
La balestra

Quest'arma temibile, inventata 2400 anni fa, raggiunse una notevole popolarità nell'XI secolo e per cinquecento anni, sino all'avvento di armi da fuoco efficienti, ebbe un ruolo preponderante in situazioni difensive

di Vernard Foley, George Palmer e Werner Soedel

Dall'XI secolo sino all'avvento di armi da fuoco efficienti, circa 500 anni dopo, la balestra fu una formidabile arma da guerra. Essa veniva usata principalmente nella difesa di luoghi fortificati o protetti, come castelli e navi, e contribuì in misura significativa anche alla conoscenza dei materiali (per le sollecitazioni a cui l'arco doveva resistere) e dell'aerodinamica (grazie alle caratteristiche peculiari del volo compiuto dalla freccia). L'aerodinamica della freccia della balestra e i principi del suo funzionamento ispirarono molte divagazioni di Leonardo da Vinci nei campi della fisica e dell'ingegneria.

Gli armaioli e i costruttori che progettavano le balestre e le armi a esse affini ignoravano la matematica e altre nozioni tecniche formali. Eppure le prove da noi eseguite alla Purdue University dimostrano che quegli artigiani riuscivano a raggiungere un alto grado di raffinatezza nei riguardi dell'aerodinamica e che possedevano una buona conoscenza dei principi della meccanica.

Rispetto ad altre macchine, la balestra non è complessa. Un arco, di solito troppo potente per essere teso senza ausili meccanici, è montato trasversalmente sulla parte frontale di un fusto di legno o di metallo chiamato propriamente tenere. E presente inoltre un qualche dispositivo per portare la corda nella posizione di completa tensione e per poi farla scattare. La freccia corta è guidata o all'interno di una scanalatura incassata nella faccia superiore del tenere o da sostegni che la reggono alle due estremità. Se l'arco è abbastanza potente, un dispositivo per tendere la corda viene incorporato nel tenere oppure portato separatamente.

La balestra offriva due vantaggi rispetto all'arco. Innanzitutto aveva una gittata maggiore, cosicché i balestrieri potevano tirare in assoluta tranquillità contro arcieri ancora troppo lontani per poterli colpire a loro volta. In secondo luogo, il tenere e i dispositivi per tende-

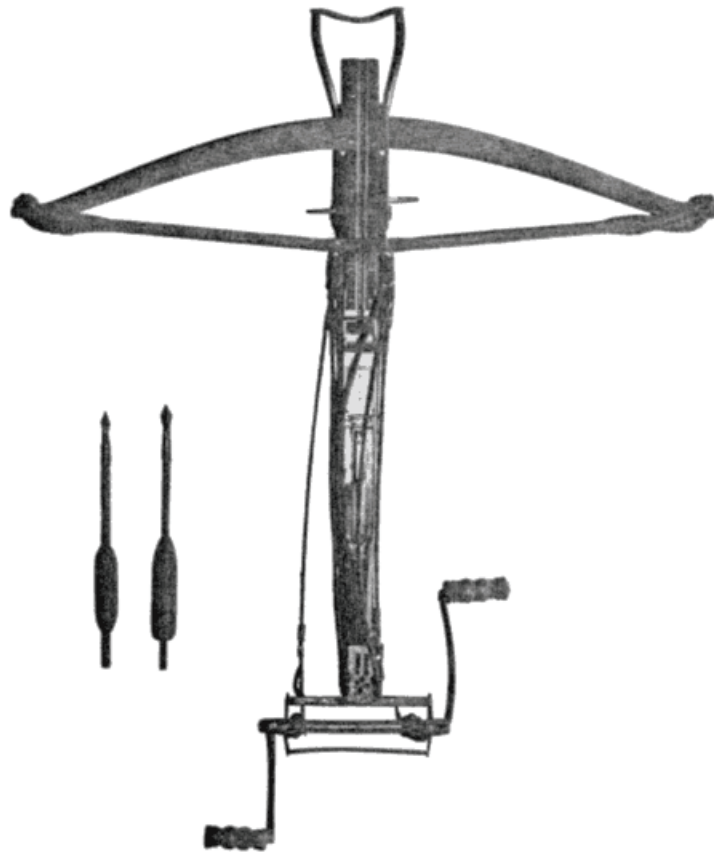
re la corda e per farla scattare rendevano in parte meccanico il ciclo di tiro, richiedendo così sforzo e abilità minori nell'uso dell'arma. I ganci che trattengono e liberano la corda e la freccia rappresentano uno fra i primi tentativi di meccanizzare alcune funzioni della mano umana.

Un notevole svantaggio della balestra era la minore frequenza di tiro rispetto all'arco. Di conseguenza il suo uso militare era limitato principalmente a situazioni nelle quali, durante il processo di ricarica, era disponibile un riparo. Ecco perché le balestre venivano usate principalmente da guarnigioni poste a difesa di castelli, da forze d'assedio e a bordo delle navi.

La balestra fu inventata molto tempo prima di diventare popolare. Circa la sua invenzione vi sono due rivendicazioni di priorità, una da parte della Grecia, l'altra della Cina. Attorno al 400 a.C. i greci svilupparono la balista, una specie di catapulte per il lancio di pietre e frecce. L'idea nacque dai tentativi fatti per aumentare la potenza degli archi. La balista, che assomiglia alla balestra, alla fine raggiunse grandi dimensioni; sembra, tuttavia, che fra i primi esemplari ve ne fossero alcuni aventi le stesse dimensioni di una balestra.

Le rivendicazioni della Cina sono confortate a livello archeologico da meccanismi di sganciamiento in bronzo prodotti attorno al 200 a.C. Le rivendicazioni della Grecia sono anteriori a questa data, ma documenti scritti cinesi situano d'altra parte l'impiego della balestra in battaglia attorno al 341 a.C. Altri documenti, di cui è difficile valutare l'attendibilità, fanno risalire l'uso della balestra ad almeno un secolo prima.

Dalla documentazione archeologica risulta che l'uso della balestra in Europa continuò ininterrottamente dai tempi classici sino al periodo di massima popolarità, fra l'XI e il XVI secolo, e pare che due fattori ne abbiano limitato la diffusione prima dell'XI secolo. Un fatto-



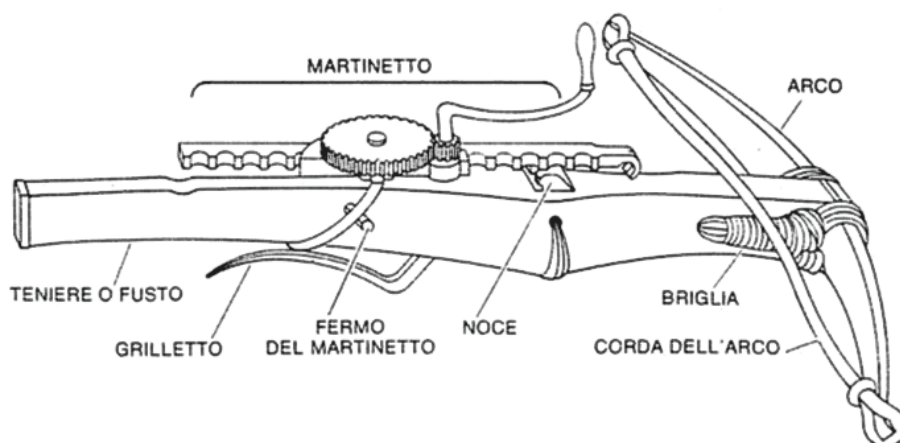
Questa balestra militare francese del Trecento, «ad argano», e due sue frecce sono esposte al museo dell'Accademia militare di West Point, negli Stati Uniti. L'arco è troppo potente per essere teso a mano, cosicché nella parte posteriore del tenere, o fusto, si trova un argano. Il tenere è lungo 102 centimetri; l'arco ha un'apertura di 107 centimetri; la lunghezza delle frecce è di circa 40 centimetri.

re consisteva nel costo maggiore delle balestre per armare le truppe rispetto agli archi. L'altro fu la relativa scarsità di castelli, che divennero storicamente importanti solo nel periodo normanno.

Con la costruzione dei castelli, la balestra divenne parte integrante di una rivoluzione sociale violenta e profondamente d'élite. Spesso le fortificazioni in epoca prenormanna erano semplici, progettate in vista di un uso occasionale e intese proteggere l'intera popolazione di una zona. All'interno delle mura, quando gli abitanti vi cercavano riparo dalle bande di razziatori, vi era quindi abbondanza di armi da getto. I normanni esercitavano il controllo attraverso una piccola minoranza militare, pesantemente armata, che dominava una popolazione contadina e urbana molto più estesa. I loro castelli miravano a fornire protezione ai pochi nei confronti dei molti, oltre che ai pochi nei confronti dei membri armati e predatori della loro

stessa casta. La gittata superiore delle balestre li aiutava a rendere più sicuri questi rifugi.

Nei secoli successivi all'avvento della balestra come arma difensiva furono compiuti sforzi per migliorarne la potenza e uno dei miglioramenti adottati potrebbe essere stato mutuato dagli arabi. Gli archi degli arabi erano del tipo noto come arco composto. La loro struttura merita questo nome, giacché furono importanti precursori dei materiali compositi di oggi. Un arco composto offre chiari vantaggi rispetto a un arco formato da un singolo pezzo di legno. Un arco semplice ha una potenza che è limitata dalla resistenza intrinseca del materiale con cui è costruito. Quando un arco viene teso, il materiale sul lato esterno, convesso (detto dorso perché rivolto in direzione contraria a quella in cui si trova l'arciere), è sottoposto a tensione. Contemporaneamente il lato interno (ventre) viene sottoposto a compressione. Se l'arco viene teso in misura eccessiva, sul dorso comin-



Gli elementi di una balestra sono l'arco, la corda, la noce (una tacca fermacorda) e il grilletto. Premendo il grilletto si faceva abbassare la noce, liberando così la corda per il tiro. Un fermo manteneva in posizione il martinetto, che tirava indietro la corda. Il martinetto è stato uno dei primi ingranaggi atto a esercitare una forza considerevole o a sollevare grossi carichi.

ciano a staccarsi schegge di legno longitudinali, mentre nel ventre appaiono grinze. A questo punto la deformazione dell'arco diventa di solito permanente e un'ulteriore deformazione potrebbe causarne la rottura.

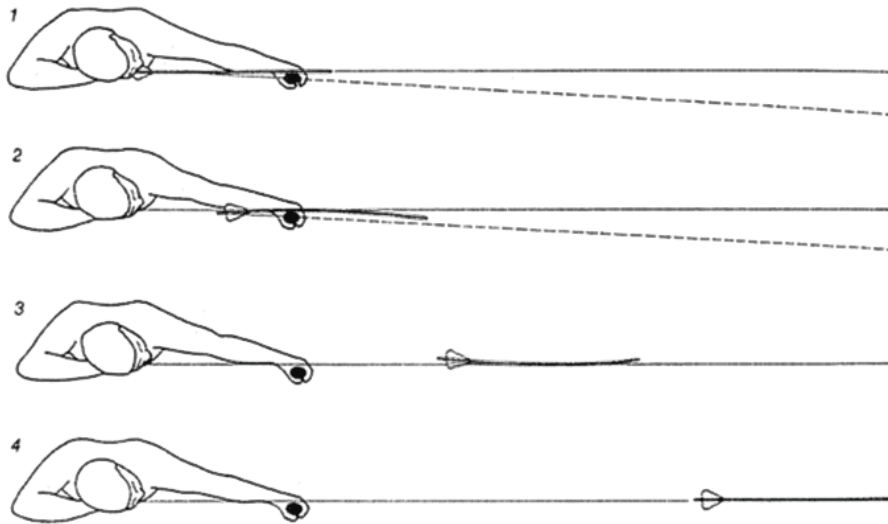
In un arco composto, sul dorso viene applicato come strato rinforzante un materiale più resistente, così che assorba dal legno una parte della deformazione e riduca la formazione di schegge. Fra i materiali preferiti in passato vi erano tendini di animali, e particolarmente il legamento della nuca, ossia il grande fascio elastico che decorre lungo la colonna vertebrale e al di sopra delle spalle nella maggior parte dei mammiferi. Da prove eseguite su questo materiale, abbiamo trovato che, quando è preparato in modo idoneo, ha una resistenza a trazione prossima a 20 chilogrammi per millimetro quadrato. Questa resistenza è circa quattro volte superiore alla gamma dei valori di resistenza dei legni più adatti.

Sul lato ventrale dell'arco può essere applicato un materiale più resistente a compressione rispetto alla maggior parte dei legni. I turchi usavano corno di bufalo, che ha una resistenza massima a compressione di circa 13 chilogrammi per millimetro quadrato. (Il legno può avere una resistenza a compressione quasi quattro volte inferiore alla resistenza a trazione.) Il livello di raffinatezza raggiunto dai costruttori di archi composti risulta anche dalle colle che usavano. La colla preferita era ottenuta dal rivestimento del palato dello storione del Volga. Questo grado di specializzazione attesta

l'esistenza di un'estesa tradizione nella sperimentazione e nella scelta.

Balestre con arco composto continuarono a essere usate per tutta l'ultima parte del Medioevo e nel Rinascimento. Esse erano più leggere delle balestre di acciaio, che cominciarono a essere prodotte attorno al 1400, avevano una gittata maggiore in relazione a una data forza di lancio ed era meno probabile che fallissero in modo catastrofico. Gli archi composti erano abbastanza comuni al tempo di Leonardo; dai suoi manoscritti risulta che egli ebbe modo di riflettere sulla loro costruzione e ne trasse intuizioni fondamentali sul modo in cui i materiali si comportano quando sono sottoposti a sollecitazione.

L'arco medioevale di acciaio rappresentò il culmine nella costruzione delle balestre. Le sue prestazioni non furono eguagliate sino alla comparsa delle fibre di vetro e di altri materiali compositi moderni dopo la seconda guerra mondiale. Gli archi d'acciaio potevano raggiungere livelli di potenza che nessun materiale organico del tempo era in grado di eguagliare. Ralph Payne-Gallwey, uno sportivo vissuto in epoca vittoriana e autore di un trattato sulla balestra divenuto un classico, provò una grande balestra da guerra che con una forza di lancio di 550 chilogrammi scagliava una freccia di 85 grammi alla distanza di 420 metri. Egon Har-muth, un esperto di storia della balestra, ritiene che siano esistiti archi con forza di lancio doppia di questa. Gli arcieri del tempo, che usava-



Il paradosso dell'arciere spiega in parte perché le frecce per balestra fossero più corte di quelle per arco. Un arciere scocca una freccia convenzionale: quando prende la mira (1), la freccia si trova da un lato dell'arco e la linea di mira è lungo la freccia; quando scocca la freccia (2), invece, la forza della corda spinge la coda della freccia verso il centro dell'arco. Per restare sulla linea di mira, la freccia deve flettersi in volo (3); nei primi metri vibra, stabilizzandosi poi sulla linea di volo (4). Quest'esigenza di flessibilità limita la quantità di energia impartibile alla freccia. La balestra, generando una grande quantità di energia, richiedeva quindi frecce più corte e più rigide, che non fossero soggette a flessione, un accorgimento che si tradusse in migliori caratteristiche aerodinamiche.

no l'arco lungo, si dovevano limitare per lo più all'impiego di archi con una forza di lancio inferiore a 45 chilogrammi. Persino usando frecce speciali molto leggere, non riuscivano a quanto pare a superare una gittata di 275 metri.

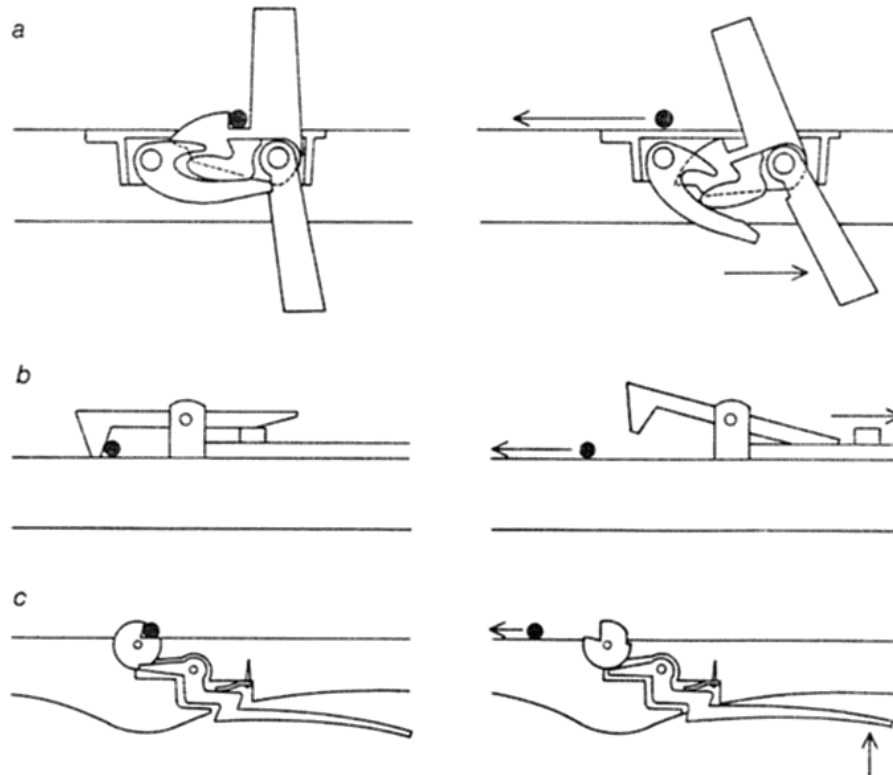
A mano a mano che gli archi di acciaio raggiungevano nuovi livelli di potenza, diminuivano le possibilità di sfruttarne appieno le caratteristiche. La maggiore massa dell'arco fissava un limite alla sua capacità di accelerazione. Era difficile produrre acciaio in verghe abbastanza grandi per costruire archi completi, cosicché essi venivano ottenuti di solito saldando assieme molti pezzi più piccoli. Ogni saldatura comportava una maggiore possibilità di inconvenienti e costituiva quindi anche un rischio per l'arciere.

Gli archi più potenti crearono la necessità di meccanismi di sganciamento anch'essi più potenti. Fino a quell'epoca i congegni di scatto europei, formati di solito da una «noce» rotante e da un grilletto a leva, furono di gran lunga inferiori ai meccanismi cinesi, dotati di una leva intermedia grazie alla quale l'arciere poteva scoccare una freccia con un arco pesante, esercitando sul grilletto una pressione breve, decisa

e lieve. Poco dopo il 1500, grilletti perfezionati, formati da un sistema di leve multiple, cominciarono ad apparire in Germania. Manoscritti di circa un decennio prima dimostrano che Leonardo era già pervenuto a questa soluzione e ne aveva calcolato i vantaggi meccanici.

Anche la freccia corta delle balestre fu perfezionata considerevolmente nel corso degli anni. Possiamo capire questa evoluzione considerando dapprima le forze che agiscono su una freccia scoccata da un arco. Perché l'arciere che usa un arco tradizionale possa tirare comodamente, la freccia deve trovarsi grosso modo fra il centro del torace e l'estremità del braccio disteso. L'arciere punta la freccia guardando lungo l'asta della stessa e mantenendo in posizione le due estremità di quest'ultima con le mani. Questi due punti determinano la direzione che la freccia prenderà dopo essere stata scoccata.

Le forze che si esercitano sulla freccia quando viene scoccata non coincidono però completamente con questa linea di mira. La corda, lasciata libera, tirerà la cocca della freccia verso il centro dell'arco anziché di lato. Perciò, per-



I meccanismi di scatto per balestre erano di vari dpi. Un tipo cinese di circa 2000 anni fa (a) aveva un gancio o dente per trattenere la corda, che ruotava attorno allo stesso perno del grilletto. Una leva intermedia curva connetteva le due parti e permetteva di esercitare sul grilletto una breve e leggera pressione. A destra è illustrato il movimento della corda quando si tira il grilletto. In Occidente, la tecnologia dei meccanismi di scatto ha fatto la sua prima comparsa nel *gastraphetes* (b), un meccanismo della catapulta. Qui il dente, per liberare la corda, si alza anziché abbassarsi. Il normale meccanismo di scatto usato in Europa del Medioevo (c) si basava su un elemento cilindrico, la noce, ed era sostenuto da un semplice grilletto a leva, che impegnava un dente sul lato inferiore della noce. La pressione esercitata dal balestriere sul lungo grilletto tendeva a spostare la freccia dalla linea di mira; gradualmente vennero perciò introdotti sistemi di leve intermedie per rendere più breve e più leggera la pressione esercitata sul grilletto.

ché la freccia non venga deviata dalla linea di mira, occorre che, nel momento del lancio, subisca una leggera flessione.

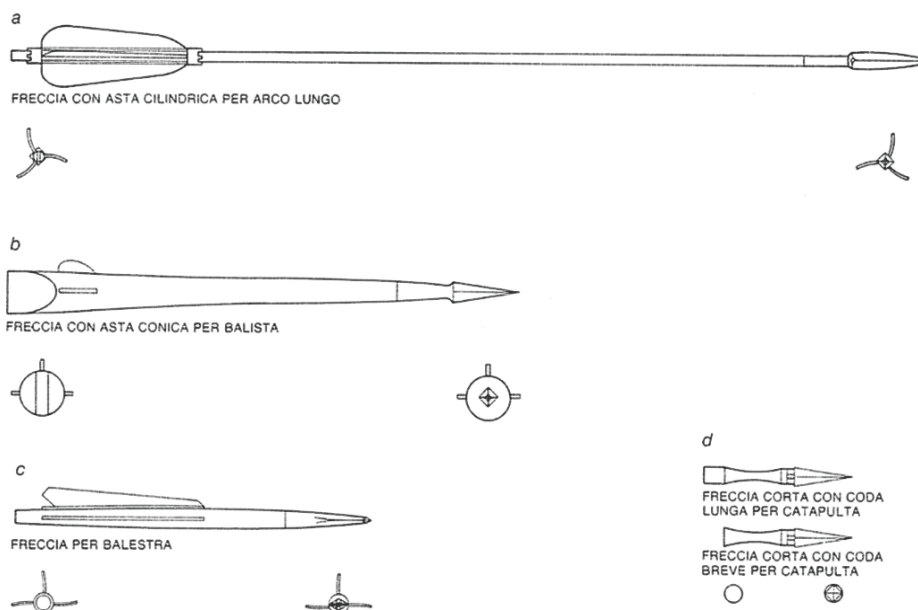
La necessaria flessibilità della freccia per arco tradizionale pone limiti alla quantità di energia che le si può impartire durante l'accelerazione. Per esempio, abbiamo trovato che una freccia progettata per un arco con una forza di lancio dell'ordine di nove chilogrammi può essere flessa rispetto alla linea di mira in misura sufficiente a rompersi se scoccata da un arco con una forza di lancio di circa 38 chilogrammi.

Nell'antichità le frecce dovettero essere perciò riprogettate per essere usate nelle balestre e nelle catapulte. Poiché la superficie del tenere faceva meglio coincidere il moto della corda con la linea di volo iniziale e i dispositivi di

guida sostituivano le mani dell'arciere, le frecce poterono essere più corte e più rigide. Diveniva così più facile, al tempo stesso, riporle e trasportarle.

Le nuove caratteristiche adottate possono essere rappresentate dai due tipi principali di freccia rimasti. Uno di essi, lungo press'a poco la metà di una freccia d'arco convenzionale, si allarga nettamente verso la parte posteriore e ha un'impennatura formata da alette di per se stesse troppo piccole per assicurargli una buona stabilità. La parte posteriore dell'asta è costruita in modo da essere bloccata da un gancio d'arresto.

Il secondo tipo di freccia non ha né alette né penne. La punta metallica si estende per un terzo circa della lunghezza complessiva e l'asta di legno è stata ridotta alla lunghezza minima ne-



I proiettili illustrati sono una freccia tipica, con asta cilindrica, per un arco lungo da guerra (a); una freccia romana con asta conica che veniva lanciata da una balista (b); una freccia medioevale tipica per balestre (c) e due varianti di una freccia romana per catapulte (d), che venivano scagliate da una macchina di dimensioni inferiori a quelle della macchina che lanciava la freccia illustrata in b. Per ogni tipo di proiettile l'immagine riportata in alto è una vista laterale; quelle in basso sono le viste frontali delle estremità del proiettile.

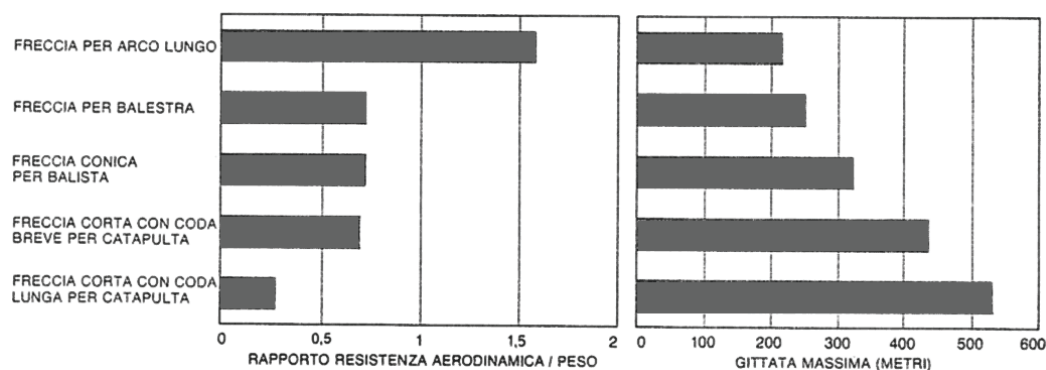
cessaria per guidare la punta nel volo attraverso l'aria. Anche la sezione di questa freccia aumenta verso l'estremità posteriore. La lunghezza complessiva è meno di 15 centimetri.

Queste frecce attestano un'esperienza considerevole nel campo dell'aerodinamica da parte degli innovatori romani che per primi le progettano. Oggi è chiaro che l'impennatura, che impedisce alla freccia di ruotare durante il volo, è fra le fonti principali di resistenza aerodinamica della freccia. La riduzione della superficie delle alette avrebbe pertanto consentito alla freccia una maggiore gittata, purché la freccia non avesse cominciato a volare obliquamente, il che avrebbe aumentato notevolmente la resistenza aerodinamica. Una soluzione consiste nel rastremare l'asta, in modo che risulti più stretta nella parte anteriore che in quella posteriore. Se una freccia affusolata comincia a deviare dalla sua traiettoria, la pressione totale dell'aria sarà maggiore sul segmento posteriore, che ha sezione maggiore, che non sulla sezione anteriore, più sottile; la freccia recupererà così il giusto allineamento.

In altri termini, si può considerare che l'asta di una freccia abbia un centro di pressione (il punto di equilibrio di tutte le forze aerodinamiche che agiscono sull'asta) situato dietro al ba-

ricentro. Su una freccia cilindrica priva di impennatura questo punto si troverà press'a poco al centro dell'asta. In una freccia di sezione crescente dalla punta verso la parte posteriore dell'asta il centro di pressione è spostato all'indietro in conseguenza del variare della sezione. Poiché il centro di pressione di questa freccia si trova dietro il baricentro, è più stabile di una che abbia forma cilindrica e incontra una minore resistenza aerodinamica di una freccia con impennatura. L'aumento della sezione verso la coda della freccia aiuta anche a mantenere uniforme la pressione esercitata dal flusso dell'aria sulla superficie della freccia. Anche l'accorciamento dell'asta contribuisce alla stabilità della freccia in volo, poiché un flusso d'aria parallelo a una superficie cilindrica diventa sempre più turbolento all'aumentare della lunghezza di quella superficie. Ne risulta che la turbolenza lungo la superficie dell'asta, che toglie alla freccia parte della sua energia, è minima nel caso di una freccia corta,

Un altro fattore che spiega la superiore efficienza della freccia di forma conica anziché cilindrica sembra risiedere nel disegno della coda. Questa presenta delle tacche in modo da poter essere bloccata da un dispositivo di



I cinque tipi di proiettili illustrati sopra sono stati sottoposti a prova da parte degli autori nella galleria del vento dell'Aerospace Sciences Laboratory alla Purdue University. I risultati sono riportati negli istogrammi. I calcoli sono stati effettuati da Wade H. Hickam per una velocità iniziale di 80 metri al secondo, probabilmente troppo elevata per l'arco lungo, ma utile come velocità comune di confronto.

aggancio. Come la forma affusolata, la presenza di tacche contribuisce a rendere regolare il flusso dell'aria lungo la parte posteriore del proiettile, riducendo così la formazione di una scia turbolenta che dissipa energia.

Non c'è ragione di supporre che i tecnici del tempo disponessero di conoscenze sulla pressione o conoscessero particolari del flusso dell'aria e della resistenza aerodinamica. Queste idee cominciarono a emergere solo con Leonardo e senza dubbio, quindi, nell'antichità le frecce venivano progettate con un procedimento per tentativi ed errori, associato a deduzioni logiche. Probabilmente i fattori guida erano la gittata massima e la forza d'impatto.

Gli artigiani del tempo riuscirono nondimeno a conseguire sostanziali miglioramenti nella progettazione delle frecce. Prove nelle gallerie del vento, da noi eseguite nell'Aerospace Sciences Laboratory della Purdue University, corroborano questa conclusione. Abbiamo provato una freccia medioevale tipica di un arco da guerra, un quadrello (freccia corta da balestra) medioevale e i due tipi di freccia noti per le baliste del l'antichità. I risultati da noi ottenuti dovettero essere interpretati con prudenza, perché le dimensioni di questi proiettili, in particolare di quelli più piccoli, erano vicine ai limiti di sensibilità delle apparecchiature di misurazione. Ma anche entro i limiti della nostra analisi, sono emerse varie conclusioni ipotetiche interessanti. In primo luogo la freccia più piccola, che pare sia abbastanza completa a prescindere solo da un qualche danno a livello della coda, era abbastanza stabile a tutti gli an-

goli di inclinazione della traiettoria che si poteva ragionevolmente presumere seguisse in volo.

In secondo luogo, il confronto da noi eseguito del rapporto fra resistenza aerodinamica e peso per i quattro proiettili sopra citati rivela che la freccia per arco è sostanzialmente inferiore alle altre frecce. Il peso può essere considerato una misura della capacità del proiettile di immagazzinare energia: se tutti i proiettili venissero lanciati alla stessa velocità, il peso ne determinerebbe l'energia all'inizio del volo. La resistenza aerodinamica determina, per ciascun tipo di freccia, il tasso di perdita di energia. Un basso rapporto fra resistenza aerodinamica e peso indica la probabilità che il proiettile consegua una lunga gittata.

Il rapporto fra resistenza aerodinamica e peso della freccia per arco è press'a poco doppio rispetto a quello di tutti gli altri tipi di freccia. Pare che una volta riusciti a eliminare le limitazioni che si ponevano alla progettazione e alla costruzione delle frecce per arco, i progettisti dell'antichità e del Medioevo siano potuti pervenire a un nuovo livello di progettazione ottimale. Questa si adattava così bene ai materiali allora disponibili che non venne migliorata durante la restante parte del periodo in cui archi e balestre furono le principali armi da guerra.

Dietro tutta questa evoluzione nel campo della meccanica vi era una forte necessità di balestre e munizioni. Spesso il grosso della guarnigione di un castello, in tempo di pace, era costituito da balestrieri. In un avamposto

difeso massicciamente come il porto di Calais, sulla costa francese, tenuto dagli inglesi, erano disponibili ben 53'000 frecce da balestra. Ivi le autorità acquistavano forniture di 10'000 20'000 frecce. Fra il 1223 e il 1293 la famiglia de Malemort, nella Forest of Dean in Inghilterra, produsse quasi un milione di frecce.

Ne risultò, come c'era da attendersi, una tendenza verso una produzione in serie che anticipò di molto la Rivoluzione industriale. Un esempio è costituito da un dispositivo formato da un paio di blocchi di legno accostabili fra loro con un sistema a vite in modo da formare una sorta di morsetto; i blocchi avevano una scanalatura per poter accogliere l'asta di una freccia. Le alette della freccia fuoriuscivano da fenditure e poggiavano su una piastra metallica che fungeva da guida per rifilarle alle giuste dimensioni e orientarle con la giusta simmetria. Quest'operazione di munire una freccia di alette, di rifilare queste ultime e di orientarle nel modo desiderato si chiamava «impennatura», in inglese *fletching*, un'occupazione così importante nel Medioevo da lasciare un cognome comune: Fletcher. Da quell'epoca in poi essa cominciò a essere meccanizzata.

Un altro dispositivo è una macchina piallatrice che serviva probabilmente sia ad arrotondare l'asta delle frecce sia a incidere le scanalature in cui dovevano essere alloggiare le alette. Aste di legno di piccolo diametro non potevano essere raddrizzate con precisione dai torni dell'epoca perché quando veniva applicato loro l'utensile da taglio si flettevano. Nella macchina piallatrice la lama di ferro è inserita in un blocco di legno munito di due manici in posizioni opposte. Il blocco viene fatto slittare lungo un morsetto che sostiene rigidamente la freccia, La lama taglia finché il blocco viene a poggiare sulla superficie superiore del morset-

to. Così questo dispositivo offre un controllo automatico della profondità e della direzione del taglio e le frecce possono essere prodotte tutte in dimensioni pressoché identiche.

Dopo Leonardo, con il diffondersi delle armi da fuoco la balestra cominciò a perdere popolarità. Essa continuò però a essere usata in mare, dove non presentava i problemi di accensione che aveva comportato l'impiego delle prime armi da fuoco e dove le murate delle navi offrivano protezione per l'operazione di ricaricamento. Versioni più pesanti continuarono a essere usate anche per la caccia alla balena. Sulla terraferma le armi da fuoco sostituirono, invece, gradualmente la balestra nella caccia. Un'eccezione è costituita da una versione della balestra, la cosiddetta pallottoliera, che scagliava pietre o pallottole. Quest'arma, usata per cacciare selvaggina di piccola taglia, rimase in uso sino all'Ottocento inoltrato. Il fatto che essa sia, a quanto pare, debitrice di qualcosa alle armi da fuoco rappresenta un'inversione del rapporto evolutivo esistente fra i due tipi di arma. Taluni elementi delle armi da fuoco, come fusti, grilletti e mire regolabili, furono sviluppati all'inizio per le balestre, in particolare per quelle per il tiro a segno che ancora sopravvivono in molte parti del mondo.

Lo sviluppo delle fibre di vetro nel XX secolo ha portato al ritorno della balestra ad arco composto. Le fibre di vetro costituiscono una alternativa moderna al tendine, e la loro matrice di plastica ha sostituito il corno di bufalo. Pur con il rifiorire del tiro con l'arco, la balestra è rimasta molto indietro rispetto a esso; tuttavia continua ad avere un certo seguito e l'arciere contemporaneo può disporre di una balestra notevolmente perfezionata rispetto all'arma medioevale.

pubblicato in *Le Scienze*, marzo 1985

@ www.outlab.it

Note bibliografiche:

- Payne-Gallwey Ralph, *The Crossbow, Mediaeval and Modern, Military and Sporting: its Construction, History and management*, Bramhall House, New York, 1958.
- Stevens G.M., *Crossbows: «From Thirty-Five Years with the Weapon»*, Crossbow Books, Huntsville, 1978.