

# Squat: come migliorare la performance attraverso la Biomeccanica

FONTANA FEDERICO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ricercatore e membro del team scientifico di AIF. Laureato in Scienze motorie presso l'università degli studi di Verona e studente nel corso di laurea specialistica; Istruttore FIPL, Atleta della F.M.Bentegodi di Verona; lavora nell'area didattica, per la preparazione atletica con i sovraccarichi, del CUS Verona Rugby.

## *ABSTRACT*

**OBBIETTIVO:** Lo scopo di questa tesi è stato di quantificare, tramite l'utilizzo di un'analisi cinematica bidimensionale, una serie di parametri biomeccanici caratteristici del movimento di squat (accosciata) in atleti che utilizzano frequentemente tale esercizio come pratica di allenamento, così come in atleti non esperti di questo tipo di esercizio.

**METODO:** A questo scopo sono stati reclutati 13 soggetti maschi, 5 Powerlifter (HSPL), 4 Weightlifter (HSWL) e 4 soggetti di controllo (LS), di età compresa tra i 22 e i 30 anni, che sono stati valutati durante le loro sessioni di allenamento. Ogni soggetto ha eseguito 3 serie singole di squat per ogni data intensità di carico, rispettivamente il 75-85-95% del massimo carico sollevabile in una ripetizione (1RM). Durante l'esercizio i soggetti venivano ripresi con una telecamera e, sulla base dei dati raccolti, è stato possibile:

- Analizzare il movimento di accosciata per valutare, da un punto di vista quantitativo, i fattori che tutti i giorni un allenatore analizza qualitativamente al fine di migliorare la prestazione. L'intento è quindi di fornire, con maggior precisione, i dati utili all'allenatore per il miglioramento tecnico e prestativo dell'alzata;
- Determinare i principali fattori cinetici e cinematici dello squat comparando la performance di individui con avanzate capacità di controllo in tale movimento (atleti certificati dalle federazioni FIPL ed FIPCF) con quella relativa a soggetti che utilizzano lo squat come pratica sportiva "extra specifica";
- Fornire un modello prestativo del movimento di accosciata sulla base dei dati riscontrati nell'analisi di Powerlifter e Weightlifter professionisti, in modo da garantire in tempo reale un feedback immediato e fedele sul movimento di qualsiasi altro squat.

**RISULTATI:** Dall'analisi qualitativa dei dati non si sono evidenziate differenze statistiche nei valori dei parametri osservati tra il gruppo HSPL e HSWL; indicando come, nonostante la differente metodologia di lavoro e di utilizzo dello squat, entrambi i gruppi hanno raggiunto livelli tecnici ottimali e simili nell'esecuzione.

Al contrario, il gruppo LS ha dimostrato differenze statistiche significative rispetto ai gruppi HSPL e HSWL nelle seguenti variabili analizzate: velocità verticale del bilanciante in funzione del tempo; torque muscolare alla caviglia; durata totale del sollevamento; durata della sticking region.

**CONCLUSIONI:** I risultati ottenuti in questo studio permettono di classificare atleti High skilled e Less Skilled sulla base delle principali variabili del movimento di squat.

Un'analisi di questo tipo è fruibile e sfruttabile direttamente sul campo (con metodi non invasivi) e permette di analizzare biomeccanicamente e in maniera affidabile un movimento sportivo, in questo caso lo squat, per fornire in tempo reale ad allenatori e ad atleti un feedback sulla loro prestazione.

## IL RITORNO ALLE ORIGINI

Se aprite la prima pagina di youtube, e cercate “squat”, l’87% dei video che vedrete saranno esecuzioni tecnicamente scadenti. Idem se entrate nell’87% delle “palestre” italiane. Forse in questo caso anche nel 97%. Alla base vi è una forte mancanza di disciplina, di pratica, ma soprattutto di buon senso. Sfortunatamente in troppi ambiti la ricerca della TECNICA manca; sia per colpa di chi è preposto ad insegnarla sia per colpa degli atleti stessi.

Se entrate in qualunque realtà italiana che usa lo squat come preparazione sport specifica questo farà cagare. Anche ad alti livelli; e questo a me fa piangere il cuore. Credetemi se vi dico che il potenziale in giro è ENORME, e se lavorerete bene con i sovraccarichi i risultati arriveranno; GARANTITO. E basta davvero poco per iniziare a lavorare bene.

La tecnica permette di fare un salto di qualità sorprendente! Leggete questo articolo, prendete in mano un bilanciere e imparate lo Squat su voi stessi. Apprezzatene le difficoltà intrinseche, prendete coscienza del movimento e sentite cosa si prova facendo squat. Ascoltatevi. Solo così potrete insegnarlo e fornire ai vostri ipotetici atleti la migliore assistenza possibile. Guardate queste foto:



Cosa hanno in comune una ragazza contadina etiopie e una scultura di Rodin del 1882 con queste due seguenti posizioni?



ACCOSCIATA! Hanno in comune l’accosciata, lo squat! Incredibile come mondi, tempi e luoghi così diversi si possano collegare ad un gesto, lo SQUAT. O “deep knee bend” come si usava chiamarlo negli anni 70’. Il movimento completo appare sì semplice, ma la complessità intrinseca è alta: da apprendere ma soprattutto da criticare. È qui che inizia il nostro lavoro di ricerca sullo squat.

Andate a vedere come i Turchi aspettano l’autobus alla fermata: in accosciata! Oppure come si prega nell’Esicamo, una dottrina diffusa tra i monaci dell’oriente cristiano, ove la teoria della respirazione e l’ombelico come punto mistico del corpo, sembrano rispecchiare alcune “leggi” del movimento di accosciata. Nei passi più antichi del Talmut ebraico si trova come si studiava fino a farsi sanguinare i talloni mantenendo questa postura. La maggior parte della popolazione non è più in grado di tenere tale posizione ma loro ci aspettano pure il bus o ci pregano.

L’idea di una tesi in materia è nata leggendo il blog di Paolo (i suoi studi sullo squat e sulla motion analysis) e, andando ad un progetto promosso da Andrea, Project

Invictus, ho incontrato Ado che è stato subito entusiasta e disponibile nel mettere le sue capacità e i suoi atleti a disposizione. Un mese dopo ero a Parma a digitalizzare le alzate di Powerlifters, e a Verona a vedere come lo fanno i Weightlifter. Dove lo squat è il loro sport. Fanno quello. E sono forti. La scelta è ricaduta su queste due grandi scuole (FIPL e F.M.Bentegodi) perché, a mio parere, sono gli unici (o quasi) che sanno farlo tecnicamente molto bene.

L'obbiettivo era riuscire a cogliere con un occhio digitale ciò che un bravo allenatore vede durante un'esecuzione, o che dovrebbe vedere, per reputare un'alzata buona o meno buona. In pratica il succo di un'alzata TECNICA "parametrizzandola".

Il tutto condotto su ATLETI della FIPL e della Fondazione M.Bentegodi, con carichi impegnativi; 75, 85 al 95% del massimo carico sollevabile dall'atleta e in accosciata PROFONDA. Non su secchi sedentari che fanno leg press per 4 settimane in 3x10, e il vasto mediale gli si ipertrofizza dell'8% in più rispetto ad una condizione di riposo. Vasto mediale perché hanno eseguito l'esercizio con i piedi extra ruotati.

Ultimamente ho letto un articolo, pubblicato su una nuova rivista italiana dalle ottime intenzioni, che spiegava come ricercare una buona tecnica nello squat per usarlo nella preparazione atletica. Cazzo fantastico... i problemi erano due: lo squat era eseguito a corpo libero, e sopra al parallelo. È un altro cazzo di mondo; cambia TUTTO! Questo non è squat. E soprattutto non è un movimento che genera transfert!

Ma perché farsi il mazzo per questo?! La risposta è: migliorare un servizio. Quello della preparazione coi sovraccarichi. Il tutto partendo appunto dalla TECNICA! Portando qualità e dimostrando come l'ottimale può realmente portare dei vantaggi. La FIPL sta facendo passi avanti nel migliorare la preparazione che "gira" per l'Italia; porta una ventata di aria pulita e semplice nella programmazione dell'allenamento. Ciò che facciamo è di supporto a questo. Lo spazio per cambiare le cose c'è, bisogna solo iniziare.

## NICE, LET'S START!

Fare delle valutazioni digitali consente di rallentare il tempo, permette cioè di capire cosa accade al corpo umano, in ogni singolo istante, mentre esegue un movimento. Nel nostro caso uno squat. Da ogni movimento si possono poi trarre preziose conclusioni al fine di impostare una tecnica migliore basata sulle individualità dell'atleta. Ripeto, sulle INDIVIDUALITÀ!

A tal proposito all'ultimo corso istruttori FIPL, chiunque, anche chi era geneticamente svantaggiato, a fine giornata ha eseguito un bello squat profondo a schiena iperestesa. Mica poco. Vedrete quindi com'è facile approcciarsi alla biomeccanica per analizzare un gesto motorio.

L'uso della tecnologia in questo caso è di solo SUPPORTO al bravo Coach, non lo sostituisce. La capacità di un occhio umano, formato da anni di pratica e di sudore sulla fronte, non potrà mai essere replicato con un pc. Il top è coniugare entrambe le cose.

Un estratto da "Biomechanic of sport"

*I gesti atletici non possono essere spiegati in termini di biomeccanica, fisiologia, controllo motorio, psicologia o altri fattori che sono diventati importanti specializzazioni dello sconfinato campo delle Scienze dello Sport. Invece, il gesto deve essere considerato come la sinergia di ognuna di queste componenti, agenti in un dato sport in una data situazione per un dato individuo in un dato istante di tempo. (...)*

***affidarsi puramente sui metodi della biomeccanica per analizzare il corpo umano equivale ad analizzare un concerto sinfonico esclusivamente sul suono e gli strumenti musicali coinvolti ignorando il direttore e gli strumentisti.***

*(...) Perciò, nell'utilizzare i metodi della biomeccanica all'allenamento sportivo, informazioni rilevanti dalle discipline "alleanze" sono necessarie per offrire una visione più completa e bilanciata di ogni specifica situazione"*

<b>1. Introduzione</b>	<b>17</b>	<b>3. Review dalla letteratura</b>	<b>145</b>
<b>2. Fondamenti per l'approccio al problema</b>	<b>21</b>	<b>4. Scopo</b>	<b>153</b>
- 2.1 Le forze nello squat	25	<b>5. Sviluppo del modello</b>	<b>155</b>
- 2.2 Il centro di massa (COM)	30	<b>6. Materiali e metodi</b>	<b>177</b>
- 2.3 La coppia meccanica	37	- 6.1 Variabili analizzate e sviluppo del modello	
- 2.4 Una visione d'insieme: perfect squat vs. real squat	40	- 6.2 Posizione del bilanciere e delle articolazioni nello spazio	
- 2.5 Proprietà inerziali del corpo umano	50	- 6.3 Velocità verticali del bilanciere e delle articolazioni	
• 2.5.1 applicazione allo squat	57	- 6.4 Torque muscolari applicati alle articolazioni	
- 2.6 Il momento torcente	59	- 6.5 Analisi statistica	184
• 2.6.1 applicazione allo squat	59	<b>7. Risultati e discussione</b>	<b>189</b>
- 2.7 Stoop or squat	81	<b>8. Conclusioni</b>	<b>232</b>
- 2.8 Squat: muscoli e articolazioni	84	<b>9. Prospettive per studi futuri (a cura del Dott. Paolo Evangelista)</b>	<b>234</b>
• 2.8.1 Forze agenti sul ginocchio		<b>10. Postfazione (a cura del Dott. Arnaldo Grizza)</b>	<b>237</b>
• 2.8.2 Muscoli bi-articolari: trazione e trasferisci		<b>11. Bibliografia e Appendice</b>	<b>239</b>
• 2.8.3 Spina dorsale: uso e abuso		<b>12. Ringraziamenti</b>	<b>247</b>

### *L'indice della tesi per avere un'idea dei contenuti trattati*

Per la moltitudine di persone che utilizzano lo squat, di qualsiasi contesto si tratti, la letteratura scientifica fornisce una scarsa offerta riguardo alla tecnica corretta. Generalmente, manca un'analisi comparativa tra atleti HS e LS che incorpori linee guida facilmente fruibili ed immediatamente utilizzabili nella correzione tecnica "sul campo" di questo movimento. Manca soprattutto però, la definizione di un modello prestativo unico, che sfati il mito dell'esistenza di squat da PL e squat da WL.

Noi l'abbiamo creato, osservando statisticamente come più il movimento è di qualità e più si assomiglia tra diverse realtà. Capiamoci però, un certo Thomas Michael McLaughlin nel 1974 era già riuscito a vedere uno squat con un occhio digitale. MILLENOVECENSETTANTAQUATTRO. 37 anni fa LUI studiava lo squat e la Piaggio costruiva la Vespa Primavera.

Negli anni l'attenzione verso un'ottimale tecnica esecutiva si è resa necessaria sia per la prevenzione degli infortuni che per la ricerca del risultato in gara. La scuola di derivazione Est europea, che da sempre ricerca la perfezione del gesto in attività come il Weightlifting prima e il Powerlifting poi, si sta radicando anche nelle istituzioni italiane che vogliono fornire un background tecnico su questo movimento utilizzato in molti ambiti sportivi.

Scopo di tale tesi è appunto ciò, descrivere e criticare per dare un aiuto pratico; cercando di fornire risposta a molte domande, quali:

- ✓ Come può un atleta massimizzare la performance tramite il corretto assetto dei vari segmenti corporei?
- ✓ Come far trarre beneficio sulla velocità di movimento correggendo i segmenti corporei durante uno squat?
- ✓ Che cosa causa l'ormai conosciuto sticking point durante l'ascesa?
- ✓ Quali parametri migliorano la "buca" della sticking region?
- ✓ Dove si vede questo SP?
- ✓ Dove quindi si spreca energia?
- ✓ Come non sprecare energia?
- ✓ Che tipo di "forza" esercitano i nostri muscoli per vincere il carico, e dove è importante che essi siano pronti a reagire al peso schiacciante del bilanciere?

## LE VARIABILI ANALIZZATE

Prima di procedere alla definizione dei materiali e metodi utilizzati è necessario definire quali sono i parametri di interesse per lo studio dello squat. L'insieme di questi parametri costituisce "un modello prestativo" che è stato creato sulla base di indicazioni fornite dal confronto con allenatori di pesistica e sulla base della letteratura scientifica a riguardo. Questo "modello" prevede l'identificazione di alcuni tra i parametri più importanti nell'analisi del movimento interessato:

- ✓ Velocità verticale e posizione nello spazio del bilanciere in funzione del tempo;
- ✓ Area delimitata dalla traiettoria di discesa e ascesa del bilanciere;
- ✓ Definizione e caratteristiche dello "sticking point";
- ✓ Forza applicata verticalmente al bilanciere dall'atleta;
- ✓ Assetto angolare del tronco nell'affrontare lo sticking point;
- ✓ Angoli di fase e piano delle fasi articolari tra posizioni e velocità articolari;
- ✓ Momenti angolari delle principali articolazioni coinvolte.

L'analisi dei dati coinvolge la definizione di alcune fasi, all'interno del movimento, più significative di altre. Lo squat è stato diviso quindi in tre fasi:

- dall'inizio della discesa fino alla posizione più bassa del movimento;
- dall'inizio della risalita fino allo "sticking point"
- dallo sticking point alla parte finale del sollevamento.

Nei termini propri del Powerlifting.

1. Il punto "a" è definito "controlled dive bomb", il controllo della bomba ad immersione.
2. La fase "b" è conosciuta come "the hole" o la buca del movimento.

L'atto finale di tale fase, quello in cui si cerca al massimo di contrarre la muscolatura dal fondo del movimento al punto critico, che è rappresentato dalla diminuzione di velocità che si verifica a metà salita (*sticking point*), è comunemente denominato "firing out of the hole".

3. La parte finale, dal'uscita dello sticking point alla fine del movimento è conosciuta come "lockout".

Ogni metà del movimento a sua volta è stata considerata come un'unità, la quale è stata poi suddivisa in tre parti. Tale processo porta la suddivisione del movimento in sei parti complessive; in tal maniera sarà poi più facile confrontare il comportamento dei soggetti, per quanto riguarda i parametri analizzati, durante l'intero movimento.

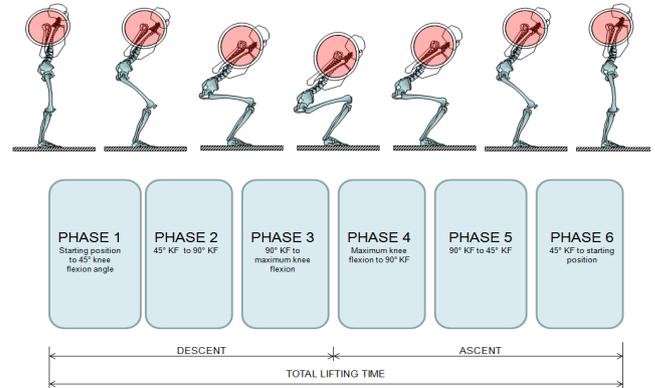


Figura 1: Principali suddivisione in fasi del movimento di Squat, con relativi assetti articolari

Le fasi sono quindi sei (figura 1):

- ✓ Fase 1: dalla posizione di inizio del movimento fino a che l'angolo formato tra coscia e piano trasverso del ginocchio (KF) è pari a 45°;
- ✓ Fase 2: da 45° KF fino alla posizione conosciuta come "squat parallelo" ovvero a 90° KF;
- ✓ Fase 3: dalla posizione di squat parallelo fino alla massima posizione di accosciata;
- ✓ Fase 4: dal punto più basso del movimento fino alla posizione di squat parallelo;
- ✓ Fase 5: dalla posizione a 90° KF fino a 45° KF
- ✓ Fase 6: da 45° KF fino alla posizione iniziale ad arti inferiori e tronco estesi completamente.

L'attività dell'uomo è uno dei più complessi fenomeni conosciuti. Analizzando i movimenti se ne possono registrare le caratteristiche biomeccaniche (di tutto il corpo e delle sue parti). Queste caratteristiche (i parametri biomeccanici) descrivono il corpo dell'uomo come oggetto dell'azione meccanica, e possono essere misurate o calcolate. Esse hanno valore numerico e rappresentano i legami tra un valore e l'altro (la velocità è un esempio di legame tra il percorso fatto e il tempo impiegato a farlo).

Lascio da parte in questo articolo le nozioni di Fisica, Matematica, Meccanica, Biomeccanica, correlate alla stesura di questo articolo; ritengo molto più utile in tal contesto vedere ai fini pratici cosa serve questa "roba". Vi mostro il risultato finale.

Tenete però conto che tutto quanto ciò che viene detto è supportato da calcoli e da statistica; necessaria per dare credibilità ad uno studio.

### LA TRAIETTORIA DEL BILANCIERE NELLO SPAZIO

L'analisi della traiettoria compiuta dal bilanciante durante lo squat fornisce importanti indicazioni sulla cinetica di movimento. Le traiettorie di sinistra nel grafico sottostante (Figura 2) sono 5 alzate, tutte singole a carico crescente, fatte dalla stessa persona; quelle di destra sono altre 4 alzate, sempre singole e a carico crescente, ma fatte da un atleta diverso:

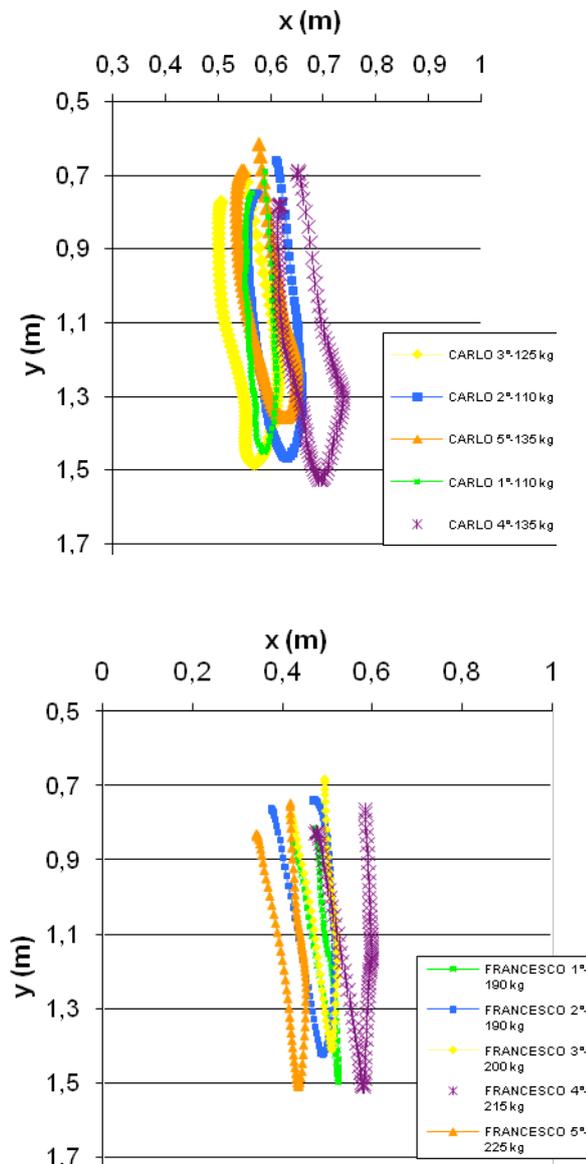


Figura 2: traiettoria nello spazio del bilanciante. A sinistra soggetto Less skilled, a destra soggetto High skilled.

La prima cosa che si nota è la somiglianza nelle traiettorie del bilanciante per uno stesso soggetto; nonostante tra la prima e l'ultima alzata ci sia una variazione considerevole in termini di carico. Se io mescolassi le nove alzate in un unico grafico voi ora sapreste dirmi perfettamente quali sono dell'uno o dell'altro atleta. A parer mio è incredibile come il corpo umano sappia "lavorare" all'unisono per reagire in maniera simile a stimoli di differente difficoltà. Il secondo atleta è inoltre più avanzato del primo, e infatti lo schema motorio di base è molto meglio consolidato, e le traiettorie di assomigliano di più.

L'analisi della traiettoria compiuta dal bilanciante durante lo squat fornisce importanti indicazioni sulla cinetica di movimento, quali:

- ✓ Lo spreco di energia in componenti orizzontali; quindi come l'atleta concentra le proprie energie e soprattutto dove le concentra. Più la traiettoria di risalita si discosta da quella di discesa, maggiori sono le forze orizzontali che creano spostamenti non utili al fine prestativo.
- ✓ La variazione di movimento che i segmenti corporei compiono per dare tale risultato; la traiettoria verticale del bilanciante, è data dalla somma del movimento dei segmenti corporei coinvolti, iquali vincolati a dei giunti articolari possono solamente ruotare; sarà poi la somma di movimenti rotativi a dare movimenti traslatori lineari.
- ✓ Si può quindi conoscere la traiettoria della schiena rispetto al movimento che compiono anca e ginocchio per dare maggiore o minore verticalità all'alzata;
- ✓ La sicurezza con cui un atleta maneggia il carico: le titubanze nel movimento con cui il soggetto conduce il bilanciante nello spazio si notano dalla variabilità del segnale. Meno spostamenti superflui significano meno spreco di energia.

Ciò che può essere fatto, partendo dalla traiettoria del bilanciere, è il calcolo dell'area compresa tra le curve di ascesa e discesa del bilanciere come nella figura seguente.

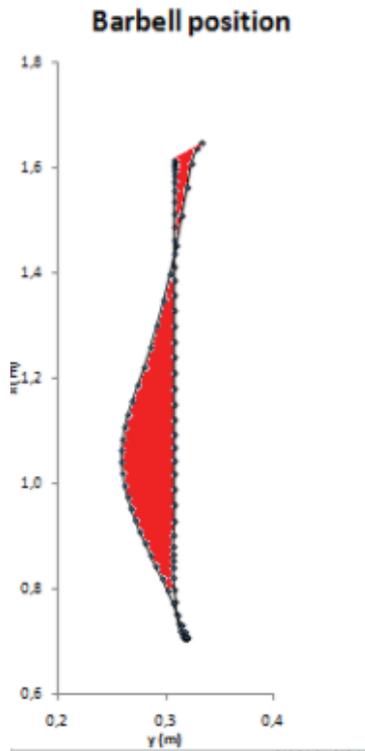


Figura 3: Traiettoria del bilanciere nello spazio durante lo squat; in rosso è evidenziata la zona compresa tra le due curve, oggetto del calcolo.

Lavoraccio ma utile. Vediamo perché:

- ✓ Il calcolo dell'area ci dà un'idea su quanto spazio il bilanciere percorre. Più l'area è grande, più la sbarra si sposta nello spazio e quindi maggiore è l'energia spesa per il movimento.
- ✓ Il calcolo di tale area è un buon fattore di confronto nella prestazione tra gruppi di atleti.

Unendo a tale analisi anche le corrispettive traiettorie di anca e ginocchio si può notare nel dettaglio come l'atleta si muove, dove quindi deve correggere il movimento nel caso si notasse una componente orizzontale nel movimento del bilanciere.

GRUPPO	Soggetti	Area traiettoria	
		Area m <sup>2</sup>	95% 1 RM
HS	1	0,001	<i>media area HS</i>  <b>0,03</b>
	2	0,03	
	3	0,05	
	4	0,02	
	5	0,03	
	6	0,03	
	7	0,10	
	8	0,03	
	9	0,03	
	10		
LS	11	0,07	<i>media area LS</i>  <b>0,10</b>
	12	0,11	
	13	0,12	
	14	0,09	

Tabella 1:

Dai dati in tabella 1, relativi all'alzata al 95% del massimale, si nota immediatamente come il gruppo di soggetti Less Skilled abbia un valore medio di area di 3 volte superiore rispetto agli High skilled. Qualcosa vorrà pur dire no?! La stessa cosa si nota anche a carichi inferiori; gli HS hanno questo valore SEMPRE piccolo! La traiettoria di risalita quindi, è sempre vicina a quella della discesa.

La corrispondente traiettoria di anca e ginocchio: se ora analizziamo separatamente, oltre alla traiettoria del bilanciere, anche le corrispondenti di anca e ginocchio come in figura 4, e poi le coniughiamo in un unico grafico otterremo una cosa del genere:

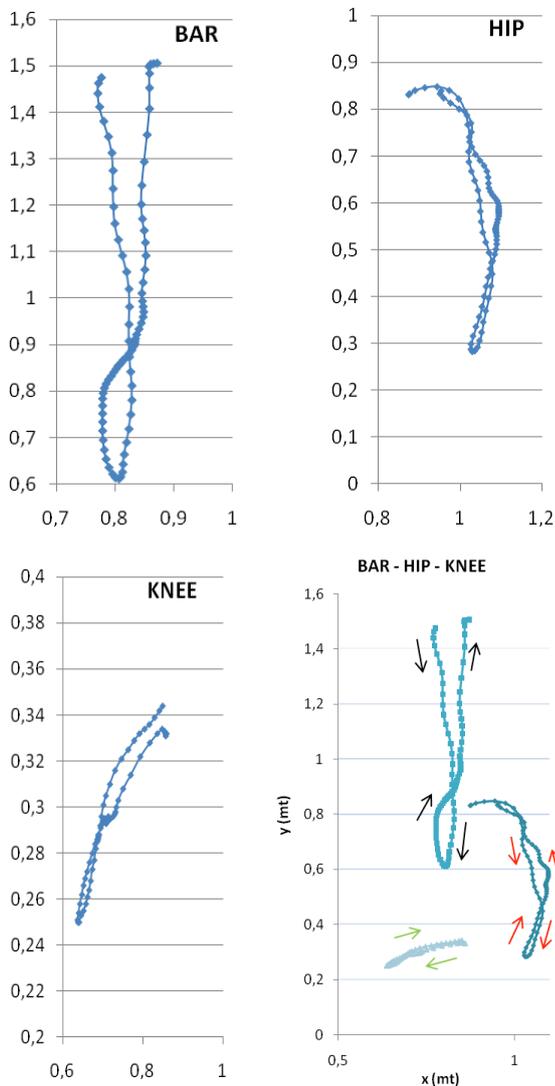


Figura 4: analisi comparativa delle traiettorie di bilanciere, anca e ginocchio durante un'alzata singola si squat.

Direste mai che questi grafici descrivono uno squat?

## LA VELOCITÀ VERTICALE DEL BILANCERE

Ecco uno dei punti maggiormente trattati nello studio dello squat; la velocità verticale impressa dall'atleta al bilanciere. Come sottolineato precedentemente il movimento di squat è diviso in fasi. Anche il profilo della velocità verticale del movimento, usato come parametro descrittivo dell'alzata in moltissimi studi (McLaughlin, 1974. Escamilla, 2000), viene suddiviso in porzioni, che rispecchiano le stesse della suddivisione del movimento nello spazio (Figura 5).

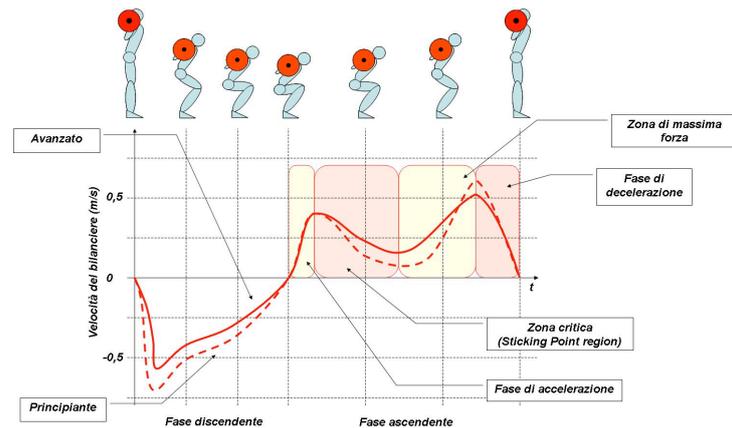


Figura 5: suddivisione in fasi della velocità verticale del bilanciere e relative posizioni dell'assetto corporeo

In figura 5 si riporta uno studio di McLaughlin et al. (1974) in cui in ordinata è riportata la velocità del bilanciere in m/s. Questa è negativa quando il bilanciere si sposta verso il basso, e positiva quando il bilanciere torna verso l'alto. Si consideri ora solo la curva continua che rappresenta la velocità del bilanciere nel caso di atleti "avanzati". Nello studio menzionato si parla di Powerlifters con alzate valide di oltre 200kg.

- ✓ Il bilanciere inizia a muoversi verso il basso: il movimento iniziale è un "cedimento in assetto" da parte dell'atleta che, spostando il bacino indietro e flettendo le ginocchia fa scendere il bilanciere a velocità crescente.
- ✓ Prima del passaggio al mezzo squat l'atleta inizia a "frenare in assetto" il bilanciere e la velocità inizia a decrescere in maniera decisa;
- ✓ Dal mezzo squat fino al punto più profondo del movimento la velocità decresce progressivamente fino a che il bilanciere non è fermo nel punto più basso: è finita la fase discendente;
- ✓ Senza soluzione di continuità inizia la fase ascendente con una rapida accelerazione, una spinta che fa sollevare il bilanciere dalla *buca, the hole* come viene

chiamato il punto più basso, fin poco sopra la posizione di squat parallelo (femore parallelo al terreno);

- ✓ In questo momento inizia la fase critica: il bilanciare rallenta, quasi si ferma: è la *zona critica* o *sticking point region*, quel punto di difficoltà dove il bilanciare raggiunge la sua velocità minima;
- ✓ Se quella fase viene superata, allora il bilanciare sale più spedito e la velocità torna nuovamente ad aumentare per poi decrescere nuovamente al termine dell'alzata.

Questo perciò è l'andamento di una alzata di squat: è codificato che esista una regione critica definita in tutti gli studi "*Sticking point*". (McLaughlin, 1974. Escamilla, 2000, 2002)

L'analisi dei video mostra perciò che la fase discendente e quella ascendente siano asimmetriche in termini di esecuzione: mediamente sul tempo totale dell'alzata, che oscilla fra i 4 e i 5 secondi nel caso di un massimale, il 60% è speso nella fase ascendente e solo il 40% in quella discendente. È nella zona critica che si vedono gli errori più grossolani di assetto corporeo.

Nella fase discendente a causa di motivi meccanici il bilanciare scende verso il basso ma si sposta anche in avanti. Questo spostamento si chiama *flessione del busto* o *torso tilt* ed è sempre presente per mantenere il BCOM sull'area sottesa ai piedi.

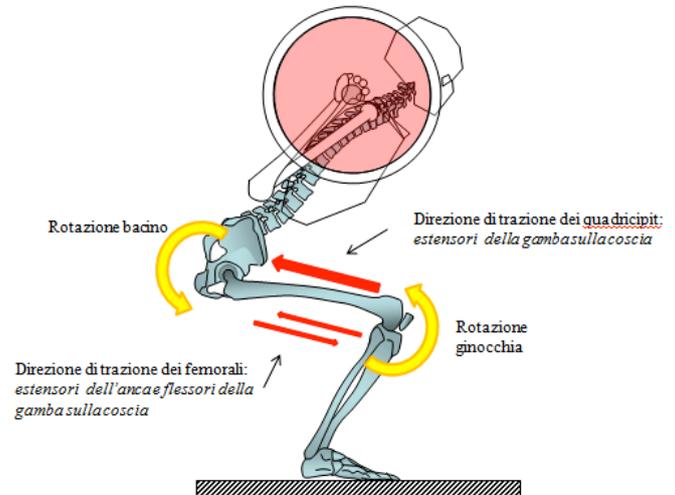
La discesa è una contrazione muscolare che causa due fenomeni distinti ma che contribuiscono a potenziare la fase ascendente:

- ✓ Una contrazione eccentrica crea nei muscoli coinvolti uno *stretch reflex* o *riflesso miotatico* che potenzia la generazione di forza e che persiste nella successiva contrazione concentrica (il classico esempio del salto dal basso con o senza contromovimento).
- ✓ Un accumulo di energia elastica nei muscoli proprio a causa delle loro proprietà meccaniche, *viscoelastiche*: entro certi valori di velocità i muscoli sono come delle molle che, tese, tendono a tornare alla posizione iniziale. Entro certi limiti perché poi i muscoli non resisterebbero all'eccessiva tensione, lesionandosi.

Maggiore è la flessione in avanti del tronco maggiore sarà l'allungamento dei muscoli posteriori della coscia, e quindi maggiore sarà la loro successiva attivazione. È grazie a quanto sopra descritto che all'inversione del movimento si ha il picco di velocità: tutti gli studi mostrano che questo non è presente nello squat con partenza dal basso dove la velocità cresce più lentamente (Russel, 1989).

Nei vari studi che trattano lo *Sticking point*, le spiegazioni dell'esistenza di questa zona critica non

sono chiare e univoche, sicuramente vi è un insieme di fattori che rendono questa zona meccanicamente svantaggiosa.



**Figura 6: funzionamento del modello muscolo-articolare durante una flessione degli arti inferiori.**

La figura 6 mostra la posizione di ingresso nella *sticking region*: il bacino deve ruotare perché il busto si porti in posizione eretta, se ciò non accadesse le ginocchia sposterebbero indietro il bacino tramite il femore, senza una concomitante estensione del tronco con conseguente aumento del carico che grava sulla schiena a causa di un aumento del braccio di leva sull'articolazione dell'anca.

La rotazione del bacino avviene grazie all'uso dei glutei, muscoli monoarticolari (si inseriscono sul bacino e sul femore facendolo ruotare intorno all'anca) e dei femorali, muscoli biarticolari (si inseriscono nel bacino e nella tibia). I femorali contraendosi *estendono* l'anca ma, contemporaneamente, *flettono* le ginocchia. La contrazione dei femorali contrasta quella dei quadricipiti che, invece, *estendono* le ginocchia stesse. Questo fenomeno è inevitabile ed è chiamato *co-contrazione*. Nella zona critica, *sticking region*, l'effetto della flessione del ginocchio a causa dei femorali è massimo: questo è un primo aspetto che rende la zona critica un punto di instabilità dell'alzata.

Un altro aspetto interessante è che nella fase ascendente i muscoli si contraggono mentre si accorciano, il che li porta a generare sempre meno forza progredendo con l'alzata: le misurazioni mostrano come la coppia totale al ginocchio e all'anca decrementino anche se le leve risultano più vantaggiose, a dimostrazione che sono i muscoli stessi a perdere forza.

Come detto in precedenza il bilanciere si sposta in avanti nella fase discendente, ma questo non crea assolutamente impegno per l'atleta: scendere è una ricerca del corretto assetto per mettere in tensione i muscoli ma, di fatto, si tratta di far cedere i muscoli correttamente: per spostare il bilanciere in avanti basta contrarre meno i muscoli e offrire quindi meno resistenza al carico che grava sul corpo.

In risalita, invece, riportare la schiena eretta ha un enorme costo in termini di forza da generare perché è necessario ruotare il bacino tramite i glutei e i femorali. Questa rotazione deve avvenire *in contemporanea con la rotazione delle ginocchia*, usando muscoli antagonisti: quadricipiti e glutei/femorali.

I glutei non sono antagonisti dei quadricipiti, ma dopo la prima fase della risalita, occorre continuare ad estendere le ginocchia, sollevare la schiena ed estendere quindi l'anca: due compiti complessi per il sistema nervoso che deve usare insieme muscoli che normalmente usa separatamente nelle normali attività quotidiane. Ecco quindi che perciò s'inizia a rallentare, superando questo scoglio con la schiena meno inclinata, si chiude l'alzata.

Il fenomeno è meno evidente in chi fa squat fino alla posizione di squat parallelo: lo stretching nell'eccentrica è minore perciò l'accelerazione in risalita non è così elevata come nel caso di uno squat profondo, a meno di non usare un carico non massimale. Il punto critico avviene più vicino alla posizione di squat parallelo, perché il bilanciere inizia a rallentare prima a causa della mancanza di accelerazione data dal "rimbalzo" nel punto più basso.

In Figura 7 è riportata anche la curva della velocità verticale del bilanciere per un atleta "principiante": questa viene da rilevazioni su Powerlifters competitivi ma definiti *less skilled*, caratterizzati da valori di massa corporea, tenuta tecnica, di esperienza e carico massimale inferiore agli altri. Si nota come il principiante, paragonato all'avanzato di figura 8, scenda più velocemente e abbia una zona critica a velocità inferiore rispetto all'avanzato, a parità di velocità nella fase di accelerazione: questo significa che ricerca più il "rimbalzo" non riuscendo però a sfruttare la velocità di discesa dato che risale come l'atleta più esperto. La velocità nella zona critica si abbassa molto di più proprio perché c'è meno capacità di sfruttare il sistema nervoso in questa complessa coordinazione neuromuscolare.

Ciò che voglio qui fare, come sopra, è COMPARARE due atleti; gli stessi di prima. E fare alcune veloci considerazioni.

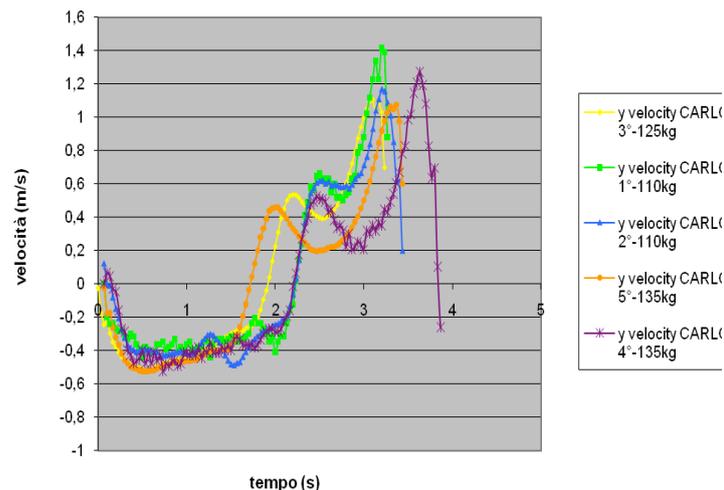


Figura 7: profilo della velocità verticale del bilanciere in un atleta Less skilled per 5 alzate a carico crescente.

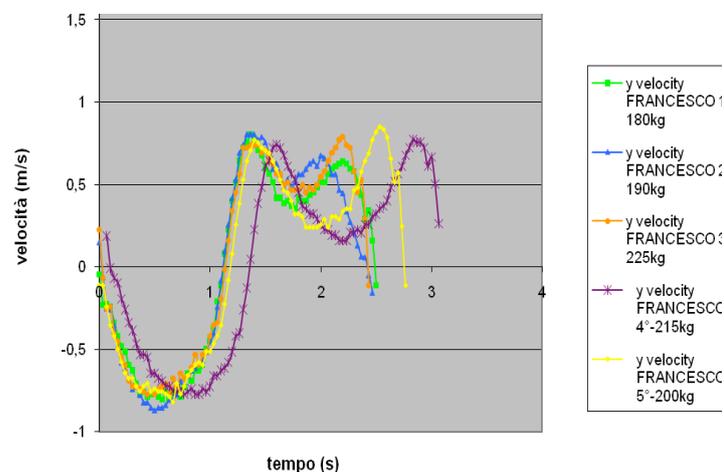
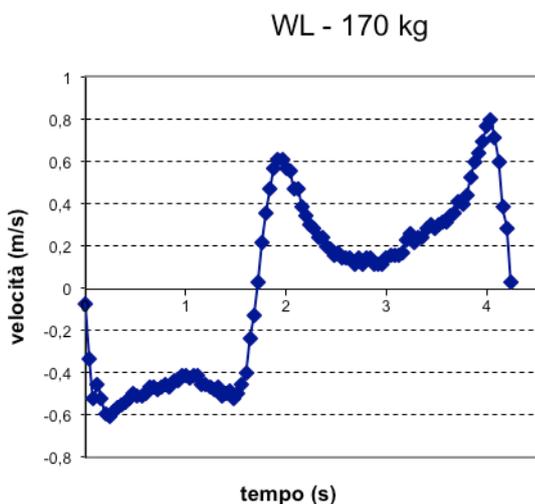
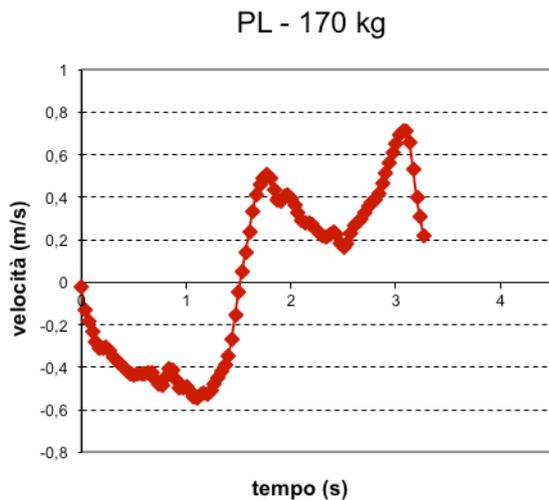


Figura 8: profilo della velocità verticale del bilanciere in un atleta Less skilled per 5 alzate a carico crescente.

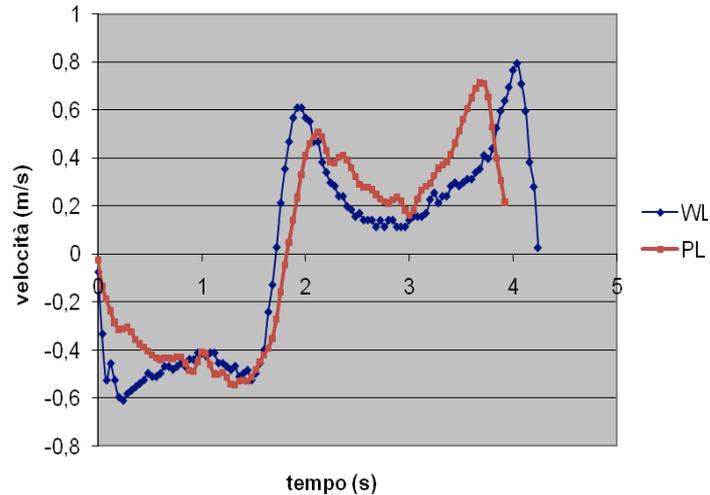
Come nel grafico in figura 2 della traiettoria, si notano le somiglianze, tra l'andamento delle curve, nelle alzate dello stesso atleta. Così come si notano le differenze tra i due atleti. Il primo usa un carico molto più basso del secondo, e lontano dal suo massimale REALE; infatti anche nell'alzata più pesante da 135 kg, si nota un lieve sticking point, e la velocità di picco dell'alzata, quella dell'uscita dalla "buca", è alta. Il secondo atleta invece, ha un profilo della velocità che raggiunge un picco più lento nella fase finale; ma guardate il tempo totale dell'alzata! 100 kg di differenza e impiega un secondo in meno ad eseguire. UN secondo in meno è un'enormità in un'esecuzione da 3-4 secondi. E il tutto nonostante abbia una sticking region molto più marcata.



**Figura 9: profilo della velocità verticale del bilanciere in uno squat al 95% del massimale per un atleta Powerlifter (curva rossa, grafico di sinistra) e per un atleta Weightlifter (curva blu, grafico di destra).**

Puntate ora l'attenzione sulla velocità di discesa, non più su quella di ascesa. Il primo atleta controlla molto di più il carico, spreca energia perché è si COMPATTO, ma pure CONTRATTO. Rallenta il carico e lo mantiene ad una velocità pressoché costante durante la discesa; tale gesto è uno sforzo che necessità di energia. Il secondo soggetto al contrario mostra un andamento molto più armonico. Ma mooolto più armonico, quasi disinvolto nel gestirlo. Col carico ci gioca, nonostante siano 225kg; si vede come lo governa bene e come vuole, in un modo sicuramente migliore del primo soggetto.

Volevo ora farVI confrontare due alzate (figura 9 e 10); una eseguita da un PL e una da un WL sotto il profilo velocità. I due atleti hanno lo stesso peso corporeo e lo stesso carico sul bilanciere, vicino all'IRM (ho avuto culo a trovarli).



**Figura 10: profilo della velocità verticale del bilanciere in uno squat al 95% del massimale per un atleta Powerlifter (curva rossa) e per un atleta Weightlifter (curva blu).**

Ora nello stesso grafico (figura 10): Ci sono differenze certo:

- ✓ Le velocità nei cambi di direzione;
- ✓ I picchi di velocità durante le fasi del movimento;
- ✓ L'ampiezza e la profondità della Sticking region;
- ✓ Il tempo totale dell'alzata.

Ma concedetemi l'osservazione che sono piccole in questo caso. I due andamenti sono MOLTO simili; cazzo l'esecuzione posso quindi concludere che sarà simile. Guardate qua ... così sfatiamo il mito dell'esistenza dello squat da WL e da PL:

Questa è l'alzata del Powerlifter: <http://www.youtube.com/watch?v=SOMvAYtDw>

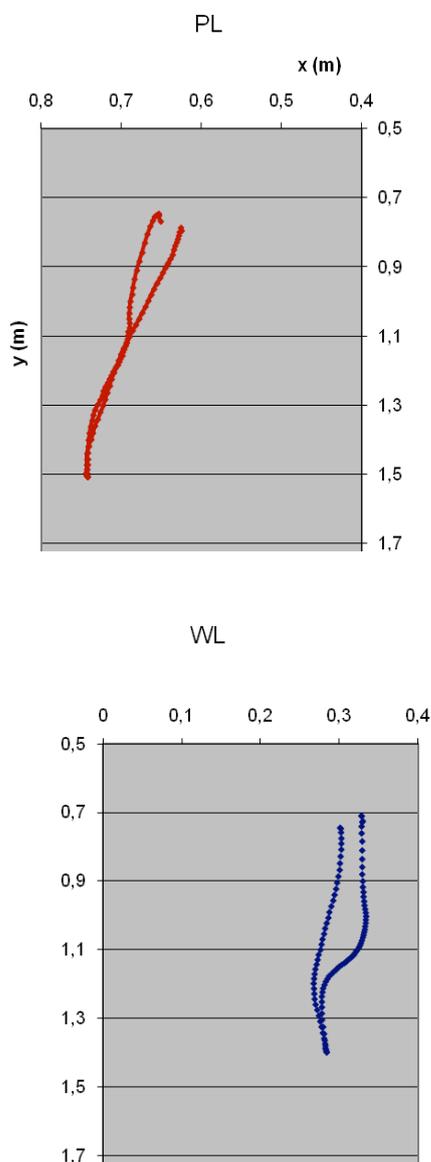
Questa l'alzata del Weightlifter: [http://www.youtube.com/watch?v=rEUzxGX\\_d8g](http://www.youtube.com/watch?v=rEUzxGX_d8g)

È qui che l'allenatore deve essere bravo, deve avere l'occhio allenato per cogliere le differenze tra le due alzate. Sono entrambe accosciate molto buone, il WL cerca più il rimbalzo quando scende; ma non è che l'alzata del PL sia più o meno "ass to the grass", l'ampiezza del movimento è simile. Il bilanciere è piazzato nello stesso posto. Gomiti avanti, ginocchia sparate in fuori, stance simile.

La "rana" c'è! Il WL si "prepara" meno; guardate l'assetto iniziale e finale, la respirazione, la schiena, la velocità di discesa.

Spostiamo ora l'attenzione sull'andamento della velocità; tornate al grafico in figura 10 precedente e guardate il tempo speso nella "buca" per vincere lo SP.

Non “sembra” molto diverso, dal video però il WL quasi si ferma, il PL no. Sale più fluido e infatti ha picchi di velocità meno evidenziati. Il PL ha una compattezza generale più marcata. Questo è probabilmente dovuto ad un uso diverso di energie e, nonostante un’impostazione simile, ad una diversa traiettoria del bilanciere.



**Figura 11: traiettoria relativa all'alzata del grafico in figura 9 per il soggetto PL, a sinistra, e per il soggetto WL a destra. (siccome le riprese sono speculari, le scale sono adattate per far sì che l'alzata risulti ripresa nello stesso modo. Con entrambi gli atleti rivolti verso sinistra. Voi state guardando ora il loro lato sinistro.)**

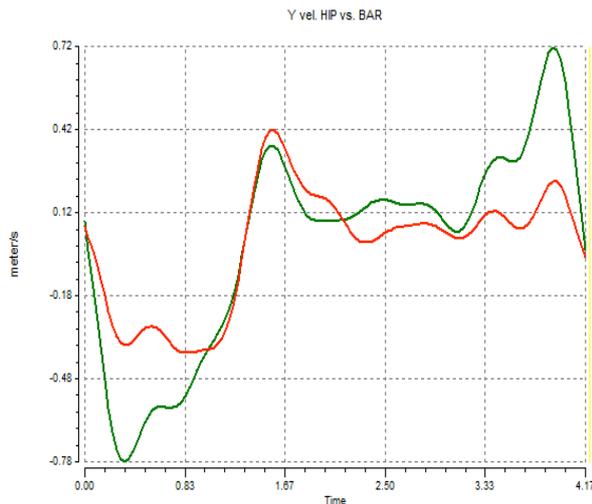
Vediamola in figura 11: il primo si “schiaccia” maggiormente in avanti da subito durante la discesa, dal video si può notare come lavora maggiormente, in questa fase del movimento, con la chiusura dell’angolo alla cavaglia. Occhio, NON perde la schiena, semplicemente sfrutta maggiormente il “sedersi tra le gambe” allargando le ginocchia e aumentando l’inclinazione del tronco. L’iperestensione del rachide è sempre presente. Il WL è leggermente più verticale ma in risalita le cose cambiano. Riesce sì a tenere il peso posteriormente a se, non anteriorizza troppo il movimento, ma spreca più energia perché si sposta molto orizzontalmente; e infatti è più lento nel vincere il carico.

Guardate l’ascesa del PL invece, risale ESATTAMENTE come è sceso anche dopo lo sticking point. Ora, queste sono FINEZZE da seghe mentali siderali, al pari del dubbio amletico del farsi o meno le seghe prima dell’allenamento. Tutto sto casino, fa però capire che lo squat è UNO soltanto, e le differenze sono solamente per il diverso tipo di lavoro fatto con i sovraccarichi.

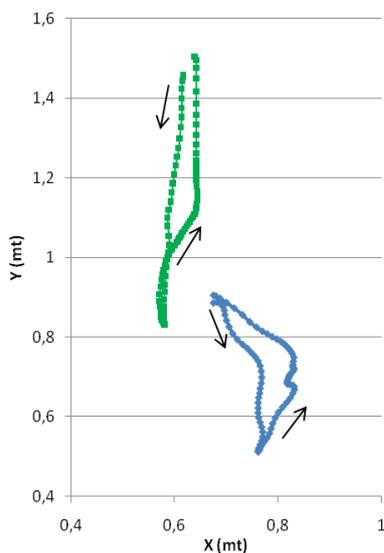
Il PL dedicando il tempo che un WL passa su strappi e slanci per lo squat. Questi lo fanno a fine allenamento un po’ come viene. Notate però che la tecnica è comunque molto curata. Ecco quindi che più il movimento è di qualità e più si assomiglia.

Alcune considerazioni sull’assetto dell’atleta possono essere fatte anche a partire dalla concomitante analisi delle velocità di anca e bilanciante durante la stessa alzata (figura 12). Qui l’atleta “perde” leggermente la schiena durante la discesa, ovvero la inclina sempre più man mano che scende. Questo perché l’anca va giù più lentamente e non scende verticalmente quanto il bilanciante. Ma parliamo di 0,4 m/s ... ecco ci siamo capiti.

In salita si nota meno e si vede come la velocità dell’anca, all’ingresso della sticking region (circa a 1,50 secondi) supera leggermente la velocità del bilanciante, indicandoci come il soggetto schiena di poco l'alzata. Inoltre, se guardiamo le corrispondenti traiettorie come in figura 13, si vede come bacino e spalle indietreggiano e salgono insieme:



**Figura 12: velocità verticale di anca (curva rossa) e bilanciere (curva verde) in un atleta che schiena l'alzata.**

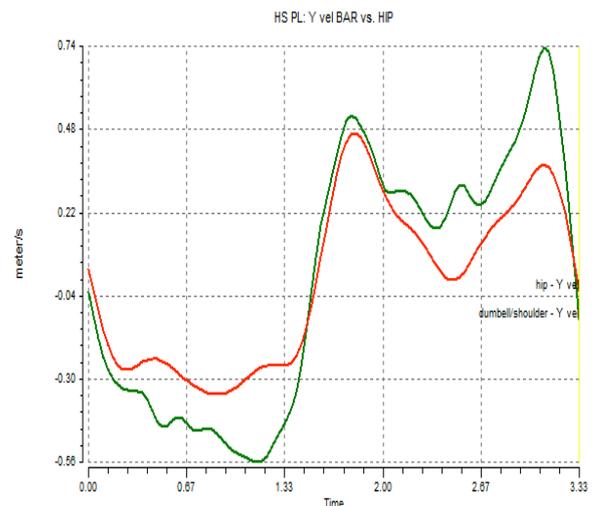


**Figura 13: analisi della traiettoria di bilanciere (in verde) e anca (in blu) nell'alzata di figura 11.**

Questo è un WL con 155kg di sovraccarico; notate come anche lui "indietreggia" con la schiena durante l'alzata (anca e bilanciere( si spostano entrambe), come il ragazzo Weightlifter analizzato prima in figura 10 e 11. Nei vari video ho notato che il WL fa così. Sposta il carico indietro. Ciò è forse dovuto ad una ricerca maggiore dei femorali e dei glutei durante i movimenti propri del sollevamento pesi; cosa che si ripropone poi anche nello squat.

In figura 14 seguente, la stessa analisi su un soggetto Powerlifter High Skilled, si nota come il comportamento della velocità dell'anca rispetto a

quella del bilanciere sia, anche se di poco, diverso. In questa alzata in discesa la velocità dell'anca è ancora leggermente inferiore di quella del bilanciere, stando ad indicare, come per il soggetto WL, che è presente una tendenza ad inclinare maggiormente la schiena per tenere il carico e il COM atleta-bilanciere sopra l'area sottesa ai piedi. Caratteristica però meno marcata in questo caso; una leggera inclinazione della schiena è quindi SEMPRE presente, va però controllata!



**Figura 14: velocità verticale di anca (curva rossa) e bilanciere (curva verde) in un atleta che NON schiena l'alzata.**

In risalita però, la velocità del bilanciere è sempre al di sopra di quella dell'anca, risultando quindi in un progressivo e sempre presente raddrizzamento del tronco in ascesa; reso possibile da un'ottima apertura sincrona degli angoli articolari. In tabella 2 sono riportati i valori della velocità di anca e bilanciere, tra atleti HS e LS, rispettivamente per le 3 percentuali di carico.

Il dato più interessante all'analisi qualitativa dell'alzata è quello nella prima tabella, 95% 1RM, per i soggetti 12 e 13 nelle fasi 4 e 5; ovvero prima e durante la sticking region. Entrambi i soggetti LS, accelerano in tal momento l'anca in maniera maggiore rispetto al bilanciere, risultando in una perdita della sincronia nel fornire coppia meccanica alle articolazioni coinvolte; in questo caso ginocchio e anca. Tale comportamento è tipico anche negli altri due soggetti inesperti per la sola fase 4, ovvero l'ingresso nella sticking region.

GRUPPO	Soggetti	VELOCITA' (95% 1RM)											
		fase 1		fase 2		fase 3		fase 4		fase5		fase 6	
		Bilanciere	Anca	Bilanciere	Anca	Bilanciere	Anca	Bilanciere	Anca	Bilanciere	Anca	Bilanciere	Anca
		m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s
HS	1	-0,33	-0,26	-0,47	-0,34	-0,55	-0,25	0,53	0,47	0,18	0,02	0,75	0,37
	2	-0,57	-0,35	-0,54	-0,34	-0,41	-0,27	0,70	0,38	0,12	0,08	0,80	0,39
	3	-0,58	-0,19	-0,43	-0,20	-0,42	-0,30	0,50	0,37	0,33	0,15	0,81	0,39
	4	-0,43	-0,23	-0,32	-0,18	-0,42	-0,30	0,61	0,40	0,08	0,02	0,73	0,31
	5	-0,60	-0,58	-0,52	-0,48	-0,55	-0,47	0,48	0,45	0,12	0,10	0,80	0,61
	6	-0,68	-0,46	-0,56	-0,37	-0,51	-0,29	0,47	0,40	0,27	0,23	0,93	0,40
	7	-0,79	-0,62	-0,64	-0,45	-0,53	-0,38	0,54	0,51	0,14	0,08	0,92	0,53
	8	-0,94	-0,73	-0,67	-0,50	-0,74	-0,51	0,31	0,28	0,12	0,11	0,91	0,46
	9	-0,67	-0,46	-0,53	-0,37	-0,44	-0,29	0,46	0,38	0,17	0,17	0,82	0,38
	10												
LS	11	-0,77	-0,35	-0,58	-0,29	-0,58	-0,36	0,36	0,42	0,05	0,03	0,72	0,24
	12	-1,16	-0,67	-1,13	-0,90	-0,90	-0,88	0,61	0,65	0,12	0,14	1,69	0,69
	13	-1,27	-0,71	-0,97	-0,66	-1,15	-0,90	0,69	0,78	0,03	0,05	1,35	0,71
	14	-0,98	-0,80	-0,66	-0,59	-0,62	-0,49	0,51	0,62	0,20	0,18	1,09	0,46

Tabella 2

Ora una cosa curiosa che può essere tratta dall'andamento della velocità verticale del bilanciere, sapendo quanto pesa quest'ultimo (figura 15).

- ✓ In rosso trovate il carico del bilanciere che schiaccia l'atleta: 225kg.
- ✓ In blu la relativa forza in kg (asse verticale di destra) che l'atleta esercita contro il carico.

In certi punti dell'alzata, ad esempio prima dello sticking point, al bilanciere è impressa una forza di circa 3500 N, ovvero poco meno di 350kg; nonostante il carico sia di soli 225.

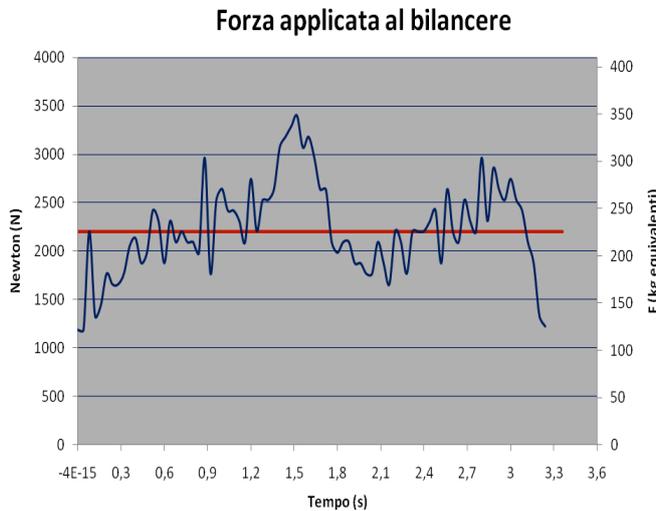


Figura 15

Ecco quindi il video: <http://www.youtube.com/watch?v=vLaaDA4yd6A> questo è un GRAN squat. Provate voi a dirmi perché.

## I MOMENTI MUSCOLARI ALL'EQUILIBRIO ED IN REGIME DINAMICO DELLE PRINCIPALI ARTICOLAZIONI COINVOLTE

Le cose più interessanti ai fini pratici forse le abbiamo viste. Vi riporto ora MOLTO velocemente un'analisi dei vari momenti muscolari che agiscono sul corpo durante lo squat; dietro c'è un lavoraccio pazzesco e sono dati molto interessanti da andare a studiare. Rispecchiano COME e QUANDO i nostri muscoli generano forza.

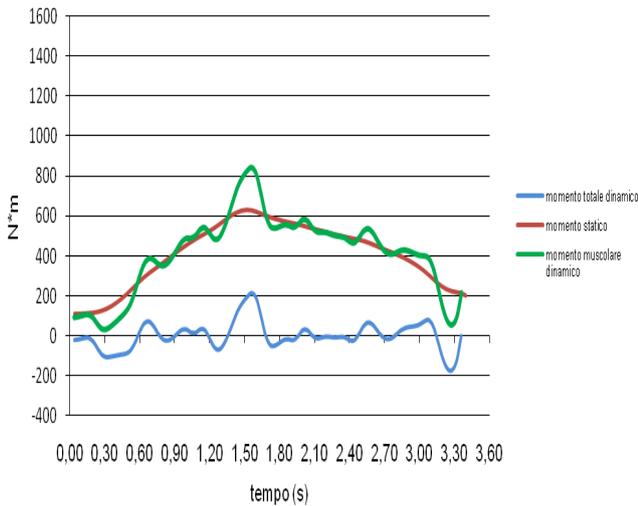
Qui possono essere fatte considerazioni su quanto l'alzata è stressante per l'atleta. Ovvero come il movimento grava sulle articolazioni coinvolte; sia in regime statico, ovvero se il carico dovesse essere tenuto fermo in equilibrio per ogni istante dell'alzata, che in regime dinamico, quindi quando il carico va mosso. Tale analisi (figura 16-17-18) si rifà all'alzata del video visto poco fa, a 225kg.

In figura 19 vi mostro i soli momenti all'equilibrio delle 3 articolazioni in uno stesso grafico. Ovvero i Nm che i muscoli coinvolti devono generare per tenere ipoteticamente ferme le articolazioni e quindi il carico, in ogni singolo istante del movimento. La linea verticale indica il momento in cui il soggetto inverte il movimento.

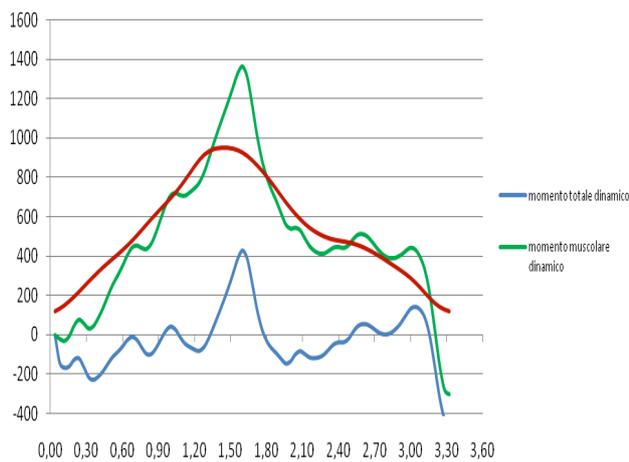
Molto semplicemente in condizioni statiche, la forza che i muscoli generano è in equilibrio con quella del peso che schiaccia il corpo; si riesce quindi a fermare il bilanciere. Se una delle due "forze" dovesse essere superiore all'altra, il sistema non soddisfa più le condizioni statiche e corpo o bilanciere si muovono.

Il momento indica, in modo quantitativo, l'entità del movimento rotatorio di un corpo sul quale una forza agisca in un punto diverso dal "centro di rotazione". Nel nostro caso i muscoli generano delle forze di trazione, le quali agendo sulle articolazioni di anca, ginocchio e caviglia creano delle rotazioni permettendo il movimento più o meno lineare del bilanciere.

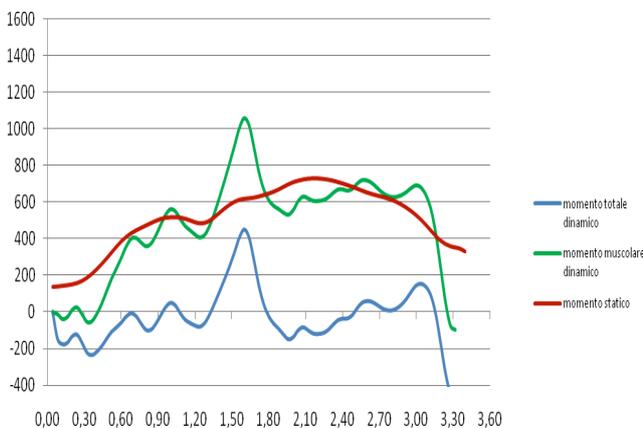
In letteratura lo squat è considerato, per semplicità, al pari di un movimento statico, e quindi per l'analisi sono calcolate solo le coppie all'equilibrio.



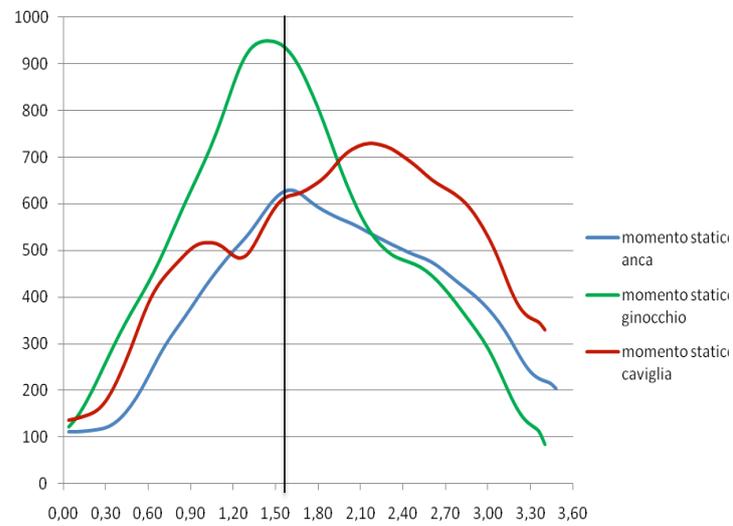
**Figura 16:** andamento temporale della coppia fornita dai muscoli estensori e flessori dell'anca durante l'accosciata



**Figura 17:** andamento temporale della coppia fornita dai muscoli estensori e flessori del ginocchio durante l'accosciata

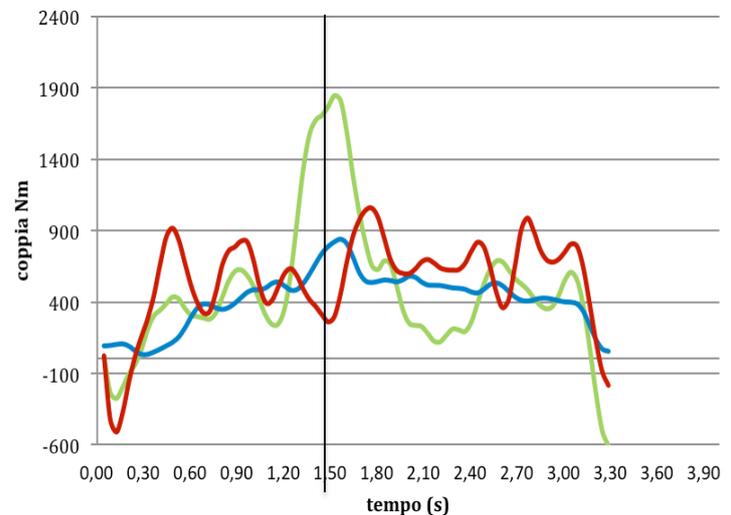


**Figura 18:** andamento temporale della coppia fornita dai muscoli estensori e flessori della caviglia durante l'accosciata



**Figura 19:** andamento temporale della coppia in regime statico fornita dai muscoli estensori e flessori delle tre articolazioni viste precedentemente durante la medesima accosciata.

Lo squat però, cazzo, non è un movimento statico. Bisogna tenere sempre conto che per muovere il bilanciere io devo generare una forza maggiore di quella richiesta per tenerlo fermo. Ecco quindi di seguito la stessa alzata e i relativi valori di coppia meccanica in regime DINAMICO:



**Figura 20:** andamento temporale della coppia in regime dinamico fornita dai muscoli estensori e flessori delle tre articolazioni viste precedentemente durante la medesima accosciata.

Date un occhio ai valori, sono BEN diversi!

Guardate ora, per semplicità, le curve in figura 19, relative ad anca e ginocchio (la stessa cosa può essere vista anche in figura 20, è solo meno immediata); vi è un forte coinvolgimento delle ginocchia per molto tempo, dato che la curva verde fa un bel “bozzo”, mentre le anche sono coinvolte meno; quando le ginocchia danno il massimo le anche sono ben più scariche perché la schiena al parallelo viene mantenuta più eretta rispetto alla posizione di partenza e di fine.

Questo è uno squat da manuale perché l’atleta coinvolge tutte e tre le articolazioni contemporaneamente durante il movimento; non sono presenti separazioni di rotazione dei segmenti corporei. Perché i “bozzi” delle curve capitano nello stesso momento e decrescono mentre l’atleta raggiunge la posizione di chiusura dell’alzata. Energicamente parlando questo è un caso dispendioso perché necessita di tanta forza, capacità coordinativa, capacità di reclutamento, stabilità, ecc ...

### L’ANDAMENTO DEGLI ANGOLI DI FASE E DEL PIANO DELLE FASI TRA ARTICOLAZIONI

Altra cosa curiosa che può essere osservata al fine di valutare entità e comparsa dello sticking point, è il “piano delle fasi”; in questo caso viene correlata la posizione dell’articolazione del ginocchio con la velocità verticale dello stesso. In pratica più la curva si allontana da una forma circolare, più l’atleta accelera/decelera l’apertura dell’angolo al ginocchio. Si nota infatti un momento durante la risalita, come in figura 21, in cui il punto arriva quasi a velocità zero, ovvero lo SP! Stessa cosa (figura 22) può essere fatta per l’analisi di posizione/velocità del bilanciere.

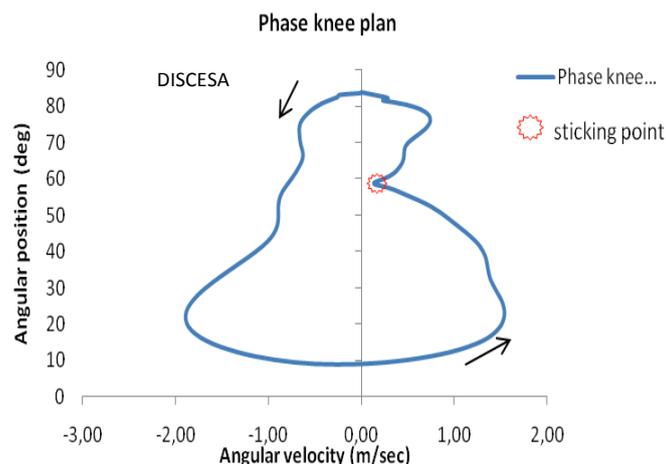


Figura 21: relazione tra l’apertura, in gradi, dell’angolo alla caviglia, con la velocità di apertura e chiusura dello stesso angolo

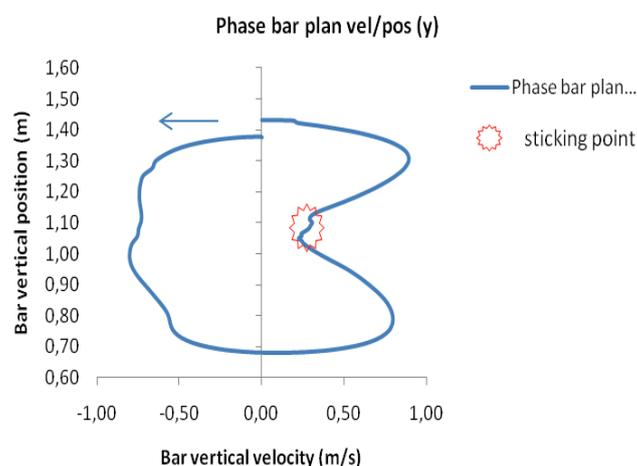


Figura 22: relazione tra la posizione del bilanciere nello spazio, con la velocità verticale dello stesso.

soggetto	Trunk angle					
n°	gradi					
	Phase1	Phase 2	Phase3	Phase4	Phase5	Phase6
HS	64,9 ± 2,4	46,6 ± 2	45,5 ± 2,7	44,1 ± 2,6	52,6 ± 2,8	78,4 ± 3
LS	59,6 ± 3,5	41 ± 3,6	38,1 ± 2,9	24,6 ± 2,4	51,4 ± 4,1	79,7 ± 6,3

Tabella 3

## LA POSIZIONE DEL TRONCO ... RADDRIZZA QUELLA CAZZO DI SCHIENA

Per la valutazione della bontà dello squat, si può notare come i soggetti che si hanno davanti tengano la schiena nel punto dell'inversione del movimento e quando devono affrontare lo sticking point. Vi ricordate quando parlavamo di velocità di anca che supera quella del bilanciere nelle figure 12 e 14? In un caso il soggetto inclina la schiena dopo l'inversione del movimento, l'anca sale più velocemente delle spalle. Se si va a guardare il valore dell'angolo al tronco si vede la stessa cosa.

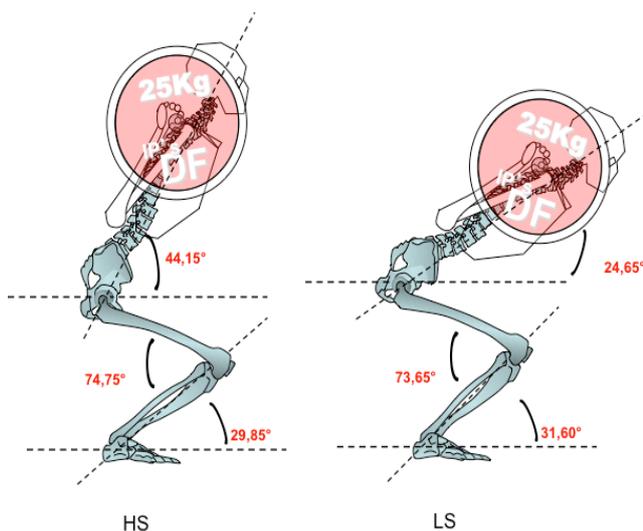


Figura 23: assetto corporeo dei soggetti HS e LS (valore medio) nell'affrontare lo sticking point.

In figura 23 vediamo come il gruppo di LS abbia il tronco molto più inclinato del gruppo di esperti HS. Ciò su cosa si ripercuote? Questo si ripercuote sulla necessità di fornire maggiore o minore coppia meccanica all'articolazione dell'anca per superare questa fase; l'aumento dell'inclinazione aumenta il braccio di leva creato dal tronco, e quindi, per fornire la

coppia necessaria, il soggetto deve generare più forza. Et voilà ... STICKING POINT!!!

Proviamo a descrivere uno squat dal solo assetto corporeo, analizzato sotto il profilo angolare. Guardiamo la tabella 3 e riportiamo un attimo alla mente la figura 1.

Dopo la fase 1, rapida di discesa, il gruppo LS mantiene una maggiore inclinazione del tronco, chiude maggiormente l'angolo formato da femore e tronco, affrontando il sollevamento con la schiena ad una maggiore inclinazione. Sarà quindi necessario, in tal

caso, fornire maggiore coppia meccanica all'anca per poi raddrizzare il tronco nella fase di estensione.

Nella fase numero 3, il gruppo LS affronta la salita con un'inclinazione del tronco di 38°, mentre il gruppo HS con 45,5° (valori medi). Il gruppo di soggetti esperti affronta lo sticking point con il tronco più eretto (di circa 20°). Durante la prima fase di ascesa (fase 4), il gruppo LS, che già presenta un'inclinazione del tronco maggiore rispetto al gruppo di high skilled, si sporge ulteriormente in avanti, mentre muove anca, ginocchio e bilanciere in misura maggiore e dovrà quindi fornire una coppia più elevata per raddrizzare il tronco e chiudere il sollevamento.

TUTTO è collegato! Dall'analisi di un solo parametro si può tirare fuori l'intera esecuzione del movimento.

### TIRANDO LE SOMME

Ripetiamo i concetti per fissarli al meglio. È la parte fondamentale da leggere. Partendo dai dati analizzati, dal confronto su quanto offre la letteratura disponibile e dai risultati ottenuti è possibile trarre alcune conclusioni utili alla performance e quindi agli allenatori che intendono migliorare la prestazione tecnica nello squat sui propri atleti.

La traiettoria del bilanciere, sapendola leggere, descrive globalmente l'intero atleta e come esso si muove per dare alla sbarra l'andamento voluto. Una traiettoria idealmente verticale durante la parte discendente e ascendente del movimento è quella che permette il massimo sfruttamento energetico e quindi il minor spreco di risorse in componenti orizzontali di movimento.

Si è visto che nessun atleta, nemmeno il più avanzato, rispetta tale canone astratto, e tutti modificano la traiettoria del bilanciere nello spazio sulla base di esperienza, individualità genetiche e antropometriche, capacità di reclutamento, sincronizzazione e rate coding neuromuscolare, ecc ...

Lo scopo del movimento è semplice in soldoni, e per questo esistono ampie libertà di traiettoria; l'unico vincolo è quello di mantenere il COM sull'area delimitata dai piedi per non cadere avanti o indietro. Sulla base dell'esperienza individuale di ognuno, le traiettorie cambiano; più un soggetto è avanzato e più acquista uno schema motorio che gli permette di acquisire un disegno ben definito, che poi è in grado di ripetere sempre qualsiasi sia l'entità del carico.

Un soggetto non avvezzo alla pratica dello squat presenta invece, una traiettoria non ripetibile, sempre diversa da alzata ad alzata, che non identifica la presenza di un pattern motorio consolidato e soprattutto stabile. Altra differenza riscontrata è nello spostamento orizzontale che l'atleta compie, che poi si ripercuote sull'andamento del bilanciere nello spazio, nel caso in

cui non abbia esperienza o dove il carico diventa per lui impegnativo.

Sulla base quindi dell'area identificata dalle traiettorie ascendenti e discendenti della sbarra è possibile individuare atleti High skilled e atleti Less skilled. Tale evento accade in entrambe le tipologie di atleti, come analizzato, in quanto si opera uno sfasamento tra l'apertura delle articolazioni coinvolte. Una traiettoria rettilinea del bilanciante è data dal movimento rotatorio delle ossa che compongono il corpo umano; nel nostro caso tibia e perone, femore e il segmento del tronco. E tale traiettoria lineare è possibile solamente se l'entità dell'apertura angolare articolare è in fase con le altre coinvolte.

Tale procedura è resa chiaramente possibile dalla contrazione sincrona di una vastissima quantità di muscoli (200 per l'esattezza); compito quindi estremamente dispendioso in termini energetici. Ecco quindi che, quando manca la coordinazione o quando il carico diventa elevato e vicino al massimale in atleti esperti, non è più possibile contrarre tale enormità di muscoli e, come visto, i soggetti operano un dissociazione nell'apertura degli angoli articolari durante la risalita dalla posizione di accosciata. Prima è esteso il ginocchio, fornendo quindi coppia meccanica ai muscoli estensori di tale articolazione, i quadricipiti, poi è estesa l'anca e quindi raddrizzato il tronco. Tale caratteristica di movimento si può notare anche dall'andamento dei torque muscolari generati durante uno squat.

La seconda variabile identificata dall'allenatore nella valutazione della bontà dell'alzata è la velocità verticale del bilanciante. La velocità con cui l'atleta sale e scende è vista, a seconda dei due casi, come l'espressione della capacità che l'atleta ha di imprimere velocità qualitativa ad un oggetto. È quindi la traduzione nel gesto della forza rapida e della forza esplosiva; ovvero di trasmettere al bilanciante la massima forza, nel minor tempo e per il più a lungo possibile. Semplicemente ciò che tutti, atleti e allenatori, ricercano.

Da molti tale parametro è stato studiato, identificandone nell'andamento, alcune fasi caratteristiche:

- ✓ Il bilanciante inizia a muoversi verso il basso: il movimento iniziale è un "cedimento in assetto" da parte dell'atleta che, spostando il bacino indietro e flettendo le ginocchia fa scendere il bilanciante a velocità crescente. In questa prima fase non vi è volontà di invertire il movimento;
- ✓ Prima del passaggio al mezzo squat l'atleta inizia a "frenare in assetto" il bilanciante, e la velocità inizia a decrescere in maniera decisa;

- ✓ Dal mezzo squat fino al punto più profondo del movimento la velocità decresce progressivamente fino a che il bilanciante non è fermo nel punto più basso: è finita la fase discendente;
- ✓ Senza soluzione di continuità inizia la fase ascendente con una rapida accelerazione, una spinta che fa sollevare il bilanciante dalla buca, the hole come viene chiamato il punto più basso, fin poco sopra il parallelo;
- ✓ In questo momento inizia la fase critica: il bilanciante rallenta, quasi si ferma: è la zona critica o sticking point region, quel punto di difficoltà dove il bilanciante raggiunge la sua velocità minima;
- ✓ Se quella fase viene superata, allora il bilanciante sale più spedito e la velocità torna nuovamente ad aumentare per poi decrescere nuovamente al termine dell'alzata.

La zona più interessante oggetto di analisi è sicuramente la sticking region; ovvero quella zona in cui il carico si trova in vantaggio rispetto alla spinta del corpo umano, e la curva rallenta sottolineando la presenza del tanto studiato sticking point.

Le cause di tale rallentamento di velocità, che accade a carichi massimali in tutti i soggetti subito dopo la prima fase di ascesa rapida dalla posizione di accosciata, sono molteplici. Si va dalla perdita dello stretch reflex acquisito con il rimbalzo nella posizione di accosciata, dalla necessità di contrarre la muscolatura degli arti inferiori quando questa si trova in accorciamento (in una condizione quindi meno efficiente ed efficace rispetto ad una contrazione muscolare in fase eccentrica), al cambiamento delle leve del corpo umano che in tale posizione sono meno sfruttabili per vincere il peso del bilanciante, ad una incapacità di contrarre simultaneamente una grande quantità di muscoli e quindi della possibilità di aprire in modo sincrono le articolazioni coinvolte nel movimento; ad una troppo elevata soglia di attivazione degli apparati tendinei del golgi e delle cellule di renshaw (organi deputati alla salvaguardia dei muscoli ma che, in caso di necessità di contrarre al meglio la muscolatura, si attivano in maniera esagerata), ad una scarsa capacità di sincronizzazione, coordinazione muscolare, rate coding nei soggetti meno esperti.

Le cause quindi di questo rallentamento sono molteplici e si presentano in tutti i soggetti che affrontano un carico per loro impegnativo; vicino quindi al massimale del giorno dell'atleta. Ampiezza, durata ed entità dello sticking point possono classificare atleti diversi e far comprendere come questi affrontano tale regione avversa nel movimento.

Dall'analisi della discesa invece, possono essere tratte conclusioni su come l'atleta controlla il carico in

discesa, su come lo gestisce e con che muscoli prevalentemente lo fa. Anche in quest'analisi, il consolidamento dello schema motorio dello squat permette di fare delle considerazioni sulle similitudini nel profilo della velocità per uno stesso atleta esperto, tra alzate di differente difficoltà in termini di carico. I soggetti più esperti mantengono un andamento della velocità verticale del bilanciere molto più consolidato tra alzata e alzata rispetto ai soggetti Less skilled in cui, tale andamento caratteristico è perso e i sollevamenti sono molto diversi tra loro; anche nel caso di più alzate con lo stesso carico.

La simultanea comparazione di traiettoria e velocità del carico possono, inoltre, fornire indicazioni preziose su dove l'atleta perde velocità, in quale punto dell'alzata si sposta orizzontalmente piuttosto che verticalmente e quindi chiarificano il dove agire per migliorare il movimento, il come mantenere un certo assetto corporeo anziché un altro e il modo in cui affrontare alcune parti dell'accosciata e della risalita. Analisi favorita dalla concomitante critica del movimento delle principali articolazioni coinvolte quali ginocchio e anca.

La terza variabile presa in esame per la valutazione tecnica del movimento di squat sono i Torque, in altre parole la coppia meccanica che i muscoli forniscono alle articolazioni e quindi il modo in cui un soggetto coordina il movimento e in quale ordine controlla le parti coinvolte; indicando, oltre all'entità dello stress meccanico cui le articolazioni sono sottoposte durante il movimento, in quali parti piuttosto che in altre, tale stress è particolarmente elevato.

Il momento indica, in modo quantitativo, l'entità del movimento rotatorio di un corpo sul quale una forza agisca in un punto diverso dal "centro di rotazione". Nel nostro caso i muscoli generano delle forze di trazione, le quali agendo sulle articolazioni di anca, ginocchio e caviglia creano delle rotazioni permettendo il movimento lineare del bilanciere.

La critica dell'andamento temporale della coppia meccanica, può dare informazioni sul modo in cui un soggetto sincronizza le proprie articolazioni, al fine di vincere l'inerzia del peso che su di lui grava. I picchi di coppia registrati ad esempio, se compaiono nello stesso istante indicano come in quel punto, alle tre articolazioni, è fornita coppia in maniera omogenea o come, al contrario, in maniera disomogenea.

I dati in questo studio, a riguardo, mostrano come gli atleti LS presentano un maggiore stress meccanico rispetto agli HS; i valori medi dei torque per le tre articolazioni sono maggiori anche a carichi notevolmente minori, indicando come la capacità di sfruttare le energie sia anche di beneficio alle strutture articolari, le quali devono assorbire un minore carico di trazione da parte dei muscoli.

Tale fenomeno è possibile solo grazie ad un'ottimale traiettoria del bilanciere e del corpo, fornendo in maniera omogenea la coppia meccanica necessaria. I valori di coppia registrati sono particolarmente discordanti, tra i due gruppi, soprattutto all'anca, maggiori nei soggetti LS.

Ciò accade perché tali soggetti, nella prima fase di risalita, a causa dell'alto impegno muscolare e mentale richiesto, aprono prima l'angolo al ginocchio fornendo coppia meccanica a tale articolazione; poi, una volta superata la zona critica dello sticking point dovendo controllare una sola articolazione, forniscono coppia all'anca che nel frattempo è già salita, ma non ha ruotato il segmento dorso in contemporanea con il ginocchio. Così che tale perdita di movimento vada recuperata fornendo una maggiore coppia all'anca in un secondo momento.

## CONCLUSIONI

Scopo di questa tesi è stato quello di identificare i parametri necessari per definire la performance di atleti e non, che praticano il movimento di squat come gesto prima tecnico, e poi allenante. È stato possibile identificare e quantificare i parametri che valorizzano un movimento nella sua "anima tecnica".

Come detto prima, fare delle valutazioni digitali consente di rallentare il tempo, permette cioè di capire cosa accade al corpo umano, in ogni singolo istante, mentre esegue un movimento (nel nostro caso uno squat). Da tale processo si possono trarre conclusioni al fine di impostare una tecnica migliore basata sulle individualità dell'atleta.

Dall'analisi qualitativa dei dati è risultato che non sono evidenti differenze statistiche nei valori dei parametri osservati tra il gruppo di HSPL e HSWL; indicando come, nonostante la differente metodologia di lavoro e di utilizzo dello squat, entrambi i gruppi hanno raggiunto ottimi livelli tecnici esecutivi, simili nell'esecuzione e negli effetti sul corpo.

Al contrario, il gruppo LS ha dimostrato differenze statistiche significative come risultati nelle seguenti variabili analizzate:

*Posizione del bilanciere bello spazio;* nonostante da una prima analisi quantitativa tale variabile sembrava essere ottimale nel confronto tra atleti LS ed HS, in quanto il valore dell'area differiva più del 50% tra i due gruppi di soggetti, una successiva analisi statistica ha sottolineato invece come tale parametro di paragone non sia valido ai fini preposti; infatti, probabilmente a causa dei pochi soggetti LS analizzati, non poteva essere esclusa l'eventualità che i risultati ottenuti fossero casualmente distribuiti senza quindi un filone logico che rendesse significative differenze.

*Velocità verticale del bilanciere;* tale variabile, statisticamente analizzata, può essere usata come

parametro di confronto solo in termini descrittivi; ovvero quanto e come l'andamento grafico differisce tra gruppi di soggetti. Infatti l'analisi statistica non ha dimostrato grandi differenze in termini di velocità nei punti di interesse osservati quando si confrontano tra loro atleti HS e LS. I picchi di velocità sono simili, ciò che cambia è l'andamento delle curve e quindi lo schema motorio consolidato o meno.

Di rilievo è invece la differenza trovata nella velocità verticale dell'anca durante lo sticking point, indicando come i soggetti LS muovano tale articolazione in maniera differente dai soggetti HSPL e HSWL, accelerandola maggiormente rispetto alle spalle e aumentando quindi l'inclinazione del tronco.

Durata assoluta della Sticking region; in questo caso comparando la classe di appartenenza con il 75 % del carico è risultata differente significatività statistica tra LS vs. HSPL e tra LS vs. HSWL, ma non tra HSPL e HSWL; comparando la classe con l'85 % del carico è risultata differente significatività statistica solo tra LS e HSPL; mentre comparando la classe col 95 % del carico è risultata differente significatività statistica tra tutti i gruppi di soggetti. Quindi tra HSPL e LS c'è differenza nel tempo passato nella SR, così come tra HSWL e LS e tra HSPL e HSWL. I soggetti LS, in base al carico utilizzato affrontano tale zona in modo diverso dai soggetti HS, siano essi PL o WL. Ciò indica come la capacità motoria di un atleta esperto permetta un migliore sfruttamento energetico e un'alzata meno dispendiosa in termini di durata della sticking region.

Durata % della Sticking region rispetto al tempo totale dell'alzata; si è visto come il tempo trascorso in tale zona dipende sia dalla % di carico utilizzata ma anche dal grado di esperienza dei soggetti; maggiore è il carico e più alta è il livello di qualificazione meno tempo i soggetti passano in tale regione del movimento, e quindi meno energia sprecano per vincere la zona a maggiore difficoltà rispetto all'alzata nel complesso.

Torque muscolari; come per la velocità verticale del bilanciere e l'area della traiettoria, un confronto tra Torque muscolari nei tre gruppi ai tre diversi livelli di carico non permette la differenziazione tra atleti più o meno qualificati, probabilmente a causa della scarsità del campione osservato, per quanto riguarda i torque all'anca e al ginocchio. Differenze significative di

Torque alla caviglia sono invece presenti tra soggetti LS e HS (ma non tra HSPL e HSWL). L'andamento della coppia meccanica (in tutte e tre le articolazioni) fornita dai muscoli nel tempo, è comunque di aiuto per fornire una visione qualitativa sul come, e sul quando, il soggetto coinvolge le articolazioni durante questo movimento.

I risultati ottenuti in questo studio permettono di classificare atleti High skilled e atleti Less Skilled sulla base delle principali variabili del movimento.

Un'analisi di questo tipo, fruibile e sfruttabile direttamente sul campo e con metodi non invasivi, permette di analizzare biomeccanicamente e in maniera affidabile un movimento sportivo, in questo caso lo squat, per fornire in tempo reale ad allenatori e ad atleti le caratteristiche della prestazione.

Ok, voi direte ... ma che c'è di diverso da un qualsiasi altro studio scientifico in materia?!

PRATICA! La differenza sta nel fornire o meno qualcosa di UTILE al fine prestativo; un supporto e non una mera descrizione dei fatti. Quindi, linee guida facilmente e velocemente utilizzabili. Il riscontro pratico è IMMEDIATO; si confrontano atleti, si giudicano prestazioni, si correggono errori e si sottolineano meriti. Oh ... il tutto a costo IRRISORIO.

Altra differenza è la possibilità di aver studiato il movimento di ATLETI certificati. Guardando i grafici lo squat si guarda e si VEDE sotto un altro aspetto; più "fisico".

La biomeccanica diventa pratica, "tattile". Qui si tratta di dare la giusta importanza alle seghe mentali che tutti bene o male ci facciamo, per andare al succo del discorso. Non ipotizzandolo, ma dimostrandolo su ATLETI!

Non sono cose astratte, sono dati reali riscontrati sul campo, con carichi notevoli e su persone con schemi motori consolidati, chi più chi meno, ma tutti con un ottimo background del movimento.

Questo studio vuole essere un punto di partenza, non di arrivo.

