

Un paradosso nel Paradosso

Dispensa per istruttori di primo
Livello – parte quinta

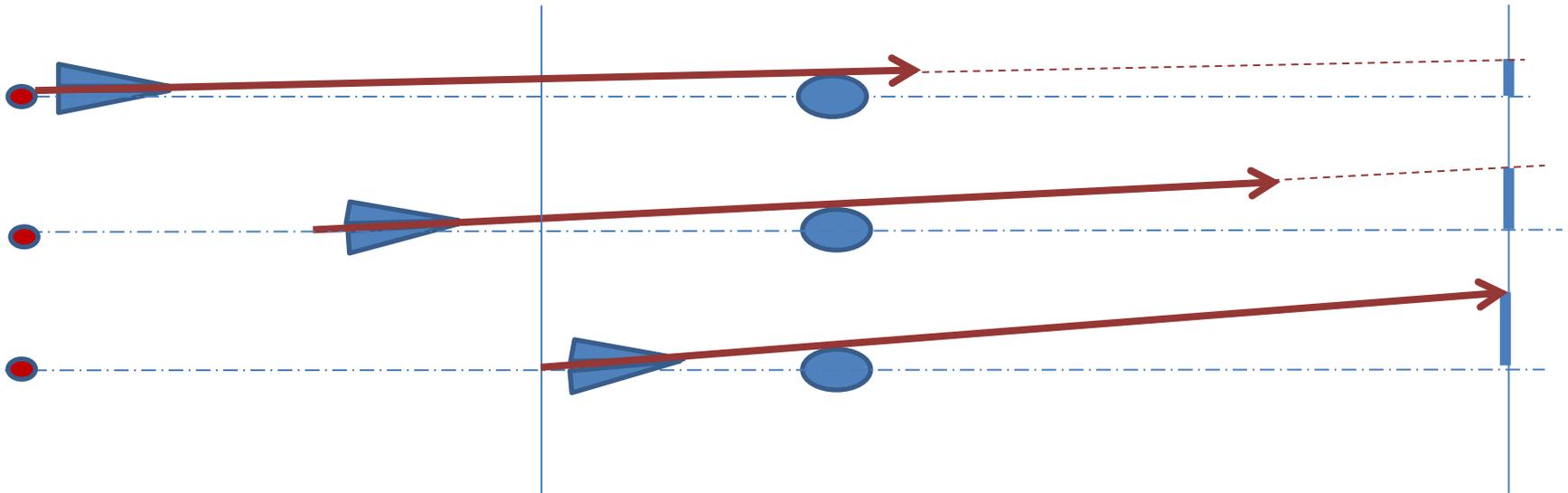
Un paradosso nel Paradosso

È uno dei problemi "mistici" più complessi che mai siamo stati affrontati in uno studio analitico sulla dinamica del volo della freccia.

Ogni manuale grossolanamente riporta grafici più o meno particolareggiati che più che chiarire le idee le ottenebrano.

Il primo vero lavoro serio (e unico) risale intorno agli anni 1930 grazie a Clarence N. Hickman, estroso ed eclettico scienziato che assieme a Klopsteg e Nagler, gettò le basi dell'arcieria scientifica.

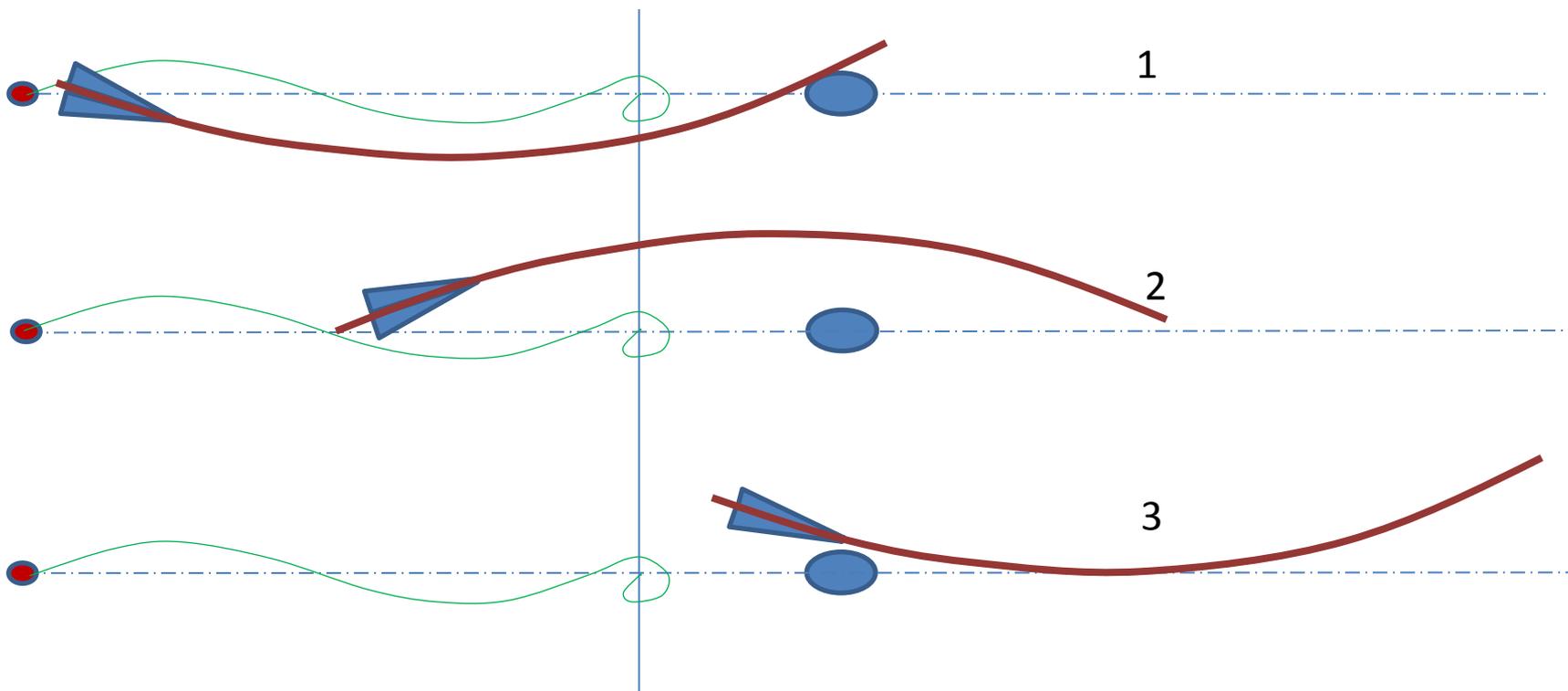
Perché paradosso?



Se la freccia fosse costituita da una barra di ferro non deformabile, la corda durante la spinta farebbe sì che la divergenza tra il suo asse e il piano virtuale di scorrimento della corda aumenti man mano che avanza.

In realtà l'asta della freccia è flessibile. Il disassamento tra essa ed il piano virtuale di scorrimento della corda l'azione delle dita della mano all'atto del rilascio e il peso in punta della freccia contribuiscono alla sua flessione iniziale. Tra tutte le componenti, il rilascio è senz'altro il fattore più importante, perché direttamente influisce sulla traiettoria della corda sul piano orizzontale con una sinusoide molto ben definita.

Maggiore interazione tra le dita e la corda (rilascio più "sporco") maggiormente la sinusoide aumenta di ampiezza e – conseguentemente – l'ampiezza delle oscillazioni dell'asta della freccia sarà maggiore.



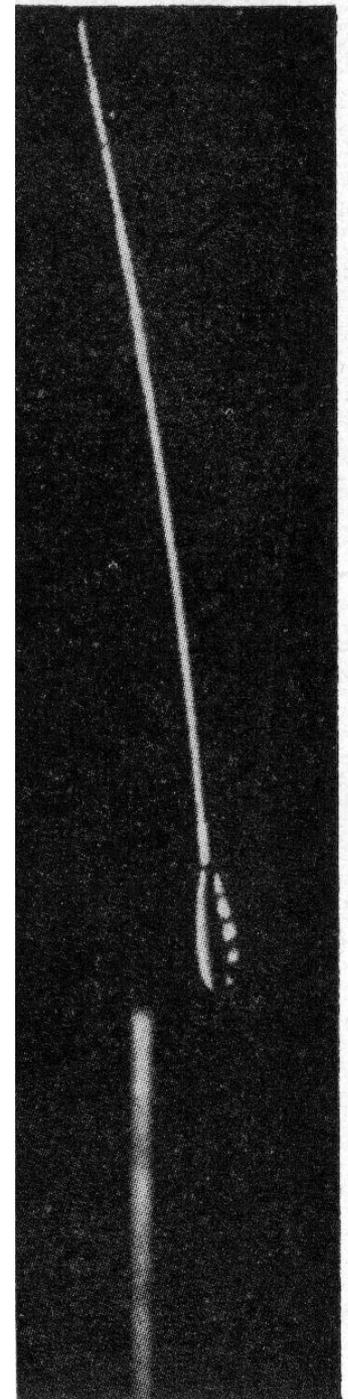
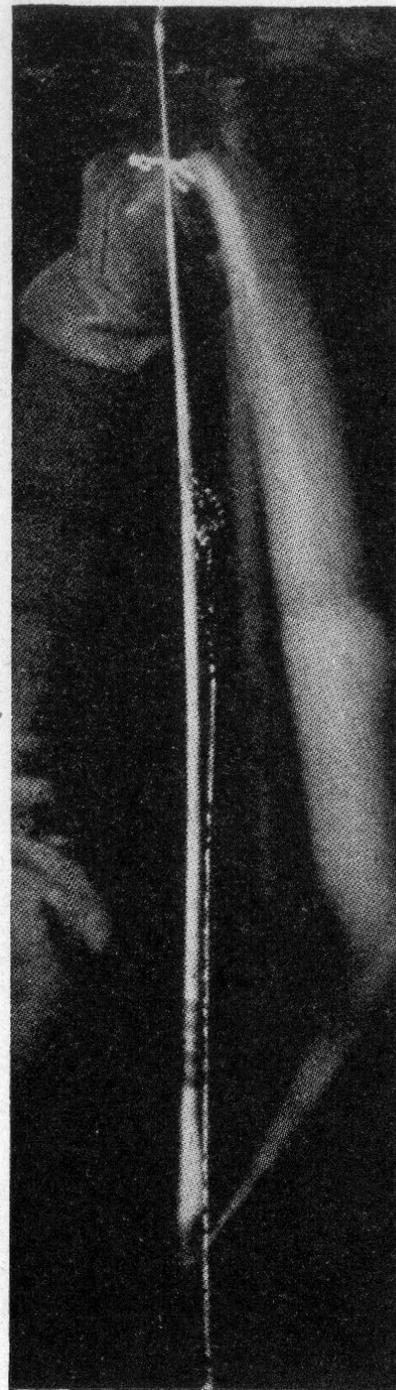
Questa è l'interpretazione classica, semplificata, che evidenzia le tre fasi principali dell'oscillazione della freccia nel suo comportamento "paradossale". In effetti il paradosso nasce proprio da due combinazioni: il rilascio manuale provoca una accelerazione della corda verso la sinistra (arciere destro) che modifica l'andamento della traiettoria della corda, piega la freccia e sollecita la sua struttura come un pilastro (che fin che sta dritto sopporta il peso, ma quando si piega...rischia di spezzarsi) creando quel "carico di punta" che contribuisce alla sua deformazione. Da lì le famose pance e contropance 1 e 2, con la freccia ancora connessa alla corda e la 3 appena successiva al distacco.

Nel 1930 gli archi non erano finestrati cioè, il loro grado di "center shot" era molto diverso dagli archi oggi in commercio. La divergenza tra piano virtuale e di scorrimento della corda e linea di mira (corrispondente al prolungamento della freccia) era molto più accentuata.

Di conseguenza l'effetto che ora andremo ad analizzare era magnificato.

Hickman riprese con una cinepresa in grado di registrare 2000 fotogrammi al secondo l'intera sequenza del rilascio - uscita della freccia dall'arco.

Verificò come la freccia, dopo svariate oscillazioni lentamente stabilizzasse il suo moto lungo una traiettoria che corrispondeva alla linea di mira.



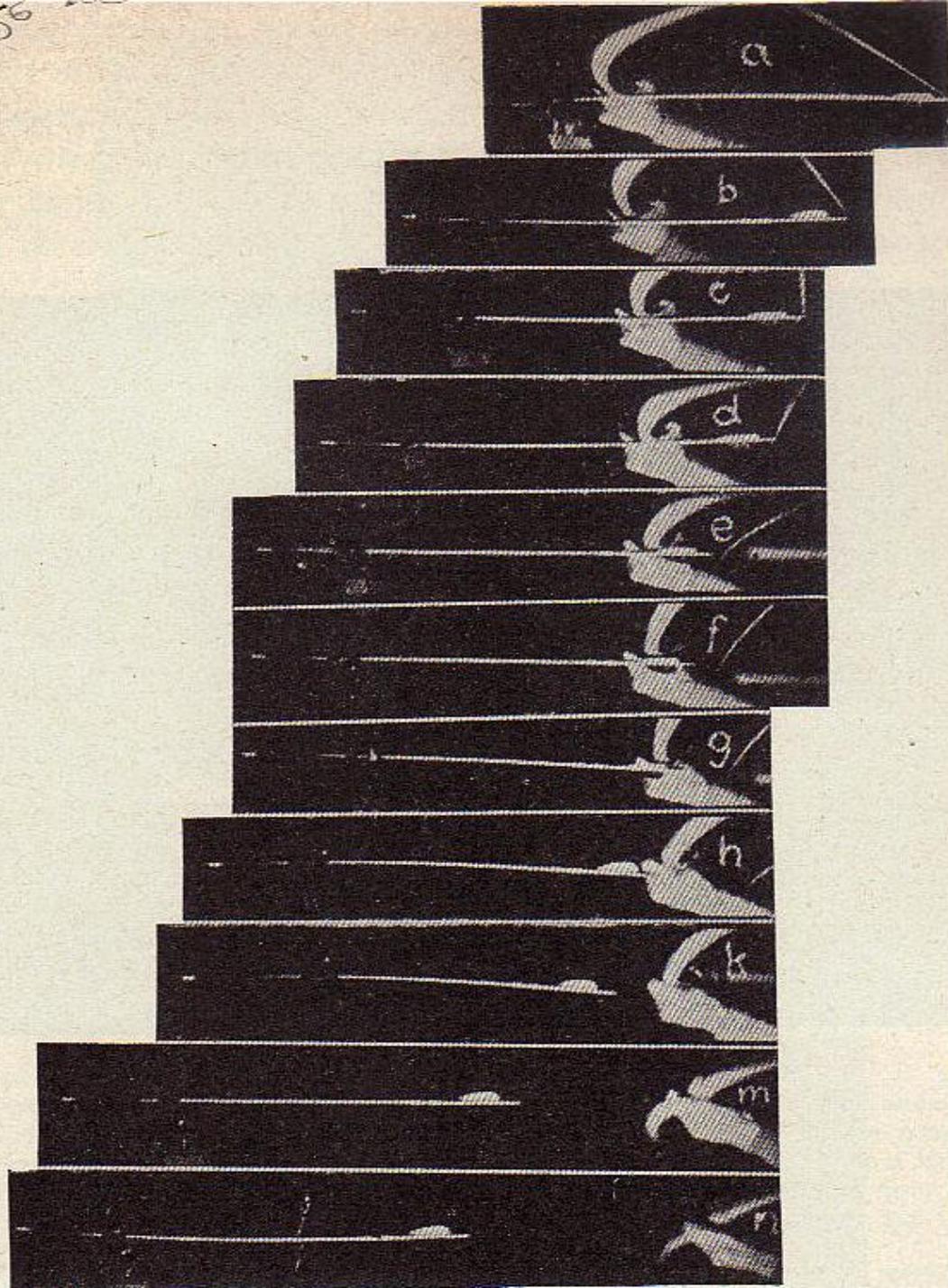
L'arco, mediamente impiega $1/50$ di secondo a chiudersi, dal momento del rilascio.

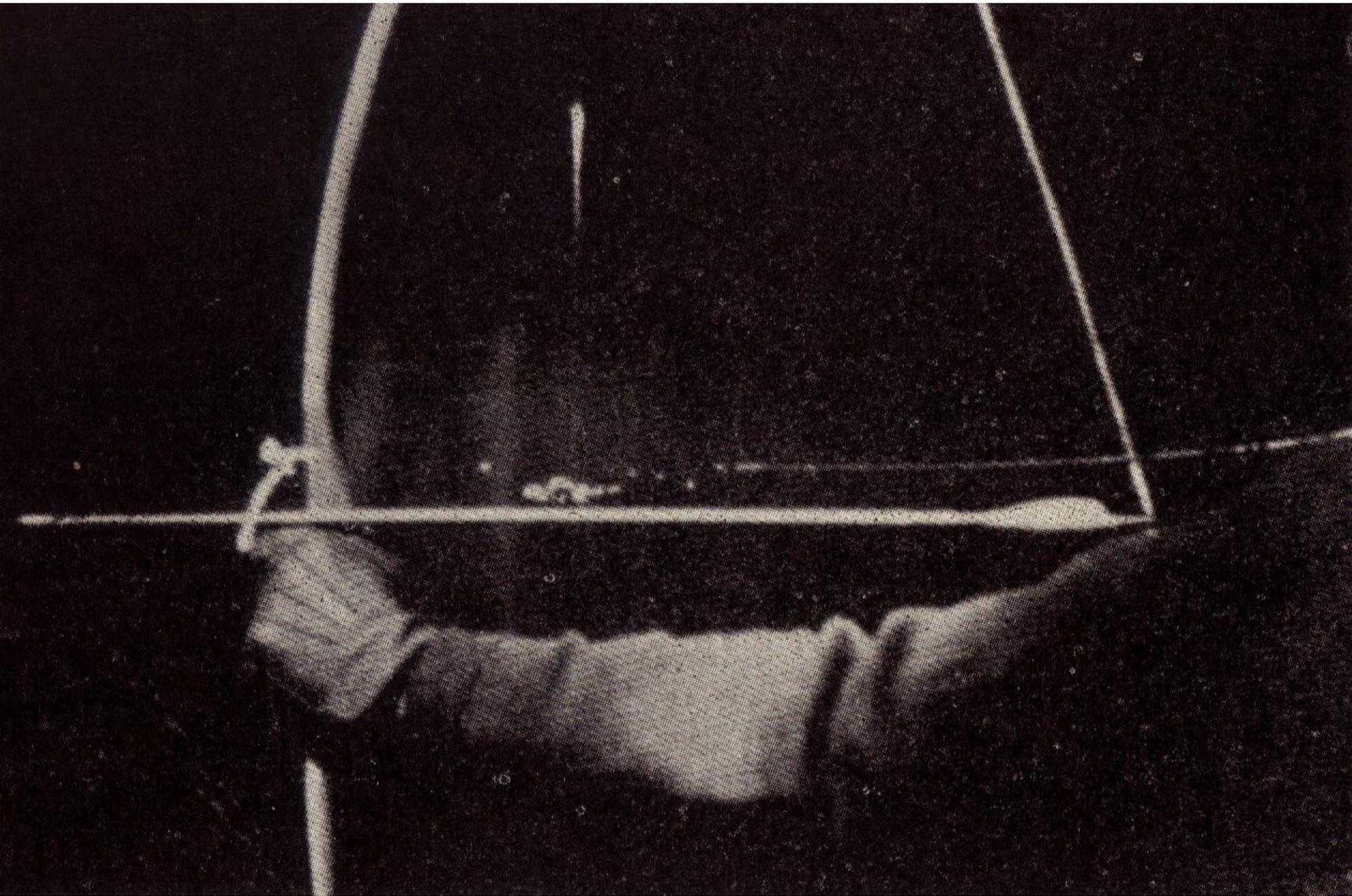
Durante quest'intervallo la freccia dovrebbe subire un ciclo di tre "curvature" complete, sempre con la corda connessa alla cocca.

La corda stessa (abbiamo parlato, fino ad ora, di piano virtuale di scorrimento) percorre una traiettoria sinusoidale smorzata, in virtù del fatto che un rilascio normale, per quanto ben fatto, è sempre **un'azione che implica una risultante tra una coppia di forze non in asse.**

La corda possiederà questa traiettoria sinusoidale più o meno accentuata in funzione del rilascio più o meno buono (con il rilascio meccanico, e con una buona tecnica, le oscillazioni si riducono).

Di conseguenza il risultato tra un'azione di spinta non solidale con il piano di scorrimento ed un vettore di spinta (la corda) che percorre una traiettoria sinusoidale smorzata, è ben visibile nelle oscillazioni della freccia.





Il problema, nell'accoppiare arco e freccia, è quindi quello di trovare un'asta con un grado di flessibilità dinamica (spine) adeguato, cioè con una frequenza propria di oscillazione appropriata in modo da deflettersi quel tanto che basta a compensare questo squilibrio e rettificare il suo vettore di moto lungo la traiettoria individuata nella linea di mira.

In altre parole, **la freccia deve piegarsi, e reagire all'impulso dato dalla corda in movimento, in maniera controllata e controllabile.**

Non c'è quindi solo il problema della flessibilità dell'asta esaminato da un punto di vista statico.

È un problema dinamico.

Le tabelle, ben interpretate danno una classificazione delle aste sottoforma di "spine" statico, come già detto.

Non è assolutamente detto che due aste con lo stesso spine (deflessione statica) abbiano un uguale comportamento dinamico, se di diverso materiale costituente. Il legno reagisce in maniera ben diversa, e tra i legni stessi esistono numerose differenze.

Tornando al nostro fenomeno, il suo vero aspetto "**paradossale**" è **individuabile proprio in questa indefinibilità assoluta di padroneggiare contemporaneamente tante variabili in gioco.**

Gli impatti

morbida/rigida ... destra/sinistra

Affrontando l'argomento degli impatti delle frecce sul bersaglio in funzione della rigidità dell'asta spessissimo (purtroppo) si entra in confusione.

Morbida a destra e rigida a sinistra.

Il settanta per cento degli arcieri sostiene (o crede di poterlo sostenere perché l'aveva letto su manuali FITA) questa versione.

Ma non accade sempre così, ed il restante trenta per cento degli arcieri circa se ne rimane zitta, oppure, timidamente osando ammette che a loro succede l'incontrario.

“possono verificarsi entrambe le situazioni”
ma...perchè??

Quante variabili....

Tornando al nostro fenomeno, il suo vero aspetto "paradossale" è individuabile proprio in questa indefinibilità assoluta di padroneggiare contemporaneamente tante variabili in gioco.

Abbiamo detto che la freccia "mediamente oscilla", visto l'impulso dato dal moto sinusoidale della corda e l'angolazione tra essa e la linea di mira, per tre volte prima dell'uscita della cocca dalla corda.

Alcuni dei fattori in gioco sono:

- a) distanza corda-arco -> entità spazio temporale -> durata dell'impulso;
 - b) grado di "center shot" -> deviazione tra i piani di mira e i scorrimento;
 - c) diametro dell'asta -> fattore aggravante il punto b);
 - d) spine dell'asta -> frequenza propria di oscillazione dell'asta in funzione del materiale;
 - e) carico e distribuzione dello stesso durante la corsa della corda -> impulso ed accelerazione della freccia
 - f) materiale costituente la corda -> elasticità intrinseca che influenza il punto di distacco tra corda e cocca;
- Presupponendo un'azione di tiro in sintonia con le linee ed i piani di forza che vengono a svilupparsi durante la trazione, questi 6 fattori combinati conducono all'effetto terminale, cioè l'impatto sul bersaglio.

SOFFERMIAMOCI....

Se pensiamo di analizzare il fenomeno da un punto di vista puramente analitico viene fuori un prodotto elegante, ma inutile!

Il "modello matematico" funziona bene per una *shooting machine* con lo sgancio meccanico e un supporto solidale con il terreno, ma con la macchina umana è estremamente deludente

(il modello prevede cose che non si verificavano sull'uomo).

Variabili che diventano costanti...

Pensiamo alla variabile della “mano della corda”

In effetti il paradosso nasce proprio da due combinazioni: il rilascio manuale provoca una accelerazione della corda verso la sinistra (arciere destro) che modifica l'andamento della traiettoria della corda, piega la freccia e sollecita la sua struttura come un pilastro (che fin che sta dritto sopporta il peso, ma quando si piega...rischia di spezzarsi) creando quel “carico di punta” che contribuisce alla sua deformazione.

Da lì le famose pance e contropance della balistica interna, con la freccia ancora connessa alla corda e quindi le manifestazione dell'immanente “paradosso”.

Lo sgancio meccanico, se ben usato, annulla o minimizza enormemente queste sollecitazioni.

Quindi, via lo sgancio se si vuole capire qualcosa per il mondo reale degli umani e degli archi tradizionali senza rest.

Rivolgiamo l'attenzione quindi all'altra componente sostanziale della struttura, il braccio dell'arco e l'allineamento di tutto l'asse scapolo-omerale.

Costante: mano dell'arco

Sperimentazione...Shooting Machine ibrida

Serviva una configurazione che permettesse di sostituire lo sgancio meccanico con il rilascio manuale, che fosse comunque solidale con il terreno sostituendosi al braccio-mano dell'arco e che permettesse una reiterata sperimentazione, insensibile a grandi linee a variazioni strutturali nel tempo di una sessione di tiri completa.

Basta dotare l'arco di clicker stile Fita per garantire allunghi costanti e fissare l'arco ad un palo di cemento interrato, attraverso una staffa (decisamente sovradimensionata) che lascia libera l'impugnatura.

Tirando in ginocchio, si può esercitare tutta la forza necessaria sulla grip per arrivare all'allungo e rilasciare, evitando le torsioni laterali che sarebbero state inevitabili (anche se non percettibili) in una configurazione normale.

Inoltre fissando alla struttura solidale con il terreno (la staffa – palo di cemento) un piccolo laser commerciale, per fissare un punto di riferimento visivo sul bersaglio.

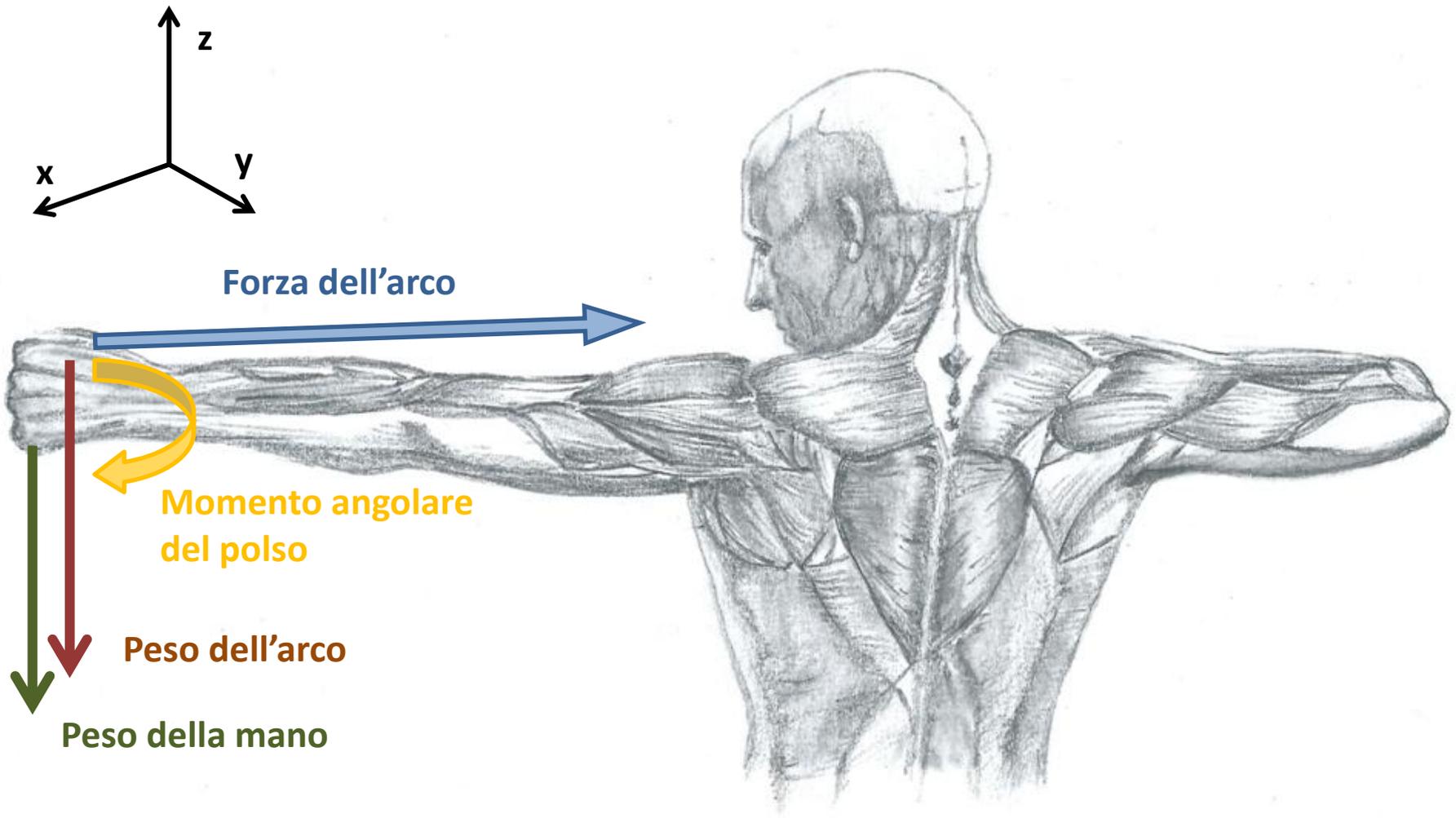
Effettuando prove di tiro a diverse distanze, con frecce di vari gradi di flessibilità statica, si deduce che, con una struttura solidale con il terreno, le frecce **morbide** impattavano sempre a **sinistra** del punto di riferimento, coincidente con l'asse di mira.

Provando varie combinazioni (arciere con diversi rilasci e frecce di spine diversi) giunsi alla conclusione che lo **stile del rilascio era sostanzialmente ininfluenza dal risultato qualitativo** .

(le morbide andavano sempre a sinistra)

ma quanto più esso era “arpeggiato” e disordinato, quantitativamente l'impatto si spostava sempre più a sinistra.

Torsioni del braccio dell'arco



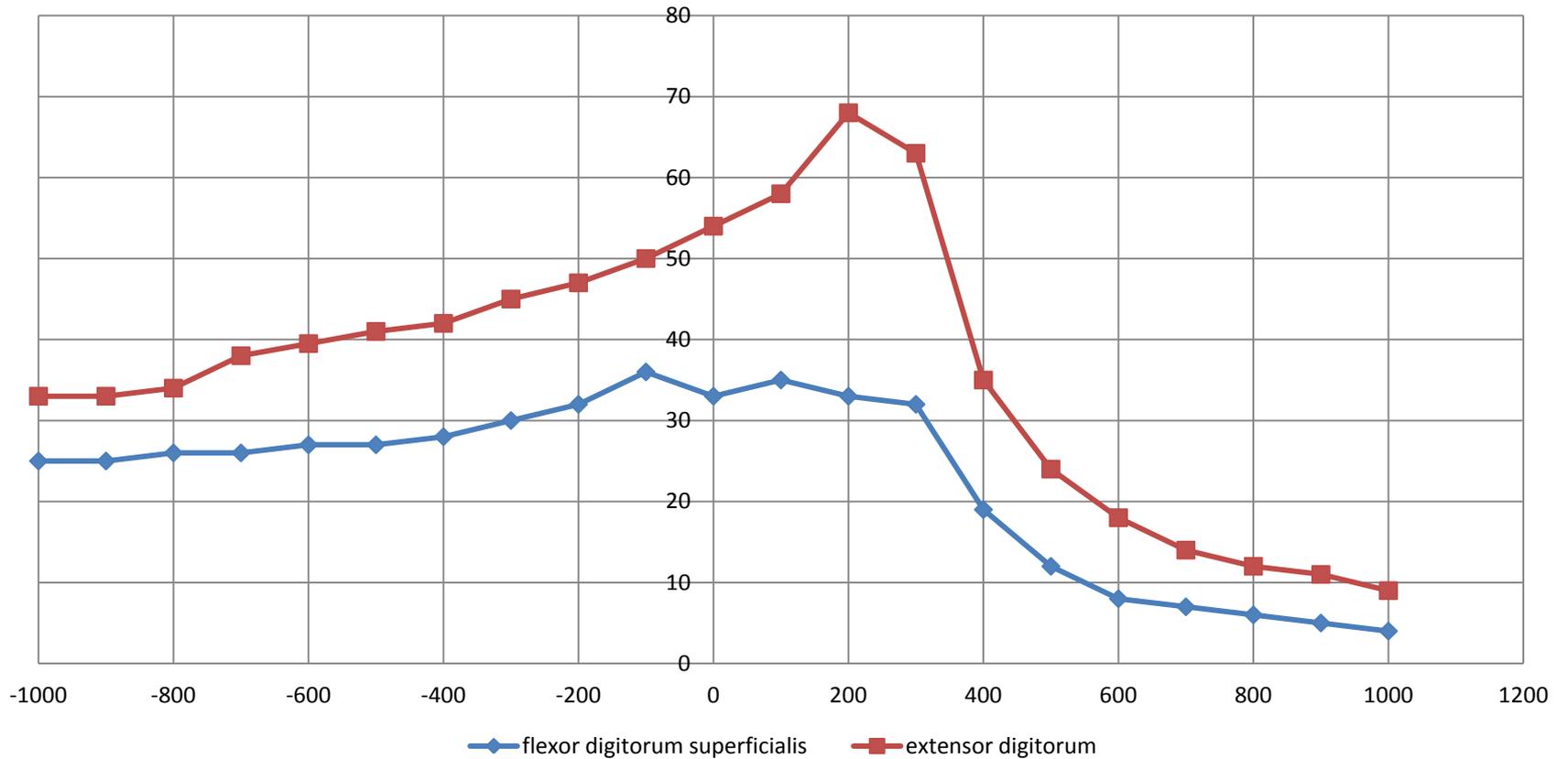
Il rilascio

- Il rilascio è una delle fasi più delicate della sequenza del tiro.
- Ogni azione delle dita si ripercuote sulla corda, che reagisce oscillando più o meno discostandosi dal suo piano virtuale di scorrimento. Infatti, perché non si verificassero queste oscillazioni spurie, bisognerebbe che le dita “non agissero” proprio sulla corda... l’ideale del rilascio perfetto!
- Nell’azione del rilascio influiscono due principali gruppi muscolari:
- i muscoli flessori (*flexor digitorum superficialis*) e i muscoli estensori delle dita (*extensor digitorum*).
- L’ottimale bilanciamento tra contrazioni volontarie e rilassamento – soprattutto il coordinamento tra le due funzioni - di questi muscoli fanno la sostanziale differenza tra un rilascio “sporco” (quindi un aumento dell’oscillazione della corda) ed uno più pulito. In un arco da competizione, in mano ad un atleta d alto livello, il clicker (per meglio dire il suo *suono*) permette una sorta di risposta pavloviana automatica da cui la catena cinetica del rilascio ha inizio.
- In questi arcieri, durante la fase finale della trazione, la mano della corda registra una contrazione isometrica sia nei flessori che negli estensori delle dita, confermando che la trazione della corda è generata dalla tensione dei muscoli delle spalle e della schiena.

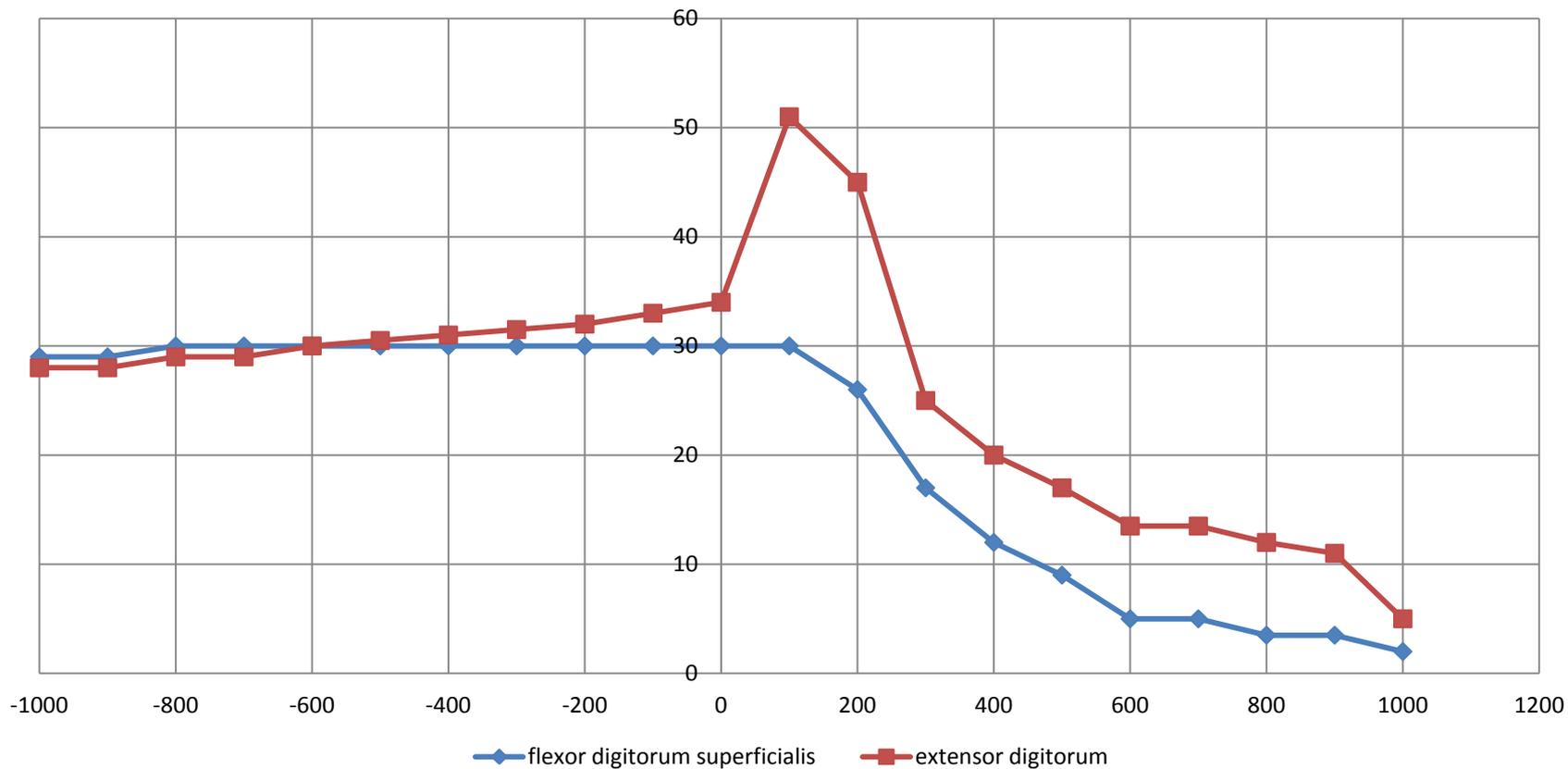
RILASCIO: COORDINAMENTO FRA FLESSORI ED ESTENSORI

- Al suono del clicker, gli estensori vengono attivati (le dita “attivamente” rilasciano la corda, quindi la freccia).
E' evidente che il “timing” e l'intensità dell'attivazione dei muscoli, tra la fase pre e post clicker, e il successivo rilassamento dei flessori delle dita mostrano variazioni sostanziali correlate al livello delle prestazioni.
- In un arciere novellino (Fig.14) i muscoli registrano una attivazione molto maggiore precedentemente al rilascio, con un progressivo aumento degli estensori nella fase pre clicker e un ritardato rilassamento dei flessori nella successiva fase post clicker.
- Naturalmente questo meccanismo nel rilascio influenza la risposta dinamica della freccia, modificandone la traiettoria e condizionandone la scelta nelle componenti generali per ottimizzarne le prestazioni balistiche e “raggruppare” comunque sul bersaglio.

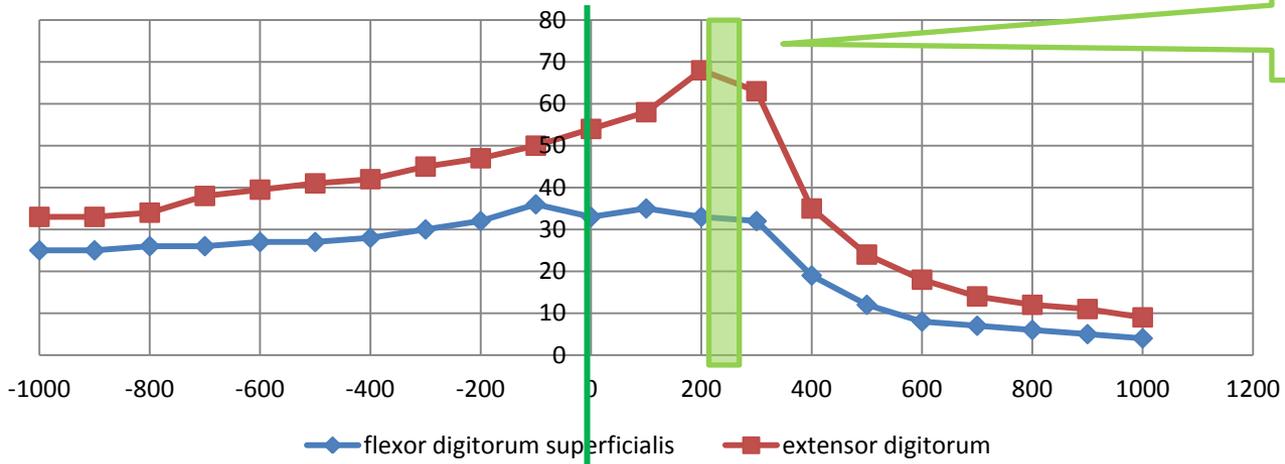
Valori di IEMG registrati al rilascio - Arcieri principianti



Valori di IEMG registrati al rilascio - Arcieri esperti



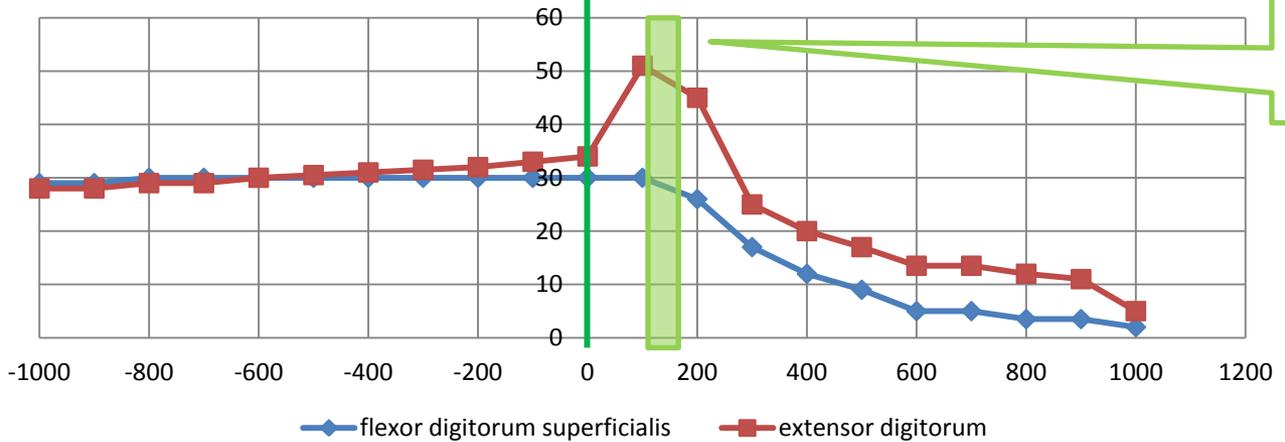
Valori di IEMG registrati al rilascio - Arcieri principianti



Contatto della corda con le dita circa 50 ms

Scatto del clicker

Valori di IEMG registrati al rilascio - Arcieri esperti



Contatto della corda con le dita circa 50 ms

Rilascio Statico Vs Dinamico

Riassumendo le osservazioni,

il fenomeno dello **spostamento a sinistra** dell'impatto appare sempre nel momento che la **"variabile umana"** del braccio dell'arco viene **eliminata**;

aumenta quanto più il rilascio risulta arpeggiato, ovvero fuori dal piano di forza verticale in cui giace il piano di scorrimento virtuale della corda.

Effettuando delle osservazioni il più possibile accurate su un campione di alcuni arcieri ormai stabili nel loro stile riguardo la modalità del loro rilascio e assetto di tiro, ne derivarono alcune considerazioni FONDAMENTALI.

Dai filmati ne venne fuori un'altra osservazione **qualitativa**:

quelli che maggiormente tiravano enfatizzando lo spingi-tira,

utilizzando correttamente l'espansione lungo il piano di forza verticale e possedevano un rilascio in cui le dita della corda cessavano di esistere,

mettevano le loro frecce morbide sulla sinistra

(si trovavano conseguentemente al rilascio con il braccio proiettato in avanti e la mano della corda morbida e all'indietro sulla spalla).

Differentemente, coloro che – pur raggruppando con costanza – **si**

manifestavano in una esecuzione statica (o passiva),

mettevano le frecce morbide a destra.

Per esecuzione “**statica**” intendiamo il tirare sforzandosi di mantenere con forza il braccio dell’arco fermo, non effettuare una evidente espansione sui piani, e rimanere con la mano della corda pressoché ferma, al lato della bocca, al momento del rilascio.

Per esecuzione “**passiva**” intendiamo invece l’estremizzarsi di questa esecuzione, con vistosi cedimenti in avanti e a destra della mano della corda, osservabili al momento del rilascio, accompagnati da “arpeggiamenti” delle dita e spostamenti evidenti del braccio dell’arco sul piano orizzontale.

Puntualizziamo che, non necessariamente questi siano arcieri inefficaci o imprecisi, avendo consolidato il loro gesto nel tempo, e sono in grado di raggruppare in modo costante...ma statisticamente e a parità di parametri (allungo, libbraggio e geometrie d’arco) devono comunque ricorrere ad aste con spine più rigido.

Paradossalmente, la configurazione statica della *shooting machine ibrida* dell’esperimento condotto con il palo dà gli stessi risultati qualitativi di coloro che rilasciano “esplosivamente” e la conferma dell’impatto delle frecce morbide a sinistra ci dice che a **enfaticamente l’effetto è la minore interferenza possibile delle dita della mano della corda che si rilassano in un istante, ma soprattutto è l’assetto del braccio dell’arco ed il suo movimento in avanti che rappresentano i fattori determinanti.**

Chi rilascia dinamicamente, espandendosi lungo i piani, applica con i muscoli dorsali una forza nella direzione dell'asse di mira (con il braccio dell'arco), e nel contempo verso il suo opposto (con quello della corda).

È intuitivo come questa azione si opponga alle possibili torsioni che l'arco in chiusura provoca ad una struttura che partecipa passivamente al tiro, o, alla peggio, subisca ammortizzando tale forza, per mezzo dell'attivazione inconscia di certi distretti muscolari antagonisti a quelli che servono per mantenere la tensione.

Quando questa cessa (scocco), essi prendono il sopravvento, in modo disordinato, manifestandosi in quel modo visibile nei filmati.

In altre parole, chi “giustamente” ritiene che la fermezza e la stabilità del braccio dell'arco siano i fattori chiave per la regolarità delle frecce a bersaglio, e per fare ciò **irrigidisce spalle e braccio**, in realtà si ritrova in **una configurazione estremamente instabile e ad alta entropia**...con un consumo energetico ridondante rispetto a chi minimizza elasticamente, riducendo i gradi di libertà dell'apparato biomeccanico, attraverso l'espansione “dinamica” sul piano verticale.

...tanta fatica per nulla, e rischio di complicare il processo con apporti muscolari che invece di aiutare peggiorano la pulizia del gesto e rischiano di scombinare le altre “cerniere” del corpo.

Per inciso, con queste affermazioni non si intende assolutamente stigmatizzare un processo di tiro “giusto” o “errato”.

In entrambe le maniere si può sbagliare o acchiappare il centro, divertirsi o annoiarsi. Certo è che un sistema di tiro in espansione fa consumare meno energia, è più elegante (da un punto di vista formale) e permette di utilizzare frecce più morbide oppure ottenere la massima energia cinetica e mette meno sotto sforzo le articolazioni.

Qualcosa si sposta: o il Berger o il braccio dell'arco

A questo punto rimane il problema della torsione.

Da cosa può essere provocata?

Lo studio degli archi dotati di Berger (i cui risultati morbida a destra e rigida a sinistra fanno legge) e degli arcieri che l'utilizzano nel tiro alla targa ci dice inequivocabilmente una cosa.

La freccia morbida si inflette al passaggio sulla finestra in misura maggiore rispetto alla rigida, accumulando e simultaneamente ripartendo alla finestra dell'arco maggiore energia.

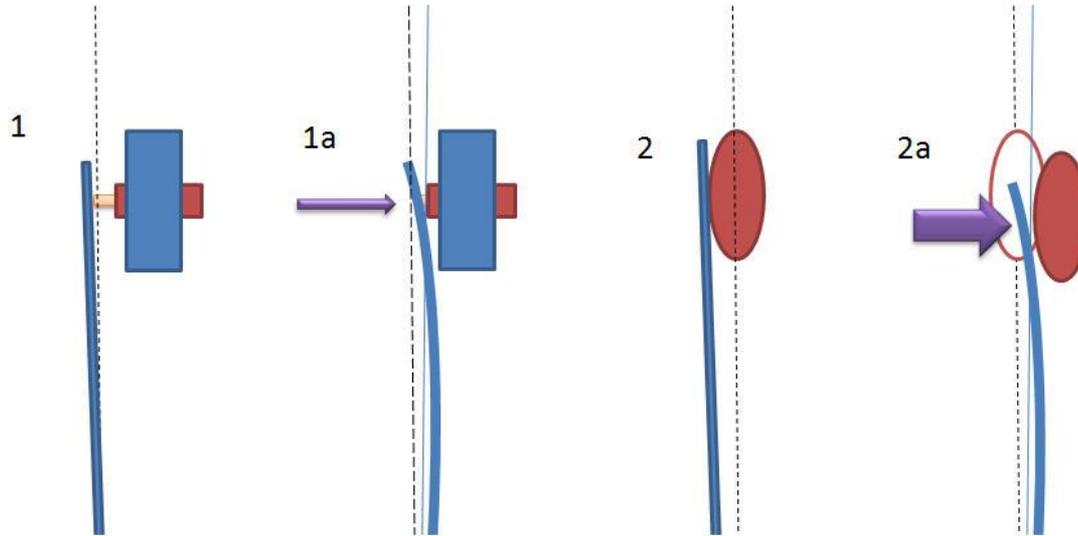
In altre parole, trasmette una forza torsionale all'assetto spalla-braccio-mano dell'arco, maggiore della freccia rigida.

Questa torsione **viene assorbita dalla molla**, che sostanzialmente muove il grado di center shot dell'arco di qualche millimetro verso destra.

Il grado di precarica della molla del bottone di pressione è regolabile, quindi tramite l'iniziale posizionamento del berger (più o meno avvitato nella sua sede) e il grado di risposta elastica della molla, possiamo dimensionare e controbilanciare differenze in spine relativamente ampie attraverso il tuning, senza contare che la massa fisica dell'arco da tiro, assieme alla stabilizzazione, contribuiscono a mantenere sull'asse verticale l'asse del braccio dell'arco e inibire le torsioni risultanti.

Comunque sia, un tiratore alla targa irrigidisce la molla (se ritiene di aver spostato verso sinistra il gruppo del Berger quanto basta) se la sua freccia impatta a destra (freccia morbida) fino a ottenere delle traiettorie corrette.

Analogie tra il comportamento dell'arco da targa con il Berger (1, 1a) e un rilascio di tipo dinamico con l'arco tradizionale senza berger (2, 2a) e un rilascio statico (o passivo). In entrambi i casi, in presenza di una freccia morbida, la traiettoria della freccia va a destra.



Il nostro tiratore tradizionale privo di Berger, irrigidendo il braccio e la spalla dell'arco, agisce lui stesso da *Berger bionico*. Soprattutto se il suo stile di tiro è statico (non dinamico) oppure passivo.

La spinta della freccia sulla finestra verticale dell'arco è senz'altro sufficiente a far spostare l'assetto verso destra quel tanto che basta a realizzare un impatto morbido a destra di ciò che traguarda. In sostanza, tirare dinamicamente riduce le torsioni sul piano orizzontale (in maniera più o meno maggiore quanto più l'atto è "esplosivo") viceversa, sforzandosi di tenere il braccio dell'arco fermo ci si illude di mantenere l'assetto fisso, e nel peggiore dei casi (stile passivo) si enfatizza l'impatto a destra delle frecce morbide.

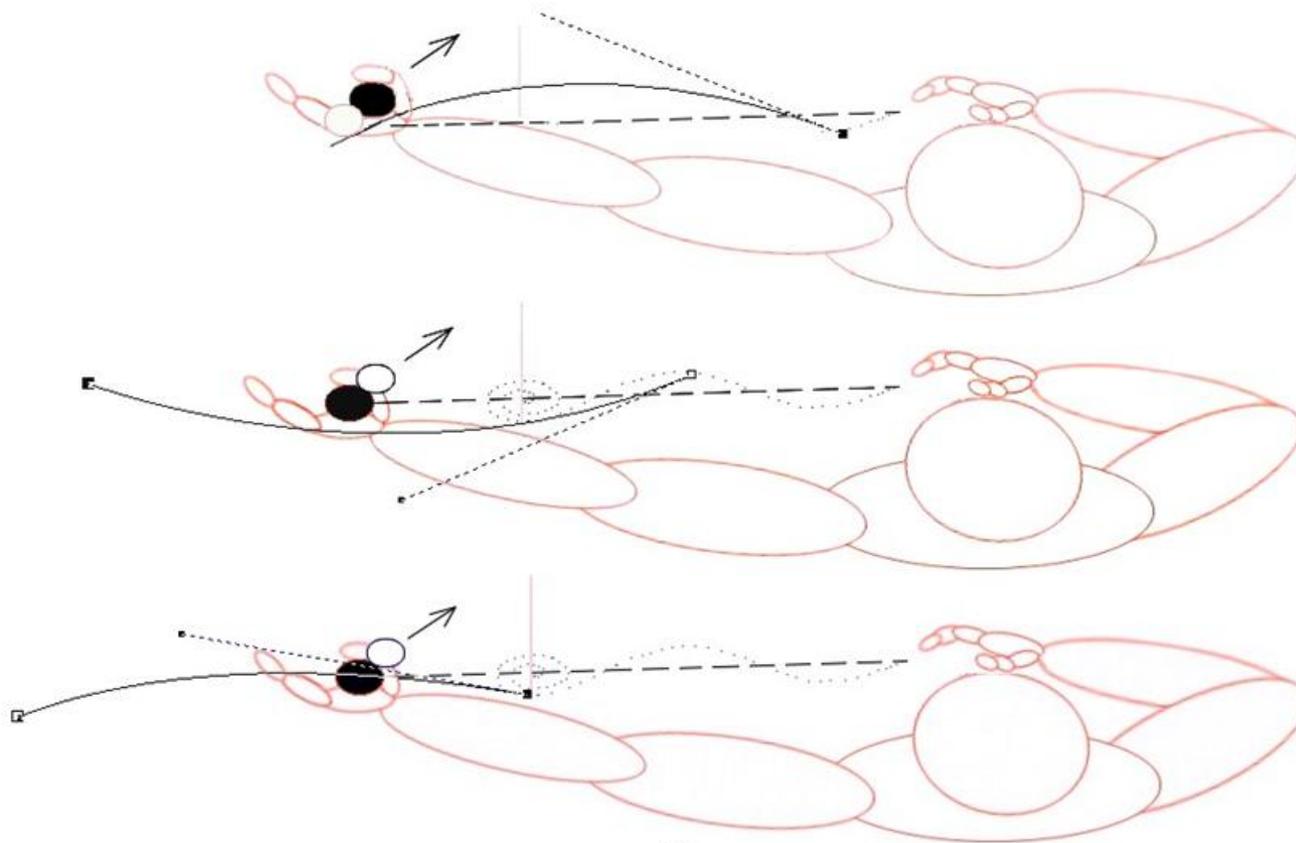


fig. 2

La spinta della freccia sulla finestra verticale dell'arco è senz'altro sufficiente a far spostare l'assetto verso destra quel tanto che basta a realizzare un impatto morbido a destra di ciò che riguarda.

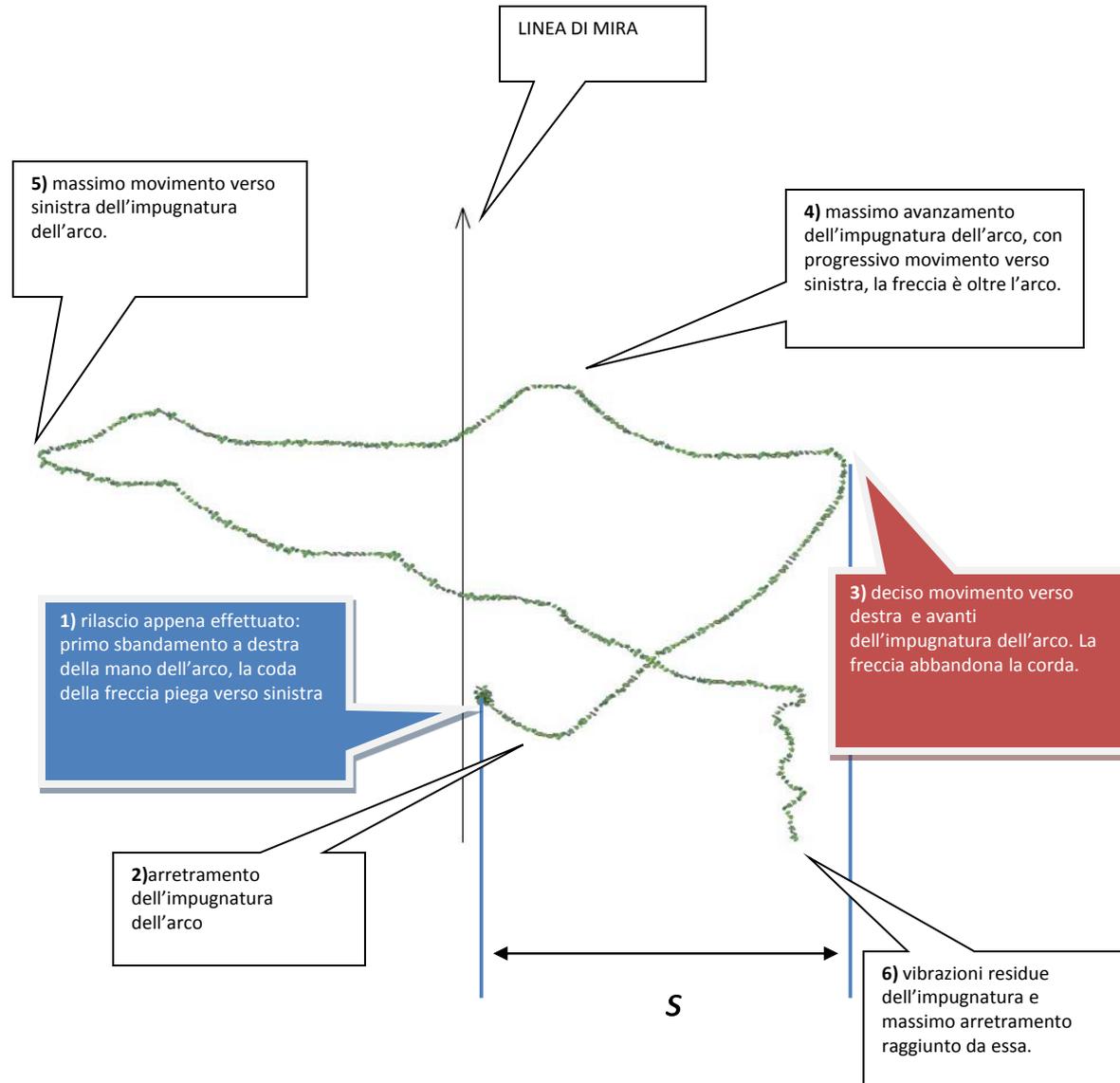
In sostanza, tirare dinamicamente riduce le torsioni sul piano orizzontale (in maniera più o meno maggiore quanto più l'atto è "esplosivo") viceversa, sforzandosi di tenere il braccio dell'arco fermo ci si illude di mantenere l'assetto fisso, e nel peggiore dei casi (stile passivo) si enfatizza l'impatto a destra delle frecce morbide.

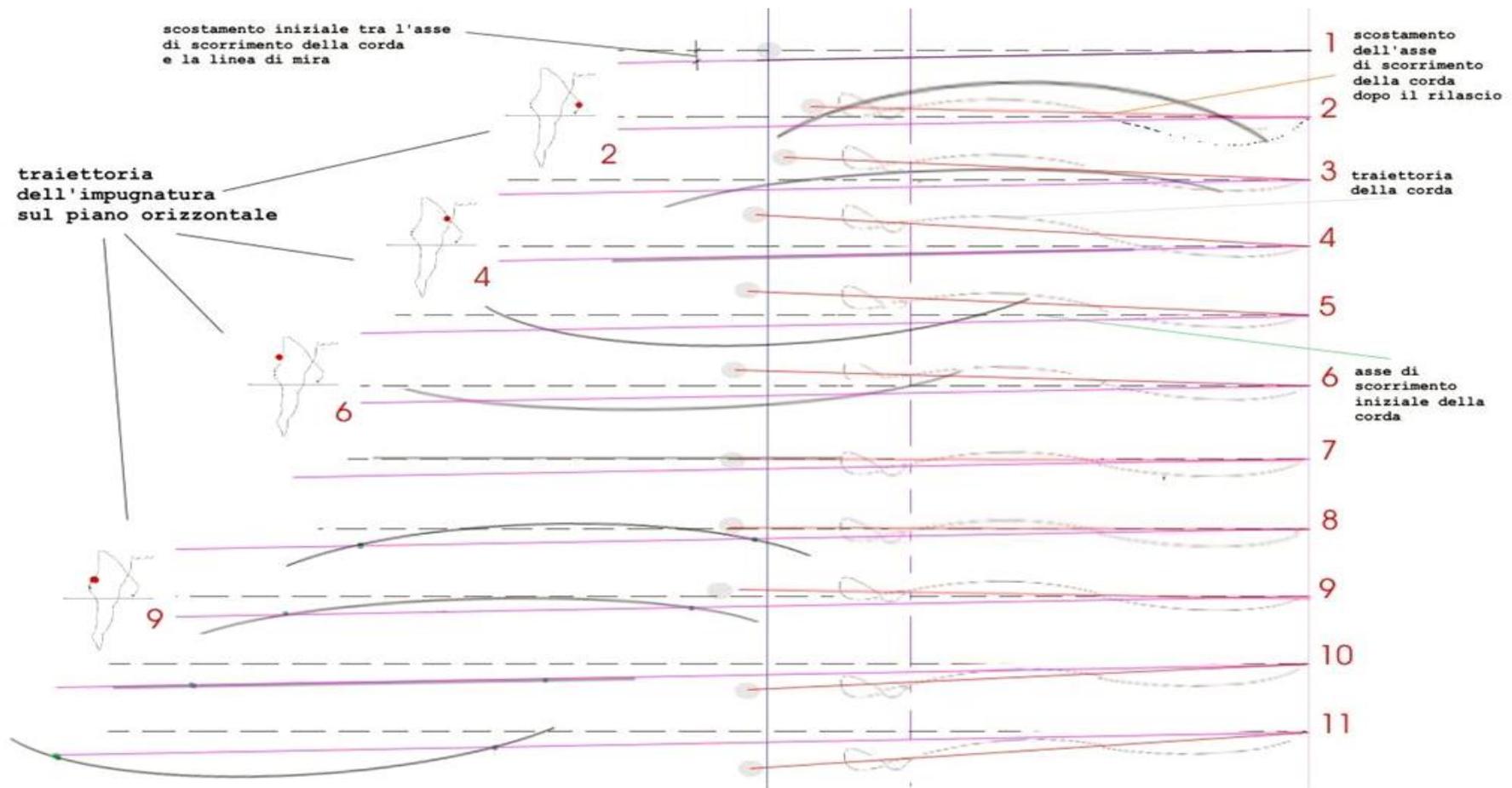
La prova è contenuta nei testi di Hickman, Nagler e Klopsteg....

....Grazie al sistema chiamato spark tracer photograph, la traiettoria della corda e della mano dell'arco poteva essere quindi messa in relazione con l'accelerazione della freccia e le sue deformazioni elastiche. Il moto della cocca al rilascio appare inizialmente orientato verso sinistra in modo lieve, seguito da uno sbandamento a destra a seguito del movimento della corda in avanti.

Questo piccolo orientamento verso sinistra (fig.2, fase 1), molto lento rispetto al moto successivo, è causato dallo scivolamento della corda dalle dita della mano dell'arciere al rilascio. Contemporaneamente, il movimento della mano dell'arco registrato sul piano verticale e combinato con quello sul piano orizzontale mostra una piccola escursione all'indietro (fig.2, fase 2), immediatamente dopo il rilascio, ed una successiva evidente escursione verso destra (fig.2, fase 3), seguita poi da un deciso spostamento in avanti e velocemente verso sinistra (fig.2 fasi 4, 5); infine un movimento altrettanto deciso verso l'indietro e verso destra (fig.2, fase 6).

Il movimento iniziale all'indietro dell'arco e della mano che lo impugna trova una possibile e soddisfacente spiegazione da ricercarsi nel 25 millesimo di secondo dopo il rilascio. quando la considerevole forza esercitata dalla corda crea una reazione uguale e contraria dall'impugnatura dell'arco alla mano. Durante questo brevissimo istante, il valore di questa forza può raggiungere centinaia di libbre, ma permane per pochissimi millesimi di secondo. Un impulso di questa grandezza giustifica un arretramento dell'impugnatura.





La deviazione verso destra è evidente dalle immagini ottenute sul piano orizzontale della freccia alla sua prima accelerazione, quando la parte distale dell'asta preme a destra, sul piatto orizzontale della finestra dell'arco.

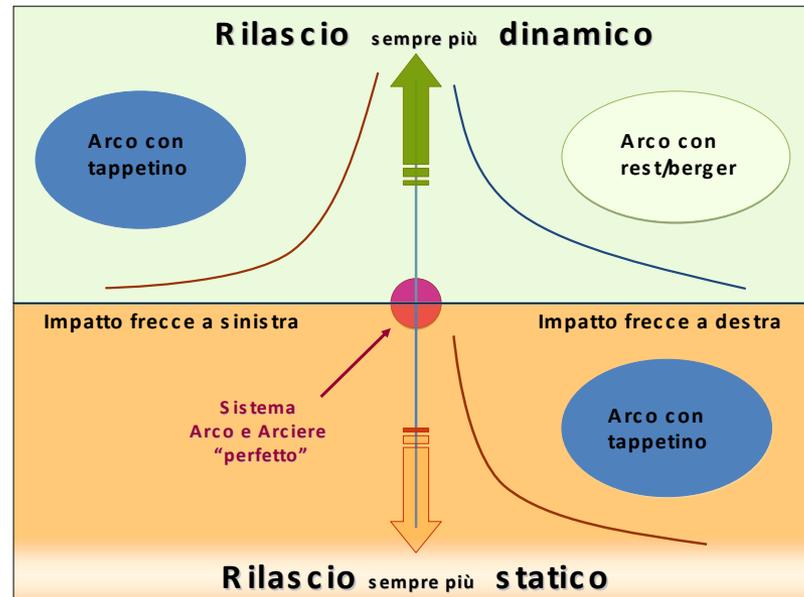
L'ammontare di questa flessione comunica una precisa informazione sulla forza che agisce.

Come è intuibile e verificabile, la forza necessaria per spostare l'assetto di un tiratore ad arco teso spingendo sul piatto della finestra orizzontale o sulla mano che regge l'arco, è molto piccola.

Questo moto verso destra è relativamente lento, e la freccia risulta completamente passata dalla finestra quando il moto dell'impugnatura verso sinistra inizia (fig.2, fase 4, fase 5)

Conclusioni

In sintesi, il dilemma dell'impatto della freccia morbida, anche se necessiterebbe ancora di una sperimentazione quantitativa più accurata (soprattutto nei territori *border line* delle configurazioni biomeccaniche ibride), potrebbe essere interpretato e ragionato sulla base dei parametri su esposti; uno schema riassuntivo (puramente qualitativo) è il seguente:



Con un 'sistema' arco e arciera perfetto l'impatto sarà esattamente lungo la traiettoria di mira indipendentemente dallo spine della freccia.

Nel caso di rilascio statico (o passivo) con l'arco tradizionale e tappetino, le morbide impatteranno a destra per via del movimento del braccio dell'arco.

Con il rilascio dinamico invece, avremo le morbide a sinistra (tappetino) o a destra (rest/berger).

Gli arcieri olimpici e i tiratori di compound, soprattutto quelli in ambiti da medaglia, mostrano sempre un ammirabile stile esplosivo.

Usano il Berger e le loro frecce morbide impattano a destra. Fino al massimo della liceità correggono il tuning irrigidendo la molla del bottone.

Gli arcieri tradizionali privi del bottone di pressione, che mantengono nel tempo buone prestazioni, se applicano uno stile dinamico nel tiro, nella maggior parte dei casi buttano le frecce morbide a sinistra.

I tradizionali che ugualmente raggruppano agevolmente, che ci pigliano insomma, vedono impattare le loro frecce morbide a destra come quelli del tiro alla targa. Anche chi mostra sistemi di lancio “passivi”, ma che sempre tira nello stesso modo, fa andare a destra le morbide, in maggior misura dei colleghi più “composti”.

Lo spostamento della mano dell’arco, che avviene nei momenti immediatamente successivi al rilascio, nel caso della biomeccanica del lancio statica, o passiva, permette di giustificare una traiettoria della freccia morbida a destra.

In tutti i casi, quindi, il braccio dell’arco risulta quindi il protagonista principale e la mano dell’arco fa da “acceleratore”, nel senso che enfatizza ed estremizza le conseguenze degli impatti nelle due direzioni.