

ASPETTI BIOMECCANICI E METABOLICI DEI CAMBI DI SENSO E DIREZIONE NEGLI SPORT DI SQUADRA

Autori:

Roberto Colli , Antonio Buglione , Luigi Lucarini ,Vito Azzone

ABSTRACT : l'articolo analizza tramite un nuovo strumento le accelerazioni e decelerazioni presenti in una partita di calcio ed identifica che gli indici attualmente valutati come indicatori di intensità del calcio ,come la velocità sopra i 20 km/h, sono totalmente fuorvianti per l'analisi della prestazione .Tali dati saranno sicuramente amplificati quando sarà possibile effettuare tali rilevazioni nel basket . Gli autori poi introducono studi da loro effettuati sui cambi di senso per definire sia l'assetto del corpo in tali azioni, assolutamente diverso da quello della corsa continua , sia la forza impiegata in questa azione e l'importante aspetto che riveste il bloccaggio del Core in questa azione .

Curriculum degli Autori

ROBERTO COLLI : responsabile prep fisica SSN giovanile Maschile e femminile della FIP, direttore del corso per preparatori fisici del basket della FIP

ANTONIO BUGLIONE : 3 anno di dottorato in Scienze e tecniche dello sport

VITO AZZONE : 3 anno di dottorato in Scienze e tecniche dello sport ,preparatore fisico del calcio diplomato

LUIGI LUCARINI : laurea specialistica in Scienza e tecnica degli sport , diplomando preparatore fisico del basket

Si ringrazia il prof. Luigino Sepulcri per la approfondita revisione del testo ed i suggerimenti tecnici

MODELLI DI PRESTAZIONE DI CALCIO E BASKET: Considerazioni critiche

Il calcio ed il basket, come la maggior parte degli sport di squadra, sono caratterizzati durante il gioco da azioni di corsa che prevedono variazioni di velocità e di direzione.

Tali espressioni della prestazione rappresentano sostanzialmente la risposta fisica e tecnica, con o senza palla, alle richieste tattiche della situazione di gioco.

I lavori scientifici, prodotti negli ultimi quaranta anni, hanno affrontato da un punto di vista statistico quantitativo tali problematiche, definendone i parametri che caratterizzano la prestazione. Ad esempio è stato calcolato lo spazio totale percorso, la relativa velocità, il numero degli sprint, la loro durata, la tipologia e distribuzione delle pause, il numero di variazioni di velocità, la frequenza cardiaca, il VO_2 (valori medi e in % rispetto al massimo), il lattato accumulato, ma non è ancora stato determinato il ruolo decisivo delle accelerazioni e delle decelerazioni per la performance e l'allenamento.

D'altra parte altri studi prendono in considerazione solo le azioni svolte a velocità elevata ($>20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) per determinare l'intensità del lavoro.

L'ACCELERAZIONE E LA DECELERAZIONE NELLE PARTITE DI CALCIO : osservazioni iniziali

Tre anni fa abbiamo svolto un'indagine su una squadra di calcio di vertice che partecipava al campionato italiano di serie A, alla Champions League e alla coppa Italia. Le partite di tale squadra sono state scoutizzate da un sistema elettronico di video analisi (AMISCO) e sono state confrontate in funzione delle diverse competizioni. Come descriviamo in maniera più dettagliata in un altro articolo sul giornale elettronico della ELAV abbiamo riscontrato come gli spazi percorsi ad alta velocità risultino maggiori nelle partite di coppa Italia, che è la competizione di minor valore.

E' noto che le partite di coppa vengono affrontate, dai giocatori, con minor impegno e rigore tattico.

Appare chiaro, quindi, che considerare, come viene fatto tutt'oggi, azioni ad alta intensità solo quelle con velocità maggiori di 20 km/h, sia totalmente fuorviante per la valutazione dell'impegno del calciatore in quanto risulta essere solo il frutto di una diversificazione tattica (spazi più ampi a disposizione dei giocatori), ma non può dare indicazioni di natura metabolica e prestativa.

Se entrambe le squadre giocassero in spazi molto stretti, esasperando la tattica del fuorigioco e privilegiando difesa e ripartenza, queste azioni sarebbero ridotte al lumicino nonostante l'impegno muscolare del calciatore risulterebbe estremamente elevato per le continue accelerazioni e decelerazioni.

Nella Figura 1, dove riportiamo uno sprint da fermo registrato con il sistema Gps a 1 Hertz, si nota, infatti, che in uno sprint di 60 metri il picco di accelerazione si verifica all'inizio, successivamente le variazioni di accelerazione risultano minime e tendono, progressivamente, ad assottigliarsi, mentre il soggetto continua ad aumentare la sua velocità. Nel gioco del calcio, ovviamente, nessuno corre in linea per 60 metri ma soprattutto ci si sposta, in funzione della palla, variando continuamente la propria traiettoria.

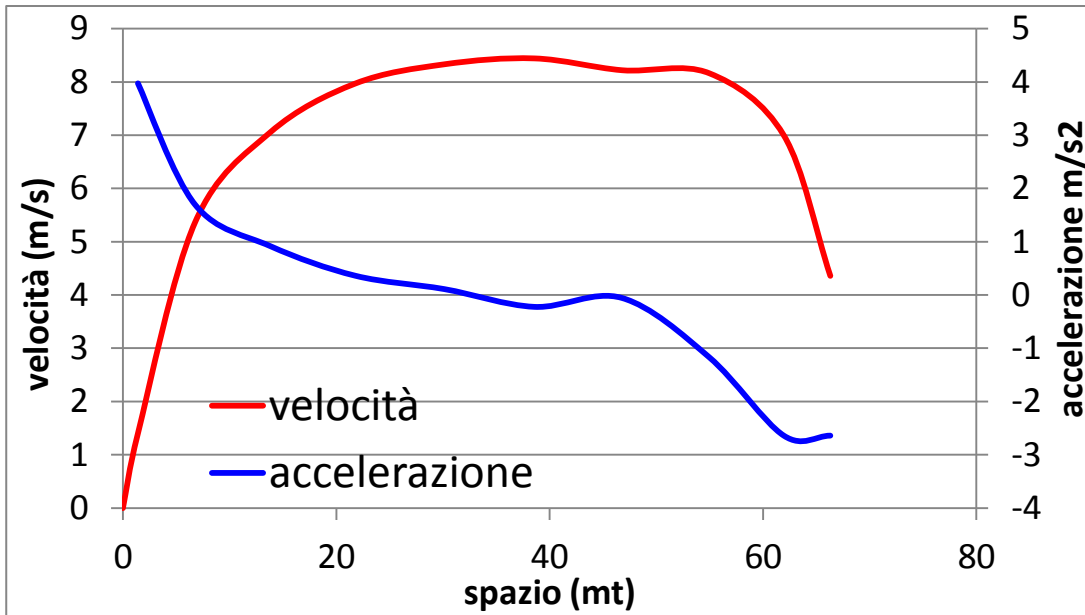


Figura 1 - Analisi della velocità e dell'accelerazione in uno sprint di 60 mt.

A conferma dei nostri dati riportiamo un lavoro svolto da Di Prampero e coll (2005), relativo ad uno sprint di pochi metri. In questo studio si nota come l'accelerazione da fermo assuma inizialmente un andamento elevatissimo nei primi 2-3 metri, raggiungendo circa 6 m/s^2 (il soggetto già dopo 1 secondo si trova a 18-20 km/h), decrementando successivamente in maniera molto rapida (Figura 2).

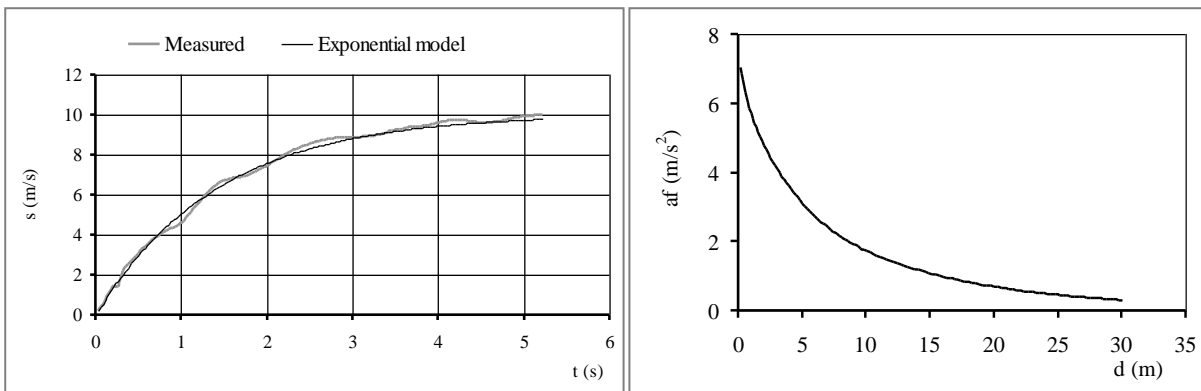


Figura 2 - Analisi dell'accelerazione e della velocità in uno sprint di 30 mt (Di Prampero 2005).

Ciò che abbiamo precedentemente affermato è anche avvalorato da un'analisi, fornitaci dalla SDAM, relativa ad una partita di calcio di serie A analizzata tramite lo Spylite di ultima generazione con GPS a 5 Hz. In questo modo siamo riusciti a quantizzare, in maniera sicuramente parziale ma foriera di grandi possibili sviluppi, le accelerazioni e decelerazioni di 9 giocatori di calcio durante una partita.

Lo strumento in questione consente una frequenza di campionamento del GPS più alta rispetto al precedente modello. Dalla Figura 3, dove vengono confrontati i due sistemi ad 1 e 5 Hz, notiamo che, mentre per la velocità la differenza di campionamento incide in misura molto piccola, per quanto riguarda l'accelerazione, invece, il campionamento ogni 200 ms (5 Hz) consente di identificare un'enorme quantità di accelerazioni e decelerazioni molto intense, che con il sistema a 1 Hz non verrebbero rilevate.

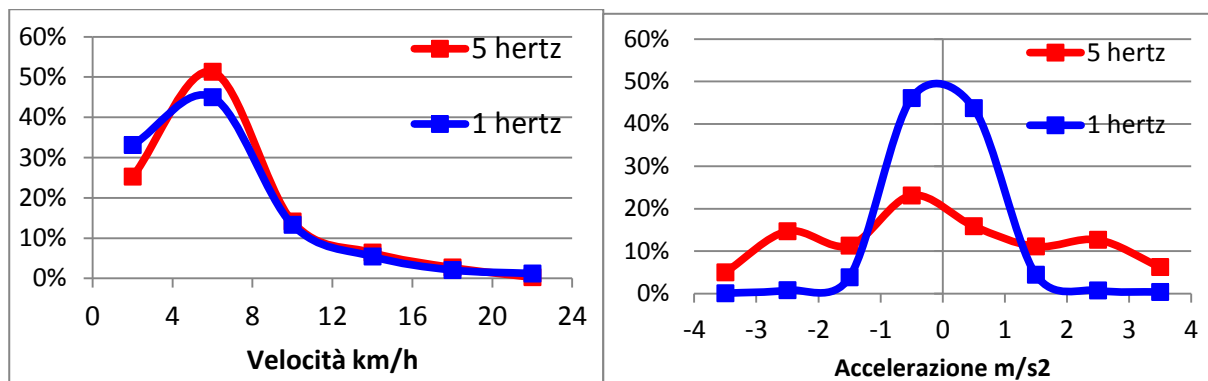


Figura 3 - Differenza del campionamento a 1 e 5 Hz per l'analisi delle velocità e delle accelerazioni.

A questo punto per ogni giocatore sono state scansionate tutte le accelerazioni di qualità in funzione delle velocità, eliminando dal conteggio le azioni comprese tra -1 e 1 m/s^2 . Nella tabella 1, invece, per semplificare il fenomeno abbiamo calcolato quanti secondi di decelerazioni o accelerazioni i giocatori effettuano in 1 minuto. In sostanza ogni 60 secondi abbiamo in media oltre 15 secondi di accelerazioni e decelerazioni, quindi di azioni intense, che verranno ovviamente distribuite in maniera casuale in funzione della situazione di gioco ma che ci testimoniano un elevato impegno muscolare.

Secondi di decelerazioni per ogni minuto	8,3 ± 1,7
Secondi di accelerazioni per ogni minuto	8,6 ± 1,7

Tabella 1 - Secondi di accelerazioni e decelerazioni per ogni minuto analizzati tramite GPS a 5 Hz.

Dalla Figura 4, dove per evidenze grafiche abbiamo riportato solo 3'30" di gioco, è interessante notare che le velocità superiori a 5m/s (18 km/h) sono pochissime (solo tre) e ci indicano come la corsa in linea a velocità elevate non sia il modello prestativo appropriato al calcio. Al contrario in questo breve periodo è visibile il ruolo delle accelerazioni e delle decelerazioni (che implicano un elevato impegno di forza) e come quelle qualificanti la prestazioni, superiori a $\pm 4 \text{ m/s}^2$, siano in numero molto alto (oltre 50).

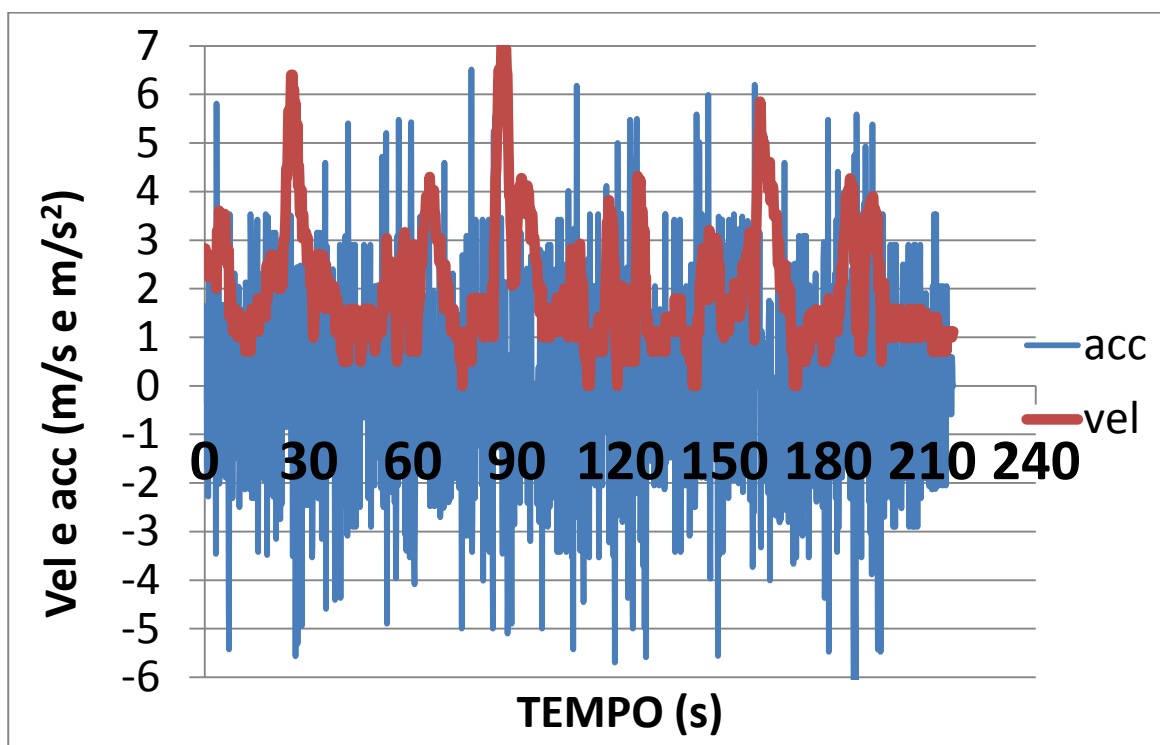


Figura 4 - Confronto tra la velocità e l'accelerazione, positiva e negativa, durante 3'30" di una partita di calcio: sono presenti circa 50 accelerazioni superiori ai 4 m/s^2 e 25 decelerazioni inferiori a 4 m/s^2 , denotando un grande impegno di forza in queste azioni; al contrario le velocità elevate oltre i 20 km/h sono solo 4 e non chiariscono minimamente l'impegno muscolare del calcio.

Sempre nell'articolo di Colli e Azzone precedentemente citato risulta interessante vedere che non si riscontrano differenze statisticamente significative nelle accelerazioni tra primo e secondo tempo, mentre risulta che gli attaccanti effettuano un numero maggiore di accelerazioni e decelerazioni rispetto ai difensori e ai centrocampisti.

Con l'analisi a 5 Hz possiamo anche permetterci di valutare con attenzione che quasi tutte le azioni di corsa del calciatore si sviluppano poco in linea ma soprattutto con un ampio contributo delle variazioni di angolo della traiettoria. Nella tabella 2 notiamo, infatti, come ci siano variazioni nella traiettoria del soggetto di oltre 30° in 670 casi. Un centinaio di queste avvengono ad elevati livelli di velocità, ma la grande maggioranza si verificano a basse velocità quando in pratica si sta accelerando o decelerando.

L'idea di programmare lavori in linea e a velocità costante risulta, pertanto, completamente lontana dalla specificità del modello prestativo del calciatore.

	Variazione della traiettoria di oltre 30°
0-4 km/h	410
4-8 km/h	175
8-16 km/h	81
16-20 km/h	4
> 20 km/h	1

Tabella 2 - Valori di variazione della traiettoria di oltre 30° scansionati per range di velocità.

Alla luce di queste considerazioni e nonostante la necessità di ulteriori studi, per approfondire il fenomeno, appare evidente l'importanza di indirizzare le nuove ricerche sull'analisi delle accelerazioni e decelerazioni che tutt'oggi non vengono considerate dalla maggior parte degli autori. Se nella match analysis, infatti, vengono trascurati tali dati o se non vengono raccolti con questa scansione (5 Hz) non si può essere in grado di comprendere un fenomeno così complesso.

Va ricordato che nel 2005 Sassi e Rampinini, in una loro presentazione, hanno denominato in maniera molto elegante ed incisiva la decelerazione come la "fase dimenticata" dell'allenamento del calciatore. Tutte le apparecchiature di rilevazione elettronica della match analysis, che sono ormai ampiamente diffuse, si limitano ancora al dato dei tratti percorsi a velocità > 20 km/h, dimenticandosi che per andare a 20 km/h bisogna arrivarci accelerando e soprattutto, dopo, bisogna anche frenare.

A tal proposito proponiamo una prima e provvisoria bozza di classificazione delle attività accelerative e decelerative che deve tener conto sia della velocità di partenza sia degli angoli di variazione di traiettoria:

- accelerazione da basse velocità iniziali (inferiori a 15 km/h) che consentono notevoli variazioni di traiettoria (superiori a 30°)
- accelerazione da media ad alta velocità (superiori a 15 km/h) prevalentemente lineari
- decelerazioni da alta a media velocità prevalentemente lineari (superiori a 15 km/h)
- decelerazioni da media velocità con variazioni di traiettoria (inferiori a 15 km/h)

PARTICOLARITÀ DELLE CORSE A NAVETTA

Nella programmazione dell'allenamento, in quasi tutti gli sport di squadra, dobbiamo considerare le caratteristiche accelerative e decelerative come il vero impegno intensivo, senza disgiungerlo troppo dalla situazione tattica che avviene principalmente in assenza della palla, ma che viene condizionata dalla posizione della stessa per l'occupazione o la difesa degli spazi.

Queste corse a diverse velocità, ma con elevati impegni di forza, si combinano spesso con cambi di direzione che, a seconda dell'angolo che si stabilisce fra la prima fase di corsa e la successiva, possono anche divenire dei cambi di senso dove la capacità di decelerazione risulta essere di estrema importanza.

Le corse a navetta rappresentano un mezzo di allenamento fondamentale. In questo articolo, pertanto, ci siamo proposti di analizzare alcuni di questi aspetti che riteniamo di un certo interesse per la pianificazione dell'allenamento.

Abbiamo inizialmente filmato, con una telecamera ad alta velocità (200 ft/s), la fase decisiva del cambio di senso, successivamente dividendo lo spazio percorso nelle navette da 10 e 20 metri in tratti da 2 metri abbiamo calcolato, tramite l'ausilio del software Dartfish, la velocità di percorrenza.

Di fatto la velocità delle navette viene indicata con una velocità media di percorrenza, che quasi mai viene sviluppata effettivamente, in quanto, come notiamo sia dalla Figura 5 che dall'immagine 8, la velocità cambia ogni due metri.

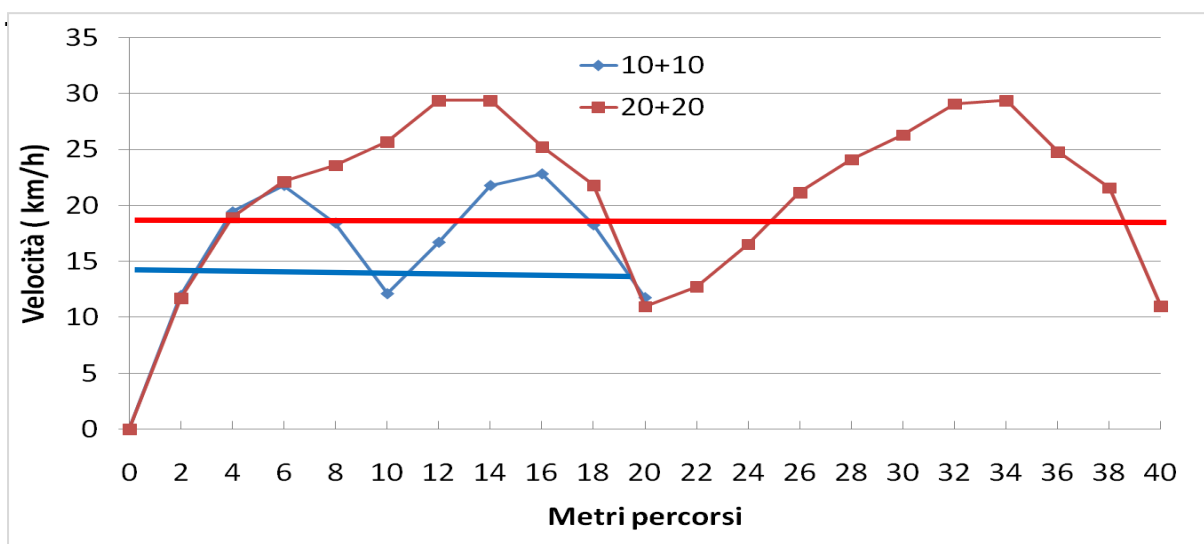


Figura 5 - Confronto, in una navetta 10+10 mt ed in una 20+20 mt, tra la velocità media e la velocità media rilevata ogni 2 metri.

In sostanza quando diciamo che in una navetta 10+10 mt la velocità media è di 14 km/h stiamo chiedendo al soggetto di correre in 5" circa questo tratto, comprensivo del cambio di senso. La linea blu della Figura 5 ci indica la velocità di questa azione ogni due metri; il soggetto dopo poco meno di 1 secondo ha una velocità di 20 km/h e ha percorso 4 mt, dopo 8 metri, invece, la sua velocità decresce passando a 15-16 km/h per poi azzerarsi completamente nella fase di inversione prima di aumentare nuovamente a seguito di una nuova accelerazione arrivando ancora a 22 km/h dopo 6 metri. Il valore di 14 km/h rappresenta pertanto solo un'indicazione generale, lontana da quello che succede nella realtà.

A differenza di quanto avviene per un velocista, che accelera per mantenere poi la sua massima velocità, per un giocatore di sport di squadra, durante le navette massimali su 10 e 20 metri, la velocità non è mai costante dato che raggiunti i picchi rispettivamente di circa 22 km/h (dopo 4-6 metri) e 29 km/h (dopo 10-14 metri), l'atleta deve cominciare a frenare per poter controllare l'inerzia del corpo nel punto di inversione. (Figura 8)

Questa caratteristica non viene mantenuta durante la corsa lineare su tratti lunghi in quanto l'assetto del corpo, come detto in precedenza, diviene più "aperto" dato che l'azione muscolare propulsiva prevalente, dopo la fase di accelerazione, si realizza maggiormente mediante risorse reattivo elastico (riflesse) come la stiffness muscolare e la frequenza dei passi.

Dalla Figura 6 notiamo anche un altro fenomeno interessante: dopo meno di un secondo il soggetto si trova già ad una velocità di circa 20 km/h e ha percorso quasi 5 metri, per effettuare nell'ultimo metro la frenata, l'inversione e la successiva accelerazione sviluppa un tempo molto vicino a 0,8-0,9 secondi.

La fase di inversione, quindi, dura quasi lo stesso tempo dei primi 5 metri o dei secondi 5 metri e questo incide in maniera notevole sull'efficacia e sulla rapidità del cambio di senso.

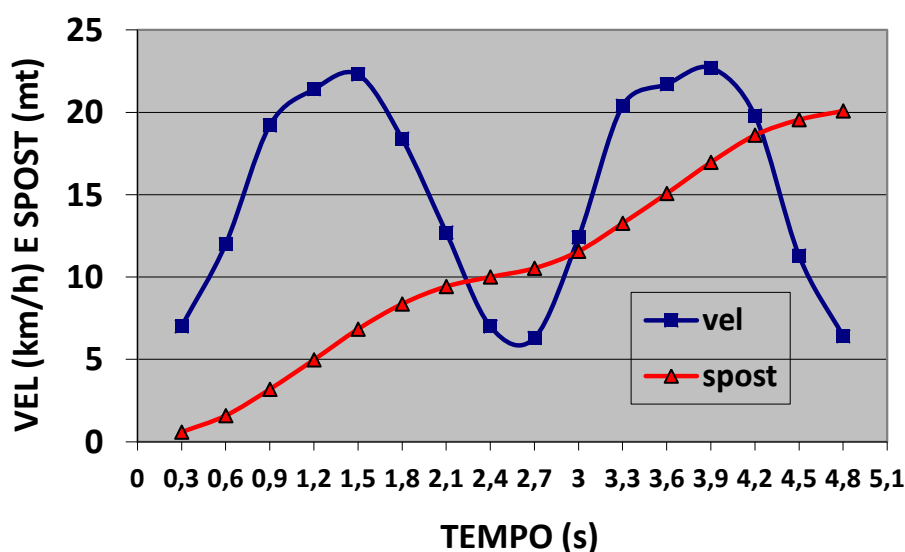


Figura 6 - Analisi della velocità e dello spostamento progressivo, rilevati ogni 2 mt.

Anche l'accelerazione, come mostrato dalla Figura 7, denota azioni di altissima intensità sia nella fase di partenza che in quella di frenata, con punte intorno ai 6 m/s^2 maggiormente accentuati nella fase di decelerazione, mentre le fasi ad accelerazione nulla praticamente non esistono nelle navette entro 10 m.

Facciamo un esempio: se un atleta passa in un secondo da 0 a 20 km/h la velocità media sarà 10 km/h e quindi risulterà, secondo gli attuali standard della match analysis, una corsa a medio-bassa intensità. Stessa cosa se in un secondo effettuo una frenata da 20 a 0 km/h, queste verranno erroneamente catalogate come azioni a bassa intensità e non come azioni di massima intensità muscolare.

Appare evidente che trarre indicazioni per l'allenamento con la match analysis sulla base dei soli metri percorsi a diverse velocità risulta totalmente fuorviante.

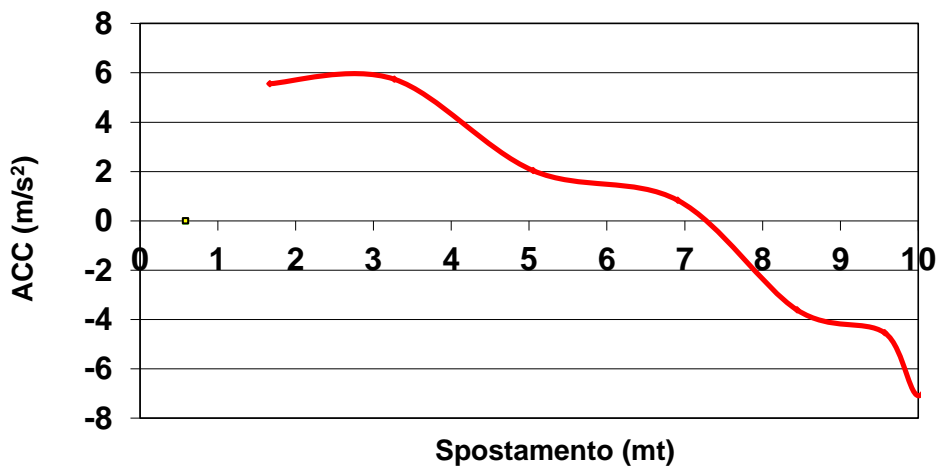


Figura 7 - Accelerazione istantanea del primo tratto di una corsa a navetta su 10 m ,in funzione dello spostamento, rilevata dall'analisi filmata .



Figura 8 - Analisi dell'accelerazione e del cambio di senso in una navetta su 10 mt. e su 20 mt.

Si nota inoltre come un'attività di corsa a navetta di questo tipo comporti cambiamenti dell'asse principale del corpo durante le tre fasi: accelerazione, decelerazione ed inversione di senso. In ciascuna di queste fasi il cambiamento dell'asse del corpo rispetto al terreno varia anche di oltre 25 gradi.

Ciò significa che nel rispetto della specificità dei contenuti dell'allenamento, in riferimento a questi particolari momenti dell'azione di gioco, le corse in linea oltre 20-25 metri non soddisfano, dal punto di vista biomeccanico, tale principio.

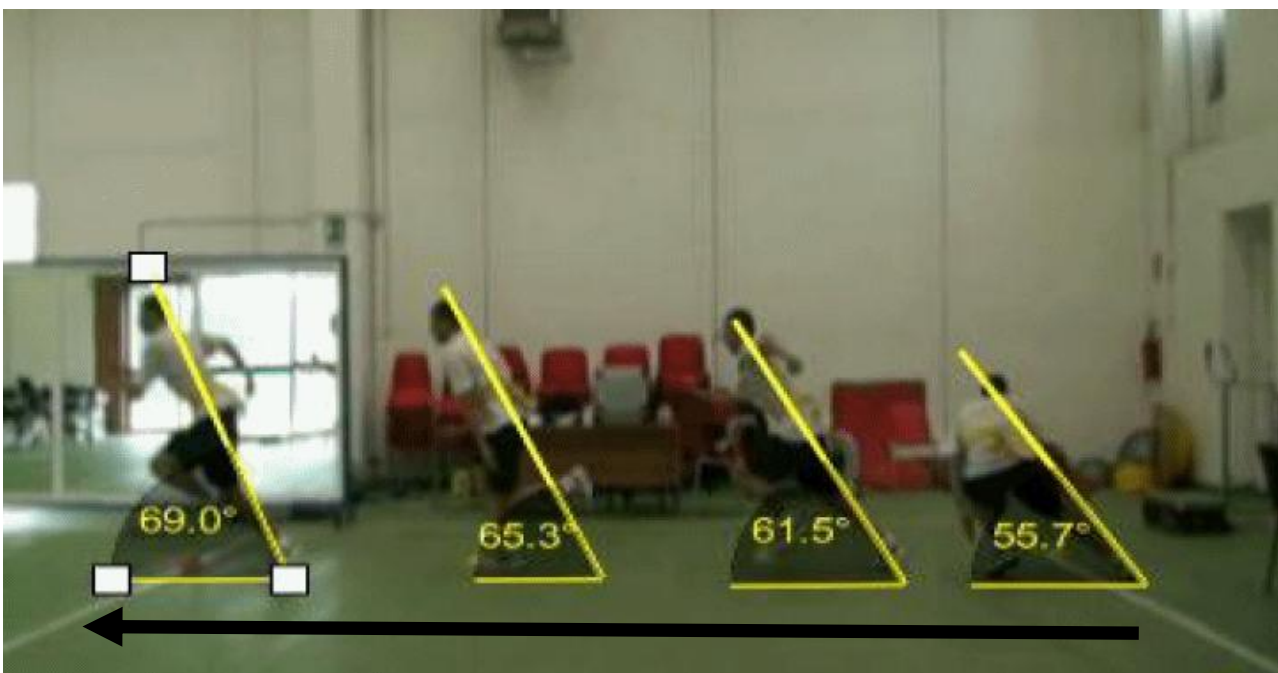
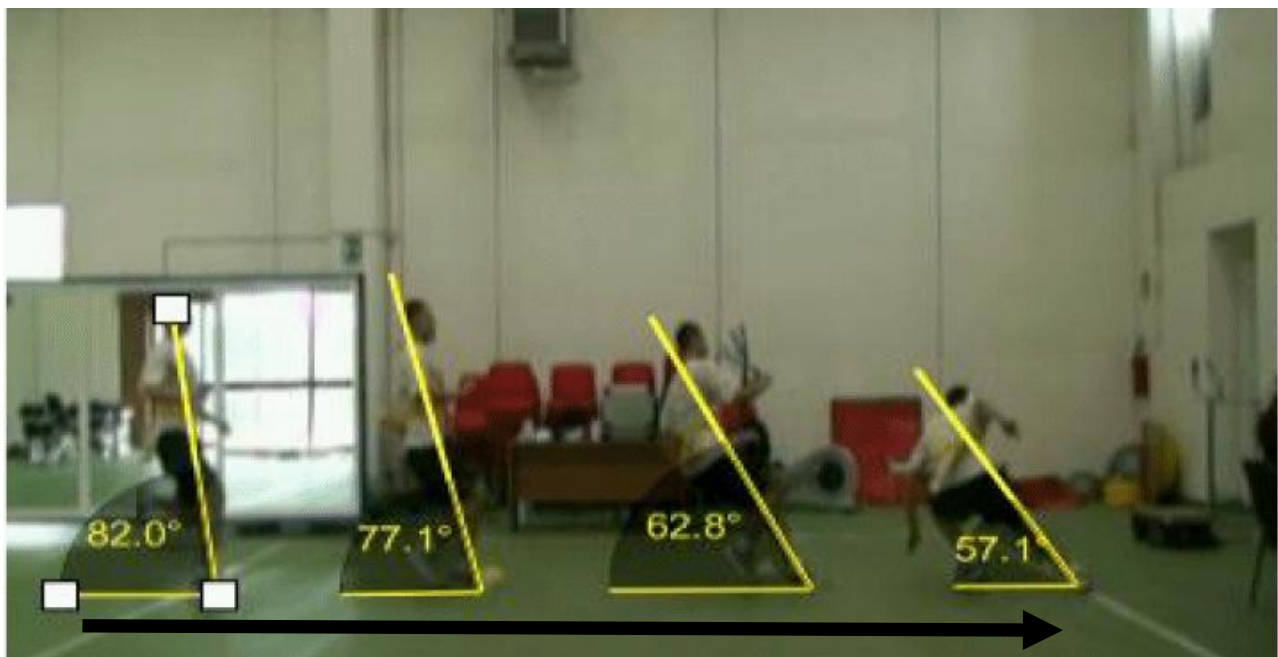


Figura 9 - Analisi della posizione del corpo e dei relativi angoli nella fase di frenata e ripartenza durante l'esecuzione di un cambio di senso.

Risulta inoltre importante far riferimento all'angolo al ginocchio e a quello tra il busto e la coscia in quanto durante azioni che prevedono frenate e cambi repentini di direzione, con lo scopo di mantenere basso il baricentro corporeo, gli angoli si mantengono relativamente chiusi, circa 110° quando sviluppiamo la navetta su 10m a 10 km/h e circa 80° quando stiamo sviluppando la massima intensità in una navetta su 10m) (intorno ai 16 km/h di media) - Tali angoli quindi diventano più chiusi in rapporto alla velocità di entrata

Nel dettaglio della fase di frenata e ripartenza degli ultimi 4 metri della navetta notiamo, dalla Figura 10, la velocità istantanea in rapporto all'avvicinamento al cambio di senso. L'aspetto interessante, tuttavia, è la traiettoria del baricentro del soggetto che tende ad abbassarsi in maniera progressiva di oltre 25 cm, per prepararsi al cambio di senso **e rispetto alla corsa normale**, in pratica ,non ci sono più fasi di volo.

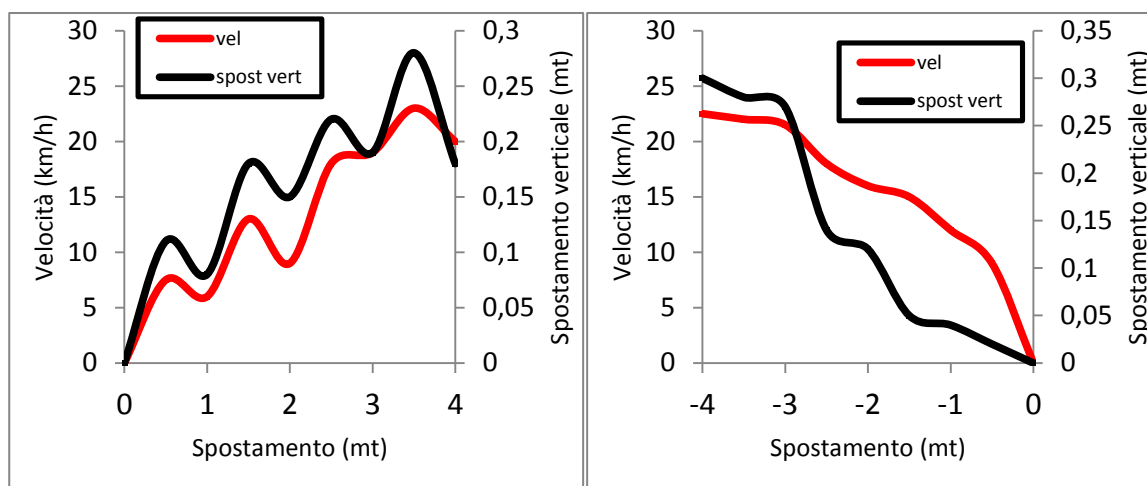


Figura 10 - Analisi della velocità e dello spostamento verticale del baricentro relativa alla fase di cambio di senso degli ultimi 4 metri di una navetta e alla fase di riaccelerazione nei primi 4 metri.

Anche nella fase di “riaccelerazione” notiamo come il baricentro risalga progressivamente e già entro 4 metri torna nella posizione di partenza. In questa fase notiamo le classiche oscillazione della velocità del baricentro dovute all’alternanza tra la fase di spinta e la fase di volo (dove nella fase di volo non c’è alcuna spinta e si è soggetti alla gravità).

Confrontando gli andamenti istantanei della velocità del soggetto si nota come nella fase di frenata sostanzialmente non esista la fase di volo in quanto il soggetto sta frenando abbassando il baricentro ed utilizzando il rapido alternarsi dei piedi senza spinta.

In un gruppo di giocatori della nazionale Under16 di basket (n 10) abbiamo effettuato anche l’analisi dei passi nella fase di “riaccelerazione” e gli angoli al ginocchio, rilevati sempre attraverso l’analisi rallentata del movimento.

MEDIA DEV.ST	E	Angolo ginocchio	Angolo corpo	Tempo appoggio	Tempo volo
I° PASSO			48 ± 6	440 + 94	48 ± 31
2° PASSO		110 ± 12	46 ± 2	256 ± 64	66 ± 19
3° PASSO		121 ± 8	48 ± 1	207 ± 29	87 ± 6
4° PASSO		128 ± 6	49 ± 2	178 ± 18	98 ± 16

Tabella 3- Analisi dei parametri relativi alla fase di riaccelerazione.

Escludendo il primo passo dove i soggetti, ancora in fase di torsione, potevano essere ripresi solo frontalmente con un'altra telecamera, notiamo

dalla Tabella 3 come gli angoli al ginocchio tendano ad aprirsi relativamente all'aumento della velocità sviluppando l'azione di forza da 110° a 130° . Il dato molto interessante risulta il sostanziale mantenimento dell'angolo del corpo rispetto al suolo, che rimane inclinato intorno ai 50° .

Anche il tempo di appoggio tende a diminuire drasticamente all'aumentare della velocità, è notevole la durata del primo passo che assorbe oltre il 30% del tempo totale di questa azione di 4 passi. Molto ridotta logicamente appare la fase di volo, anch'essa in aumento al crescere della velocità, che risulta essere già maggiore di 20 km/h al termine di quest'analisi.

Con l'ausilio del Muscle lab e della pedana dinamometrica annessa abbiamo inoltre valutato la forza applicata dal soggetto nei cambi di senso.

Come sappiamo la pedana di forza registra la componente verticale mentre il soggetto sviluppa la spinta in direzione del suo moto con un angolo che possiamo rilevare nella fase di frenata.

In questo modo dividendo la forza verticale impressa con il seno dell'angolo di inclinazione del soggetto sulla pedana otteniamo la vera forza applicata.

Di fatto il soggetto nella sua frenata tende anche a "slittare" soprattutto con il tronco verso l'interno e questo è uno dei problemi da risolvere per poter frenare più rapidamente e ripartire velocemente nella fase di inversione della navetta. (Fig 11)

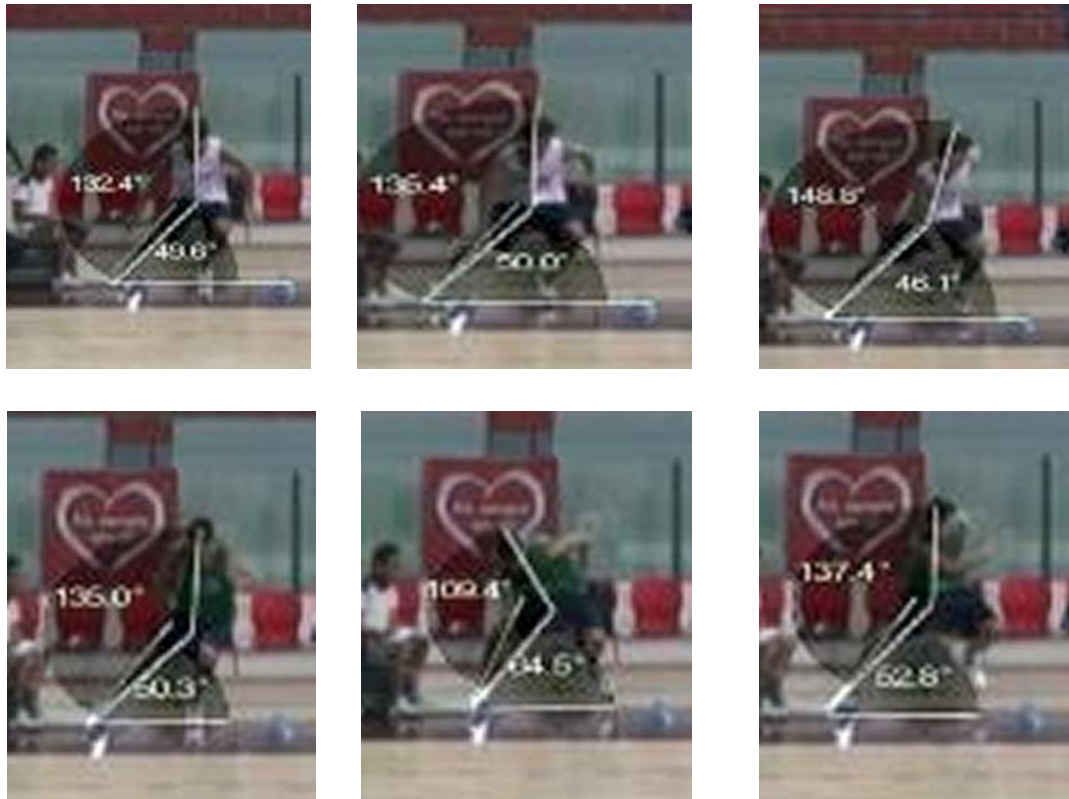


Figura 11 - Confronto per immagini di due soggetti che effettuano il cambio di senso: il soggetto A fa basculare poco il tronco per un buon bloccaggio del CORE e cambia senso in tempi brevi mentre il soggetto B fa basculare il tronco all'interno per mancanza di bloccaggio del CORE allungando quindi i tempi di appoggio nonostante sia più dotato di potenza muscolare.

Al fine di indagare cosa succedesse con queste due metodiche abbiamo confrontato la forza applicata dai due soggetti durante il cambio di senso e abbiamo trovato che il soggetto che bascula con il tronco riesce ad applicare un 10% di forza in meno rispetto al soggetto che ha il tronco rigido, soprattutto nella fase successiva alla frenata (fig 12) .

Tale condizione di basculamento lo obbliga a rimanere sulla pedana per un tempo più lungo con un evidente scadimento della velocità di inversione.

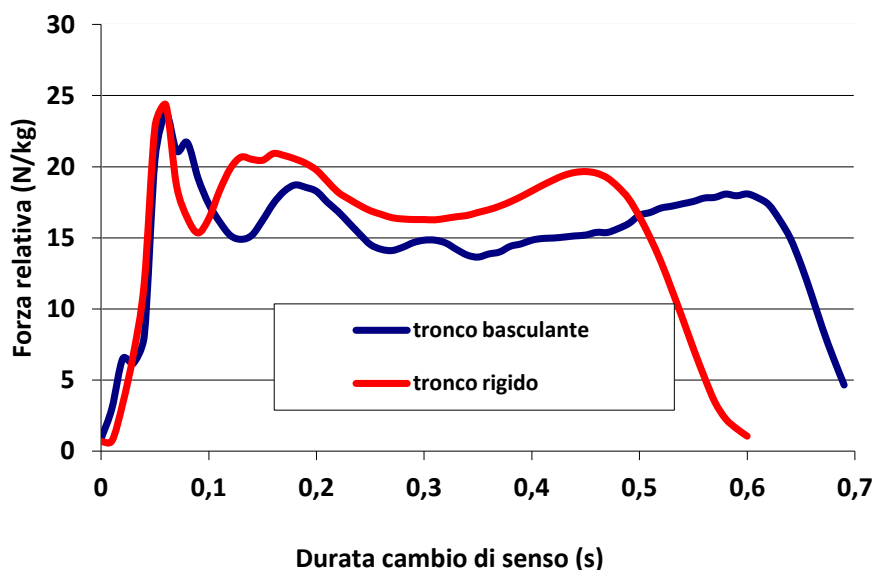


Figura 12 - Dinamogramma della forza relativa a due modalità di frenata, una con tronco basculante ed una con tronco rigido.

Da notare che il soggetto che bascula con il tronco ha nel CMJ monopodalico dei livelli di altezza di salto, forza e potenza superiori del 20% rispetto al soggetto che effettua la frenata con il CORE rigido. Questo maggior potenziale, tuttavia, non viene sfruttato al meglio per una mancanza di coordinazione tra arti e CORE.

Dai dati sopra analizzati possiamo comparare i parametri di questa azione muscolare di frenata e ripartenza rispetto ad altre azioni balistiche.

	H (cm)	Forza media 1g (Newton)	Tempo (millisec)	Impulso (N*s)
Cmj bipod	43,3 ± 5,6	918 ± 106	376 ± 33	345
Cmj monop	30,1 ± 2,7	1502 ± 114	417 ± 58	626
Affondo bl	25,3 ± 3,8	977 ± 132	439 ± 65	428
Cambio senso		1504 ± 176	451 ± 89	678

Tabella 4 - Confronto tra azioni balistiche e cambio di senso.

Dalla Tabella 4 possiamo notare come la fase del cambio di senso produca una forza molto simile a quella del CMJ monopodalico con una durata del 8% superiore. Anche l'impulso di forza della navetta risulta del 8% superiore rispetto all'impulso del salto.

Naturalmente dobbiamo considerare che l'azione di accelerazione e decelerazione con cambio di senso o direzione ampia risulta, negli sport di squadra, un gesto molto più specifico rispetto alle azioni balistiche massimali che nel calcio risultano molto rare mentre nel basket hanno sempre un rapporto con la tecnica e quindi non vengono mai sviluppate con la massima intensità.