

Caratteristiche cinematiche delle velociste durante la fase di accelerazione e la fase di massima velocità

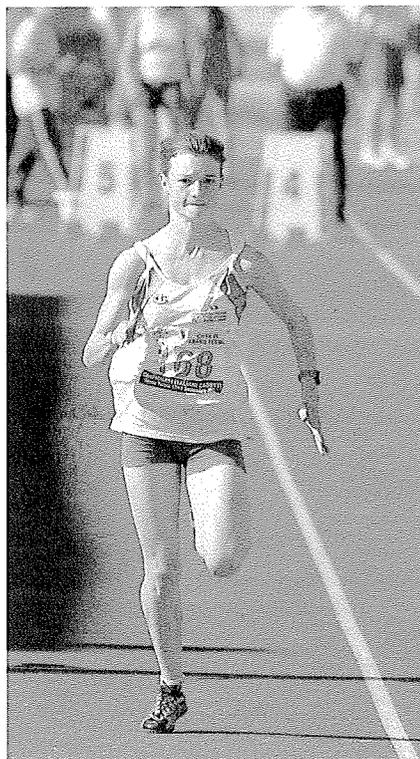
Milan Čoh¹, Katja Tomazin¹, Nusret Smajlović²

¹Facoltà di Sport, Università di Lubiana, Slovenia

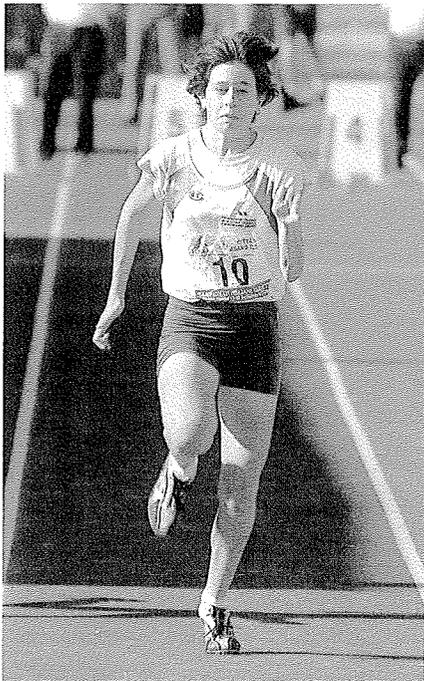
²Facoltà di Sport ed Educazione Fisica, Università di Sarajevo, Bosnia ed Erzegovina

Introduzione

La corsa di velocità è un movimento ciclico complesso definito dalla frequenza e dalla lunghezza degli appoggi. Entrambi i parametri sono interdipendenti ed ognuno è condizionato dai processi di regolazione del movimento centrale, dalle abilità biomotorie, dai processi energetici e dalle caratteristiche morfologiche (Cavagna, Komarek, & Mazzoleni, 1971; Mann & Sprague, 1980; Mero & Komi, 1987; Mero, 1988; Coppinolle et al., 1990; Gambetta 1991; Donati, 1995). La corsa di velocità come movimento automatizzato è costituita da ripe-



tizioni di appoggi in un'unità di tempo. La lunghezza del passo dipende principalmente dall'altezza corporea e/o dalla lunghezza della gamba, come anche dalla forza sviluppata dai muscoli estensori dell'anca, del ginocchio e delle articolazioni della caviglia nella fase di contatto. L'esecuzione della fase di contatto è uno dei più importanti fattori di efficienza dello sprint veloce (Mero & Komi, 1987; Lehmann & Voss, 1997). La fase di contatto deve essere la più breve possibile con un rapporto ottimale tra la fase frenante e la fase propulsiva. La frequenza di appoggio dipende dal funzionamento del sistema nervoso centrale ed è in larga misura predeterminata geneticamente (Mero, Komi, & Gregor, 1992). Il rapporto tra la frequenza di appoggio e la lunghezza di appoggio viene definita individualmente ed è automatizzata. Quanto più è alta la frequenza, tanto più breve risulta la lunghezza del passo, e vice versa. La prestazione nello sprint dipende infatti da un rapporto ottimale tra la lunghezza e la frequenza degli appoggi dell'atleta. Alcuni studi pongono l'accento sulla diretta correlazione tra la frequenza e la lunghezza degli arti inferiori, allo stesso tempo però questi studi non confermano che le misure morfologiche siano un importante fattore di successo nello sprint (Moravec et al., 1988; Mero, Komi & Gregor, 1992). In termini biomeccanici, la corsa di velocità è un movimento ciclico con una regola-



zione neuromuscolare centrale, che si esprime anche attraverso il sistema locomotorio periferico. Il primo obiettivo dello studio è stato quello di identificare le differenze tra velocisti maschi e femmine in termini di parametri cinematici nel test di accelerazione in partenza, e il secondo è stato quello di scoprire le differenze tra i parametri

cinematici nel test di massima velocità. L'efficienza dell'accelerazione con partenza da fermo è stata valutata con un test sui 30 metri con partenza da terra e la velocità massima è stata misurata con un test sui 30 metri lanciati. In entrambi i test le misurazioni sono state effettuate con il sistema OPTO-TRACK.

Metodi

La ricerca ha incluso 17 velociste delle squadre nazionali senior e junior della Slovenia. Sono state divise in due gruppi con il metodo statistico "quick cluster", (raggruppamento veloce) in base al risultato della gara dei 100 metri. Nel primo gruppo, quello superiore (gruppo A), l'età media delle atlete era 19.7 ± 4.31 anni ed il risultato medio sui 100 metri 12.14 ± 0.32 secondi. Nel secondo, il gruppo inferiore (gruppo B), l'età media era 18.8 ± 1.57 anni ed il risultato medio sui 100 metri 12.96 ± 0.17 secondi.

Le misurazioni nel test di accelerazione da fermo e nel test di massima velocità sono state effettuate nell'impianto sportivo del Centro Atletico della Slovenia a Šiška, Lubiana, con condizioni climatiche costanti. In entrambi i test è stata usata una tecnologia interamente nuova, cioè il sistema OPTO-TRACK, prodotto dalla società italiana Microgate. Le basi del sistema di misurazione sono delle barrette interconnesse (100 cm x 4 cm x 3 cm) adattate con sensori ottici e un programma di computer per l'immagazzinamento e l'elaborazione dei dati (Figura 1). Ogni barretta è provvista di 32 sensori - fotocellule, poste a 4 cm l'una dall'altra e a 0.2 cm sopra il terreno. La lunghezza delle barrette interconnesse era di 20 metri. Le barrette erano distribuite lungo l'ampiezza della pista di atletica (1.22 m). La catena di rilevazione ha permesso di misurare i seguenti parametri della gara di velocità: tempo di contatto, tempo di volo, lunghezza dell'appoggio, frequenza dell'appoggio, velocità ad ogni passo, cambiamento di velocità. In aggiunta al sistema di misurazione OPTO-TRACK, nel test di accelerazione da fermo è stato usato anche il sistema a tempo a fotocellule infrarosse (BROWER) (sprint di 30 metri con partenza da terra) e nel test di velocità assoluta

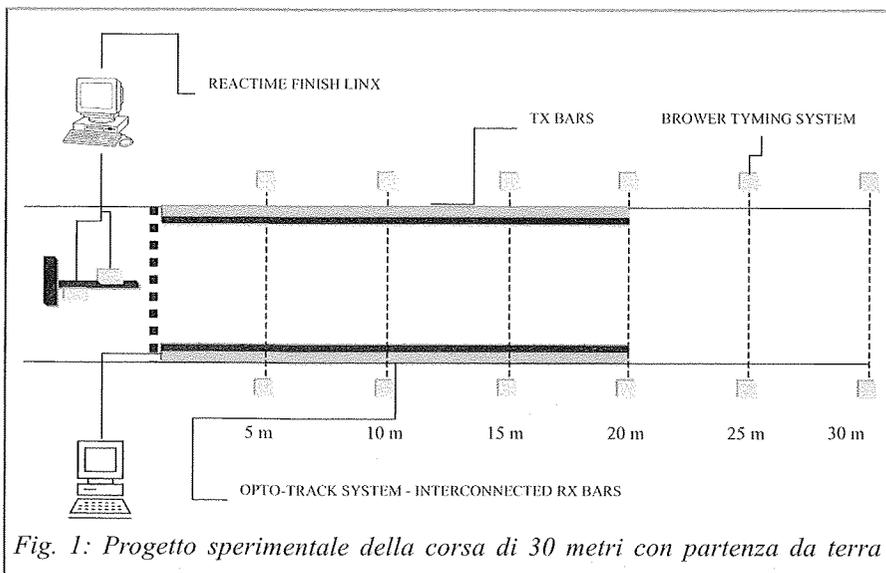


Fig. 1: Progetto sperimentale della corsa di 30 metri con partenza da terra



(sprint di 30 metri lanciati) per misurare il tempo ogni 5 metri. Alla partenza sono stati usati i blocchi di partenza elettronici REACTIME FINISH LINX (Figura 2) per registrare il tempo di reazione latente (RT). Le misurazioni del tempo di reazione sono state eseguite da un'equipe esperta "TIMING". Le atlete hanno eseguito due volte di seguito il test di accelerazione con partenza da fermo ed il test di velocità assoluta. Le atlete hanno avuto una pausa di almeno 10 minuti tra i test.

Per l'elaborazione statistica è stato usato il pacchetto software SPSS. Differenze statisticamente significative tra i gruppi sono state definite attraverso il T-test.

Risultati dello studio

L'accelerazione da fermo e la massima velocità sono due fasi estremamente importanti, che

Tavola 1: Differenze tra le velociste per quanto riguarda le variabili cinematiche dell'accelerazione in partenza

Variabile	Unità	GRUPPO A (N= 10)		GRUPPO B (N= 7)		T-TEST	
		M	DS	M	DS	T	SIG
Risultato sui 100 metri	s	12.14	0.32	12.96	1.17	-6.09	0.00 **
30 m partenza da terra	m.s-1	6.45	0.14	6.17	0.08	4.60	0.00 **
Distanza primo blocco-linea	Cm	50.7	5.43	49.7	3.35	1.74	0.10
Distanza tra i blocchi	cm	26.0	3.46	23.4	2.07	0.42	0.67
Tempo di reazione	s	0.150	0.02	0.146	0.03	0.39	0.70
Sprint 0-5 metri	m.s-1	3.51	0.12	3.39	0.10	2.17	0.04 *
Sprint 5-10 metri	m.s-1	6.79	0.17	6.54	0.15	3.07	0.00 **
Sprint 10-15 metri	m.s-1	7.56	0.38	7.01	0.10	3.65	0.00 **
Sprint 15-20 metri	m.s-1	7.73	0.37	7.56	0.23	1.07	0.30
Sprint 20-25 metri	m.s-1	8.38	0.18	7.82	0.32	4.54	0.00 **
Sprint 25-30 metri	m.s-1	8.55	0.40	8.24	0.20	1.84	0.08
Lunghezza appoggio	cm	148.7	7.32	140.8	5.07	2.54	0.02 *
Frequenza appoggio	Hz	4.11	0.12	4.12	0.06	-0.25	0.80
Tempo di contatto	ms	149	5.22	153	4.09	-1.85	0.08
Tempo di volo	ms	95	7.3	89	6.0	1.61	0.13
Lunghezza 1° appoggio	cm	102.2	4.46	94.4	4.99	3.29	0.00 **
Lunghezza 2° appoggio	cm	114.1	9.33	107.0	4.54	1.84	0.08
Lunghezza 3° appoggio	cm	125.0	5.19	119.6	6.72	1.82	0.08
Lunghezza 4° appoggio	cm	140.5	9.63	132.0	6.37	2.02	0.06
Lunghezza 5° appoggio	cm	147.3	7.21	145.0	7.61	0.62	0.54
Tempo di contatto 1° appoggio	ms	200	12.5 5	194	9.59	1.14	0.27
Tempo di contatto 2° appoggio	ms	183	10.5 0	184	13.04	-0.26	0.79
Tempo di contatto 3° appoggio	ms	154	9.78	160	6.79	-1.50	0.16
Tempo di contatto 4° appoggio	ms	146	13.3 5	155	5.85	-1.67	0.12

* p < 0.05 ** p > 0.01

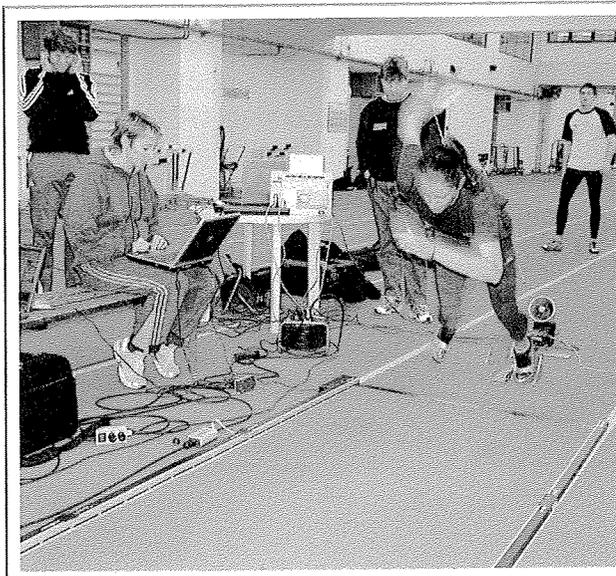


Fig 2: Blocchi di partenza elettronici - REACTIME FINISH LINX e sistema cinematico OPTO TRACK per misurare l'accelerazione in partenza

definiscono il risultato nelle gare di velocità. Proprio queste due capacità sono state oggetto di questo studio, analizzando i parametri biodinamici di atlete velociste allenate. Gli studi sperimentali di questo tipo, cioè che si basano su un campione di atlete donne, sono relativamente pochi. I risultati nella Tavola 1 mostrano le differenze nei parametri cinematici di uno sprint su 30 metri, con partenza da terra, in base al livello qualitativo delle velociste. Per quanto riguarda la posizione dei blocchi rispetto al-



la linea di partenza, non è stata rilevata alcuna differenza statisticamente significativa. Nelle velociste del gruppo migliore, il primo blocco era posto a 50.7 ± 5.4 cm dalla linea di partenza, mentre nel gruppo meno forte la distanza era 49.7 ± 3.3 cm. Le distanze tra i blocchi nel gruppo A e B erano rispettivamente 26.0 ± 3.4 cm e 23.4 ± 2.0 cm. Nella ricerca (Schot & Knutzen, 1992) questa posizione dei blocchi di partenza viene definita come posizione “media anteroposteriore” e gli autori pensano che questa sia la posizione ottimale per le velociste, considerando le loro abilità motorie e le caratteristiche morfologiche.

Il tempo di reazione è stato

studiato da molti ricercatori (Moravec et al., 1988; Coppenolle et al., 1990; Bruggemann & Glad, 1990; Mero & Komi, 1990; Delecluse et al., 1992; Martin & Buonchristiani, 1995; Ferro et al., 2001). Nella maggior parte di questi studi gli autori non sono riusciti a stabilire alcuna correlazione tra il tempo di reazione ed il risultato finale in una gara di 100 metri. Il tempo di reazione influenza solo per il 2-3% il risultato finale di una gara di 100 metri (Bruggemann & Glad, 1990). Evidentemente, esiste un'abilità specifica, geneticamente condizionata, che permette una rapida trasmissione di impulsi nervosi afferenti ed efferenti. In questo studio è stata misurata solo una componente

del tempo di reazione per mezzo del blocco REACTIME FINISH LINX, cioè il tempo premotorio. Il tempo premotorio è definito come l'intervallo di tempo che si verifica dal segnale di partenza all'inizio dell'attivazione elettromiografica del muscolo (Mero & Komi, 1990). Invece, il tempo motorio si produce dall'attivazione elettromiografica del muscolo al momento in cui il piede lascia il blocco di partenza. I risultati mostrano che il gruppo meno forte di velociste aveva un tempo di reazione più corto ($RT = 146 \pm 0.03$ ms) in media rispetto al gruppo migliore ($RT = 150 \pm 0.02$ ms), cosa che risulta alquanto sorprendente. Per garantire la correttezza della comparazione, si fa presente che il tempo medio di reazione delle finaliste, nei 100 metri ai Campionati Mondiali di Siviglia, è stato di 135 millesimi di secondo (Ferro et al., 2001). Ovviamente, l'azione di partenza è condizionata da abilità motorie molto specifiche, ed il tempo di reazione è solo una di esse. Nel gruppo superiore il tempo di reazione è stato stimato per l'11.7% del tempo di accelerazione totale di partenza nei primi 5 metri, mentre nel gruppo inferiore il valore corrispondente era il 10.9%. La quota del tempo di reazione nei risultati aggregati dei 30 metri di sprint con par-



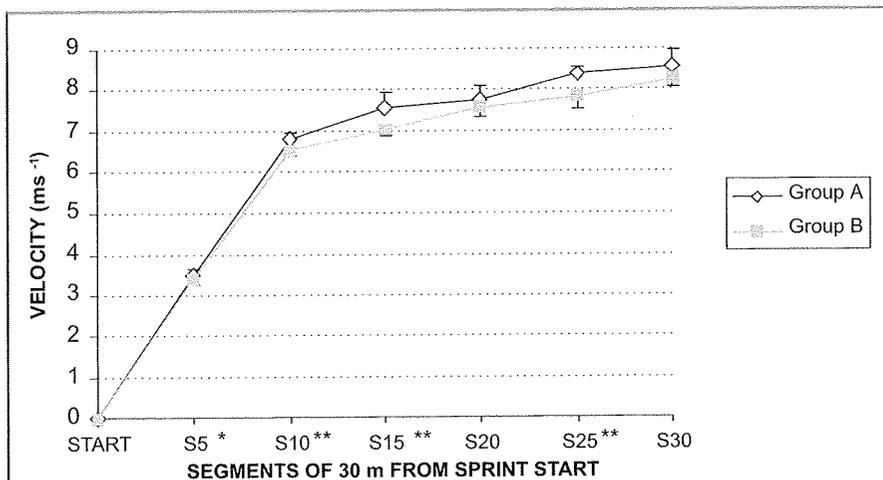


Fig 3: Differenze tra i due sottogruppi di sprinter nella velocità media per sezioni durante l'accelerazione iniziale sui 30 m con partenza da terra

Legenda:

- S5 - velocità media sui primi 5m dalla partenza
- S10 - velocità media sulla sezione dal 5° al 10° m
- S15 - velocità media sulla sezione dal 10° al 15° m
- S20 - velocità media sulla sezione dal 15° al 20° m
- S25 - velocità media sulla sezione dal 20° al 25° m
- S30 - velocità media sulla sezione dal 25° al 30° m

tenza da terra è stata del 3.3% nel gruppo A e del 3.1% nel gruppo B. Queste percentuali non sono trascurabili; anzi al contrario, molte volte questi centesimi di secondo determinano la posizione dell'atleta al momento del passaggio sulla linea di arrivo.

Si valuta la qualità del passaggio dall'azione di partenza all'accelerazione di partenza nel segmento di velocità tra 0 e 5 metri. Si rilevano differenze statisticamente significative tra le atlete. La velocità media del gruppo A in questo segmento è stata di 3.51 ± 0.12 m.s⁻¹, mentre quella del gruppo B è stata di 3.39 ± 0.10 m.s⁻¹. I gruppi differivano in maniera statisticamente significativa in termini di espressione di velocità anche in altri segmenti, eccetto nell'accelerazione di partenza tra i

15 e 20 metri. L'accelerazione dai 25 ai 30 metri si è situata al limite della significatività statistica, che ha distinto le velociste migliori da quelle meno forti (Figura 3). Nell'accelerazione di partenza alcuni parametri biodinamici della corsa di velocità come la lunghezza, la frequenza, il tempo di contatto e il tempo di volo si modificano in maniera molto dinamica. I gruppi A e B sono risultati differenti in maniera statisticamente significativa per quanto riguarda la lunghezza media del passo ed erano al limite della significatività statistica per ciò che concerne la durata del tempo di contatto. La progressione della lunghezza del passo insieme ad un'appropriata frequenza di appoggi è tipica dell'accelerazione di partenza. In uno sprint di 30 metri con partenza bassa, il gruppo A ha sviluppato una

velocità significativamente più alta, grazie alla maggiore lunghezza media della gamba, mentre in termini di frequenza di appoggio, non si è registrata alcuna differenza tra i due gruppi. La lunghezza media del passo del gruppo A è stata 148.7 ± 7.32 cm e del gruppo B 140.8 ± 5.07 cm. Secondo alcuni studi (Korchemny, 1992; Schot & Knutzen, 1992) l'esecuzione dei primi tre passi dopo l'azione di partenza è estremamente importante. Questo aspetto è stato confermato anche dal nostro studio. Il gruppo di velociste migliori fa i primi quattro appoggi più lunghi e, pur avendo, nello stesso tempo, fasi di contatto più brevi - con entrambi i parametri al limite della significatività statistica.

Luhtanen e Komi (1980) hanno distinto la fase di contatto del passo di velocità in una fase frenante ed una fase propulsiva. Entrambe le fasi si sommano nel tempo totale di contatto, che nell'accelerazione con partenza da fermo delle velociste del campione ha raggiunto 149 millesimi di secondo (gruppo A) e 153 millesimi di secondo (gruppo B). Questi sono i valori medi che variano in base all'esecuzione dell'appoggio e dipendono dalle caratteristiche biomeccaniche della posizione del centro di gravità del corridore durante l'accelerazione di partenza. Nei primi due passi la proiezione del centro di gravità è situata dietro il punto di contatto del piede con il terreno. Bisogna arrivare al terzo o quarto appoggio affinché la proiezione

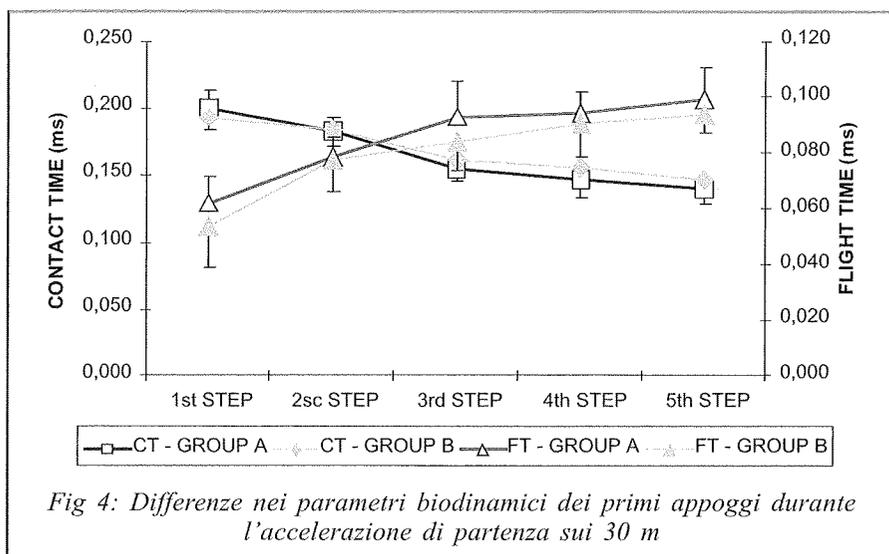


Fig 4: Differenze nei parametri biodinamici dei primi appoggi durante l'accelerazione di partenza sui 30 m

del centro di gravità si sposti davanti al punto di contatto del piede con il terreno. A causa delle condizioni biomeccaniche mutevoli e della velocità in aumento, il rapporto tra fase di contatto e fase di volo cambia. Le fasi di contatto diventano più brevi e le fasi di volo più lunghe (Figura 4). Nel gruppo A la fase di contatto nei primi quattro appoggi si è accorciata in media di 54 millesimi di secondo e nel gruppo B di 39 millesimi di secondo. Il tempo di contatto nel primo appoggio (gruppo A) raggiungeva un valore del 76% del tempo totale di appoggio. Nel quarto appoggio il tempo di contatto raggiungeva solo il 60% del tempo totale di appoggio. Nel gruppo B il valore del tempo di contatto nel primo appoggio era il 78% e nel quarto appoggio il 63%.

La Tavola 2 mostra che le velociste differivano in maniera statisticamente significativa ($p < 0.01$) in termini di velocità massima. La velocità massima del

gruppo superiore è stata di $84 \pm \text{m.s}^{-1}$ e quella del gruppo inferiore 8.28 m.s^{-1} . Dalle risultanze di alcuni studi (Cavanagh et al., 1982; Gambetta 1991; Ito & Suzuki, 1992; Mero, Komi, & Gregor, 1992; Donatti, 1995;

ti, 1995). Oltre all'accelerazione di partenza, la velocità massima è l'abilità più importante dello sprint. Basandosi sulle analisi effettuate durante alcune competizioni di alto livello (Campionati mondiali di Atletica 1999 a Siviglia), si può stabilire che le donne raggiungono la velocità massima ($10.31\text{-}10.87 \text{ m.s}^{-1}$) tra i 50 ed i 60 metri e gli uomini tra i 50 ed i 70 metri (Ferro et al., 2001). La durata della velocità massima è molto limitata, visto che viene mantenuta solo per 2-3 secondi.

Il fattore che crea differenze nella velocità massima ($p < 0.01$) è il parametro della lunghezza del passo. Ciò è abbastanza sorprendente. In pratica, alcuni degli studi precedenti hanno di-

Tavola 2: Differenze tra le velociste per quanto riguarda le variabili cinematiche della velocità massima

Variabile	Unità	GRUPPO A (N= 10)		GRUPPO B (N= 7)		T-TEST	
		M	DS	M	DS	T	SIG
30 m con partenza lanciata	m.s-1	8.84	0.34	8.28	0.19	3.91	0.00 **
Tempo di contatto	ms	110	11.9	113	5.55	-0.56	0.58
Tempo di volo	ms	121	9.41	116	4.49	1.09	0.29
Lunghezza appoggio	cm	205.9	12.4	192.4	5.92	2.66	0.00 **
Frequenza appoggio	Hz	4.35	0.28	4.36	0.15	-0.14	0.89

* $p < 0.05$ ** $p > 0.01$

Muller & Hommel, 1997; Hunter, Marshall, & McNair, 2004), la velocità massima deriva da un rapporto ottimale tra frequenza e lunghezza del passo. Cambiare l'automatismo della velocità massima è un'impresa estremamente ardua, poiché esso riguarda un modello motorio che è fortemente radicato nel sistema nervoso centrale (Donat-

mostrato che la frequenza influenzava in maniera specifica le corse di velocità negli uomini e nelle donne (Mero, Komi, & Gregor, 1992; Donatti, 1995).



La lunghezza è un parametro complesso, che dipende da molti fattori, tra cui le caratteristiche morfologiche (lunghezza della gamba), la struttura del muscolo, i meccanismi riflessi e la trasmissione della forza al terreno nella fase di contatto hanno una particolare importanza. Mero (1988) ha stabilito una correlazione significativa tra la percentuale di fibre del tipo II nel muscolo vastus lateralis e la risultante media di forza propulsiva nella fase di contatto. La maggiore forza di reazione al terreno nella fase di contatto si produce dai 10 ai 40 metri, dopo che il piede tocca il terreno. Al fine di essere in grado di resistere ad una forza così potente, i muscoli estensori delle gambe devono essere preattivati adeguatamente, e contemporaneamente deve essere attivato anche il sistema di allungamento riflesso per assicurare la stiffness necessaria (Dietz et al., 1979). Considerando i valori dell'elettromiografia, il ruolo più importante è giocato dal muscolo rectus femoris (Mero & Komi, 1987). Lo studio ha anche evidenziato che non si sono rilevate differenze significative in relazione al sesso.

La fase di contatto è senza dubbio un fattore cinematico chiave, che caratterizza la corsa di velocità economica dal punto di vista del rapporto tra la fase di frenata e quella propulsiva. Questo rapporto dovrebbe essere 40% : 60% (Luhtanen & Komi, 1980; Čoh, 2002). Quanto più è breve la fase di frenata, tanto più è bassa la riduzio-

ne della velocità orizzontale del centro di gravità. Nelle velociste del campione la fase di contatto del gruppo A era di 110 ± 11.9 ms e del gruppo B 113 ± 5.5 ms. Non si evidenziavano differenze significative tra i due gruppi riguardo a questo parametro. La durata della fase di contatto è leggermente più lunga di quella degli atleti di alto livello, poiché i tempi di contatto di queste ultime variano dai 90 ai 100 metri (Mero & Komi, 1987). Nel gruppo A la fase di contatto era stimata per il 47,6% del tempo totale dell'appoggio di corsa (fase di contatto + fase di volo) e nel gruppo B il 49,3%. Le velociste di livello superiore ovviamente hanno tempi di contatto più brevi e tempi di volo più lunghi, mentre le velociste di livello inferiore è il contrario. La frequenza di appoggi è risultata correlata con la durata delle fasi di contatto, tuttavia, non si sono rilevate differenze tra i due gruppi per quanto riguarda l'accelerazione di partenza e la velocità massima. La frequenza di appoggi è il parametro, maggiormente condizionato ad una genesi specifica ed è più difficile modificarlo rispetto alla lunghezza del passo. Esso ha un forte codice genetico, che è radicato nel sistema nervoso centrale. Il cambiamento degli automatismi di movimento della velocità massima con strumenti e metodi speciali (metodo per sviluppare la velocità sovramassimale) è un metodo molto rischioso, specialmente nei giovani atleti maschi e femmine.

Conclusioni

La velocità è un'abilità biomotoria che si manifesta in varie maniere. Una di queste è la corsa di velocità, che risulta essere un'abilità con rigidi automatismi ed è quindi molto difficile da modificare. Infatti, ha una base genetica molto forte e può essere migliorata solo se l'atleta acquisisce una notevole familiarità con i suoi meccanismi e le fasi sensibili. La formazione di un automatismo di movimento ottimale è un processo a lungo termine, quindi una metodologia corretta è molto importante. I risultati nelle corse di velocità dipendono da molti fattori e dal loro rapporto ottimale. Alcuni fattori sono ben conosciuti, gli altri non sono ancora stati spiegati. In questo studio abbiamo cercato di identificare quelle caratteristiche cinematiche che distinguono le velociste allenate in una corsa di 100 metri. Per quanto riguarda l'accelerazione di partenza e la velocità massima, si sono riscontrate differenze significative tra i due sub-campioni. La diversa efficacia in entrambi i tipi di velocità deriva principalmente dalla lunghezza del passo e in qualche misura anche dalla durata della fase di contatto. Ipoteticamente, ci aspettavamo di trovare un numero più alto di parametri che differenziassero le velociste. Questo non si è verificato, probabilmente a causa del fatto che il campione era formato da giovani atlete, che avevano ancora relativamente pochi anni di allenamento con mezzi e metodi speciali.

Bibliografia

- Bruggemann G.P. & Glad B. (1990). Time analysis of the sprint events. Scientific research project at the games of the XXXIV Olympiad - Seoul 1988 - final report. *New Studies in Athletics*, suppl.
- Cavagna G.A., Komarek L. & Mazzoleni S. (1971). The mechanics of sprint running. *Journal of Physiology* 217: 709-721.
- Cavanagh P.R. & Williams K.R. (1982). The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running. *Medicine and Science in Sport Exercise* 14 (1): 30-35.
- Coppenolle H. & Delecluse C. (1989). Technology and development of Speed. *Athletics Coach*, 23 (1), 82-90.
- Coppenolle H., Delecluse C., Goris M., Diels R. & Kraayenhof H. (1990). An evaluation of the starting action of world class female sprinters. *Track Technique*, 90, 3581-3582.
- Čoh M. (2002). Application of Biomechanics in Track and Field. Faculty of Sport, Institute of Kinesiology, Ljubljana.
- Dietz V., Schmidtbleicher D. & Noth J. (1979) Neuronal mechanisms of human locomotion. *Journal of Neurophysiology* 42: 1212-1222.
- Delecluse C., Coppenolle H. Diels, R. & Goris M. (1992). The F.A.S.T. project - A scientific follow-up of sprinting abilities. *New Studies in Athletics*, 11 (2-3), 141-143.
- Donati A. (1995). The development of stride length and frequency in sprinting. *New Studies in Athletics*, 1: 51-66.
- Ferro A., Rivera A. & Pagola, I. (2001). Biomechanical analysis of the 7th World Championship in Athletics, Seville 1999. *New Studies in Athletics*, 1-2: 25-60.
- Hunter J., Marshall R. & McNair P. (2004) Interaction of Step Length and Step Rate during Sprint Running. *Medicine and Science in Sport and Exercises*, 36 (2): 261-271.
- Ito A. & Suzuki M. (1992). The men's 100 metres. *New Studies in Athletics*, 4: 47-52.
- Korchemny R. (1992). A new concept for sprint start and acceleration training. *New Studies in Athletics*, 7 (4), 65-72.
- Lehmann F. & Voss G. (1997). Innovationen für den Sprint und Sprung: "ziehende" Gestaltung der Stützphasen - Teil 1. *Leistungssport*, 6: 20-25.
- Locatelli E. & Arsac L. (1995). The mechanics and energetics of the 100 m sprint. *New Studies in Athletics*, 1:81-87.
- Luhtanen P. & Komi P.V. (1980). Force-, power- and elasticity-velocity relationship in walking, running and jumping. *European Journal of Applied Physiology* 44 (3): 279-289.
- Mann R. & Sprague P. (1980). A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51: 334-348.
- Martin D. & Buonchristiani J., (1995). Influence of reaction time on athletics performance. *New Studies in Athletics*, 1: 67-69.
- Mero A. & Komi P.V. (1987). Electromyographic activity in sprinting at speeds ranging from sub-maximal to supra-maximal. *Medicine and Science in Sports Exercise* 19 (3): 266-274.
- Mero A. (1988). Force-Time Characteristics and Running Velocity of Male Sprinters During the Acceleration Phase of Sprinting. *Research Quarterly*, 59 (2): 94-98.
- Mero A., Komi P.V. & Gregor R.J. (1992). Biomechanics of Sprint Running. *Sport Medicine* 13 (6): 376-392.
- Moravec P., Ruzicka J., Susanka P., Dostal E., Kodejs M. & Nosek M. (1988). The 1987 International Athletic Foundation/IAAF Scientific Project Report: time analysis of the 100 metre events at the II World Championships in Athletics. *New studies in Athletics* 3: 61-96.
- Muller H. & Hommel H. (1997). Biomechanical Research Project at the VI. World Championship in Athletics, Athens 1997. *New Studies in Athletics*, 2-3: 43-56.
- Schot P. & Knutzen K.M. (1992). A Biomechanical Analysis of Four Sprint Start Positions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63 (2), 137-147.

