Papers of American Anthropological Association N.4

HAMILTON, T.M., 1982, *Native American Bows*, Missouri Archeological Society, Columbia, Missouri

HAMM, J., MASSEY, J., ST.CHARLES, G., BAKER, T., 1988, *The traditional Bowyers Bible* Bois d'arc press, Azle, TX

HAMM, J. , 1988, *Bows and Arrows of Native Americans*, Bois d'arc press, Azle, TX

HARDY, R., 1986, *Longbow*, Mary Rose Trust, Portsmouth,

HEAT, E.G. CHIARA V., 1977, *Brazilian Indian Archery*, Simon Archery Foundation, Manchester

HERRIN, A. , *Cherokee bows and arrows*, White Bear Publishing, 1989

HICKMAN, C.N., Nagler F., Klopsteg P.E., *Archery: the technical side,* National Field Archery Association, 1947.

HICKMAN, C.N. 1929 , *Velocity and acceleration of arrows. Weight and efficiency as affected by backing the bow,* ,Journal Fracklin Inst. No. 208, October 1929, pp. 521, 37.,

HICKMAN, C.N. 1937 , *The Dynamics of the bow and arrow,* Journal of Applied Physics, vol. 8, June 1937, pp. 404, 409,

HOWARD, Calvin D. 1995 Projectile Point and Hafting Design Review. North American Archaeologist 16(4):291-302.

GORDON, J.E., 1976, *Structures, or why things don't fall down*, Pelican Books,Washington, D.C.

ELLIS, C.J., 1997, *Factors Influencing the Use of Stone Projectile Tips*, in: Projectile Technology, Interdisciplinary contributions to Archaeology, 37-74, Plenum, NY

ELLIS, C. J. 1996, *Factors Influencing the Use of Stone Projectile Tips: An Ethnographic Perspective*, Archaeological Papers of American Anthropological Association N.4

HOLT, D. 1990, *Balanced Bowhunting*, Bowhunting, Boul

JAMES, E., 1823, *Account of an Expedition from Pittsburgh to the Rocky Mountains, Performed in the Years 1819, 1820*. Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown, London.

KEHOE, T.E., 1966, *The Small Side Notched Point System of the Northern Plains*, American Antiquity 31:827-841

KEHOE, T.E., 1973, *The Gull Lake Site: A Prehistoric Bison Drive Site in Southwestern Saskatchewan*, Milwaukee Public Museum Publications in Anthropology and History, No.1

KLOPSTEG, P.E ., 1947, *Turkish archery and the composite bow*, Third Edition, Simon Archery Foundation, Manchester, 1987.

KNECHT, H.1997, *Projectile Points of Bone, Antler, and Stone: Experimental Explorations of Manufacture and Use* in: Projectile Technology, Interdisciplinary contributions to Archaeology, Plenum, NY

KOOI, B.W.1998, *Bow, arrow interaction in Archery* , Journal Of Sport Sciences , pp.16 721, 731,

KOOI, B.W. , 1981, 'On the mechanics of the Bow and Arrow', *Journal of engineering mathematics,* 15 , 119, 145.

KOOI, B.W. , 1991,'The "Cut and Try" method in the design of the bow', In Eschenauer, H.A. Mattheck, C.;Olthoff, N. , eds, *: Engineering Optimization in Design Processes, Lecture Notes in Engineering 63*, Berlin: Springer Verlag, 283, 292.

KOOI, B.W., 1980, J.A. Sparenberg, 'On the static deformation of a Bow, *Journal of engineering mathematics*, 14, 27, 45.

KOOI, B.W., 1983, *On the mechanics of the bow and arrow*, Thesis, Rijksuniversiteit Groningen,.

KOOI, B.W., BERGMAN C.A. 1997, *Archery using mathematical modelling* , Antiquity 71 , pp.124 , 134

KOOI, B.W., *On the mechancs of the modern Working, recurve Bow*, Computational Mechanics 8, 1991, ?, ?

KROEBER, A.L. *Arrow release distributions*, University of California Publications in American Archaeology and Ethnology, 23,No.4, pp.283-296

KUHN, S.L., 1989, *Projectile weapons and investment in food procurement technology in the Eurasian Middle Palaeolithic*, American Journal of Physical Anthropology 78:257

LANDINI, R. 1990 , *Il Capriolo* , Calderini, Bologna

LATTA, E E, 1949, *Handbook of Yokuts Indians*. Kern County Museum, Bakersfield.

LAUBIN, R. & G., 1980, *American Indian Archery*, University of Oklahoma Press, Norman, OK

LISTON, T. 1989, *Phisical Laws of Archery*, Liston & Associates, San Jose, CA

LOWREY, N.S. 1999, *An Ethnoarchaeological inquiry into the functional relationship between projectile point and armor Technologies of the northwestern coast*, North American Archaeologist, Vol.20 (1) 47-73

MARLOW, W.C. 1981, Bow and arrow dynamics', *American Journal of Physics* 49, 320, 333.

MASSEY, J. 1987, *The book of primitive archery*, Bear Paw Publications, Girwood, Alaska

MAINARD R. 1984, *Advanced Bowhunting Guide*, Petersen's, NY

MAYNARD, R., 1994, *Deer Hunting* , Petersen's, NY

MC EWEN, E. 1991, corrispondenza personale.

MILLER, R.L., MC EVEN, BERGMAN C.A. 1986, *Early bow design and construction*, Scientific American, June pp. 50 – 56,

MOREL, P., 1993, *Impacts de Projectiles sur le Gibier: Quelques Eléments d'une Approche Expérimentale. Traces et Fonction: Les Gestes Retrouvés. Colloque international de Liège,1990. ERAUL 50:55, 57.*

MORI, E., GOLINO, F. 1983, *Balistica pratica* , Olimpia, Firenze

MORSE, E.S., 1885, *Additional Notes on Arrow Release*, Peabody Museum, Salem

MURDOCH, J. 1884, *A Study on Eskimo Bow In The US National Museum*

NELSON, E. W., 1899, *The Eskimo about the Bering Strait*. Eighteenth Annual Report of the Smithsonian Institution, Smithsonian Institution Press, Washington

NOBILE, F.1982 , *Il Cinghiale* , Olimpia, Firenze

PATERSON, ' W.F. "*Mary Rose*" , *A Preliminary Report'*, *J. S. A, A*, Vol. 23 , 1980, 29, 34.

PATERSON, W.F. '"*Mary Rose*" , *A Seond Report'*, *J. S. A, A*, Vol. 24 , 1981, 4, 6.

PAYNE GALLWEY, R., *The Crossbow*, The Holland Press, London, 1976.

PERCO, F., Ungulati , Olimpia, Firenze

PERCO, F.1988 , *Il Cervo* , Olimpia, Firenze

PERCO, F.1990 , *Il Capriolo* , Olimpia, Firenze

PIGNONE, G.1976, *Appunti di balistica venatoria* , Olimpia, Firenze

POPE, S. T., 1974, *Bows and Arrows*, University of California Press, Berkeley.

POPE, S.T. 1974, *Hunting with Bows and Arrows* , Berkeley, CA University of California press,

RAUSING, G. 1967, *The Bow: Some Notes on its orgin and Development*. Acta Archaelogica Lundensia Lund: C. W. K. Gleerups

ROZOY, J., G., 1992, *Le Propulseur et lArc. Chez les Chasseurs Préhistoriques. Techniques et Démographie Comparées*. Paléo 4:175-192.

SHAPIRO, T.1981, *Profili veloci*, Zanichelli, Bologna

SHUSTER, B.G., 1969, *'Ballistics of the modern working recurve bow and arrow'*, American Journal of Physics 37 , 364, 373.

STINGER J.,BROOKE C. 1981, *Arrowhead wounds*, NBEF Educational Papers NBEF, Austin, Tx

STONE, G.C., 1981, *A Glossary of the Construction, Decoration and Use of Arms and Armor in All Countries and in All Times,* Dover

SWITSUR, R. 1974, *The Prehistoric Longbow from Danny, Scotland',*, Antiquity, xlviii, pp. 56 –8,

THOMAS, D.H. 1980, Arrowheads and Atl Atl Darts: How the Stones Got The Shaft, American Antiquity, 43:461-472

TUCKER, W.E. 1958, *'Bows of the Nydam Galleys'*, , JSAA, i, pp.7, 9

TUJIN, C., KOOI B.W., '*The measurement of arrow velocities and the efficiency of working, recurve bows*, Submitted to *American Journal of Physics*

WALDORF, C. 1985, *The Art of Making primitive bows and arrows*, Waldorf, Branson, Missouri

WALLENTINE, D. 1981, *Making Indian Bows and Arrows...The Old Way* , Eagle's View Publishing, Ogden, Utah

WISE, L. *Tuning Your Broadhead*, TCC, Salt Lake City, UT, 1991

WONDERHEY, W. 1992, *Secrets of Omaha Bows*, Wonderhey, Grantville, PA

WYETH, J. B., 1905, "*Oregon; or a Short History of a Long Journey from the Atlantic to the Pacific by Land*" , Thwaites, Ruben G., Early Western Travels , Vol. XXI, . Cleveland; The Arthur H. Clarke, CO

WYETH, N. J., 1853. *Indian Tribes of the South Pass of the Rocky Mountains, the Salt Lake no, the Valley of the Great Saaptain*. or Lewis River and the Pacific Coast of Oregon Indian Tribes of the United States. Part I, by H. R. Schoolcraft, pp. 204-228. Lippin Grambo and Co., Philadelphia, Pennsylvania.

**VITTORIO BRIZZI**

ENTI DI APPARTENENZA: - PALEOWORKING

- DIPARTIMENTO DELLE RISORSE NATURALI E CULTURALI UNIVERSITA' DI FERRARA

Via Milazzo 18 40121 Bologna

Tel 051 552346 fax 051 552346

Email vittorio.brizzi@unife.it