

Cinematica 3d della partenza dai blocchi: confronto tra generi. Il top level

Simone Ciacci¹⁻², Eleonora Tagliati¹, Franco Merni¹⁻²

¹Dipartimento di Istologia, Embriologia e Biologia applicata, Università di Bologna

² Facoltà di Scienze Motorie, Università di Bologna

Introduzione

Nella valutazione della performance del velocista, soprattutto sui 60 e 100m, la partenza dai blocchi e la successiva accelerazione risultano due fasi determinanti per il tempo finale. Per questo motivo, come già visto anche in lavori precedenti (Ciacci et al. AS, 4, 2010), risulta copiosa la letteratura che studia i parametri cinematici e dinamici della posizione dell'atleta sui blocchi di partenza e sul suo comportamento negli appoggi successivi durante l'accelerazione (Tellez, Doolittle 1984; Mero 1988; Bhowmick et al. 1988, Mero and Komi 1990; Guissard et al. 1992; Mero et al 1992; Schot and Knutzen 1992; Harland and Steele 1997, Coh et al. 1998 e 2007, Parry et al 2006, Bezodis et al. 2008, Slawinski et al 2010a e 2010b). I risultati ottenuti e la loro applicabilità dipendono dal livello di prestazione del soggetto, dai sistemi di analisi utilizzati e dalle valutazioni critiche sui dati trovati. Lo sviluppo di moderne tecnologie biomeccaniche ha permesso di migliorare in maniera sensibile l'accuratezza delle misure e l'analisi dei fattori chiave che spiegano la performance dello sprint.

Tellez e Doolittle (1984) mostrano che le due fasi di partenza e accelerazione dai blocchi costituiscono il 64% del risultato totale dei 100 m. Sono diversi gli studi (Mero 1988; Schot and Knutzen 1992; Guissard et al. 1992; Harland and Steele 1997) che sono in accordo nel dire che l'efficienza della partenza dipende principalmente dalla posizione assunta sui blocchi, dal centro di massa nella posizione iniziale, dal tempo di reazione e dalla velocità di uscita dai blocchi (definita come la risultante tra le velocità del centro di massa corporea al momento in cui il piede anteriore lascia il blocco).

La relazione ottimale tra la partenza e l'accelerazione risiede in un problema motorio specifico in cui l'atleta deve integrare in termini di spazio e tempo, un movimento aciclico in un movimento ciclico. L'accelerazione è una fase dove i parametri cinematici del passo (fase di appoggio, di volo, frequenza e ampiezza, comportamento del baricentro) cambiano molto dinamicamente e non risultano biomeccanicamente uguali a quelli della corsa lanciata. Tutti questi parametri sono interdipendenti e ognuno è condizionato dal pro-

cesso di regolazione del movimento centrale, da abilità motorie, da processi energetici e dalle caratteristiche morfologiche dell'atleta (Mann and Sprague 1980; Mero et al. 1992). Luhtanen and Komi (1980) hanno diviso la fase di contatto del passo di sprint durante la corsa lanciata in una fase di frenata e una fase di propulsione. Nello specifico, il rapporto tra le 2 fasi, pur variando in base al riferimento preso per identificare l'inversione tra queste (Ciacci, 2010), risulta approssimativamente in una percentuale del 40%-60% rispettivamente, la stessa percentuale che regola anche il rapporto tra fase di contatto e di volo. Questi 2 rapporti e la durata totale del contatto sono tra i più importanti generatori di efficienza nella velocità dello sprint. Risulta importante sottolineare come il dimensionamento dei 2 rapporti suddetti è valido per la fase lanciata della corsa, mentre in accelerazione la fase di contatto risulta più lunga della fase di volo fino all'8° appoggio, come evidenziato da Coh et al (2006) nell'analisi di 1 atleta top class. In questa ricerca lo studioso analizza i parametri cinematici della partenza e dell'accelerazione che più influenzano la prestazione e cioè la lunghezza ed i tempi di contatto e volo dei primi 8 passi. Nello specifico, i dati relativi ai primi 2 passi dopo la partenza riferiscono di lunghezze pari a 103,6 cm \pm 1,34 per il primo passo e 103.8 cm \pm 3.42 per il secondo, e, rispettivamente, di tempi di contatto di 172 ms e 142 ms e di volo di 62 ms e 86 ms.

Valori simili sono stati trovati da altri ricercatori (Mero 1988; Mero and Komi 1990; Harland and Steele 1997) in un gruppo di atleti di élite.

Sempre in relazione alla fase di ac-

celerazione, Hunter et al (2005) sofferma l'attenzione sul centro di massa e sull'analisi dei dati angolari delle 3 articolazioni dell'arto allo stacco del piede durante la corsa lanciata dopo 25m di accelerazione ($198^\circ \pm 5^\circ$ per l'anca, $163^\circ \pm 5^\circ$ per il ginocchio e $116^\circ \pm 6^\circ$ per la caviglia); in questo studio vengono però esclusi dall'analisi i primi appoggi dopo la partenza dai blocchi.

Riguardo invece alla posizione assunta sui blocchi, risulta particolarmente interessante lo studio di Shot e Knutzen (1992), in cui gli autori confrontano 4 posizioni di-

verse di partenza ed evidenziano differenze significative tra le posizioni allo start, nella lunghezza del primo passo e nella velocità orizzontale alla fine del primo passo (nello specifico una partenza allungata produce valori più grandi della partenza raggruppata). Guisard et al. (1992) hanno riportato che la velocità e la lunghezza dei primi 2 passi all'uscita dai blocchi incrementano, quando l'inclinazione del blocco frontale è ridotta (30° contro 50° e 70°).

Slawinski et al. (2010b) identifica nella lunghezza del primo passo e nella posizione del piede

all'impatto del primo appoggio i parametri fondamentali per l'efficienza dei primi 10m di accelerazione. Questo studio confronta i più importanti parametri cinematici e cinetici della partenza degli sprinters d'élite con quelli di minor livello, ma comunque ben allenati. I risultati indicano che gli sprinter di élite nel momento "ai vostri posti" e al "pronti" mostrano una posizione più compatta con il COM più vicina alla linea di partenza ed inoltre, sempre al "pronti", presentano anche una maggiore estensione delle articolazioni del ginocchio (posteriore





135,5° ± 11,4° vs 117,3° ± 10,1°, anteriore 110,7° ± 9,3° vs 106,1° ± 13,7°) rispetto ai ben allenati. Le differenze tra i 2 gruppi in esame proseguono anche nei primi 2 appoggi dove si evidenziano dati maggiori nel gruppo élite sia riguardo agli spostamenti del COM sul piano orizzontale e verticale, sia per ciò che riguarda la forza sviluppata. Per ciò che concerne invece i dati angolari, quelli mostrati dagli atleti di élite sono confermati anche dallo studio condotto da Harland and Steele (1997), i quali mostrano alla posizione del "pronti" valori che vanno dai 90° ai 110° per il ginocchio anteriore, mentre i valori del ginocchio posteriore variano da 115° a 130°.

Come ultima osservazione Slawinski in questo studio mette anche in risalto un dato molto importante per la valutazione della corretta partenza dai blocchi e cioè l'inclinazione del corpo rispetto al terreno al momento del-

la spinta dell'arto del blocco anteriore, identificando per entrambi i gruppi di atleti un angolo di uscita di circa 34°.

Anche Murphy (2003) indaga sui parametri cinematici che spiegano i motivi di un'accelerazione migliore nei soggetti di livello più elevato, rispetto a quelli con performance peggiori. Il gruppo di soggetti più veloci mostra tempi significativamente minori in tutti gli appoggi del piede (non oltre 0.20s, con differenze col gruppo più lento fino a 0.06s). Inoltre, la frequenza del passo è significativamente più alta (1,82 Hz circa), se comparata con quella dei soggetti più lenti (circa 1,67 Hz). Nell'analisi cinematica angolare, l'unico dato differente tra i 2 gruppi che assume significatività statistica è quello dell'estensione del ginocchio allo stacco del 3° appoggio, che risulta minore nel gruppo più veloce (142,3° ± 10,9° vs 153,7° ± 6,9°). Anche sul 1° passo, l'estensione del ginocchio

alla spinta sul blocco anteriore tende alla significatività, con il gruppo più veloce che, a differenza del lavoro di Slawinski et al. (2010b) registra circa il 5% in meno di estensione (147,8° ± 9,8° contro 156,1° ± 9,5°).

In sostanza gli studi mostrati evidenzerebbero come la differenza di prestazione tra atleti di livello diverso siano legati soprattutto ad espressioni di forza (esplosiva e stiffness) e ad altre qualità di tipo condizionale (rapidità e velocità) piuttosto che a variazioni dei parametri cinematici lineari e angolari che sembrano abbastanza standardizzati in tutti i campioni analizzati (vedi 1^a parte articolo AS, 2010,4).

E' anche vero che la quasi totalità dei lavori che mettono a confronto 2 gruppi di atleti, considera sempre livelli diversi di prestazione o tipologie diverse di superficie su cui viene compiuto il gesto (McKenna 2007), mentre raramente vengono analizzate le differenze di genere su atleti del medesimo livello. Lo scopo pertanto di questo lavoro è verificare se effettivamente anche confrontando i 2 generi in atleti top level mondiali possa presentarsi un comportamento standardizzato nell'esecuzione tecnica della partenza dai blocchi.

Metodi

Per la ricostruzione tridimensionale del movimento è stato utilizzato SIMI MOTION (Unterschleissheim, D.), mentre i video sono stati acquisiti con 3 telecamere con frequenza di campionamento di 50hz. Sono stati analizzati 8 atleti top class mondiali, 4 uomini (altezza 189±1.4 cm, peso 79.5±7.7 kg, record personale 9"91±0"14), e 4

donne (altezza 162,8±5.0 cm, peso 54.8±3.4 kg, record personale 10"92±0"17) che hanno disputato la finale di una tappa dei Meeting Diamond League 2010 di atletica leggera.

È stata analizzata la partenza dai blocchi e i successivi due appoggi coi rispettivi stacchi di tutti i soggetti considerati. (fig. 1 e 2)

Fig. 1

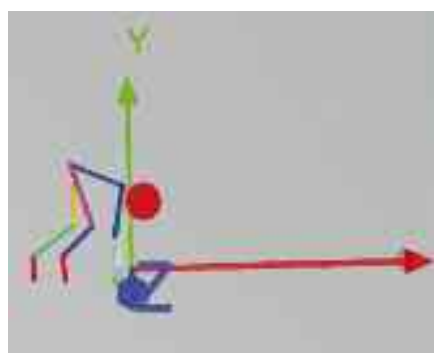
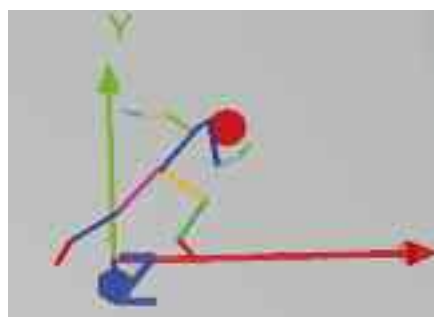


Fig. 2



Per la ricostruzione degli atleti sono stati identificati diciannove punti di reperi (tab. 1).

Il Centro di Massa (COM) è stato calcolato con il modello De Leva. Dei dati acquisiti sono state calcolate le correlazioni con la prestazione finale e le differenze significative tra i 2 generi con il test T di Student.

Risultati

Analizzando i parametri temporali (tab. 2) si può affermare che globalmente non compaiono differenze significative. Vi è quindi una similitudine e una stabilità di dati evidente che può portare a supporre che le differenze presenti in questi primi appoggi siano a carico di interpretazioni tecniche personali o di espressioni di forza,

osservazione che però necessiterebbe di essere confermata tramite un'analisi dinamica specifica.

Per ciò che riguarda invece gli spostamenti lineari (tab. 3) si può osservare che solo la *lunghezza del primo passo* mostra una differenza significativa (nel maschio in media 0,07 cm più lungo). Ciò comporta nel totale una differenza tra i 2 generi che comunque non risulta significativa.

Tab. 1

TRONCO	ARTI SUPERIORI	ARTI INFERIORI
Testa	Spalla (dx e sx)	Anca (dx e sx)
Centro delle spalle	Gomito (dx e sx)	Ginocchio (dx e sx)
Centro delle anche	Polso (dx e sx)	Caviglia (dx e sx)
	Mano (dx e sx)	Piede (dx e sx)

Tab. 2

SOGGETTI	APPOGGI (s)					
	Diff. blocchi	Volo 1	1° appoggio	Volo 2	2° appoggio	Totale
Media donne	0,18	0,05	0,23	0,05	0,18	0,67
DS donne	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03
Media uomini	0,17	0,05	0,21	0,04	0,17	0,64
DS uomini	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
TEST T	0,766	1,000	0,560	0,705	0,537	0,127
r prestazione-gruppi	0,01	0,03	0,24	0,06	0,38	0,56
r prestazione-donne	-0,70	-0,25	0,47	-0,60	0,24	-0,43
r prestazione-uomini	-0,30	0,61	-0,52	-0,09	0,83	0,32

Legenda: Diff. Blocchi (tempo che intercorre tra i 2 stacchi dai blocchi); Volo 1 (dallo stacco blocco ant al 1° appoggio), 1° appoggio (tempo tot. del 1° appoggio), volo 2 (dal 1° appoggio al 2° appoggio); 2° appoggio (tempo tot. del 2° appoggio); Totale (media della somma dei precedenti).

Tab. 3

SOGGETTI	SPOSTAMENTI (m)		
	1° passo	2° passo	Totale
M donne	1,07	1,09	2,16
DS donne	0,03	0,11	0,11
M maschi	1,14	1,14	2,28
DS donne	0,03	0,11	0,10
TEST T	0,017	0,542	0,164
r prestazione-gruppi	-0,75	-0,28	-0,55
r prestazione-donne	0,40	-0,86	-0,74
r prestazione-uomini	-0,13	0,71	0,72

Anche per ciò che concerne gli spostamenti del COM (tab. 4) i dati non presentano differenze significative: alla fine del 2° passo infatti il COM degli atleti maschi ha percorso solamente 24 cm in più rispetto a quello delle donne.

Tab. 4

SOGGETTI	F ₁						
	blocchi	Volo 1	1°passo	1°appoggio	Volo 2	2°passo	Totale
M donne	0,50	0,15	0,65	0,93	0,22	1,15	3,60
DS donne	0,06	0,09	0,11	0,13	0,10	0,08	0,26
M maschi	0,58	0,18	0,76	0,96	0,21	1,16	3,84
DS donne	0,09	0,09	0,11	0,18	0,08	0,16	0,32
TEST T	0,195	0,705	0,222	0,823	0,889	0,862	0,284
r prestazione-gruppi	-0,59	-0,13	-0,53	-0,14	-0,07	-0,22	-0,58
r prestazione-donne	-0,86	-0,32	-0,75	0,36	-0,72	-0,31	-0,84
r prestazione-uomini	-0,21	0,62	0,34	-0,70	-0,24	-0,90	-0,68

Legenda: Blocchi (distanza percorsa tra i 2 stacchi dai blocchi); Volo 1 (distanza percorsa dallo stacco blocco ant al 1° appoggio), 1° passo (somma dei precedenti), 1° appoggio (distanza percorsa durante il 1° appoggio), volo 2 (distanza percorsa dal 1° appoggio al 2° appoggio); 2° passo (somma dei precedenti); Totale (somma dei precedenti).



Le tabella 5 e 6, invece, riportano i valori angolari di anca e ginocchio relativi alla posizione sui blocchi: i dati non mostrano differenze significative eccezion fatta per l'angolo dell'anca allo stacco dal blocco anteriore che è più aperto nelle donne rispetto agli

uomini (154,90° vs 147,52°).

E' interessante notare che la donna presenta sempre una flessione più marcata rispetto all'uomo tranne allo stacco anteriore, sia prendendo in considerazione l'angolo dell'anca che quello del ginocchio (tab. 6).

Tab. 5

SOGGETTI	ANCA (°)				Body INCLINATION (°)
	Blocco post	Blocco ant	Stacco post	Stacco ant	Stacco ant
M donne	89,05	66,53	93,44	154,90	38,40
DS donne	9,37	5,42	6,80	3,67	2,05
M maschi	98,97	68,15	106,61	147,52	37,17
DS donne	8,84	6,09	12,42	4,09	2,45
TEST T	0,175	0,706	0,112	0,036	0,471
r prestazione-gruppi	-0,48	-0,07	-0,64	0,62	0,24
r prestazione-donne	0,91	0,27	0,40	-0,57	0,02
r prestazione-uomini	-0,76	0,47	-0,80	-0,59	-0,45

Tab.6

SOGGETTI	GINOCCHIO			
	Blocco post	Blocco ant	Stacco post	Stacco ant
M donne	116,46	94,20	100,42	159,90
DS donne	22,76	7,42	9,26	5,26
M maschi	129,52	94,80	106,55	154,76
DS donne	10,18	8,16	12,40	4,69
TEST T	0,335	0,917	0,458	0,196
r prestazione-gruppi	-0,28	0,12	-0,33	0,50
r prestazione-donne	0,88	0,71	0,52	-0,23
r prestazione-uomini	-0,64	0,64	-0,73	0,31

Questo atteggiamento si riscontra anche sul 1° e successivamente sul 2° appoggio, ma con differenze via via meno evidenti. La body inclination (tab. 5) è simile in tutti i momenti, a testimonianza del fatto che appare altamente standardizzata.

CORRELAZIONI

Ai fini di una maggiore comprensione dei parametri analizzati, sono state valutate 2 tipi di correlazioni: quella tra le variabili e la prestazione di tutto il gruppo di atleti (r prestazione-gruppi) e quelle distinte relative ai 2 generi (r prestazione-donne e r prestazione-uomini)

CORRELAZIONI DEI 2 GRUPPI

Osservando le correlazioni delle variabili esaminate rispetto alla prestazione cronometrica della gara di tutto il gruppo di velocisti analizzato, sono 3 i parametri che manifestano legami evidenti:

1. *lunghezza del primo passo*, ($R=-0,75$) all'aumentare della lunghezza, la prestazione in secondi



- si abbassa, pertanto migliora;
2. *spostamenti totali del COM* ($R=-0,58$): il maggiore spostamento orizzontale del baricentro è legato alla migliore prestazione finale;
3. *angolo dell'anca allo stacco posteriore* ($R=-0,64$): all'aumentare dell'angolo, la prestazione migliora; ossia se l'angolo risulta più aperto, il tempo finale diminuisce.

CORRELAZIONI INTERCLASSI

Analizzando le correlazioni all'interno dei singoli generi e considerando i parametri temporali, si può osservare che nel tempo che intercorre tra lo stacco dai blocchi entrambi i sessi presentano una correlazione inversa con la prestazione; si noti però come solo nelle donne questo dato risulta rilevante ($r=-0,70$).

Questa situazione si ritrova anche sul secondo tempo di volo.

Passando agli spostamenti (tab 3), è interessante soffermarsi sul secondo passo e sulla lunghezza totale: in entrambi i sessi sono correlati al tempo finale, ma mentre nella donna la correlazione è negativa, nell'uomo risulta positiva. Ciò significa che la miglior prestazione nell'uomo sembra sia legata alla riduzione della lunghezza dei passi, pertanto alla ricerca di una maggiore frequenza di questi, mentre nella donna, al contrario, sembra che il miglioramento della performance sia legata alla ricerca dell'ampiezza del passo.

Per quanto riguarda il baricentro (tab. 5) nelle donne è molto più chiaro che più la distanza percorsa è maggiore, più la prestazione sia buona così nel 1° passo ($r=-0,75$), come nel secondo ($r=-0,72$), che nel totale ($-0,84$). Anche negli

uomini in questo caso si evidenzia la stessa tipologia di correlazione, però, solo nel secondo passo, ($r=-0,90$) e nel dato complessivo ($-0,68$).

Probabilmente questo dato è causato da una ricerca del "taglio" della lunghezza del primo passo, a favore di una frequenza maggiore. Riguardo ai dati angolari è interessante altresì notare come la flessione del ginocchio e dell'anca sul blocco posteriore e allo stacco da questo sia correlato fortemente alla prestazione sia negli uomini che nelle donne, ma in modo opposto; ciò a testimoniare che nelle donne è maggiormente performante una posizione più "chiusa" sia sui blocchi che in uscita da questi, mentre nell'uomo sembra sia maggiormente conveniente per l'esito finale mantenere un atteggiamento di maggiore "apertura".

Dai dati statistici elaborati in questo studio, la body inclination sembra non essere correlata alla prestazione, anche se bisogna evidenziare come sia un parametro altamente standardizzato, poiché è simile in tutti i soggetti; questa osservazione conferma il fatto che, al di là delle correlazioni, questo parametro sia un aspetto tecnico molto importante ai fini della buona distribuzione ritmica della corsa. Per questo motivo nell'alto livello non è una discriminante della miglior performance, mentre altri studi dimostrano esserlo in atleti non evoluti o di livello più basso.

Discussione

La partenza d'élite appare altamente standardizzata. Il comportamento di entrambi i gruppi è molto simile, ma su alcuni punti presenta dati contrastanti, che possono essere spiegati con fattori

intrinseci (forza e caratteristiche antropometriche) o estrinseci (personalizzazione della tecnica).

A livello generale si ha la prima correlazione con la prestazione nella lunghezza del primo passo ($r = -0,75$). Questo dato risulta conforme sia alla letteratura che anche alla pratica da campo, che indica in un'azione potente e ampia sul 1° passo una necessità tecnica imprescindibile. È interessante però notare come all'interno dei due gruppi ci siano correlazioni opposte tra il valore del secondo passo e il totale dei due passi rispetto alla prestazione. Infatti nell'uomo sembra che la performance sia legata ad una minore ampiezza del 2° passo, contrariamente che nelle donne dove è la lunghezza di questo la discriminante per un miglior risultato finale: si può pensare che l'uomo, per motivi probabilmente antropometrici, necessiti di "tagliare" i passi iniziali per favorire nei primi istanti una frequenza maggiore, pur rimanendo fermo l'intento tecnico di aprire la falcata sui primi appoggi (Mero et al. 1992, Coh 2006).

Osservando gli spostamenti del COM è evidente una profonda omogeneità del gesto, infatti non si sottolineano differenze significative. Si trova correlazione tra percorso totale e prestazione, sia negli uomini come nelle donne, dato anche confortato dagli studi effettuati sulla forza di reazione al suolo di Hunter (2005) ed è in linea con i valori riportati da Slawinski (2010).

Per ciò che riguarda invece gli angoli sui blocchi ed allo stacco da questi in entrambi i sessi, quello relativo al ginocchio e all'anca posteriore risulta legato alla prestazione, ma anche in questo caso in modo opposto. L'angolo al ginocchio è in media 116° circa

nella donna e 129° circa nell'uomo, in accordo con le ricerche di Murphy (2003). L'angolo del ginocchio anteriore in media è praticamente identico (circa 94° per entrambi i sessi), come anche quello dell'anca anteriore (media di circa 66° per le donne e 68° per gli uomini). Nonostante quindi appaia chiaro dai dati acquisiti che la posizione sui blocchi e la partenza siano gesti fortemente standardizzati, si noti come nell'uomo sia correlato alla prestazione l'apertura del ginocchio e dell'anca corrispondenti al blocco posteriore, mentre nella donna gli stessi angoli sono correlati all'esito finale se maggiormente *chiusi*.

Quindi, nel gruppo delle donne si può osservare la tendenza a una posizione più compatta, più flessa, probabilmente mirata a ricercare una maggiore espressione di esplosività.

A livello dello stacco dal blocco anteriore, la donna presenta rispetto all'uomo sia una maggiore estensione al ginocchio (160° circa contro i 154° circa dell'uomo) che all'anca (154° circa contro i 147° circa dell'uomo, statisticamente significativa). Partendo pertanto, come visto sopra, da posizioni di maggior flessione, si evince che il ROM articolare dell'arto posizionato sul blocco anteriore sia maggiore nella donna rispetto all'uomo (88°vs79° e 65°vs60° per anca e ginocchio rispettivamente). L'estensione della donna è maggiore rispetto quella dell'uomo e, seppur di poco, anche la body inclination: probabilmente queste differenze possono legarsi a fattori antropometrici,

L'apertura dell'anca allo stacco dai blocchi è correlato alla prestazione, ma dal punto di vista tecnico è importante verificare che sia colle-

gata ad una corretta body inclination. Ciò significa che l'estensione dell'anca e dell'arto in toto risulta efficiente nella spinta se proietta il COM prevalentemente sull'asse orizzontale e tale elemento è garantito a fronte di un'inclinazione corretta del corpo, così come evidenziato dagli atleti analizzati: diversamente, una maggior apertura dell'anca con proiezione del COM verso l'alto, porterà a una peggiore prestazione oltre ad essere considerato uno dei più gravi errori tecnici.

Alla luce di quanto visto sopra, si può quindi affermare che, probabilmente, gli uomini e le donne seguono differenti strategie per ottenere lo stesso obiettivo: considerando infatti la body inclination e lo spostamento del COM sull'asse orizzontale come elementi fondamentali per la corretta uscita dai blocchi e come descrittori di efficienza dell'accelerazione, questi parametri risultano molto simili sia negli uomini che nelle donne, ma mentre i primi ottengono lo scopo partendo da una posizione sul "pronti" più aperta e distesa e tagliando il passo sui primi appoggi, le seconde raggiungono lo stesso risultato partendo da una posizione più chiusa e compatta e con una ricerca più evidente di ampiezza del passo nei primissimi metri di corsa.

A conferma di come la body inclination possa offrire indicazioni interessanti sulla correttezza tecnica del gesto, osservando i grafici 1 e 2 si può notare come, seppur mediamente gli atleti presentino una crescita progressiva di quest'angolo ed il dato non sia correlato al tempo finale, i due soggetti, un maschio e una femmina, con la peggiore performance finale evidenzino una curva di andamento dei dati

anomala, con un'inclinazione maggiore nel 1° appoggio (2° punto) rispetto al secondo (3° punto), a testimonianza che il comportamento di questo parametro potrebbe rappresentare un marker di errore esecutivo.

Conclusioni

In conclusione si può affermare che la partenza dai blocchi ad alto livello risulta fortemente standardizzata. Le poche differenze riscontrate sembrano collegarsi a fattori an-

tropometrici o condizionali più che ad aspetti legati alla tecnica: questo ci porta ad affermare che nella pratica da campo risulta importante soprattutto riporre l'attenzione su alcuni parametri basilari come l'apertura degli angoli articolari dell'arto posizionato sul blocco posteriore durante il pronti e al via e l'inclinazione del busto durante i primi appoggi. Nell'uomo questa inclinazione viene mantenuta cercando di tagliare i primissimi passi in uscita dai blocchi, mentre nella donna è possibile sfruttare maggiormente i range articolari di anca e ginocchio degli arti in appoggio.

I limiti evidenziati dalla ricerca risiedono in parte nella strumentazione, perché le telecamere da 50 Hz non sono adatte a fornire informazioni complete su alcune variabili specifiche. Inoltre sarebbe interessante approfondire gli aspetti relativi alle GRF (Ground Reaction Forces) tramite l'utilizzo della dinamica inversa, dato che, come detto, l'utilizzo delle pedane di forza comporterebbe l'applicazione dello studio in laboratorio e non in condizioni di gara.

Pertanto uno spunto di sviluppo di questo studio sarebbe quello di raccogliere i dati con telecamere a più alta frequenza (almeno 100Hz) e applicare l'acquisizione ad un numero ancora maggiore di atleti. In questo modo si potrebbero valutare anche le differenze con atleti di livello inferiore, oppure studiare se i parametri valutati possono essere influenzati o meno dall'allenamento in particolare della forza.

Grafico 1

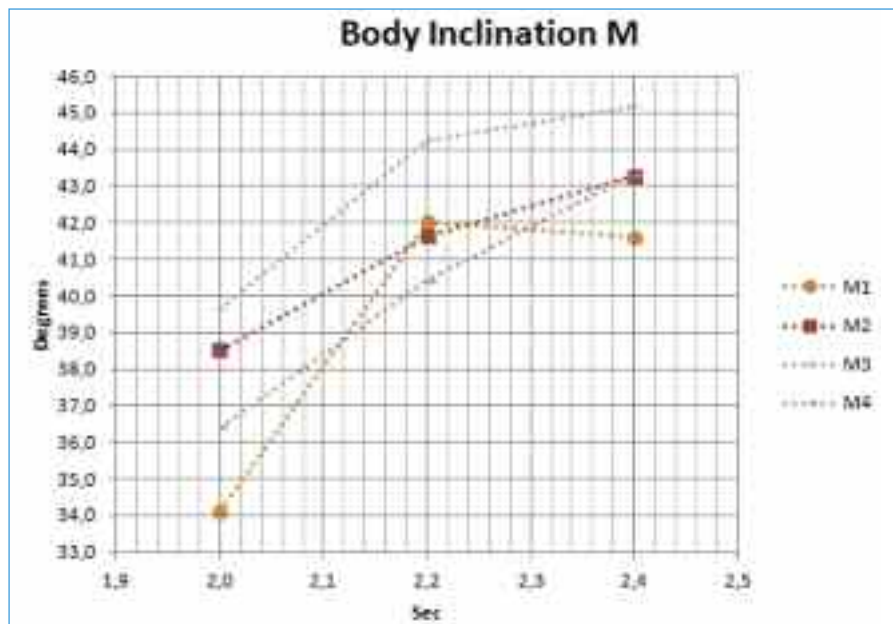
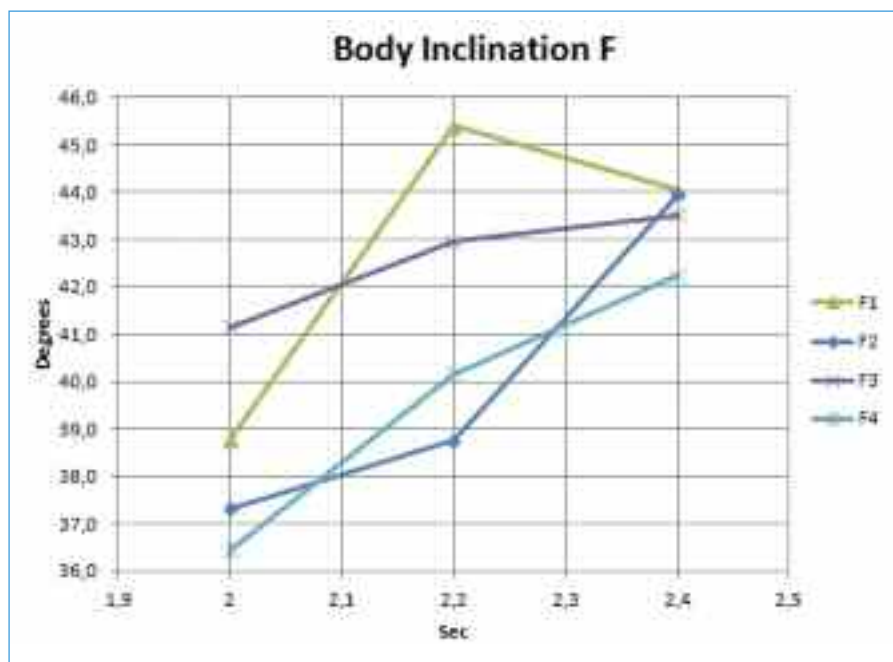


Grafico 2



Bibliografia

- Bezodis IN, Kerwin DG, Salo AI. "Lowerlimb mechanics during the support phase of maximum-velocity sprint running." *Med Sci Sports Exerc*;40:70715 (2008).
- Bhowmick S., Bhattacharyya A.K. "Kinematic analysis of arm movements in sprint start" *Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 23 pp. 31523, (1988).
- Ciacchi S., Di Michele R., Merni F. "Kinematic analysis of the braking and propulsion phases during the support time in sprint running.", *Gait & Posture* 31, 209–212, (2010)
- Coh M., Jost B. et al. "Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters." *Gymnica*, vol.28, (1998).
- Coh M., Tomazin K. et al. "Starting speed and acceleration from the blocks." *Atleticastudi*, 34 (2007).
- Coh M., Tomazin K., Štuhec S., "The biomechanical model of the sprint start and block acceleration." *Physical Education and Sport* Vol. 4, No 2, pp. 103–114, 2006.
- Harland M.J. and Steele J.R. "Biomechanics of the sprint start." *Sports Medicine*, 23 (1), pp. 1120, (1997).
- Hunter J.P., Marshall R.N., McNair P.J. "Interaction of step length and step rate during sprint running." *Med Sci Sports Exerc*;36:26171 (2004).
- Guissard, N., Duchateau J., Hainaut K. "EMG and mechanical changes during sprint starts at different front block obliquities." *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24, (11), (1992).
- Kugler F., Janshen L. "Body position determines propulsive forces in accelerated running." *Journal of Biomechanics*,43, pp.343348, (2010).
- Luhtanen P. and Komi P. V. "The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running." *Journal of Biomechanics* Volume 32, Issue 12, Pages 13491353, (1980).
- Mann R. and Sprague P., "Kinetics of sprinting.", *Proceedings ISBS*, pp.305315, (1983).
- McKenna M., P. E. Riches P. E.: "A comparison of sprinting kinematics on two types of treadmill and overground", *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*; pp. 649577 (2006)
- Mero A. "ForceTime Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the acceleration Phase.", *Research Quarterly*, 59 (2), pp. 9498, (1988).
- Mero A., Komi P.V. "Reaction time and electromyographic activity during a sprint start." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61, 12, 7380, (1990).
- Mero A., Komi P.V. and Gregor R.J. "Biomechanics of sprint running." *Sports Medicine* 13 (6), pp.376392, (1992)
- Schot P. K., Knutzen M. "A biomechanical analysis of four sprint start positions." *Research Quarterly for exercise and sport; American alliance for Health, Physical education, recreation and dance*, vol. 63 pp.137147, (1992).
- Slawinski J., Bonnefoy A., Ontanon G. et al. "Segmentinteraction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic Energy in elite sprinters." *Journal of Biomechanics* 43, 14941502, (2010a).
- Slawinski J., Bonnefoy A., Leveque J.M., Ontanon G., Riquet A., Dumas R., Cheze L. "Kinematic and kinetic comparisons of elite and welltrained sprinters during sprint start." *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 4, (2010b).
- Tellez T., Doolittle D.L. "Sprinting From start to finish." *Track technique* 88; pp.28022805, (1984).