



FIDAL – Centro Studi e Ricerche  
Corso Nazionale per Allenatori Specialisti 2013-2015

Project Work

**Un metro per misurare la flessibilità delle aste**  
**Individuazione di un valore univoco per la classificazione delle aste**

Supervisore: Prof. **FABIO PILORI**

Corsista: **CHIARELLO MARCO**

Padova, 8 gennaio 2015

# INDICE

<i>CAPITOLO</i>	<i>PAG.</i>
<b>INDICE</b>	<b>I</b>
Indice delle tabelle	II
Indice dei grafici	II
Indice delle immagini	II
<b>RIASSUNTO</b>	<b>III</b>
<b>RINGRAZIAMENTI</b>	<b>IV</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2. ANALISI DEL CONTESTO</b>	<b>2</b>
2.1. Le aste per il salto con l'asta	2
2.2. Definizione del problema	6
<b>3. OBIETTIVI DEL PROGETTO</b>	<b>8</b>
<b>4. MATERIALI E METODI</b>	<b>8</b>
<b>5. RISULTATI</b>	<b>9</b>
<b>6. DISCUSSIONE</b>	<b>14</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b>	<b>17</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>19</b>

## INDICE DELLE TABELLE

<i>N°</i>	<i>TITOLO</i>	<i>PAG.</i>
1	Johnson's Pole Progression and Relative Stiffness Chart (2009)	5
2	Misurazioni iniziali	10

## INDICE DEI GRAFICI

<i>N°</i>	<i>TITOLO</i>	<i>PAG.</i>
1	L25	11
2	Curve di tendenza F/L25	11
3	430	12
4	460	12
5	475-510	12
6	430 F/L25	13
7	460 F/L25	13
8	475-510 F/L25	13
9	Equivalenza aste F/L25	14

## INDICE DELLE FIGURE

<i>N°</i>	<i>TITOLO</i>	<i>PAG.</i>
1	Caratteristiche delle aste	2
2	Esempio di asta	3
3	Misurazione della freccia	3

## ABSTRACT

**Analisi del contesto e obiettivi del progetto.** L'idea del progetto nasce dalla necessità di semplificare l'attuale sistema di classificazione delle aste per il salto con l'asta individuando un unico valore che le identifichi secondo un criterio univoco di progressività della flessibilità, indipendentemente dalla loro lunghezza, dalla marca, dallo stato di conservazione e dall'età. Il progetto intende rivolgersi a tutti coloro, atleti e allenatori, che si occupano di salto con l'asta, con lo scopo di fornire alcune indicazioni utili riguardo la durezza delle aste, al fine di poterle ordinare in base alla resistenza che offrono in fase di avanzamento, traducendo in un solo numero progressivo ciò che fino ad ora si doveva ricavare da più indici o chiedendo all'atleta, a proprio rischio e pericolo, di scoprirla direttamente saltando.

**Materiali e metodi.** Si sono misurate 58 aste di lunghezza originaria compresa tra 430 e 520 cm e portanza tra 125 e 210 libbre, di marche ed età diverse. Sono state riclassificate secondo un unico valore, qui chiamato L25, che misura la distanza tra due sostegni su cui si è posata l'asta: di questi, uno è fisso e l'altro mobile. Il carico, il rispettivo punto di applicazione e la freccia sono costanti.

**Risultati.** Il valore L25 misurato su ogni asta ha permesso di ordinare tutte le aste a disposizione secondo un ordine di durezza crescente. Da alcuni grafici è emersa una notevole differenza nelle misurazioni fatte dalle case produttrici. Con il metodo di misurazione individuato si sono calcolate delle semplici formule attraverso le quali si possono raffrontare aste di lunghezze diverse. Inoltre, a differenza di quanto riportato in letteratura, si è evidenziato come aste diverse si comportino in maniera non lineare al variare della loro lunghezza e dell'altezza dell'impugnatura.

**Conclusioni.** Il calcolo del valore L25 ha permesso di individuare un metodo di misurazione e classificazione delle aste semplice ed univoco, comprensivo della lunghezza effettiva dell'asta e della sua flessibilità. Esso inoltre dà utili indicazioni sulle altezze a cui impugnare ogni asta nel passaggio da un attrezzo più tenero ad uno più impegnativo. Dalla misurazione del parametro L25, con pochi ulteriori accorgimenti sarà possibile in futuro acquisire ulteriori informazioni sull'effettivo comportamento delle aste secondo la marca, il materiale di costruzione, la lunghezza e l'altezza a cui vengono impugnature.

## **RINGRAZIAMENTI**

*Un particolare ringraziamento a Roberto Durante per aver progettato, costruito e assemblato gli strumenti necessari alla realizzazione del progetto; a Manfred Menz per aver contribuito a rendere estremamente precise le misurazioni delle aste; a Giorgio Piantella per le molte ore passate a studiare grafici e formule per estrapolare il maggior numero di dati possibili.*

## 1. INTRODUZIONE

L'idea del progetto nasce dalla necessità di semplificare il sistema di classificazione delle aste per il salto con l'asta individuando un unico valore che le identifichi secondo un criterio univoco di progressività della flessibilità, indipendentemente dalla lunghezza dell'asta presa in considerazione.

Nei campi di atletica dove si pratica con regolarità la disciplina del salto con l'asta, infatti, ci si trova in difficoltà ogniqualvolta un atleta raggiunga un livello tecnico-prestativo, una lunghezza di rincorsa, una velocità d'entrata o un'altezza di impugnatura tale per cui debba passare ad un'asta più rigida e contemporaneamente più lunga. Se a questo si aggiunge il fatto che spesso, tra le aste che un atleta ha a disposizione, quelle progressivamente più impegnative sono anche di marche differenti, il problema di capire quale asta utilizzare da un salto all'altro si complica ulteriormente. Chi si confronta con questa disciplina, affascinante e al contempo piuttosto onerosa a causa dei costi elevati delle attrezzature necessarie (la zona di caduta, i ritti e, per l'appunto, le aste), nel migliore delle ipotesi si trova, come chi scrive, a disporre di un gran numero di aste raccolte in molti anni dai numerosi tecnici ed atleti che lo hanno preceduto. Ciò comporta che le attrezzature siano molto variegate per età e stato di conservazione, per marche di fabbricazione e tipologia di materiali utilizzati (fibra di vetro, fibra di vetro e carbonio; aste più o meno flessibili e più o meno pre-piegate), per lunghezza e per parametri di misurazione della flessibilità, ecc. Questo fa sì che sia difficile definire una scala di riferimento che ordini le aste dalla più tenera alla più rigida, indipendentemente dalla loro lunghezza, marca, età, ecc.

Il progetto intende perciò rivolgersi a tutti coloro, atleti e allenatori, che si occupano di salto con l'asta, con lo scopo di fornire alcune indicazioni utili riguardo la durezza delle aste, traducendo in pochi numeri ciò che fino ad ora si poteva individuare in due soli modi: chiedendo all'atleta, a proprio rischio e pericolo, di provare direttamente saltando quale di due o più aste sia la più rigida e quale la più tenera, o affidandosi ad un calcolo piuttosto impreciso che mette in relazione almeno tre numeri, scritti – spesso in modo poco leggibile – su un'estremità dell'asta, difficilmente raffrontabili tra loro, non paragonabili tra aste di diversi anni di fabbricazione e ancor meno se le aste sono di marche differenti.

## 2. ANALISI DEL CONTESTO

Data la complessità ed eterogeneità dei contesti in cui allenatori e atleti di salto con l'asta si trovano a lavorare, si cerca di seguito di mettere un po' di ordine elencando le molteplici difficoltà e opportunità che sovente si riscontrano nella pratica dell'allenamento. A queste, successivamente, si cerca di proporre qualche possibile soluzione.

### 2.1 Le aste per il salto con l'asta

Le aste vengono misurate dalle principali ditte di fabbricazione secondo tre parametri (due dei quali sono indicati sia secondo il sistema metrico decimale sia secondo quello anglosassone, mentre il terzo indice è espresso esclusivamente secondo quello decimale) che difficilmente si possono raffrontare tra loro: la lunghezza dell'asta espressa sia in centimetri sia in piedi, la portanza espressa in chilogrammi e in libbre, e la freccia che rappresenta un indice di flessibilità espresso in centimetri (Figura 1).

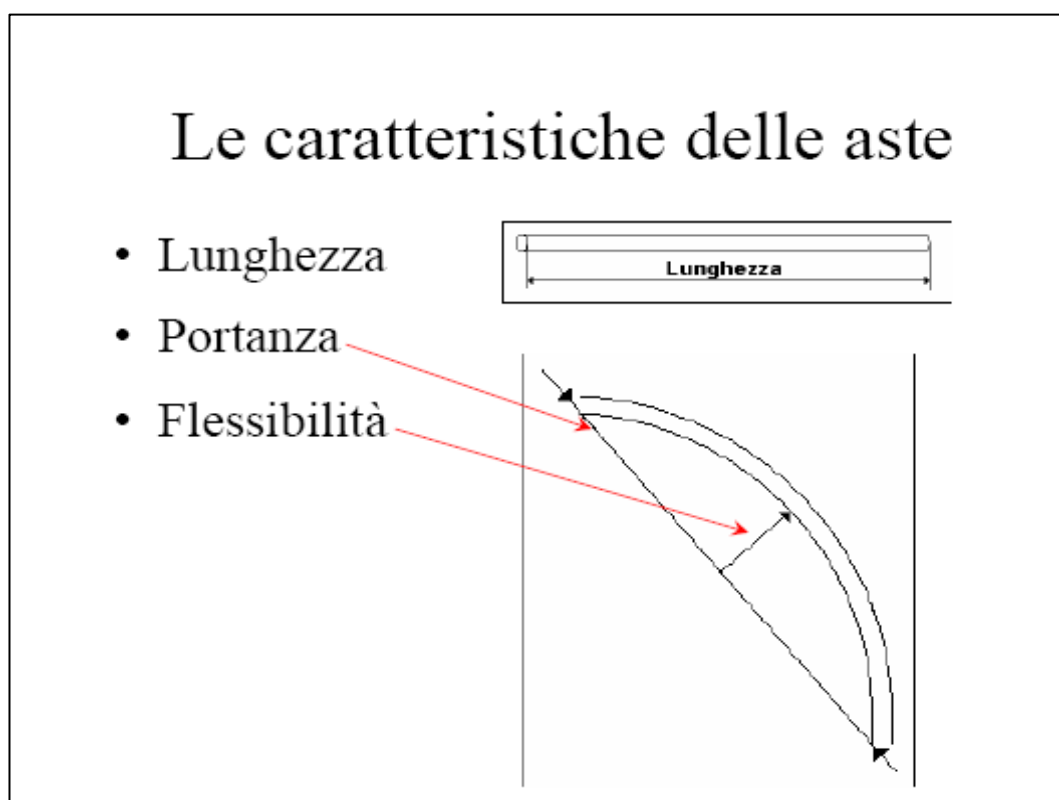


Figura 1 - Caratteristiche delle aste

I valori sono generalmente indicati come rappresentato nell'esempio in Figura 2, incisi sull'estremità superiore dell'asta o stampati su un adesivo applicato alla stessa estremità dell'asta.

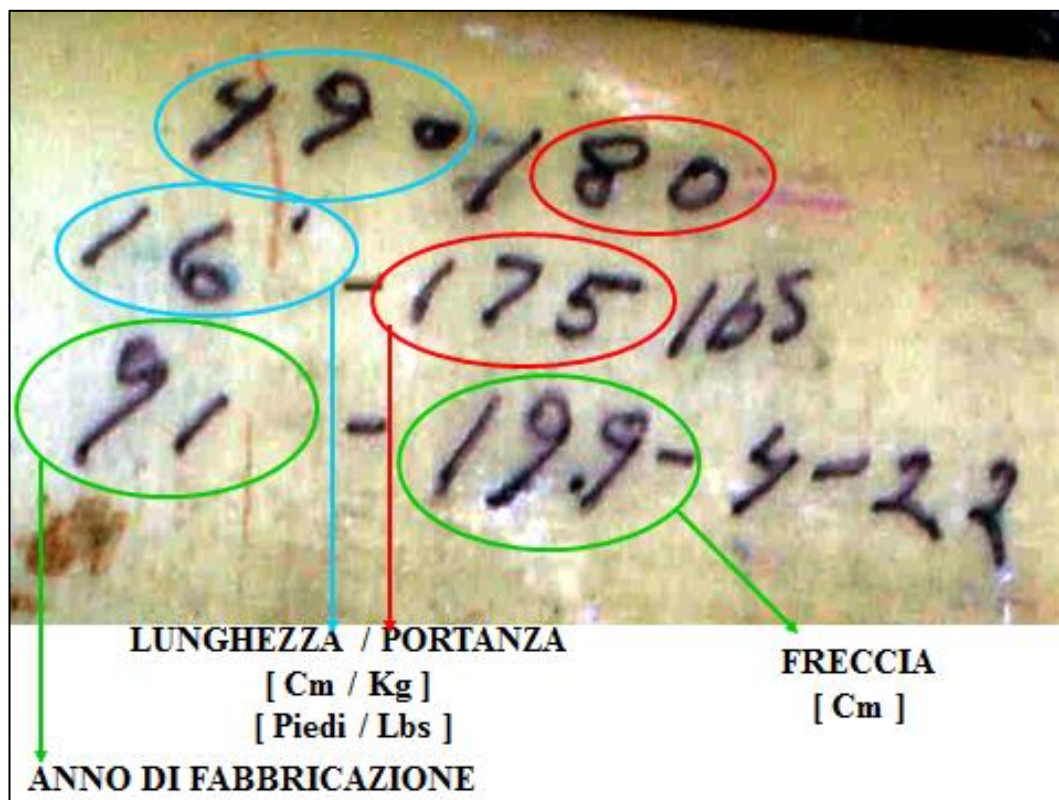


Figura 2 – Esempio di asta

Le aste sono costruite in fibra di vetro (solo alcune sono composte da fibra di vetro mista a fibra di carbonio). Una volta costruite, per ogni asta vengono definiti i suddetti valori. Nota la lunghezza, viene misurata la freccia, o flessibilità, nel modo che segue e come indicato in Figura 3.

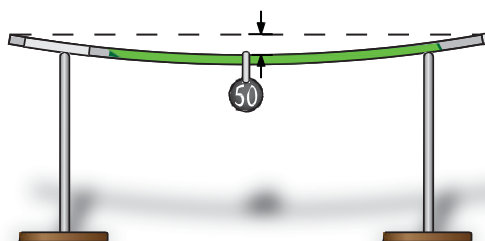


Figura 3<sup>1</sup> - Misurazione della freccia

<sup>1</sup> Watry, J.P. (2004). The Pole Vault Pole: An Engineer's Perspective, Gill Athletics.



L'asta viene appoggiata a due supporti posti a una distanza di circa 30cm (1 piede) dai rispettivi estremi dell'asta. Di conseguenza la distanza tra i due supporti risulta variabile in base alla lunghezza dell'asta stessa. Ad esempio un'asta lunga 5,00m viene misurata sui supporti che distano tra loro 4,40m ( $500\text{cm}-30\text{cm}-30\text{cm}=440\text{cm}$ ), mentre un'asta di 4,30m è misurata su supporti distanti tra loro 3,70m. Sull'asta viene appeso un carico, costante per tutte le aste, di 50 libbre (pari a circa 22,68kg) equidistante dai due supporti. La misura in centimetri della massima deformazione dell'asta ne rappresenta la freccia (o indice di flessibilità).

Ricavata questa misura, per catalogare le aste con maggiore facilità, le case produttrici hanno raggruppato aste con frecce simili, assegnando dei valori di peso, che variano di cinque in cinque libbre (pari a poco più di due chilogrammi), in base alla capacità di ogni singolo attrezzo di sopportare un carico di punta impresso a qualche centimetro di distanza dall'estremità superiore dell'asta stessa. Da questo se ne ricava quanto segue.

- Il valore della freccia è molto più preciso della misura in libbre o chilogrammi.
- Ad ogni valore di portanza espresso in libbre e chilogrammi corrispondono più aste con frecce diverse: approssimativamente una differenza di cinque libbre comprende un *range* di 1,0 centimetri di freccia (per esempio un'asta 430/175 può avere una freccia che va da 14,1 a 15,0 cm).
- Ad un punto di flessibilità corrispondono circa 5 libbre. Ad una libbra corrispondono circa 0,2 centimetri di freccia.
- Freccia e portanza sono inversamente proporzionali: al crescere della prima diminuisce la seconda. In altri termini, maggiore è la freccia e più tenera è l'asta, maggiore è la portanza e più dura è l'asta.
- La freccia dipende dalla lunghezza dell'asta, ma non sono immediatamente raffrontabili le frecce indicate su aste di lunghezze diverse poiché vengono misurate con punti d'appoggio le cui distanze variano sensibilmente in funzione della lunghezza dell'asta. Perciò aste più lunghe, anche se indicano la stessa portanza o flessibilità di aste più corte, sono comunque più rigide.

Gli autori che rappresentano i maggiori punti di riferimento in tema di fabbricazione e misurazione delle aste, perlopiù provenienti dalle principali ditte produttrici o dall'ambito della ricerca in ambito sportivo, hanno stilato alcune tabelle che danno



- Per ogni incremento di 6 pollici (circa 15 cm) nella lunghezza dell'asta – a parità di libbre – o nell'altezza dell'impugnatura, il peso massimo consentito per il saltatore si riduce di circa 10 libbre perché l'asta non rischi di rompersi.
- Se su un'asta si sale o si scende di 15cm l'asta diventa rispettivamente più tenera o più dura di 10 libbre. Allo stesso modo, se si passa da un'asta più corta ad una più lunga di 15cm è necessario che quest'ultima sia 10 libbre più tenera perché offra una resistenza all'avanzamento simile alla prima, ovviamente a parità di impugnatura. Sulla stessa riga, cioè, si trovano aste che offrono caratteristiche simili a pari altezza di impugnatura.

Steve Chappel, General Manager di UCS Spirit, pur non avendo accettato di uniformare il procedimento secondo la proposta di Johnson, ha confermato<sup>2</sup> che la misurazione delle aste prodotte dalla ditta che dirige è paragonabile a quella effettuata dalla concorrente Pacer e perciò risponde con buona approssimazione alla tabella proposta da Johnson.

A questa tabella e a questi valori, perciò, hanno successivamente fatto riferimento, avendoli dati per associati, molti altri autori e molti tecnici di tutto il mondo.

## 2.2 Definizione del problema

Aste di lunghezze diverse sono misurate in modo diverso ma, secondo quanto riportato in Tabella 1 dovrebbero seguire scale di portanza identiche.

Perciò un atleta che si trovi a dover cambiare asta perché quella con cui ha saltato fino a quel momento è diventata troppo tenera, quale asta dovrà utilizzare per ottenere una miglior prestazione, pur con la sicurezza di avanzare a sufficienza per atterrare sul materasso? Oppure, di quanti centimetri potrà alzare l'impugnatura su un'asta senza che questa gli diventi troppo tenera? E l'equazione individuata è valida per qualsiasi asta a qualsiasi altezza di impugnatura? O ancora, dopo che la vecchia asta che ha ereditato è stata tagliata all'estremità inferiore di 30cm, quanto più tenera è diventata?

Di seguito alcune difficoltà e opportunità che si possono riscontrare saltando con l'asta alle quali con il presente lavoro si cerca di dare risposta.

---

<sup>2</sup> Risk, B. (2009). The Re-Classification of Vaulting Poles, Canada.

- Un atleta, nella migliore delle ipotesi, ha a propria disposizione un discreto numero di aste, ben distribuite per indice di flessibilità, portanza e lunghezza.
- Le aste sono di marche e di materiali diversi (UCS Sirit, Pacer, Pacer Carbon, Sky Pole, Cata Pole, Nordic...), perciò i metodi di misurazione di ogni casa produttrice possono essere differenti. Per esempio una 430/20.0 Pacer è diversa da una 430/20.0 Nordic, e il margine di errore può essere ancor più evidente se si prende in considerazione la portanza invece della freccia.
- Le aste, pur considerando quelle di una stessa marca, sono di anni di fabbricazione molto lontani fra loro (dagli anni '80 al 2014).
- Le aste presentano stati di conservazione molto diversi, per cui alcune aste sono consumate (per lo più verso l'estremità inferiore, dal lato del tappo) e addirittura sono state accorciate anche di alcune decine di centimetri (da 5 a 30 cm); modificando la lunghezza di un'asta si modificano automaticamente, senza però sapere precisamente di quanto) anche le caratteristiche di flessibilità e portanza.
- Le aste sono di lunghezze diverse e i metodi di misurazione delle case produttrici sono differenti in base alle diverse lunghezze; perciò un atleta quando deve passare da una certa asta ad una che, oltre ad essere più rigida, è anche più lunga deve far riferimento a parametri di misurazione differenti e difficilmente raffrontabili.
- Saltatori con l'asta di buon livello necessitano di molte aste sia per gareggiare, sia per potersi allenare durante l'anno con rincorse di lunghezze anche molto diverse in base agli obiettivi tecnici, ai periodi della preparazione secondo i diversi livelli di forma fisica, ecc.; allo stesso modo gli astisti più giovani tendono a cambiare le aste molto velocemente per adattarsi ai rapidi miglioramenti prestativi dovuti ai continui progressi tecnici-condizionali. Poiché le aste sono molto costose, ogni atleta cerca di sfruttare tutte quelle che ha a disposizione prima di comprarne altre, nonostante possano essere molto diverse per marca, lunghezza, età, stato di conservazione, ecc. Questo però fa sì che risulti a volte molto difficile capire quale sia la successione giusta, dalla più tenera alla più dura, delle aste di cui dispone e, spesso, è costretto a scoprirne la progressività solo provandole direttamente in pedana, prendendosi perciò qualche rischio e vincendo la paura di saltare con un'asta di cui non conosce bene le caratteristiche.

### **3. OBIETTIVI DEL PROGETTO**

Come obiettivo principale il lavoro mira ad individuare un metodo per la misurazione della rigidità delle aste che metta in relazione i parametri noti di lunghezza, portanza e flessibilità, cercando di ridurre il numero e di creare un'unica scala di riferimento che sia valida per tutte le aste e che consenta ad ogni atleta o allenatore di poter ordinare gli attrezzi che ha a disposizione secondo una corretta scala di durezza, progressivamente dal meno impegnativo al più prestante, prescindendo dalla loro lunghezza, marca, età, ecc.

L'ipotesi prevede di misurare le aste poggiandole su due piedistalli, mantenendo costante il peso centrale, rendendo costante la freccia, cioè facendo sì che il peso fletta tutte le aste nella stessa misura, e spostando invece uno dei due punti d'appoggio, quello vicino all'estremo superiore dell'asta, così come sposta l'impugnatura l'atleta quando si appresta a cambiare asta. In questo modo si annullano gli errori conseguenti all'usura, alle differenti lunghezze delle aste e alla differenza di marca e di materiale.

Inoltre si cerca di verificare la validità dei dati finora divulgati dalle case produttrici e di valutare se le corrispondenze suindicate valgono a qualsiasi altezza di impugnatura o in tutti i *range* di portanza e di flessibilità, per una 430/155 Spirit come per una 510/205 Pacer Carbon.

Infine si vuole risolvere il problema, molto concreto e personalistico, di definire l'ordine di tutte le aste disponibili ad un gruppo di atleti secondo una scala progressiva dalla più tenera alla più dura.

### **4. MATERIALI E METODI**

Il progetto prevede di misurare le aste poggiandole su due sostegni, uno dei quali però, a differenza della misurazione effettuata dalle ditte produttrici, sia mobile e si possa spostare in modo estremamente preciso e millimetrico. Si è provveduto perciò a costruire una struttura in acciaio con in cima una vite senza fine sulla quale scorre orizzontalmente una ruota. Su questa si poggia l'asta vicino all'estremità superiore. La ruota permette all'asta di flettersi liberamente riducendo gli attriti anche quando, attraverso la vite senza fine, si sposta millimetricamente il punto d'appoggio sotto

all'asta. L'altro punto d'appoggio invece è fissato a 12cm dall'estremità inferiore dell'asta.

Misurata la lunghezza effettiva dell'asta, si applica un peso costante (in questo caso di 25kg) e si sposta il punto d'appoggio superiore finché l'asta non venga deformata di una freccia costante (in questo caso 32cm). A questo punto si misura e si registra la distanza ottenuta tra i due punti d'appoggio che d'ora in poi sarà chiamato L25 (è la misura di una lunghezza in conseguenza all'applicazione di un peso costante di 25kg).

Per questa ricerca si sono misurate 58 aste presenti allo stadio Colbachini di Padova. Le aste prese in considerazione sono di due marche e tipologie differenti (UCS Spirit e Pacer Carbon), di lunghezze variabili da 430 a 520 centimetri, di flessibilità da 27,6 a 12,5 centimetri, di portanza da 125 a 210 libbre, di anni di fabbricazione diversi dagli anni '80 al 2014.

## **5. RISULTATI**

La Tabella 2 presenta tutte le aste prese in considerazione per la ricerca; riporta la marca, i valori originali di lunghezza in centimetri, portanza in libbre e freccia in centimetri, la lunghezza teorica e il valore L25 misurato in centimetri.

Il Grafico 1 raccoglie tutti i valori (L25) calcolati con il metodo di misurazione individuato, ossia la distanza in centimetri tra i due punti d'appoggio, per tutte le aste prese in considerazione, avendo mantenuto sempre costanti il peso e la freccia. Tutte le aste sono state dunque disposte con ordine crescente, secondo il valore individuato, sia in ascissa che in ordinata; si è individuata così anche la distanza che intercorre tra le diverse aste. Da questo si può dedurre dove, tra le aste a disposizione, ci sono le maggiori differenze e dove, perciò, sarebbe conveniente acquistarne di nuove, ovviamente in caso di necessità e avendone la possibilità.

Il Grafico 2 ha in ascissa il valore L25 individuato per ogni asta, in ordinata la rispettiva freccia delle aste misurate. Come si può notare, le aste sono evidentemente raggruppate su tre diverse curve di tendenza, a seconda della loro lunghezza: una curva (evidenziata in blu) per le 430, una (rossa) per le 460 e una curva unica (gialla) per tutte le aste comprese tra i 475 e i 510 centimetri di lunghezza.

Tabella 2 - Misurazioni iniziali

N	Marca	Lt	Lbs	F	Le	L25	430,0	460,0	475-510
26	Ucs	430	125	27,6	( 429 )	367,0	27,6		
23	Ucs	430	135	24,3	( 429 )	371,0	24,3		
28	Ucs	430	155	19,5	( 411 )	384,0	19,5		
25	Ucs	430	160	18,2	( 429 )	397,0	18,2		
27	Ucs	430	165	17,4	( 428 )	400,0	17,4		
29	Ucs	430	170	16,3	( 428 )	406,0	16,3		
22	Ucs	430	170	16,0	( 429 )	407,5	16,0		
17	Ucs	460	155	20,7	( 460 )	410,5		20,7	
21	Ucs	430	175	15,4	( 429 )	411,0	15,4		
24	Ucs	430	175	15,2	( 429 )	412,5	15,2		
11	Ucs	460	160	19,8	( 456 )	418,0		19,8	
9	Ucs	460	160	19,9	( 460 )	420,5		19,9	
15	Ucs	460	160	20,1	( 461 )	421,0		20,1	
10	Ucs	460	165	18,9	( 455 )	421,0		18,9	
49	Ucs	475	160	24,5	( 475 )	428,0			24,5
51	Ucs	475	165	22,9	( 475 )	430,0			22,9
8	Ucs	460	170	17,4	( 460 )	431,0		17,4	
5	Ucs	460	175	17,0	( 460 )	432,0		17,0	
12	Ucs	460	170	17,4	( 459 )	433,0		17,4	
16	Ucs	460	170	17,5	( 460 )	434,0		17,5	
3	Ucs	460	175	16,7	( 460 )	435,0		16,7	
4	Ucs	460	180	16,0	( 460 )	435,5		16,0	
18	Pacer	460	170		( 454,5 )	436,0			
7	Ucs	460	175	16,5	( 459 )	437,5		16,5	
14	Ucs	460	180	16,9	( 460 )	438,0		16,9	
6	Ucs	460	185	15,2	( 452 )	440,0		15,2	
39	Ucs	490	170	21,0	( 491 )	442,0			21,0
20	Ucs	460			( 459 )	442,0			
1	Ucs	460	185	15,2	( 458 )	442,5		15,2	
37	Ucs	490	170	21,0	( 488 )	443,0			21,0
36	Ucs	490	170	20,6	( 487 )	444,0			20,6
2	Ucs	490	180		( 461 )	444,0			
13	Ucs	460	185	15,0	( 460 )	448,0		15,0	
54	Pacer C	480	170	20,6	( 479 )	450,0			20,6
55	Pacer C	505	180	18,2	( 480 )	454,5			18,2
56	Pacer C	480	180	19,2	( 479 )	455,0			19,2
19	Ucs	460	190	14,0	( 460 )	455,0		14,0	
53	Pacer C	480	180	18,4	( 479 )	456,0			18,4
52	Ucs	500	180	18,2	( 495 )	457,0			18,2
50	Ucs	490	185	17,8	( 484 )	457,0			17,8
48	Ucs	490	185	18,0	( 490 )	460,0			18,0
57	Ucs	520	175	19,0	( 518 )	462,0			19,0
38	Ucs	490	185	17,5	( 490 )	463,0			17,5
43	Ucs	500	185	17,1	( 500 )	464,0			17,1
42	Ucs	490	190	16,5	( 487,5 )	465,0			16,5
58	Pacer C	505	185	17,8	( 480 )	466,0			17,8
40	Ucs	490	190	16,9	( 490 )	467,5			16,9
41	Ucs	490	195	16,0	( 490 )	468,0			16,0
45	Ucs	500	190	15,6	( 500 )	474,5			15,6
47	Ucs	490	200	15,3	( 490 )	476,0			15,3
33	Pacer C	500	190	15,3	( 497 )	477,0			15,3
44	Ucs	500	195	14,9	( 500 )	482,0			14,9
32	Pacer C	510	190	15,0	( 505 )	484,0			15,0
46	Ucs	500	200	14,5	( 500 )	486,0			14,5
31	Pacer C	510	200	14,4	( 509 )	488,0			14,4
30	Pacer C	510	200	14,1	( 504 )	491,0			14,1
34	Pacer C	510	205	13,2	( 510 )	498,0			13,2
35	Pacer C	510	210	12,5	( 510 )	505,0			12,5

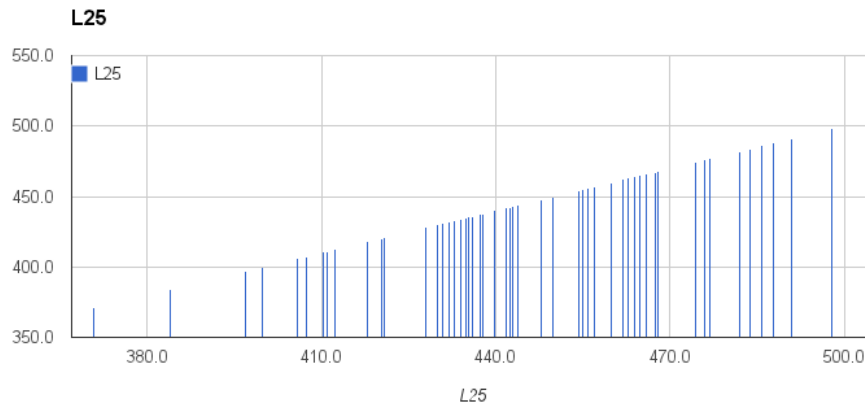


Grafico 1 - L25

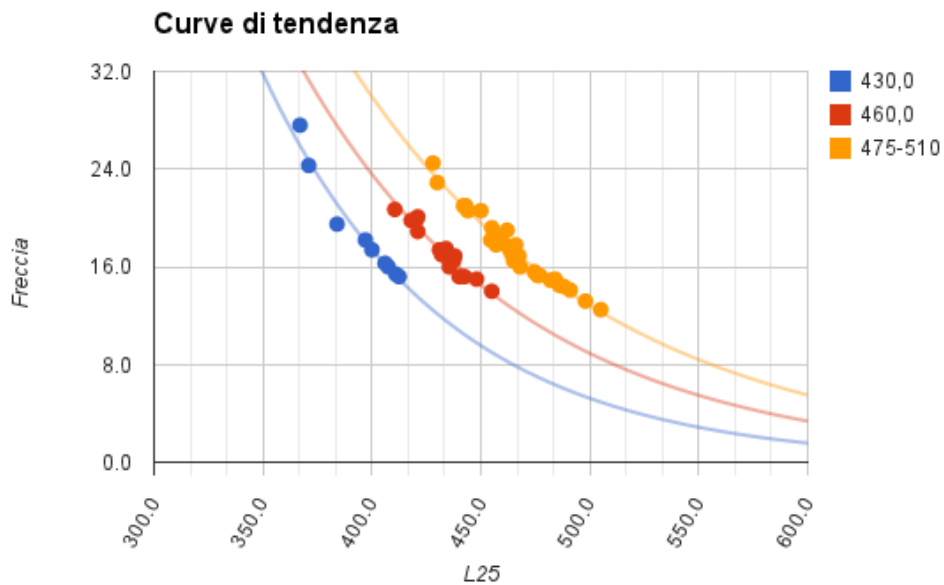
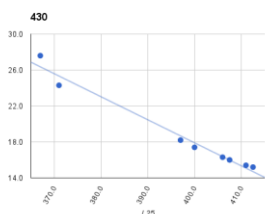


Grafico 2 – Curve di tendenza F/L25

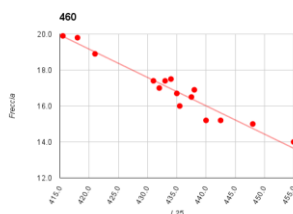
Poiché tutte le aste sono comprese in un intervallo ristretto della curva, per semplicità si può considerare, con buona approssimazione, l'equazione di una retta  $y=mx+q$  anziché quella esponenziale della curva che perciò sarebbe più complessa. In questo caso il valore di  $m$  rappresenta un moltiplicativo specifico per ogni categoria di lunghezza dell'asta ed indica, di fatto, l'inclinazione della retta; il valore  $q$  invece sta ad indicare di quanto le rette sono traslate verticalmente.



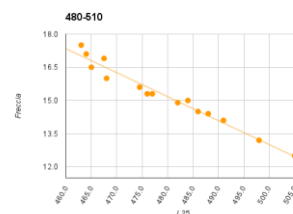
Nei grafici che seguono (Grafico 3, Grafico 4 e Grafico 5) sono riportate le rette di regressione delle tre diverse categorie di aste suddivise per lunghezza. In ascissa è sempre il valore L25, in ordinata ancora le frecce delle rispettive aste.



**Grafico 3 - 430**



**Grafico 4 - 460**



**Grafico 5 - 475-510**

Per il Grafico 3 (aste 430) l'equazione  $y=mx+q$  della retta di tendenza è la seguente:

$$F_{430} = -0,28 * L25 + 129,36$$

Per il Grafico 4 (aste 460) l'equazione  $y=mx+q$  della retta di tendenza è la seguente:

$$F_{460} = -0,15 * L25 + 83,10$$

Per il Grafico 5 (aste 475-510) l'equazione  $y=mx+q$  è la seguente:

$$F_{475-510} = -0,09 * L25 + 59,42$$

Con queste formule è possibile ricavare, a seconda della lunghezza delle aste, il punto preciso in cui inserire un'asta all'interno della scala, individuando così il valore effettivo di flessibilità (freccia) di un'asta anche quando questa sia stata tagliata o rovinata e perciò la freccia originale di fabbrica scritta sull'estremità dell'asta non è più corretta.

Da questa suddivisione si ricavano i tre grafici che seguono (Grafico 6, Grafico 7 e Grafico 8). Essi uniscono la porzione del Grafico 1 relativa alla lunghezza dell'asta che interessa, con riportato il semplice elenco delle aste ordinate secondo la progressività del valore L25 (in blu), e la linea di tendenza delle rispettive frecce (in rosso) riportate in ordinata.

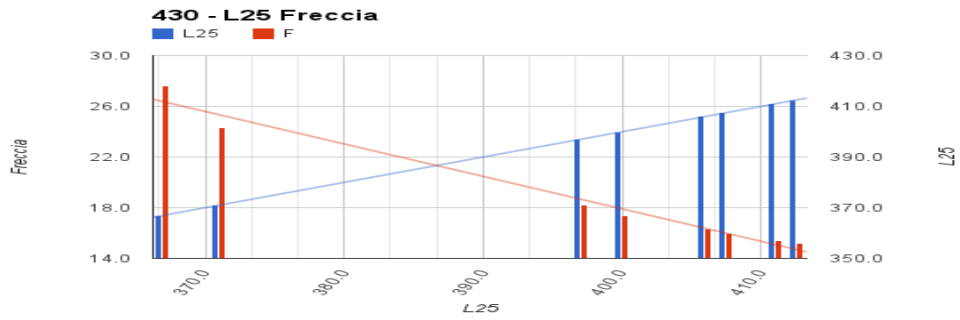


Grafico 6 - 430 F/L25

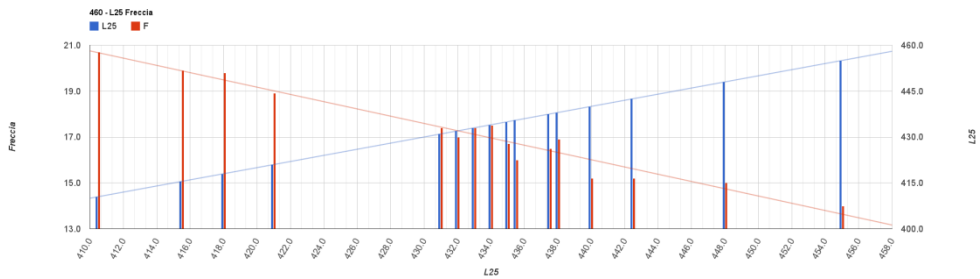


Grafico 7 - 460 F/L25

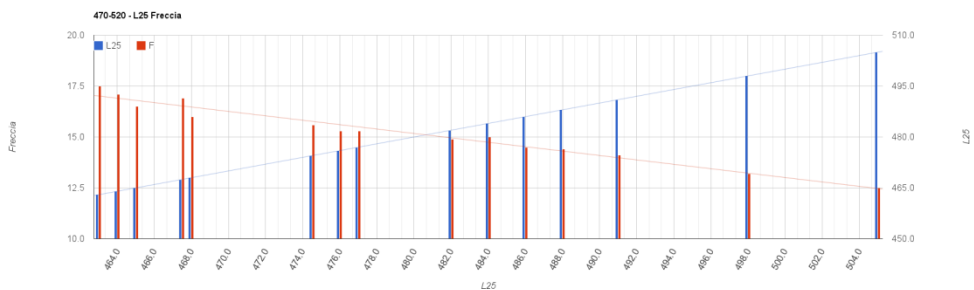


Grafico 8 - 475-510 F/L25

Da questi grafici si possono notare alcune lievi discrepanze tra le frecce e la relativa retta di tendenza. Ciò significa che l'ordine definito dal valore L25 rivela gli errori della freccia dovuti al fatto che non tutte le aste sono ancora della lunghezza originale e che marche diverse possono avere valori di flessibilità misurati in maniera leggermente differente.

Il Grafico 9 è una semplificazione e approssimazione del Grafico 2 che mostra le tre linee di tendenza costruite su tutto il campione delle aste misurate sovrapponendo i Grafici 3,4 e 5. Da qui si può facilmente ricavare la corrispondenza tra aste di diverse lunghezze tracciando una linea verticale che passi per l'asta dalla quale si parte per individuare sulla linea superiore l'asta di lunghezza maggiore che le sia equivalente o

più simile. Dove tale linea interseca due curve di tendenza, lì sono i valori dell'altezza dell'impugnatura (valore L25 in ascissa) e della freccia (F in ordinata) delle due aste equivalenti.

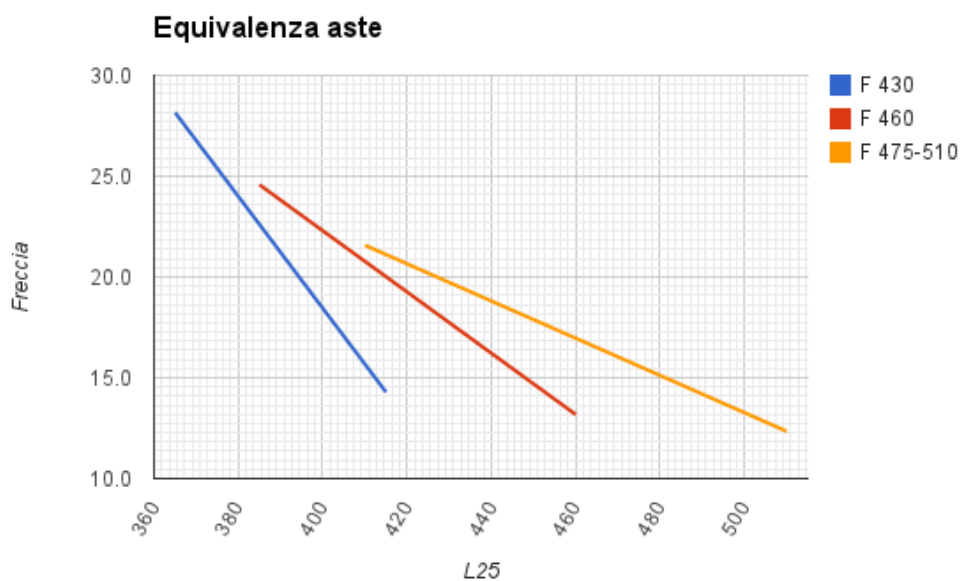


Grafico 9 - Equivalenza aste F/L25

## 6. DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Il Grafico 1 rappresenta l'intera scala di aste a disposizione del gruppo di atleti presi in esame secondo l'ordine dato dal valore L25. Esso definisce in modo univoco la durezza di ogni asta nelle condizioni in cui si trova allo stato attuale e permette di confrontarla con tutte le altre aste della scala misurate nelle medesime condizioni. Da questo se ne ricava che alcuni atleti possono godere di molte aste che differiscono di poco, per cui questi stessi atleti possono cambiare asta senza difficoltà. Altri atleti invece, nel momento in cui devono cambiare asta, si trovano aste ben più distanti tali per cui il passaggio risulta più difficile. Il grafico perciò può essere utile sia in fase di acquisto di un'asta per capire dove ci siano maggiori necessità, sia per capire la differenza tra aste che possono avere frecce apparentemente simili ma che, essendo tagliate, o danneggiate, o semplicemente di marche diverse, potrebbero non essere le più adatte alla situazione contingente.

Dal Grafico 2 si potrebbero già ricavare le formule più corrette per individuare le reali frecce delle aste così come sono conservate ma, poiché le linee di tendenza sono delle curve esponenziali, i fattori moltiplicativi sarebbero più complicati di quanto non sia possibile fare ricavando le formule dai tre grafici successivi (Grafico 3, Grafico 4 e Grafico 5) che, nonostante siano delle semplificazioni, mostrano un livello di approssimazione accettabile. Tuttavia la cosa più rilevante che si evince da questi dati, e che è in netta controtendenza con quanto riportato dalla pur poca letteratura esistente, consiste nel fatto che aste di lunghezza diversa si comportano in maniera molto differenziata tra loro secondo i tre gruppi individuati. Ciò significa che una variazione di altezza dell'impugnatura su un'asta di una certa lunghezza non ha lo stesso valore della medesima variazione su un attrezzo di lunghezza differente. Per esempio, alzare l'impugnatura di cinque centimetri su un'asta lunga 460 centimetri non dà la stessa risposta che farlo su un'asta da 475 centimetri poiché le due aste appartengono a due categorie diverse e giacciono perciò su due curve diverse del grafico. Allo stesso modo il passaggio di asta dalle 430 alle 460 è molto diverso da quello che porta dalle 460 alle aste più lunghe.

A questo punto si può ritenere che quanto affermato dalle principali case produttrici di aste per il salto con l'asta (si veda Tabella 1 - Johnson's Pole Progression and Relative Stiffness Chart (2009)), può essere valido per alcune lunghezze delle aste, ma di certo non può valere per tutte le lunghezze e tutte le flessibilità poiché le linee di tendenza hanno inclinazioni nettamente diverse. Un esempio renderà più chiara la cosa: l'atleta A usa le aste 430, l'atleta B usa le 460, l'atleta C le 475. Tutti decidono di alzare l'impugnatura di 5cm, ma avranno variazioni molto differenti in termini di freccia: infatti l'atleta A si troverà ad aumentare la freccia di molti più centimetri rispetto all'atleta B che a sua volta risconterà una variazione più significativa di C. Questo perché l'inclinazione della retta blu è più marcata di quella rossa che a sua volta è più marcata di quella gialla.

Ancor più interessanti a tal proposito sono le formule ricavate dal Grafico 3 - 430Grafico 3, dal Grafico 4 e dal Grafico 5. Da queste, infatti, noto il valore di  $L_{25}$ , si può ricavare la freccia reale relativa a qualsiasi asta (in questo caso limitatamente alle lunghezze contemplate in questa misurazione) e a qualsiasi altezza venga impugnata. Questo permette di confrontare con un unico numero (il valore della freccia che se ne ricava) qualsiasi asta, indipendentemente dalla lunghezza o dalla marca. Così sarà

possibile per qualsiasi atleta sapere a quale altezza impugnare nel momento in cui dovrà passare da un'asta ad un'altra, a condizione che siano noti i valori L25 delle due aste. In particolare si calcola che l'incremento di un centimetro di impugnatura porta a una riduzione della freccia di circa 0,28 con le 430, di 0,15 con le 460 e di 0,09 con le aste più lunghe. Al contrario, utilizzando aste sempre più dure, per la riduzione di ogni punto di freccia, per percepire la stessa resistenza in fase di entrata e avanzamento l'impugnatura deve salire di circa 3,61 cm con le 430, di 6,58 cm con le 460 e di 10,83 cm con le aste più lunghe.

Dal Grafico 6, Grafico 7 e Grafico 8 si nota una pur lieve discrepanza tra le frecce indicate su alcune aste e la linea di tendenza delle frecce stesse. Questo può dipendere da due fattori. Una prima spiegazione può venire da un piccolo margine di errore nelle misurazioni effettuate per questa ricerca, che è da contemplare a causa degli strumenti di misurazione "fatti in casa"; esso viene annullato dalla numerosità del campione considerato, ma si fa più evidente qualora si vada ad analizzare una singola misurazione. Ciononostante, il principale motivo della discrepanza sta ad indicare come il valore della freccia possa trarre in inganno qualora l'asta sia stata modificata, anche di poco, nella sua lunghezza o si mettano in relazione aste di marche e di annate diverse, misurate cioè secondo standard diversificati.

Infine, il Grafico 9, che rispetto alle intere curve di tendenza è già limitato agli intervalli plausibili per le aste che ci sono in commercio, fornisce dei dati molto interessanti con estrema immediatezza. Tracciando una linea verticale dove almeno due delle tre rette si incrociano, si può capire la corrispondenza che esiste, a parità di altezza d'impugnatura, tra aste di lunghezze diverse. Ad esempio se l'atleta A utilizza una 430/15,7 impugnata a 410 e vuole passare ad aste più lunghe, a parità di altezza di impugnatura dovrà prendere una 460/20,8 o ad un'asta più lunga con freccia 21,6. Invece l'atleta B dovrà passare da una 430/21,2 impugnata a 390 ad una 460/23,8 impugnata alla stessa altezza per ritrovarsi con un'asta molto simile.

## 7. CONCLUSIONI

Dati gli obiettivi iniziali, considerati i risultati della ricerca, si può affermare quanto segue.

- Attraverso la definizione del parametro che in questo lavoro prende il nome di L25 si è individuato non tanto un valore da riconoscere universalmente così com'è stato calcolato per questa ricerca, quanto piuttosto un metodo di misurazione che bene si adatta a qualsiasi tipo di asta e che perciò può essere replicato con una certa facilità da qualsiasi persona disponga di un buon numero di aste. Come accennato in precedenza, la numerosità del campione di aste preso in considerazione è ciò che garantisce la precisione del risultato, al di là delle piccole imprecisioni che possono essersi riscontrate nella misurazione delle singole aste. Perciò sarebbe auspicabile una standardizzazione e validazione del metodo da parte delle case produttrici, così da permettere ad ogni saltatore con l'asta di passare da un attrezzo ad un altro riconoscendone tutte le caratteristiche attraverso un solo numero. Chi scrive ha scelto, per comodità propria e per i mezzi di cui disponeva, di applicare all'asta un carico di 25 chilogrammi, di scegliere una deformazione di 32 centimetri, una distanza tra il punto d'appoggio all'estremità inferiore e il tappo di 12 centimetri, ecc. Nulla vieta però che altri valutatori possano scegliere valori differenti, giungendo comunque agli stessi risultati. Se a fare queste valutazioni fossero direttamente le case produttrici si avrebbe sull'asta un indice univoco identificativo dell'asta stessa e che contenga intrinsecamente tutti i numeri ad oggi utilizzati.
- Non appena saranno disponibili attrezzature più sofisticate (un dinamometro ad alta sensibilità, un misuratore laser, un attrezzo che permette di piegare le aste tenendo conto anche del carico di punta), si faranno delle misurazioni per verificare ulteriormente i valori descritti. Si faranno inoltre ulteriori misurazioni con pesi e frecce diverse per verificare e misurare quanto le aste rispondano in modo differenziato a seconda dell'altezza dell'impugnatura, della larghezza, del punto di applicazione della forza e dei momenti di forza applicati alle estremità dell'asta e a seconda del livello di deformazione dell'asta stessa. Nell'eseguire le misurazioni fin qui ultimate si è resa evidente la mole di dati che con pochi strumenti in più sarà possibile ricavare grazie a questo metodo di classificazione.

Questo permetterà ad ogni astista di conoscere con sempre maggiore precisione gli attrezzi che si trova ad utilizzare ed il loro comportamento, anche qualora dovessero aver subito delle modifiche a causa dell'usura rispetto alle condizioni originali di acquisto.

- Questa ricerca, come si era ipotizzato inizialmente, mette in discussione alcuni dei criteri di misurazione, comportamento e confronto delle aste diffusi dalle case produttrici e dalla pur scarsa letteratura esistente al riguardo; criteri che ormai sono entrati a far parte delle prassi di buona parte degli allenatori e astisti di tutto il mondo.
- Infine, molto pragmaticamente si è data risposta alla concreta necessità di un nutrito gruppo di saltatori con l'asta di conoscere la reale progressività, in termini di flessibilità, del parco aste di cui attualmente ciascuno dispone ed usufruisce. Questo consente loro di poter gestire con maggior precisione e consapevolezza qualsiasi cambio d'asta e di impugnatura secondo le necessità, la condizione fisica, le caratteristiche e gli obiettivi tecnici del momento. Il metodo di misurazione, più che il valore L25 in sé, può essere facilmente replicato da chicchessia su qualsiasi campione di aste.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Johnson, J. (2009). Beginning Pole Vaulting Progressions and formula notes.
- Johnson, J. (2009). Johnson's Pole Progression and Relative Stiffness Chart.
- Johnson, J. (2009). Safe, effective pole vaulting begins by choosing the right pole.
- Risk, B. (2009). The Re-Classification of Vaulting Poles. Canada.
- Watry, J.P. (2004). The Pole Vault Pole: An Engineer's Perspective, Gill Athletics.