

# Cinematica 3d della partenza dai blocchi: confronto tra generi. L'alto livello giovanile.

Ciacci Simone<sup>1-2</sup>, Volta Claudia<sup>2</sup>, Merni Franco<sup>1-2</sup>

1 Dipartimento d'Istologia, Embriologia e Biologia Applicata, Università di Bologna (Italia).

2 Facoltà di Scienze Motorie, Università di Bologna (Italia).

## Introduzione

La gara regina dell'atletica leggera è da sempre considerata quella dei 100m piani. I grandi interpreti della specialità sono spesso ricordati come l'emblema stesso della perfetta sincronia tra tecnica, forza e velocità. Dietro ad una prestazione apparentemente legata ad un gesto estremamente istintivo (la corsa veloce), in verità si nascondono sofisticati metodi di allenamento e di analisi tecnica della performance. Pertanto in letteratura risulta copioso il numero di lavori che studiano i parametri più importanti della prestazione della corsa veloce, a partire dal passo di corsa (Mero & Komi, 1992, Hunter et al., 2004, Coh et al., 2004) osservato nella relazione tra frequenza e ampiezza, per passare alle analisi più approfondite sull'appoggio (Ciacci et al. 2010, Bezodis et al. 2008, Luhtanen e Komi, 1980), per finire alle ricerche sugli aspetti legati agli angoli ed alle velocità angolari delle articolazioni degli arti inferiori (Novacheck, 1992).

Parimenti alla corsa lanciata, sono molto numerosi gli studi che hanno avuto come oggetto la partenza dai blocchi, vero e proprio punto nodale della performance nelle gare di velocità pura, ed i primi passi di accelerazione, responsabili per il 64% della prestazione finale (Tellez et al., 1984).

La partenza dai blocchi viene analizzata sotto ogni punto di vista: tecnico, biomeccanico ed elettromiografico (Hafez et al, 1985, Harland & Steele, 1997, Coh et al., 1998; Mero et al., 1992), e così la ricerca fornisce informazioni fondamentali per creare un modello di riferimento sia riguardo alla posizione da mantenere sui blocchi (Schot et al. 1992), sia in merito all'esecuzione dei primi passi di accelerazione (Coh et al. 2007, Debaere et al. 2007). Come osservato, dunque, la partenza dai blocchi acquista un peso fondamentale nella prestazione soprattutto dei 100 metri: di conseguenza appare altrettanto chiaro come la stessa possa avere un peso ancora più rilevante nell'ottica di una prestazione sui 60 metri indoor, dove gli effetti della partenza sono ancora più correlati con il risultato finale (Reis et al. 2008, Slavinski et al. 2010).

Uno degli studi di riferimento sulla posizione dei blocchi di partenza è quello di Harland and Steele (1997). Gli studiosi evidenziano come ottimale la posizione sul "pronti" con un angolo di circa 90° del ginocchio anteriore e di 120° di quello posteriore (dati già evidenziati da Tellez, 1984).

Sempre legato alla ricerca della posizione ottimale sui blocchi, si colloca lo studio di Schot et al (1992), che ha analizzato le quattro posizioni di partenza più frequentemente usate dai velocisti nel corso degli anni. Sono stati raccolti dati sulle forze di reazione al suolo del primo passo all'uscita dal blocco e la velocità immediatamente dopo. Le quattro posizioni consistevano in combinazioni delle posizioni del braccio (inclinato o perpendicolare) rispetto al suolo e alla distanza più o meno vicina alla linea di partenza da parte del blocco anteriore. Grazie ai dati cinematici si è raccolta la giusta posizione del centro di massa e si è constatata la maggior efficienza della partenza con il blocco più lontano dalla linea, in disaccordo con Reis (2008) che arriva alla conclusione opposta, evidenziando i vantaggi di una distanza corta tra primo blocco e linea di partenza, di una distanza più lunga tra i 2 blocchi e di un angolo del ginocchio chiuso sul primo blocco e piuttosto aperto sul secondo.

Un'analisi sulla partenza, completa di confronto tra i generi, viene effettuata da Coh (1998), che analizza un gruppo di sprinters top level, mettendo a confronto aspetti tecnici che differenziano i generi. L'analisi si sofferma soprattutto sulla relazione tra velocità di partenza orizzontale, reazione ed impulso sui blocchi e accelerazione, importante, per en-



trambi i sessi, per il raggiungimento di una buona performance, e sulla definizione di misure di riferimento per il posizionamento dei blocchi. Per i velocisti maschi il blocco frontale è situato a  $55.1 \pm 6.2$  cm dalla linea di partenza, rispetto ai  $45.5 \pm 5.4$  cm delle donne, mentre il blocco posteriore è distante circa di  $81.9 \pm 7.4$  cm rispetto ai  $68.9 \pm 4.6$  cm delle donne. L'altezza del centro di gravità è circa  $54.5 \pm 4.8$  cm per gli uomini e  $53.2 \pm 2.0$  cm per le donne; la distanza orizzontale della proiezione del centro di gravità dalla linea di partenza è di  $18.8 \pm 5.1$  cm negli uomini e di  $15.7 \pm 3.0$  cm nelle donne. Un importante parametro è anche quello degli angoli del ginocchio della gamba posteriore:  $112^\circ \pm 13.3^\circ$  per gli uomini e di  $115^\circ \pm 13.8^\circ$  per le donne.

Nella successiva fase di accelerazione variano i parametri di velocità del centro di massa dei primi due passi. La velocità orizzontale alla fine del primo appoggio è di  $4.47 \pm 0.29$  ms e di  $5.38 \pm 0.24$  ms alla fine del secondo appoggio. C'è, quindi, un incremento di velocità orizzontale nel secondo appoggio sia negli uomini che nelle donne. Un confronto molto simile al precedente, ma effettuato tra atleti di élite e di medio livello, è quello di Slavinski, Bonnefoy et al. (2010) che afferma che gli atleti di alto livello presentano quasi tutti i parametri analizzati (tempi di reazione, appoggio, spinta e volo e velocità orizzontali e verticali del Centro di massa, al via e durante i primi 2 appoggi e altri parametri dinamici) significativamente maggiori del gruppo di atleti medi.

Un confronto tra generi rivolto ad atleti del settore

giovanile è condotto da Ilbeigi et al. (2010), che evidenzia la differenza di comportamento tra maschi e femmine del Centro di massa sui tra piani all'uscita dai blocchi.

Ancora Slavinski et al. (2010), in uno studio di analisi 3D sulle rotazioni angolari dei vari segmenti corporei in relazione al centro di massa dell'atleta, approfondisce un'analisi tecnica della partenza, affermando che la miglior performance possibile si otterrebbe a fronte di una perfetta sincronizzazione tra arti superiori ed inferiori al momento dell'uscita dai blocchi.

Anche Bhowmick & A.K.Bhattacharyya (1988) dedicano la loro ricerca al ruolo delle braccia all'uscita dai blocchi, affermando che il movimento oscillatorio di queste non aumenta la velocità del corpo, ma il suo impulso angolare aiuta l'equilibrio prodotto tra la rotazione delle anche e il movimento delle gambe. La componente verticale dell'oscillazione delle braccia crea una condizione favorevole per un lavoro massimale da parte degli arti inferiori.

Alla partenza e alla fase di accelerazione è dedicato un altro studio di Coh (2007), che ha coinvolto un atleta di livello internazionale ed ha fornito interessanti riferimenti su dati cinematici e temporali dei primi 10 appoggi dopo la partenza. Il tempo di contatto al suolo del primo appoggio è  $177,2 \pm 7,73$  millsec, mentre quello del primo volo è di  $50,60 \pm 10,26$  millsec. Il secondo appoggio mostra rispettivamente valori di  $159,00 \pm 9,04$  millsec e  $82,40 \pm 6,84$  millsec; in tal modo si evidenzia come il tempo di contatto progressivamente scende, mentre quello di volo cresce, invertendosi come grandezze dopo l'ottavo appoggio. Valori simili sono stati individuati su sprinter di alto livello anche in altri studi (Mero, 1988; Mero & Komi, 1992; Harland & Steele, 1997).

Da un'attenta analisi della letteratura appare che gli studi effettuati sulla partenza dai blocchi risultano per lo più frutto di analisi condotte in laboratorio o in situazioni di allenamento; pochissime sono le indagini compiute invece in gara e tra queste non esistono delle ricerche che indagano le differenze tra atleti maschili e femminili di alto livello. L'obiettivo di questa ricerca, pertanto è quello di indagare, attraverso uno studio tridimensionale, le differenze nella tecnica di partenza dai blocchi tra atleti di élite maschile e femminile, confrontando i dati ottenuti durante la performance effettuata ai Campionati Nazionali Indoor Giovanili 2010.

**Tabella 1**

TRONCO	ARTO SUPERIORE	ARTO INFERIORE
Testa	Spalla (dx e sn)	Anca (dx e sn)
Centro tra le spalle	Gomito (dx e sn)	Ginocchio (dx e sn)
Tratto dorso-cervicale del rachide	Polso (dx e sn)	Caviglia (dx e sn)
Centro delle anche	Mano (dx e sn)	Piede (dx e sn)

## I metodi

Sono stati analizzati la partenza dai blocchi ed i primi 2 appoggi del Campione Italiano e di un atleta classificatosi sul podio di ogni categoria maschile e femminile (Allievi, Junior e Promesse), durante i Campionati Nazionali Indoor Giovanili (Ancona 2010): uomini altezza 182,2±4 cm, peso 73,8±2,6, prestazione tra 6,76-7,10s, donne altezza 169,5±6,2 cm, peso 55,3±4,1 kg, prestazione tra 7,52-7,67s. Per le riprese sono state utilizzate 3 telecamere a 50hz, 2 disposte obliquamente al volume di acquisizione e 1 lateralmente a questo. Per la ricostruzione in 3D degli atleti si è utilizzato il sistema SIMI (Simi Motion System, Unterschleissheim, D.) e sono stati identificati 19 punti di reperi. (tab.1).

Il Centro di Massa è stato calcolato secondo il modello di De Leva.

**Tabella 2**

PARAMETRI	SIMBOLO	DEFINIZIONE	
<i>Temporali</i>	Delta blocchi	Differenza tra il tempo di stacco del 1° e 2° piede dal blocco di partenza	
	Volo 1°	Tempo che intercorre tra lo stacco del 1°piede dal blocco e il 1°appoggio	
	TC1	Durata del 1°appoggio	
	Volo 2°	Tempo che intercorre tra il 1° e il 2° appoggio del piede	
	TC2	Durata del 2° appoggio	
<i>Cinematici lineari</i>	1°passo	Lunghezza del 1°passo: distanza dallo stacco dal blocco anteriore al 1°appoggio	
	2°passo	Lunghezza del 2°passo: distanza dal 1° al 2° appoggio.	
	COM 1	Distanza percorsa dal centro di massa durante i 2 stacchi dal blocco	
	COM 1°volo	Distanza del centro di massa durante il 1°volo tra stacco del piede dal blocco anteriore al 1° appoggio.	
	COM 1°passo	Somma di COM 1 e COM 1°volo	
	COM 1°appoggio	Distanza centro di massa percorsa durante l'intera fase di contatto del piede nel primo appoggio	
	COM 2°volo	Distanza centro di massa tra il primo e il secondo appoggio.	
	COM 2°passo	Somma di COM 1°appoggio e COM 2°volo	
	<i>Cinematici angolari</i>	Ga	Posizione del ginocchio anteriore sui blocchi al "pronti".
		Gp	Posizione del ginocchio posteriore sui blocchi al "pronti".
Stacco Ga		Angolo di stacco del ginocchio dal blocco anteriore	
Stacco Gp		Angolo di stacco del ginocchio dal blocco posteriore	
Aa		Posizione dell'anca anteriore sui blocchi al "pronti".	
Ap		Posizione dell'anca posteriore sui blocchi al "pronti".	
Stacco Aa		Angolo di stacco dell'anca dal blocco anteriore	
Stacco Ap		Angolo di stacco dell'anca dal blocco posteriore	
1°appoggio G		Angolo del ginocchio durante la fase del primo appoggio	
Stacco G 1°app.		Angolo di stacco del ginocchio durante il primo appoggio	
1°appoggio A		Angolo dell'anca durante la fase del primo appoggio	
Stacco A 1°app.		Angolo di stacco dell'anca durante il 1°appoggio	
2°appoggio G		Angolo del ginocchio durante la fase del secondo appoggio	
Stacco G 2°app.	Angolo del ginocchio durante lo stacco del secondo appoggio		
2°appoggio A	Angolo dell'anca durante il 2°appoggio		
Stacco A 2°app.	Angolo dell'anca durante il secondo appoggio		

Per identificare meglio i tempi di appoggio si è utilizzata una telecamera a 300hz.

Le variabili analizzate sono riportate in tab. 2.

Per verificare l'attendibilità dei dati, le prove effettuate sono state digitalizzate 2 volte. Per le indagini statistiche si è utilizzato il coefficiente di correlazione di Paerson, il test T ed il Wilcoxon test.

## Risultati

In questa ricerca si sono effettuati confronti tra i generi e le categorie dello stesso genere riguardo a 30 variabili diverse riferite a parametri:

- temporali;
- cinematici lineari;
- cinematici angolari.

Nel confronto tra generi sono state trovate solo 4 differenze significative (<0.05).

### PARAMETRI TEMPORALI

Tre delle quattro differenze significative fanno parte dei dati dei parametri temporali (tab.3) e riguardano:

- Delta blocchi (0.039)
- 1° volo (0.015)
- 2° volo (0.038).

**Tabella 3**

Appoggio	Diff.tra blocchi	Volo 1°	TC (1°app)	Volo 2°	TC 2° app.
Media D	0,168	0,085	0,166	0,075	0,148
Media U	0,152	0,064	0,176	0,064	0,148
dev st D	0,02	0,011	0,017	0,009	0,013
dev st U	0,022	0,009	0,008	0,006	0,008
<b>Diff.sign.</b>	0,039	0,015		0,038	

### PARAMETRI CINEMATICI LINEARI

Confrontando i dati dei parametri cinematici lineari possiamo osservare come non ci sia alcuna differenza significativa tra uomini e donne (Tab.4).

È interessante osservare che la lunghezza dei primi 2 passi è mediamente molto simile tra i due generi.

### PARAMETRI CINEMATICI ANGOLARI

Osservando i dati dei parametri cinematici angolari si evidenzia una differenza significativa solo ed esclusivamente sulla posizione dell'anca sul blocco posteriore (Ap, 0.036) (tab.5).

Tabella 4

	SPOSTAMENTI			COM distanza percorsa durante:					
	1° passo	2° passo	tot Passi	Spinta 1 bl	1°volò	1° passo	1°appoggio	2° volo	2° Passo
media D	0,962	1,078	2,040	0,415	0,273	0,688	0,775	0,407	1,182
media U	0,968	1,057	2,025	0,423	0,323	0,747	0,730	0,330	1,060
dev st D	0,121	0,181	0,286	0,092	0,062	0,118	0,297	0,159	0,322
dev st U	0,162	0,150	0,298	0,058	0,133	0,114	0,154	0,095	0,169
<b>Diff.sign..</b>	0,937	0,826	0,931	0,855	0,423	0,403	0,749	0,335	0,432

Tabella 5

	POSIZIONE SUI BLOCCHI								1° APPOGGIO			
	GINOCCHIO				ANCA				GINOCCHIO		ANCA	
	Ga	Gb	Stacco Ga	Stacco Gb	Aa.	Ap	Stacco Aa	Stacco Ap	Impatto	Stacco	Impatto	Stacco
media D	101,91	122,29	157,61	106,60	57,44	81,30	147,65	94,36	106,98	150,48	100,13	141,75
media U	102,55	118,27	149,21	111,09	55,80	72,33	144,51	96,58	107,90	144,75	94,47	140,87
dev st D	7,12	4,25	8,54	11,24	5,48	7,05	11,66	11,92	7,82	7,84	12,12	7,14
dev st U	10,51	6,87	15,73	11,28	7,20	5,73	8,55	13,60	11,72	16,30	12,40	10,60
Diff.sign.	0,903	0,251	0,277	0,506	0,665	0,036	0,606	0,770	0,877	0,456	0,443	0,870

Nella donna si ha un angolo significativamente più aperto dell'Ap al "pronti", che si mantiene anche durante lo stacco dal blocco e durante il primo appoggio. Per quanto riguarda il Ga e Aa gli angoli tra generi sono molto simili. Anche durante il primo appoggio si può notare non solo che non esistono differenze significative tra i due generi, ma anche che i valori ottenuti sono molto simili tra loro.

### Confronto tra le categorie

Qui di seguito vengono riportati i confronti intercategorie. Il valore negativo indica che il dato della seconda categoria presa a confronto in etichetta, risulta di valore maggiore: pertanto se si riferisce a dati temporali il dato positivo si riferirà ad un tempo più lungo, se legato ad una distanza indicherà una lunghezza maggiore.

#### CATEGORIE FEMMINILI

Nella tab. 6 vengono riportate le differenze percentuali fra le diverse categorie.

Un'osservazione generale sui dati sottolinea le differenze maggiori sulle distanze percorse del COM nei vari momenti soprattutto all'interno delle cate-

gorie juniores e promesse che presentano anche dati simili riguardo al passo effettuato. Il COM delle promesse percorre generalmente una maggior distanza tranne che durante il 2° volo, dove il dato è sensibilmente inferiore rispetto alle allieve e alle juniores.

#### ALLIEVE E JUNIORES

Alla semplice osservazione dei dati si nota come il tempo delle diverse fasi è maggiore nelle allieve piuttosto che nelle juniores, anche quest'ultime negli eventi correlati ai tempi presentano degli spostamenti ridotti. Sulle altre variabili non ci sono differenze significative.

#### ALLIEVE E PROMESSE

Queste atlete presentano tempi simili tranne per quanto riguarda il TC1 e il TC2. Le promesse hanno anche degli spostamenti maggiori che interessano la lunghezza del passo e nello spostamento COM1 e 2° volo del Centro di Massa. L'Aa e Ap è più aperto nelle allieve rispetto alle promesse (18.6% e del 15% rispettivamente).

#### JUNIORES E PROMESSE

Nel 1° e 2° volo la differenza percentuale maggiore presente nelle juniores rispetto alle promesse di-

Tabella 6

% DONNE					
APPOGGIO			AD vs JD	AD vs PD	JD vs PD
		Delta blocchi		1,53	-10,09
	Volo 1°		14,77	-5,68	-24,00
	TC 1		4,00	11,43	7,74
	Volo 2°		16,88	1,87	-18,05
	TC 2		0,65	9,77	9,18
STEP	1° passo		12,92	11,00	-2,20
	2° passo		9,75	16,10	7,04
	somma passi		11,24	13,71	2,78
COM distanza	COM1		31,63	14,29	-25,37
	1° volo		9,80	-31,37	-45,65
	1° passo		24,16	-1,34	-33,63
	1° appoggio		12,68	-40,14	-60,48
	2° volo		9,00	47,00	41,76
	2° Passo		11,16	-4,13	-17,21
POSIZIONE SUI BLOCCHI	GINOCCHIO	Bl. ant.	-6,65	8,21	13,94
		Bl. Post.	-2,07	4,43	6,37
		Stacco ant.	-0,39	6,59	6,95
		stacco post	4,51	14,91	10,89
	ANCA	Bl. ant.	-13,63	-18,59	-4,37
		Bl. Post.	-4,17	-14,98	-10,38
		Stacco ant.	7,78	10,21	-6,4
		Stacco post	8,32	12,41	4,45
1° APPOGGIO	GINOCCHIO	Impatto	-2,72	-5,37	-2,58
		Stacco	2,83	5,08	2,31
	ANCA	Impatto	11,26	-3,43	-16,55
		Stacco	-7,94	-8,37	-0,40

mostra come il tempo di quest'ultime nelle fasi citate sia sensibilmente più lungo. (rispettivamente il 24% e il 18%). La posizione sui blocchi e all'uscita è molto simile in entrambe le categorie.

#### CATEGORIE MASCHILI

Nella tab. 7 vengono riportate le differenze percentuali fra le diverse categorie. Il valore negativo indica che il dato della seconda categoria presa a confronto in etichetta risulta di valore maggiore.

Le differenze maggiori tra gli uomini sono presenti nella lunghezza del passo e nello spostamento del COM.

#### ALLIEVI E JUNIORES

La differenza maggiore si trova nel tempo sulla posizione dei blocchi e durante il 2° volo. Negli spostamenti della distanza del COM i valori più evidenti si mostrano nel 1° appoggio, nel 2° volo e nel 2° passo, eventi in cui si può osservare come gli allievi percorrano più spazio. Le differenze più evidenti che riguardano gli angoli sono presenti nel 1° appoggio G e 1° appoggio A. L'angolo è infatti più aperto negli allievi piuttosto che negli juniores.

Tabella 7

% UOMINI					
APPOGGIO			AU vs JU	AU vs PU	JU vs PU
		Delta blocchi		-12,78	-29,70
	Volo 1°		-9,02	-5,74	3,01
	TC 1		3,58	6,06	2,57
	Volo 2°		-16,67	-21,93	-4,51
	TC 2		8,47	1,95	-7,12
STEP	1° passo		-7,43	-24,57	-15,96
	2° passo		10,58	-15,38	-29,03
	somma passi		2,35	-19,58	-22,46
COM distanza	COM1		18,28	8,60	-11,84
	1° volo		14,71	0,00	-17,24
	1° passo		16,77	4,97	-14,18
	1° appoggio		-54,78	-26,09	18,54
	2° volo		-12,96	-53,70	-36,07
	2° Passo		-41,42	-34,91	4,60
POSIZIONE SUI BLOCCHI	GINOCCHIO	Bl. ant.	5,07	11,25	6,51
		Bl. Post.	3,83	6,99	3,28
		Stacco ant.	11,68	-2,06	-15,55
		Stacco post	12,32	5,61	-7,66
	ANCA	Bl. ant.	17,23	16,66	-0,68
		Bl. Post.	9,12	11,42	2,53
		Stacco ant.	4,00	-4,85	-9,22
		stacco post	7,50	14,97	8,07
1° APPOGGIO	GINOCCHIO	Impatto	17,13	10,86	-7,58
		Stacco	6,48	-7,32	-14,75
	ANCA	Impatto	20,63	15,86	-6,00
		Stacco	-5,23	-6,66	-1,36

#### ALLIEVI E PROMESSE

Gli allievi presentano un tempo delta blocchi inferiore del 29.7% rispetto a quello delle promesse. Anche il 2° tempo di volo risulta più breve negli allievi rispetto alle promesse. La lunghezza del 1° e del 2° passo è più corta del 20% rispetto a quello delle promesse. Durante il 2° passo si osserva come la distanza del COM sia sensibilmente più corta nelle allieve piuttosto che nelle promesse.

La differenza maggiore è presente nell'angolo dell'anca presente alla partenza dei blocchi che risulta più aperto negli allievi anche durante lo stacco dal blocco posteriore e all'impatto del 1° appoggio.

#### JUNIORES E PROMESSE

Gli juniores hanno un delta blocchi maggiore rispetto alle promesse. Le differenze più evidenti si notano negli spostamenti lineari del passo e del COM: solo durante il 1° appoggio gli juniores presentano un dato migliore delle promesse relativamente al COM. Un'altra differenza è presente nell'angolo del ginocchio durante lo stacco dal blocco anteriore e dopo il 1° appoggio. Il ginocchio è più aperto del 14% rispetto alle promesse.

## Correlazione tra prestazione e variabili

Mettendo in relazione il tempo finale con le diverse variabili si può osservare che negli uomini la performance presenta la migliore correlazione assoluta con la posizione dell'anca sul blocco anteriore ( $r = 0.947$ , graf. 3) e buoni valori anche con la durata del 1° appoggio (0,779), la distanza percorsa dal COM durante il 1° passo (0,710), la posizione dell'anca sul blocco posteriore (0,650) e durante il suo stacco (0,605) e lo stacco del ginocchio dal blocco posteriore. Nelle donne il tempo finale appare invece correlato solo con la posizione dell'anca allo stacco del 1° appoggio (0,766). Globalmente, tra gli uomini e le donne, il tempo finale sui 60m presenta una buona correlazione solo con la posizione dell'anca al blocco posteriore ( $r = 0.689$ ) e con il 1° volo ( $r = 0.645$ ).

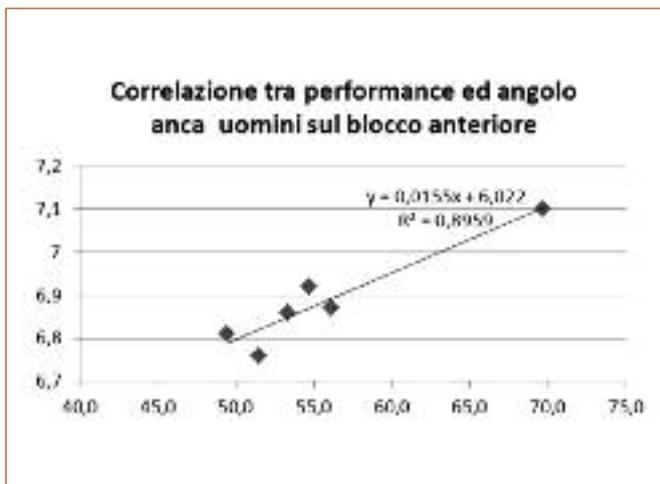


Grafico 1

## Conclusioni

Osservando i dati presentati in questa ricerca, si può affermare che la partenza dai blocchi tra gli atleti di alto livello non sembra presentare differenze particolarmente significative tra i due generi, a dimostrazione di una tecnica fortemente standardizzata nei suoi parametri essenziali. Gli unici dati infatti che differiscono significativamente sono quelli riferiti ai tempi di volo all'uscita dai blocchi ed alla posizione dell'anca sul blocco posteriore; nei primi i valori dell'uomo sono minori rispetto a quelli delle donne, che presentano altresì l'angolo dell'anca sul blocco posteriore più aperto.

Queste differenze potrebbero essere dovute alla differenza antropometrica di altezza tra i due generi che indurrebbe a diversi comportamenti per mantenere un'efficace posizione all'uscita dai blocchi e nei successivi appoggi.

È interessante osservare come la posizione dell'angolo dell'anca sul blocco posteriore sia l'unico parametro che correla entrambi i sessi con la prestazione finale dei 60 metri, a dimostrazione di come la posizione del bacino sul pronti e i relativi angoli articolari degli arti inferiori siano determinanti per la prestazione finale.

I dati analizzati sulla posizione ai blocchi di partenza sono in linea con i dati offerti in letteratura, in particolare quelli relativi all'angolo del ginocchio anteriore sui blocchi ( $111^{\circ} \pm 9^{\circ}$ ) e quelli dell'anca del blocco posteriore ( $80^{\circ} \pm 13^{\circ}$ ) delle categorie maschili (Coh et al. 2007).

Nell'ambito del confronto fra generi sorprende che non ci siano differenze significative nei parametri spaziali (lunghezza passi), a fronte di una naturale differenza di forza che in realtà in questa ricerca trova giustificazione esclusivamente nel tempo totale della partenza (più basso negli uomini). Probabilmente questo dato si spiega con il fatto che sull'uscita dai blocchi l'aspetto tecnico incide fortemente sull'efficacia dell'esecuzione, mentre l'apporto della forza potrebbe risultare condizionante soprattutto sugli appoggi successivi. Inoltre essendo inclusi nella ricerca anche atleti giovani (16 anni, categoria allievi) seppure di alto livello, il processo biologico di sviluppo della forza potrebbe non essere ancora concluso e pertanto in parte influenzare il dato medio globale.

Nel settore femminile invece questa situazione non dovrebbe presentarsi, considerando il diverso percorso di sviluppo, osservazione che viene confermata dal fatto che in questa ricerca le atlete della categoria allieve (16 anni) sono quelle che presentano la migliore performance sui 60m.

La conferma di questo dato viene sottolineata dal confronto tra le categorie, in cui si può osservare come le differenze maggiori si evidenziano soprattutto tra allieve e juniores e juniores e promesse sia per quello che riguarda lo spostamento del COM sia per le variabili temporali. Queste differenze così marcate sono spiegate dal fatto che il livello prestativo delle juniores donne è mediamente di molto inferiore rispetto a quello delle altre due categorie, che presentano performance

abbastanza simili tra loro grazie soprattutto al fatto che la 1<sup>a</sup> e la 2<sup>a</sup> classificata della categoria allieve risultano di un livello nettamente superiore alla media della loro età.

È per questo motivo che non esistono correlazioni all'interno della categoria femminile in quanto queste ultime variabili sono così lontane dalla media delle donne della stessa categoria che non permettono correlazioni significative.

Osservando invece i dati relativi alle categorie maschili, il trend tra queste risulta più regolare e sono presenti molte correlazioni rispetto alla prestazione finale. In particolare ci si riferisce a: tempo di contatto 1° appoggio  
distanza 1COM del primo passo  
posizione dell'anca e del ginocchio sui blocchi.

Come riportato nel capitolo dei risultati, analizzando le distanze del COM, si notano le differenze percentuali maggiori nella distanza percorsa da questo durante il 2° passo (appoggio + volo) in cui le promesse e gli juniores mostrano valori percentualmente migliori rispetto agli allievi.

Questo dato conforta la tesi che gli appoggi iniziali della partenza, più che l'uscita dai blocchi, siano influenzati dalla forza, che presumibilmente nelle categorie juniores e promesse saranno maggiori rispetto agli allievi.

A fronte di dati che mostrano una certa stabilità tra le varie categorie, segnale di standardizzazione del gesto tecnico oltreché di attendibilità delle analisi, è anche vero che questa ricerca ha permesso di osservare all'interno di questi stessi dati dei comportamenti che possono spiegare aspetti di carattere tecnico e che evidenziano personalizzazioni nell'esecuzione.

Ad esempio l'atleta donna A1 mostra una lunghezza di passo e uno spostamento del COM nettamente superiori a tutte le altre atlete e in linea con quelli maschili a dimostrazione di doti di forza esplosiva particolarmente spiccate.

Questo a conferma che l'analisi effettuata in questa ricerca può offrire degli spunti anche per spiegare aspetti di carattere tecnico che possono avere anche delle ricadute positive su percorsi didattici e nella pianificazione dell'allenamento per

il coach.

In conclusione si può affermare che questa ricerca ha aiutato a stabilire quali sono i parametri fondamentali per una corretta esecuzione della partenza dai blocchi: dal punto di vista descrittivo i valori acquisiti sono per lo più in linea con quelli offerti dalla letteratura, a conferma dell'attendibilità dei dati analizzati. La particolarità di questa ricerca è quella di raccogliere i dati di un buon numero di atleti top level acquisiti durante la performance della manifestazione più importante a livello nazionale (Campionati Italiani indoor 2010); in tal senso questa tesi rappresenta sicuramente un lavoro innovativo, perché in letteratura non sono presenti lavori effettuati su tanti atleti in gara, dato che per lo più le analisi vengono effettuate in condizioni di laboratorio.

Questo particolare risulta essere molto importante ai fini di un'analisi dettagliata, in quanto svolgere una ricerca con i video della performance in gara è decisamente differente che farlo mediante test di campo, in quanto la prestazione viene influenzata da fattori di carattere emotivo, psicologico e cognitivo dovuti alla tensione propria delle manifestazioni ufficiali importanti.

Il limite di questo studio risiede nell'assenza di dati dinamici che invece risulterebbero importanti per spiegare ulteriormente aspetti tecnici e fisiologici e giustificare in modo più completo le variabili analizzate. In futuro questo tipo di indagine potrebbe essere applicato anche a più metri di corsa, in modo da valutare anche quanto le differenti interpretazioni delle partenze possono condizionare gli appoggi successivi a quelli analizzati. Inoltre la possibilità di indagare su ancora più atleti offrirebbe ulteriore stabilità statistica a quanto osservato.

Un'altra possibilità di sviluppo della ricerca potrebbe essere quella di analizzare gli stessi atleti in allenamento al fine di poter confrontare quanto la tensione della gara o il carico stesso del training possano influenzare l'esecuzione di un gesto che, teoricamente, dovrebbe essere perfettamente automatizzato e ripetibile in qualsiasi situazione.

## Bibliografia

- Bezodis IN, Kerwin DG, Salo AI. (2008) Lower-limb mechanics during the support phase of maximum-velocity sprint running. *Med Sci Sports Exerc.*, 40:707-15.
- Bhowmick S., Bhattacharyya A.K. (1988) Kinematic analysis of arm movements in sprint start. *Journal of sports medicine and physical fitness*, vol. 23 pp. 315-23.
- Brown N., Finch A., Ariel G. (1999) *Effects of an angled starting block on sprint start kinematics*. California/USA.
- Ciacci S., Di Michele R., Merni F. (2010) Kinematic analysis of the braking and propulsion phases during the support time in sprint running. *Gait & Posture* 31, 209–212.
- Coh M. et al. (2010) Kinematic and dynamics structure of the sprinting stride. *Track and Field*; pp.169,176 (2004).
- Coh M., Jost B. et al. (1998) Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. *Gymnica*, vol.28.
- Coh M., Tomazin K. et al. (2007) Partenza della velocità ed accelerazione dai blocchi. Studi di un caso *Atletica Studi*, 3-4, pp.29-38.
- Coh M., Tomazin K., Štuhec S. (2006) The biomechanical model of the sprint start and block acceleration. *Physical Education and Sport* vol. 4, n. 2, pp. 103-114.
- Debaere S., Jonkers I., Aerenhouts D., Hagman F., Van Gheluwe B., Delecluse C. (2006) *Performance determining factors in elite sprinters during sprint start and two following successive supports*. Dept. of Biomedical Kinesiology.
- Fortier S. et al. (2005) Starting block performance in sprinters: a statistical method for identifying discriminative parameters of the performance and an analysis of the effect of providing feedback over a 6-week period. *Journal of Sports Science and Medicine*, n.4, pp. 134-143.
- Hafez, Roberts and Seireg (1985) Force and velocity during front foot contact in the sprint start. In *Bio-mechanics*. Eds: Winter, Norman, Wells, R.P., Hayes, K.C. and Patla, A.E. Human Kinetics, Champaign, pp. 350-355.
- Harland M.J. and Steele J.R. (1997) Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23 (1), pp. 11-20.
- Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. *Med Sci Sports Exerc.*, 36:261-71.
- Luhtanen P., Komi P. V. (1980) The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. *Journal of Biomechanics*, vol. 32, Issue 12, pp. 1349-1353.
- Mero A. (1988) Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters during the acceleration Phase. *Research Quarterly*, 59 (2), pp. 94-98.
- Mero A., Komi P.V. and Gregor R.J. (1992) Biomechanics of sprint running. *Sports Medicine* 13 (6), pp.376-392
- Novacheck T.F. (1988) The biomechanics of running. *Gait & Posture* 7, pp.77-95
- Reis V.M. and Fazenda L.M. (2008) *Associations between the placement on the starting blocks and indoor sprint performance*. University of Trás-os-Montes and Alto Douro – Sports Department, Apartado, Portugal.
- Schot P. K., Knutzen M. (1992) 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.137-147.
- Slawinski J., Bonnefoy A., Ontanon G. et al. (2010) Segment-interaction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic Energy in elite sprinters. *Journal of Biomechanics*, n. 43, pp. 1494-1502.
- Slawinski J. et al. (2010) Kinematic and kinetic comparisons of elite and well-trained sprinters during sprint start. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 4.
- Tellez T., Doolittle D.L. (1984) Sprinting From start to finish. *Track technique*, 88; pp.2802-2805.