

Settore Tecnico della F.I.G.C.

In collaborazione con ACF Fiorentina - BTS[®] - GLOBUS[®]

**STUDIO DEL METODO SPERIMENTALE DELLA POSTURA DI ATTESA
DEL PORTIERE DENOMINATA “FREQUENZA”**



Corso di specializzazione “Allenatore di portieri prima squadra e settore giovanile”

**“ANALISI DELLA POSTURA DI ATTESA NELL’ESECUZIONE TECNICA DI UN TUFFO
IN PRESA: STUDIO DEL CICLO ALLUNGAMENTO-ACCORCIAMENTO E DELLA
RESTITUZIONE DI ENERGIA ELASTICA SPECIFICI DEL GESTO TECNICO”**

Relatore

Prof. Ferretto Ferretti

Corsista

Alessandro Danti

S.S. 2015/2016

“Insisti, persisti, arrivi e... conquisti!”

*Dedicato a coloro che mi hanno sempre sostenuto,
i miei genitori , i miei nonni, i miei parenti
ed agli amici più stretti: Andrea, Niccolò e Denis*

INDICE

1. Introduzione	Pag. 1
2. Il ciclo allungamento-accorciamento - SSC	Pag. 2
2.1. Definizione	Pag.2
2.2. Caratteristiche fisiologiche	Pag. 3
2.3. Fasi del ciclo SSC	Pag. 4
2.3.1. <i>Fase I: Eccentrica</i>	Pag. 4
2.3.2. <i>Fase II: Ammortizzazione</i>	Pag. 4
2.3.3. <i>Fase III: Concentrica</i>	Pag. 4
2.3.4. <i>Analisi conclusiva</i>	Pag. 5
2.4. Valutazione funzionale	Pag. 5
2.5. Campi di applicazione pratica	Pag. 6
3. Test Sperimentale	Pag. 8
3.1. Obiettivo dello studio	Pag. 8
3.2. Protocollo di esecuzione	Pag. 9
3.3. Campione dello studio	Pag. 12
3.4. Materiali e metodi	Pag. 13
3.4.1. <i>Elettromiografo BTS®</i>	Pag. 14
3.4.2. <i>Sonda inerziale BTS®</i>	Pag.16
3.4.3. <i>Software di analisi dati BTS®</i>	Pag. 17
3.4.4. <i>Spara palloni GLOBUS®</i>	Pag. 18
3.5. Procedura del test	Pag. 19
3.5.1. <i>Preparazione atleta</i>	Pag. 20
3.5.2. <i>Sequenza pratica del test</i>	Pag. 20
3.5.3. <i>Controllo dei dati raccolti</i>	Pag. 21

4. Risultati	Pag. 22
4.1 Analisi dei dati	Pag. 30
4.1.1. <i>Por_B_99</i>	Pag. 31
4.1.2. <i>Por_B2_99</i>	Pag. 35
4.1.3. <i>Por_A_01</i>	Pag. 39
4.2 Confronto dei metodi	Pag. 43
4.2.1. <i>Obiezioni metodo sperimentale</i>	Pag. 48
5. Discussione	Pag. 50
6. Conclusioni	Pag. 53
7. Bibliografia	Pag. 55
Ringraziamenti	Pag. 57

1. Introduzione

Il muscolo umano possiede notevoli proprietà elastiche; nella fase eccentrica del movimento il muscolo ed il tendine immagazzinano energia elastica che poi restituiscono sotto forma di lavoro meccanico, nella successiva fase concentrica. Nell'analisi del comportamento muscolare effettuata tramite l'adozione di un modello meccanico a tre componenti (Chapman, 1985; Huijing, 1992), il ruolo di stoccaggio e restituzione dell'energia elastica, durante un movimento che comporti una fase di allungamento muscolare immediatamente seguita da una fase di accorciamento, è associabile all'elemento elastico in serie (SEC, *Serial Elastic Component*), che da un punto di vista anatomico, vede la sua parte passiva identificabile essenzialmente, nel tendine (il quale stocca circa il 72% dell'energia elastica totale). Con il ciclo allungamento-accorciamento (SSC *Stretch-Shortening Cycle*, SSC) si vuole impiegare al massimo l'energia elastica accumulata con il pre-stiramento al fine di permettere al muscolo di raggiungere la massima forza nel minor tempo. Nell'ambito specifico del portiere, l'espressione della potenza, ossia il rapporto tra velocità e forza espressa, è sicuramente una componente determinante e di fondamentale importanza in qualsiasi gesto tecnico, in quanto la maggior parte delle gestualità tecniche eseguite in porta prevedono un brevissimo tempo di preparazione ed un altrettanto breve tempo di esecuzione. Ecco perché ridurre al minimo i tempi di attivazione e pre-attivazione delle fibre muscolari sta diventando una necessità sempre più importante. Lo studio presentato da Suchomel TJ, Sole CJ, Stone MH, "*Comparison of methods that assess lower body stretch-shortening cycle utilization*" mette in evidenza l'impiego del ciclo SSC negli arti inferiori in vari sport, compreso il calcio. L'analisi, svolta su 86 atleti di college americani, ha riguardato diversi protocolli di studio (SJ, CMJ, PSAP, EUR, RS, RSImod) inerenti il ciclo allungamento-accorciamento. I risultati conclusivi hanno sottolineato come nel calcio maschile si possa riscontrare un frequente impiego del ciclo SSC.

2. Il ciclo allungamento-accorciamento - SSC

L'analisi del pre-stiramento muscolo-tendineo nel portiere di calcio nasce dalla necessità di adattamento ai cambiamenti del calcio moderno. Una delle componenti che ha influenzato in misura maggiore il cambiamento del ruolo del portiere negli ultimi anni è chiaramente la velocità di gioco. Maggiore velocità di gioco implica avere minor tempo di lettura delle situazioni, minor tempo di reazione agli stimoli esterni e minor tempo per prendere una decisione. Tutto questo chiaramente si ripercuote sui tempi di azione e di intervento del portiere, il quale deve essere sempre in condizione di poter agire al meglio ed in qualsiasi momento della prestazione. Considerato quanto sopra è chiaro che la postura di attesa e la conseguente fase di preparazione al gesto tecnico specifico non possono essere un aspetto trascurabile; anzi divengono, entrambi, condizioni sempre più determinanti ed indispensabili per riuscire a contrastare azioni di gioco più veloci e con tempi di intervento sempre minori.

2.1 Definizione

La maggior parte dei movimenti umani è caratterizzata da un'attivazione muscolare che comporta una fase di contrazione muscolare di tipo eccentrico, immediatamente seguita da una fase concentrica (Goubel, 1987; Komi, 1987). Questo particolare tipo di attivazione, viene comunemente definito come ciclo allungamento-accorciamento (*stretch-shortening cycle*, SSC) (Norman e Komi, 1979); il risultato ottenuto da una fase di pre-stiramento, immediatamente seguita da una contrazione concentrica, è un accumulo di energia elastica potenziale che viene restituita sotto forma di lavoro meccanico durante la fase concentrica stessa (Goubel, 1987). L'obiettivo del pre-stiramento è pertanto quello di aumentare la potenza dei movimenti successivi, sfruttando sia le componenti elastiche naturali dei muscoli e dei tendini che il riflesso da stiramento. Con il termine potenza si vuole intendere e definire la relazione tra forza e velocità, ovvero il funzionamento corretto di tutti i muscoli attivi impiegati per ottenere il miglior movimento possibile. E' quindi possibile affermare che quando si verifica una rapida azione muscolare eccentrica-concentrica, quale il pre-

stiramento, l'energia elastica immagazzinata viene rilasciata, aumentando la produzione totale di forza, di velocità e di potenza espresse durante la fase concentrica (Bisciotti et al., 2002).

2.2 Caratteristiche fisiologiche

Analizzando la non volontarietà del movimento SSC, si può comprendere che il riflesso da stiramento è la risposta involontaria del corpo ad uno stimolo esterno che allunga i muscoli. Questa componente riflessiva (o riflessa) dell'esercizio di allungamento del muscolo è principalmente dovuta all'attività del fuso neuromuscolare. I fusi neuromuscolari sono degli organi propriocettivi sensibili alla misura e all'ampiezza dell'allungamento; quando viene rilevato un allungamento veloce, l'attività muscolare aumenta a livello riflesso. Questa risposta riflessiva potenzia o aumenta l'attività del muscolo agonista, aumentando quindi la forza prodotta dal muscolo. Se ad un azione muscolare concentrica non segue immediatamente l'allungamento, la capacità di potenziamento del riflesso da stiramento viene vanificata. Pertanto è possibile affermare che se l'azione concentrica muscolare non avviene immediatamente a seguito dell'azione eccentrica, o se la fase eccentrica è troppo lunga o si sviluppa in un ROM (*Range of Motion*) articolare troppo grande, l'energia elastica immagazzinata si disperde e viene persa sotto forma di calore (T.R. Beachle, 2010; R.W. Earle, 2010). È altresì evidente che la velocità di esecuzione del ciclo allungamento-accorciamento è una componente determinante per massimizzare la restituzione dell'energia elastica immagazzinata in precedenza, evitando la dispersione che potrebbe vanificare l'utilità di tutto il precedente movimento riflesso di pre-attivazione. A tal proposito occorre ricordare come il muscolo nel corso di un movimento che preveda un SSC, sia in grado di sviluppare delle velocità angolari molto rilevanti, che possono raggiungere i 15-16 rad. sec⁻¹ (Bosco, 1982; Bosco, 1997), mentre nel caso di movimenti senza l'impiego di un SSC le velocità angolari possono essere al massimo di 6 rad. sec⁻¹.

2.3. Le fasi del ciclo SSC

2.3.1 Fase I: Eccentrica

La prima fase che viene attivata in un movimento di allungamento-accorciamento è caratterizzata da una contrazione eccentrica del muscolo. Questo primo movimento crea una condizione di allungamento del gruppo muscolare agonista, prevedendo il “caricamento” del sistema muscolo-tendineo, come si trattasse di una molla pronta a tornare alla sua condizione di partenza non appena viene rilasciata. Pertanto l’energia elastica prodotta durante il pre-stiramento muscolo-tendineo della fase eccentrica (caricamento della molla) viene immagazzinata nella componente elastica in serie (CES) (T.R. Beachle, 2010; R.W. Earle, 2010).

2.3.2 Fase II: Ammortizzazione

La fase II rappresenta il tempo che intercorre tra la fase eccentrica (I) e quella concentrica (III) e viene chiamata “fase di ammortizzazione”. Questa fase dell’SSC è forse la più importante nel permettere la massima produzione di potenza; per questo la sua durata deve essere la più breve possibile. Se la fase di ammortizzazione dura troppo a lungo, l’energia immagazzinata durante la fase eccentrica si disperde sotto forma di calore e il riflesso da stiramento non aumenterà l’attività muscolare durante la successiva fase concentrica. Quando il movimento riprende nuovamente, la fase di ammortizzazione termina.

2.3.3 Fase III: Concentrica

La fase concentrica o fase III, è l’atto conclusivo del ciclo di allungamento-accorciamento nonché la risposta del corpo alla fase eccentrica e a quella di ammortizzazione. Durante questa fase l’energia elastica immagazzinata dal complesso muscolo-tendineo nelle precedenti due fasi viene rilasciata per aumentare la forza del movimento conseguente, oppure dispersa sotto forma di calore. Durante la fase III si verifica un accorciamento delle fibre muscolari agoniste, le quali sono sollecitate dai motoneuroni alfa che ne determinano l’azione

muscolare concentrica riflessa (cioè il riflesso da stiramento) (T.R. Beachle, 2010; R.W. Earle, 2010).

2.3.4. Analisi conclusiva

Il ciclo allungamento-accorciamento combina due meccanismi, quello *meccanico* e quello *neurofisiologico*. E' evidente, per quanto trattato fino a qui, che il riflesso o l'azione riflessiva che porta il corpo ad attuare questa strategia ha la possibilità di seguire due strade opposte: sfruttare al massimo le tre fasi del ciclo di allungamento-accorciamento impiegando l'energia elastica per aumentare l'efficacia del movimento conseguente, oppure rendere tutto vano disperdendo l'energia accumulata nella componente elastica in serie (CES) sotto forma di calore. Malgrado possa sembrare alquanto strano "sprecare" tutto il lavoro svolto dal ciclo SSC questa situazione si verifica molto frequentemente; le principali motivazioni della totale o parziale dispersione dell'energia elastica accumulata sono da attribuirsi ad una eccessiva anticipazione dell'azione di preparazione, la quale aumenta il tempo che trascorre tra il ciclo SSC ed il movimento conseguente, andando quindi a disperdere progressivamente l'accumulo energetico; altra condizione sfavorevole alla massimizzazione dell'energia accumulata è una eccessiva apertura, ad esempio, degli arti inferiori i quali non permettono di avere i tempi idonei ad eseguire la rapida azione concentrica richiesta dalla fase III.

2.4. Valutazione funzionale

Per comprendere al meglio la funzione del ciclo SSC, è necessario partire dal concetto di *potenza*, ovvero la relazione che esiste tra velocità e forza. Partendo dal presupposto che il ciclo di allungamento-accorciamento porta il complesso muscolo-tendineo ad avere una maggiore espressione di potenza, si può affermare che si avranno di conseguenza maggiori espressioni sia di forza che di velocità. Analizzare e sfruttare al meglio il ciclo SSC porta sicuramente dei benefici in termini di prestazione, andando ad aumentare la velocità dei complessi muscolo-tendinei e delle relative catene cinetiche. Per eseguire un'azione motoria

coordinata, ovvero “la capacità che permette di eseguire un qualsiasi movimento nel modo più efficace”, diventa fondamentale capire che l’energia elastica costituisce energia “metabolicamente gratuita” e per questo motivo riveste un ruolo essenziale, sia nel potenziamento, che nell’economia del gesto (Cavagna et al.,1971). Possiamo pertanto affermare in conclusione, che la funzione del ciclo SSC è duplice:

- aumentare la potenza espressa dai complessi muscolo-tendinei nei movimenti conseguenti;
- economizzare, da un punto di vista metabolico, il dispendio energetico nell’azione motoria complessiva.

2.5. Campi di applicazione pratica

Analizzando nello specifico il ruolo del portiere è opportuno precisare che, solitamente, in ogni situazione di gioco, quest’ultimo si trova a compiere azioni più o meno complesse, le quali sono caratterizzate tutte da due fasi:

- Fase di preparazione
- Fase di esecuzione

Il lavoro presentato si concentrerà principalmente sulla fase di preparazione, nella quale è presente il ciclo di allungamento-accorciamento. Secondo la scuola di pensiero italiana, la postura di attesa del portiere, prevede una staticità quasi assoluta, la quale porta ad una condizione di contrazione isometrica degli arti inferiori fino all’esecuzione della gestualità tecnica. Tale condizione di assoluta staticità è sicuramente in forte contrasto con i principi di impiego dell’energia elastica dovuta al ciclo di allungamento-accorciamento. Per comprendere al meglio tale differenza, possiamo fare riferimento ad un test ormai consolidato: lo Squat Jump (SJ) ed il Contro Movimento Jump (CMJ *Contermouvement Jump*). Nelle due diverse esecuzioni di salto nei test di forza su balzi verticali, è ampiamente dimostrato che nel primo movimento lo Squat Jump ha sicuramente una componente fortemente isometrica vista la staticità della condizione di partenza, mentre nel contromovimento si ha una condizione di allungamento-accorciamento dovuta al contromovimento eseguito prima del balzo finale. I dati di qualsiasi test confermano quanto segue: il salto verticale con contromovimento ha un’espressione di forza maggiore

aumentando quindi l'altezza massima raggiungibile (T.R. Beachle, 2010; R.W. Earle, 2010). Questo accade perché nella seconda tipologia di movimento, alla forza espressa dalla contrazione concentrica degli arti inferiori, si somma la restituzione di energia elastica accumulata nel contromovimento iniziale, andando quindi ad aumentare la potenza espressa nel salto finale. Nella postura di attesa del portiere si può notare, pertanto, che laddove si richieda un'assoluta staticità, si vedrà sempre ed in qualsiasi categoria o fascia di età, un movimento involontario paragonabile ad un leggero salto, prima dell'esecuzione di qualsiasi gesto tecnico in difesa della porta. Tale movimento è dato dalla somma dei due concetti: la necessità dell'organismo di reclutare una quantità di forza maggiore con l'impiego di energia elastica con il ciclo SSC e la componente inconscia legata al riflesso ed al ciclo allungamento-accorciamento la quale risulta essere predominante rispetto alla volontà conscia ed imposta di mantenere una posizione statica di assoluta isometria.

Analizzando tramite la "Match Analisi" il salto verticale che si verifica inconsciamente nella fase di preparazione al gesto tecnico, si può comprendere che questo movimento può portare dei notevoli svantaggi riconducibili ad un'eccessiva fase di caricamento. Tale condizione porta l'atleta ad eseguire una fase di volo troppo pronunciata, con conseguente impossibilità di ulteriori movimenti considerata la totale assenza di appoggi dei piedi sul terreno. Ciò determina un conseguente ritardo nell'esecuzione finale del gesto tecnico; inoltre, se la fase di atterraggio presenta dei tempi di appoggio troppo lunghi o un'eccessiva apertura degli arti inferiori, si ha una progressiva perdita dell'energia elastica accumulata con il saltello di preparazione, andando così a dissipare progressivamente tutta l'energia accumulata in precedenza sotto forma di calore. In relazione a quanto espresso fino ad ora, concludendo, si può considerare la postura isometrica di partenza come una condizione che viene "messa in discussione" dall'organismo stesso, il quale tenta, in maniera inconscia, di trovare una soluzione alternativa e migliore per far fronte alla necessità di eseguire un movimento successivo: il "saltello" che non è altro che un movimento di preattivazione basato sul ciclo allungamento-accorciamento o SSC.

3. Test Sperimentale

Per comprendere, analizzare e confrontare il ciclo di allungamento-accorciamento nel ruolo specifico del portiere è stato progettato e applicato un test sperimentale che si pone l'obiettivo di fornire dei dati precisi e scientificamente validi ricavabili dall'analisi dei movimenti effettuati durante la fase di preparazione. Trovare soluzioni idonee per rendere oggettivo, ripetibile ed attendibile il lavoro svolto non è stata cosa semplice. Tutto questo è diventato possibile grazie all'utilizzo di strumenti scientifici di alta tecnologia, che interagendo fra loro hanno fornito dei dati chiari ed utili alla causa da analizzare.

3.1. Obiettivo dello studio

Il presente lavoro si propone l'obiettivo di analizzare e comprendere il ciclo di allungamento-accorciamento nella preparazione al gesto tecnico specifico del portiere. Lo scopo principale è quello di comprendere l'importanza dell'energia elastica generata dal contromovimento, che si verifica precedentemente all'azione motoria, dimostrando così il verificarsi dell'incremento della potenza espressa durante il movimento finale. Analizzando i cambiamenti del gioco del calcio degli ultimi anni, si può facilmente comprendere come vi sia una crescita costante delle velocità di gioco: i tempi di gioco sono infatti sempre più veloci e la velocità stessa del pallone risulta essere sempre maggiore; pertanto l'evoluzione della dinamicità del gioco coinvolge tutti i suoi partecipanti, compreso il portiere. Oltre all'esponentiale crescita dell'utilizzo, sempre più frequente, della tecnica podalica in fase di possesso e della difesa di spazi sempre più ampi, il portiere si deve scontrare costantemente con velocità sempre maggiori. Con il termine velocità si intendono tutte le sue componenti: velocità motoria, velocità di anticipazione, velocità di percezione, velocità decisionale e la conseguente capacità di reazione. Laddove riesca una perfetta sincronia di tutte le componenti della velocità si ha la possibilità di eseguire al meglio qualsiasi azione motoria, dalla più semplice alla più complessa.

Oltre all'analisi del movimento inconscio ("saltello") che si verifica durante la fase di preparazione, quando il portiere è in postura di attesa, il test andrà a valutare i risultati ottenuti mediante la disposizione di una tecnica caratterizzata da un "alta frequenza sincrona

di appoggi bipodalici” eseguiti poche frazioni di secondo prima dell’azione motoria specifica, durante la fase di preparazione al gesto tecnico. I risultati ottenuti, verranno poi paragonati con i dati rilevati nella pre-attivazione secondo la classica metodologia statica. Lo studio valuterà pertanto approfonditamente i seguenti parametri:

- Differenze tra i tempi di pre-attivazione neuromuscolare delle fibre muscolari impiegati nelle 2 diverse tipologie di postura analizzate: classica e sperimentale;
- Forza complessiva espressa in Newton;
- Ordine e sequenze di pre-attivazione e/o di attivazione dei diversi muscoli analizzati;
- Confronto delle diverse attivazione delle fibre muscolari per andare a stabilire l’importanza del singolo muscolo in relazione all’istante di attivazione ed al relativo movimento generato.

3.2. Protocollo di esecuzione

Per eseguire il test è stato studiato un preciso protocollo di valutazione che possa garantire il soddisfacimento dei principi generali inerenti una sperimentazione scientificamente valida. La struttura scelta è stata il centro sportivo di Fiesole Caldine, della società calcistica professionistica ACF Fiorentina, la quale ci ha messo a disposizione ai fini dello studio, la struttura coperta (pallone) all’interno della quale si trovano la palestra ed il campo sintetico indoor per i lavori di prevenzione e pre-allenamento. Effettuando le prove in un ambiente chiuso abbiamo potuto ovviare a tutte quelle variabili legate agli agenti atmosferici che avrebbero interferito con la raccolta dei dati e la loro riproduzione. Il campo in sintetico di circa 20 x 20 metri, è risultato ampiamente idoneo ad ospitare tutte le attrezzature necessarie ed a garantire la riproducibilità dei movimenti del portiere come in un contesto reale di gioco. Tale spazio è stato occupato da 3 postazioni con funzioni distinte:

1. *Postazione di analisi*: è il centro di raccolta dei dati, dove il computer ed il software di analisi ricevono i segnali degli strumenti di valutazione grazie ai ricevitori wireless. La postazione si trova di lato vicino al portiere, senza intralciare la sua visuale o il suo operato. L’operatore addetto a questa postazione gestisce i tempi delle esecuzioni, avvisando il portiere e segnalando il momento in cui inizia l’analisi dei dati da parte del

software e, di conseguenza, quando è possibile lanciare il pallone con la spara palloni. I tre distinti eventi sono gestiti grazie all'attivazione di tre dispositivi luminosi, avvisano il portiere, il primo segnale, di colore verde, indica l'inizio della prova e quindi porta il tester a mettersi in postura di lavoro, il secondo segnale, di colore rosso, indica l'effettivo inizio dell'analisi dei dati. Una volta raggiunta la postura corretta, questa deve essere mantenuta per circa 3/4 secondi fino a che il software non ha acquisito la condizione basale dell'attività muscolare. Il terzo ed ultimo segnale, di colorazione verde, non è visibile al portiere, e segnala quando deve essere attivata la spara palloni, risultando visibile solamente agli addetti al lancio del pallone. Questo sistema con segnalatori luminosi (*Fig. 1*) è stato pensato per evitare che il portiere, esecutore del test, possa in qualche modo essere influenzato dai segnali di partenza della postazione computer. Un segnale visivo o un comando vocale potrebbero infatti pre-attivare l'azione del portiere influenzando la sua capacità di anticipazione, falsando così i dati raccolti. Ecco perché si è preferito optare per dei segnali nascosti e chiari per tutti i partecipanti al test.

2. *Postazione Spara palloni Globus®*: l'utilizzo della spara palloni è indispensabile per rendere oggettiva una variabile che ha un'importanza fondamentale: la traiettoria del pallone. Rendere costanti velocità e traiettoria del pallone permette di rendere ripetibile ed oggettivo tutto il test. Il calcio di una persona, per quanto abile ed allenata, non può essere regolato meccanicamente e quindi non è possibile che si ripeta costantemente senza avere delle variabili significative. La costante velocità e la costante precisione di lancio del pallone rendono il test ripetibile in qualsiasi condizione e con assoluta precisione, mantenendo al minimo il margine di errore o di variabilità. Al segnale apposito, comandato dalla postazione di analisi con l'accensione della luce verde, l'addetto fa partire il pallone per attivare il movimento del portiere facendogli eseguire il tuffo. La postazione della spara palloni è situata esattamente a 10 metri dal portiere posta in linea retta con la direzione del pallone. Si richiede quindi un tuffo con linea di parata laterale senza alcun attacco alla palla. La velocità del pallone è relativa alla categoria ed alle abilità del portiere analizzato: si ricerca comunque una velocità massima, compresa fra i 65 ed i 90 Km/h, finalizzata all'impiego massimale delle abilità del portiere e si cerca di evitare il risparmio energetico dovuto ad una possibile facilità di intervento. Il lancio del pallone sopra la soglia massima di velocità (e di conseguenza dei tempi di reazione) e l'impiego di uno strumento che non permette letture anticipate sono una scelta importante

e ponderata, perché permettono così di analizzare i reali tempi di pre-attivazione e di azione da un punto di vista della biomeccanica dei gesti senza che vi sia un eccessivo intervento della componente cognitiva legata all'anticipazione motoria.

3. *Postazione esecuzione pratica:* Questa è la postazione più importante ovvero quella dove di fatto viene eseguito il test vero e proprio. Il portiere, oggetto delle analisi, si posiziona seguendo le linee bianche poste ai suoi piedi, così da avere un riferimento sempre presente ed utile ad evitare cambiamenti nelle esecuzioni successive e dando così una maggiore oggettività a tutto il protocollo di esecuzione. Una volta preparato con le opportune strumentazioni, il portiere si posiziona nella zona di partenza. Il primo segnale verde, attivato dalla postazione di analisi, indica che la prova sta per iniziare e il portiere viene per ciò invitato a posizionarsi nella postura corretta, ovvero ad un determinato angolo articolare e secondo la metodologia in oggetto: classica o sperimentale. Una volta raggiunta la corretta postura si passa al segnale rosso, il quale effettivamente dà inizio alla prova: si mantiene questa postura per circa 3/4 secondi, permettendo al software di analizzare e campionare l'attività basale delle catene cinetiche e valutando il punto "zero" con la sonda inerziale, entrambi indispensabili per stabilire l'elaborazione dei dati successivi. Non appena parte il pallone il portiere esegue un tuffo massimale con successiva fase di caduta sui materassini posti di fianco a lui, utili ad evitare il danneggiamento delle sonde dell'elettromiografo. Con il tuffo si conclude di fatto la prova. Considerato che l'analisi è volta alla fase di preparazione e che la traiettoria del pallone è massimale, non si va ad analizzare il buon esito della parata, al contrario si va a valutare il percorso che ha portato ad eseguire la stessa.



Sistema di gestione del test con luci ad attivazione manuale

3.3. Campione dello studio

Il campione scelto per l'esecuzione del test è suddiviso in 3 categorie: primavera, allievi nazionali e giovanissimi nazionali. L'età quindi, è compresa fra i 20 ed i 14 anni, andando così a valutare i diversi comportanti nelle diverse fasi dello sviluppo, potendo capire, inoltre, le soglie massimali di reazione all'interno delle diverse categorie o fasce di età. Tutti i portieri analizzati militano in categorie professionistiche e sono tesserati ACF Fiorentina. Per rendere lo studio più completo possibile ed avere un ampio campione di analisi dei dati sono stati usati 2 portieri per ogni categoria sopra citata. In questo modo, utilizzando 6 portieri, siamo riusciti ad avere un campione di analisi dato da circa 120 esecuzioni. Di seguito la tabella (Tab. 1) relativa alle categorie ed ai dati di ogni portiere.

Tab. 1 - Campione dello studio

NOME	CATEGORIA	ANNO	ALTEZZA	PESO
Por_A_96	Primavera	1996	186 cm	82 kg
Por_B_99	Primavera	1999	190 cm	78 kg
Por_A_99	Allievi Nazionali	1999	187 cm	80 kg
Por_B2_99	Allievi Nazionali	1999	186 cm	75 kg
Por_A_01	Giovanissimi Nazionali	2001	184 cm	67 kg
Por_B_01	Giovanissimi Nazionali	2001	187 cm	68 kg

Considerando l'obiettivo principale del test, non si sono apportate correzioni tecniche, ma solo, laddove necessario, sono stati corretti solamente gli errori esecutivi in funzione del test. Questo per lasciare libertà di espressione tecnica all'atleta per evitare condizionamenti cognitivi legati all'attenzione ed alla cura del gesto tecnico che avrebbero potuto distogliere dall'esecuzione realistica del movimento.

3.4. Materiali e metodi

Utilizzando i classici metodi di valutazione empirica sicuramente non è pensabile capire ed analizzare da un punto di vista scientifico un'azione motoria più o meno complessa. Soprattutto se si cerca di stabilire la fisiologia e la biomeccanica di un movimento, la difficoltà di valutazione aumenta esponenzialmente. I comuni strumenti di analisi quali, ad esempio, riprese video, fotocellule, cronometri, sicuramente non sarebbero serviti a produrre alcun risultato scientificamente valido. Ecco perché si è cercato in ogni modo di trovare delle soluzioni tecnologicamente avanzate che permettessero di creare un protocollo di analisi completo, funzionale e soprattutto affidabile. La soluzione scelta è inerente all'interpolazione di tre strumenti altamente tecnologici in grado di "comunicare" perfettamente tra loro uniti a sistemi meno avanzati che però hanno comunque una loro funzione specifica. L'impiego del sistema di controllo con luci azionate manualmente, ad esempio, non è sicuramente un ritrovato altamente tecnologico; è indubbio, però, che porti il suo valore aggiunto come ognuno degli altri componenti. Prima di descrivere dettagliatamente ognuno degli strumenti utilizzati per le rilevazioni e l'analisi dei dati, è opportuno citare brevemente, un 'altro strumento molto utile: la pistola laser "Bushnell Velocity" (Fig.1) utilizzata per campionare oltre 400 conclusioni a rete durante gli allenamenti delle varie categorie, così da poter eseguire un'accurato studio di preparazione al test, volto a stabilire le medie delle velocità nelle conclusioni dei giocatori di movimento, durante le esercitazioni specifiche di tiro in porta. I dati ricavati hanno permesso di stabilire le velocità del pallone, dalle quali sono stati ricavati i tempi di reazione e di azione in base alle distanze delle conclusioni. Con i dati emersi si è deciso di lavorare su velocità comprese tra i 65 ed i 90 Km/h (in base alla categoria del portiere eseguente il test) seguendo il concetto dell'esecuzione massima precedentemente espresso.



Fig. 1 - Pistola rilevazione velocità pallone "Bushnell"

3.4.1. Elettromiografo BTS® - FREEEMG 1000

BTS® FREEEMG 1000 è un sistema senza fili per rilevare ed analizzare il movimento in tempo reale. Questo strumento, scelto per la valutazione scientifica dell'impegno e dell'attività muscolare, è uno dei prodotti tecnologicamente più avanzati presenti sul mercato. Grazie all'elettromiografo wireless BTS® è possibile interagire con 10 sonde miniaturizzate (Fig.3) con elettrodi attivi, utilizzati per l'acquisizione e la trasmissione dei dati. Le sonde amplificano i segnali, li digitalizzano e li rendono leggibili al ricevitore wireless USB collegato direttamente al computer (Fig.2), il quale, grazie al software appositamente studiato, permette l'analisi e l'elaborazione dei dati in tempo reale. Uno degli aspetti più importanti di questo prodotto è sicuramente la assoluta assenza di cavi, che permette non solo di eliminare il disagio di questi ultimi durante l'esecuzione dei movimenti, ma garantisce la massima libertà di azione, non ponendo alcun limite di utilizzo, perché concede la gamma completa di movimenti senza alcuna restrizione.

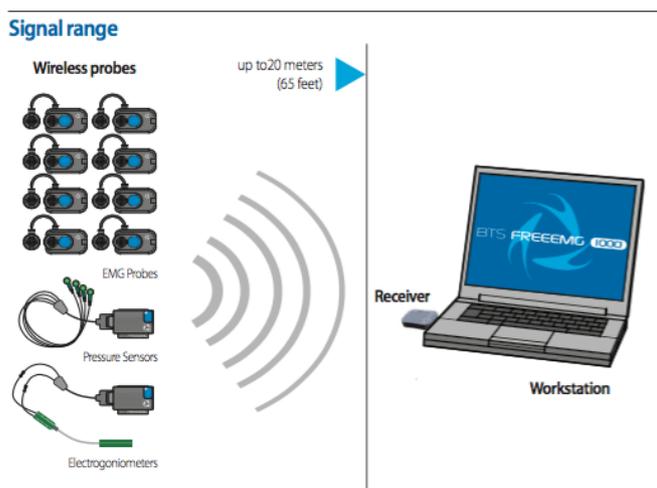


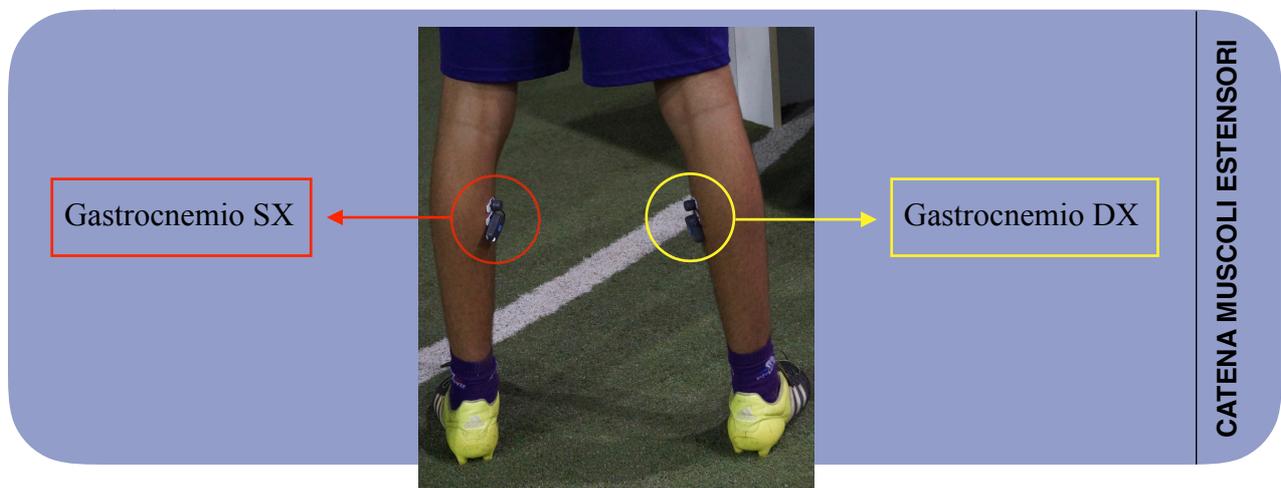
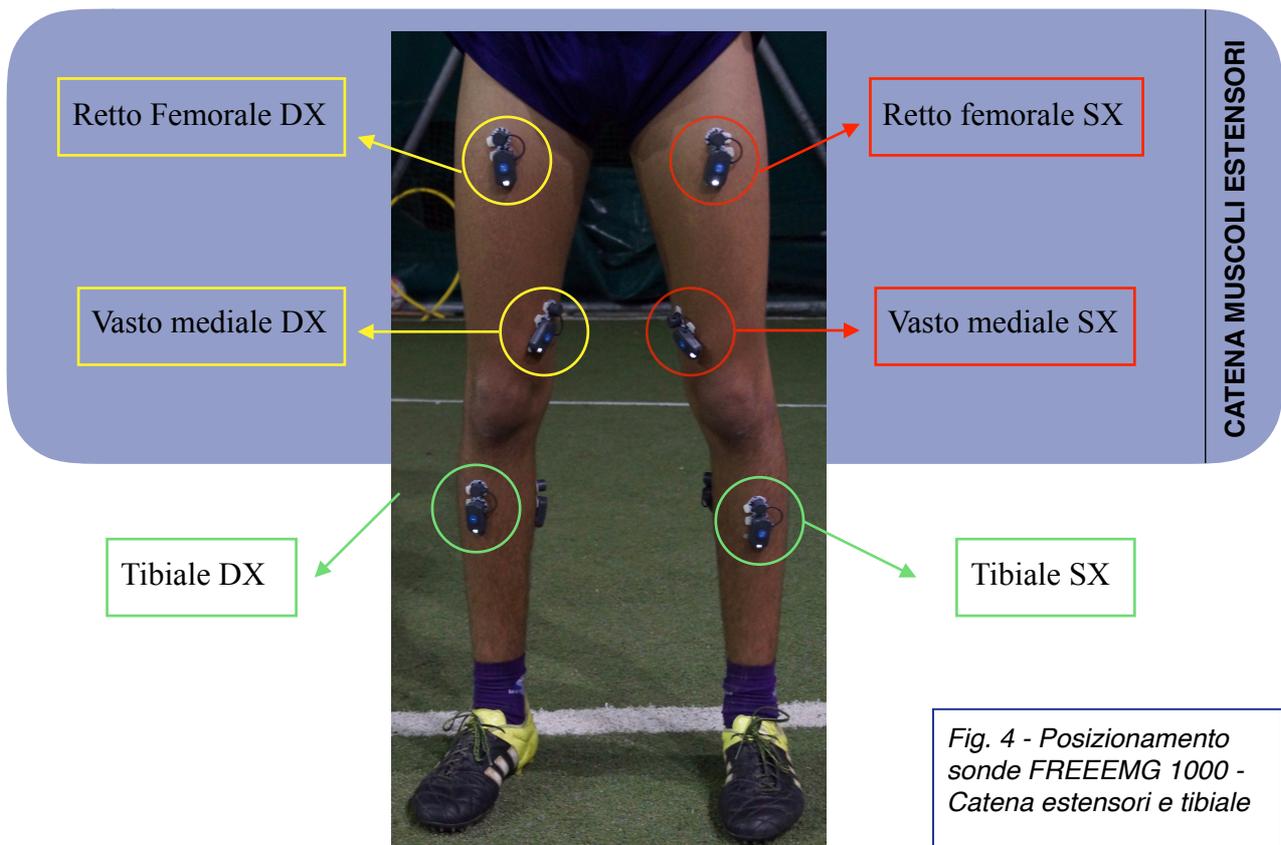
Fig. 2 - Sincronizzazione wireless sonde-computer



Fig. 3 - Sonda elettromiografo

L'elettromiografo BTS® dispone di 10 sonde gestibili in maniera autonoma ed indipendente. In seguito a questa constatazione e valutando attentamente il movimento da analizzare, abbiamo preso in esame le possibilità che questo strumento ci concedeva: pertanto abbiamo deciso di usare 8 delle 10 sonde a disposizione posizionandole sulla catena dei muscoli estensori della gamba e sul tibiale anteriore (Fig.4). La scelta della catena cinetica dei muscoli estensori ci ha portato a comprendere la funzione del ciclo di allungamento-

accorciamento in funzione del gesto tecnico del tuffo. Dopo il confronto con il bio-ingegnere della casa madre BTS, relativo al movimento da analizzare ed alle funzioni degli strumenti impiegati, abbiamo deciso di abbinare una sonda per ciascun muscolo tibiale anteriore. Questa valutazione ci ha permesso di comprendere al meglio il tempo di pre-attivazione nella fase di preparazione, dando risultati inaspettati soprattutto nel metodo sperimentale. Pertanto l'unione della catena cinetica dei muscoli estensori al tibiale anteriore ci ha fornito il quadro esatto dei dati che volevamo analizzare.



3.4.2. Sonda inerziale BTS®

Il sistema BTS® G-WALK è uno strumento tecnologicamente avanzato che permette l'analisi funzionale dei movimenti. Grazie a questo piccolo sensore wireless è possibile rilevare i dati oggettivi in tempo reale. Inoltre con l'apposita periferica USB i dati vengono inviati immediatamente al computer, il quale li processa grazie al software ottimizzato ed appositamente creato. Il sensore inerziale G-WALK (Fig.5) viene posizionato intorno alla vita, precisamente in L5, utilizzando una cintura ergonomica con apposita tasca (Fig.6). La posizione della cintura ed il trasferimento dei dati wireless permettono la massima libertà di movimento, garantendo di poter eseguire qualsiasi analisi cinematica. Grazie alla molteplicità di sensori inerziali, è possibile rilevare gli spostamenti di qualsiasi genere e/o velocità, su ognuno dei 3 assi. In relazione allo studio in oggetto, il sensore permette di ottenere informazioni molto importanti come: parametri spazio-temporali, cinematica generale e specifica. Diventa, quindi, indispensabile, per valutare soprattutto il tempo del movimento nello spazio. Inoltre il suo valore aggiunto è dato dalla possibilità di comunicare con l'elettromiografo wireless *BTS® FREEMG 1000*; difatti interpolando i dati rilevati, si riesce a stabilire l'esatto momento in cui il tester effettua il reale movimento nello spazio, riuscendo così a calcolare perfettamente i tempi di pre-attivazione delle singole fibre muscolari e la qualità del loro intervento in funzione dell'azione motoria effettuata. L'analisi dei tempi di pre-attivazione è il "core" del test, in quanto confrontando i tempi di azione e reazione si ha un quadro della qualità della fase di preparazione al gesto tecnico, andando a capire quale metodo influenza più o meno positivamente il ciclo allungamento-accorciamento.

BTS G-WALK



Fig. 5 - Sensore inerziale G-WALK



Fig. 6 - Posizionamento sensore L5

3.4.3. Software di analisi dati BTS®

Il software BTS® è il centro di controllo di tutto il sistema di rilevazione. Grazie a questo strumento realizzato specificamente per questo test, è possibile raccogliere i dati in tempo reale, archivarli e, successivamente, elaborare l'analisi del lavoro svolto. La funzione di questo strumento è duplice:

- controllare le prove effettuate per confermarne la validità oppure, in caso di errori pratici o di rilevazione, renderle nulle per ripetere nuovamente il singolo evento errato;
- generare grafici e tabelle con i dati emersi, riuscendo così a confrontare i risultati ottenuti.

Il sistema di rilevazione fornisce la visualizzazione grafica dell'attività di ogni singolo muscolo sondato (Fig.7), e contemporaneamente la cinematica del movimento del sensore inerziale G-WALK. La tipologia di informazioni e l'analisi dei dati verrà trattata successivamente nella discussione della presente tesi.



*Registrazione attività BASALE
singolo muscolo analizzato*

*Pre-attivazione
neuromuscolare*

*Attivazione e relativa
azione muscolare*

Fig. 7 - Software analisi dati

3.4.4. Sparapalloni GLOBUS®

Il sistema sparapalloni GLOBUS® (Fig.8) è lo strumento che ho scelto per rendere oggettivo il protocollo del test. L'utilizzo della sparapalloni è divenuto indispensabile durante la fase di studio del protocollo di valutazione, in quanto non era possibile considerare oggettivo il calcio del collaboratore. In seguito allo studio sulle velocità del pallone eseguite nelle varie categorie, ovvero: Primavera, Allievi, Giovanissimi, ho ricavato la media della velocità sulle conclusioni in porta da una distanza di circa 16 metri. Così è stato possibile ottenere la proporzione e scegliere come impostare perfettamente la sparapalloni GLOBUS® affinché riproducesse il calcio medio di un atleta della categoria di appartenenza del portiere che eseguiva il test. L'altro aspetto fondamentale dal quale non potevo prescindere era sicuramente la precisione del calcio. Affinché fosse possibile ripetere il test, si doveva utilizzare sempre la stessa traiettoria del pallone, evitando differenze sostanziali che potessero in qualche modo influenzare i valori dei dati ottenuti. Seguendo quindi, il concetto dello stimolo massimale, la traiettoria del pallone è stata considerata più volte come variabile fortemente influenzante. Pertanto la scelta finale è ricaduta su di una traiettoria frontale posta in linea retta con il possibile punto di impatto del pallone, distante 3 metri esatti dalla postazione di partenza. Sicuramente, così facendo, sono sorti dei problemi logistici in quanto ad ogni cambio del lato di tuffo (dopo aver eseguito le 3 prove per ogni lato con i 2 metodi di valutazione) si doveva riposizionare la macchina sparapalloni, affinché si ritrovasse la linea retta per eseguire la parata sempre nelle stesse condizioni di partenza. Allo stesso modo, però, non si poteva optare per mantenere lo strumento in posizione centrale ed orientarlo sul punto di impatto a 3 metri, dato che il portiere avrebbe dovuto attaccare la traiettoria del pallone in diagonale e pertanto le variabili di valutazione sarebbero state maggiori oltre che difficilmente valutabili. Avere uno strumento così preciso che permette una ripetibilità costante, mantenendo un margine di errore non significativo, ha reso possibile rendere oggettivabile tutto il protocollo del test.

Fig. 8 - Sparapalloni GLOBUS®



3.5. Procedura del test

La prima fase operativa è sicuramente rappresentata dalla preparazione logistica della struttura all'interno della quale si svolge il test. Le 3 postazioni di lavoro, la misurazione delle distanze e la calibrazione degli strumenti richiedono la massima accuratezza. Dopo aver segnato le distanze sul campo di lavoro con il nastro adesivo, si passa a delineare le posizioni della macchina sparapalloni sui due lati. L'ultima postazione è quella relativa all'acquisizione dei dati composta dal computer e dai ricevitori wireless dei singoli apparecchi. Dopo aver sistemato tutte le postazioni di lavoro si procede con il posizionamento delle videocamere utili a riprendere il movimento da varie angolazioni. Le riprese aiutano nella valutazione immediata delle prove, prima dell'archiviazione, in quanto permettono di poter controllare la regolarità dei movimenti, anche con velocità ridotte ed in tempo reale, al fine di invalidare l'esecuzione laddove necessario. Una volta completata tutta la logistica (Fig.9) si procede con la preparazione delle singole prove.

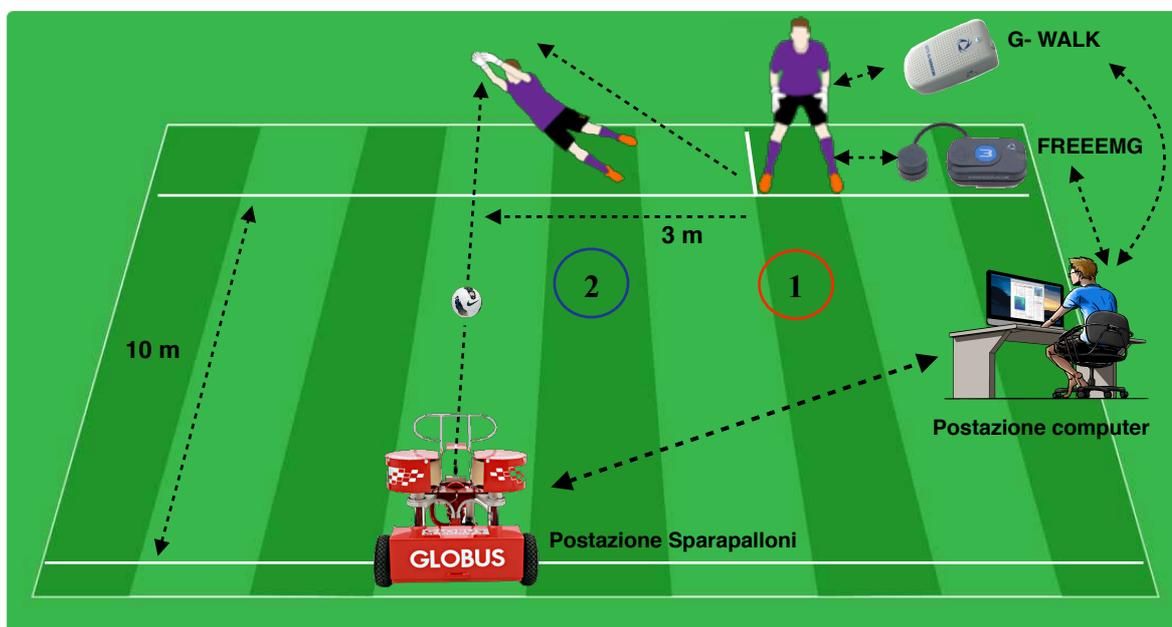


Fig. 9 - Logistica del test

3.5.1. Preparazione atleta

Nella fase di preparazione dell'atleta si danno tutte le informazioni relative all'esecuzione del test, sia in forma teorica che pratica, facendo provare le diverse metodologie di valutazione: classica e sperimentale. Dopo aver spiegato la postura di partenza, gli angoli articolari, il gesto tecnico da eseguire e i tempi di esecuzione si passa ad una prova pratica di controllo. I comandi luminosi gestiscono la sequenza esecutiva. Prima di arrivare all'esecuzione vera e propria, si deve provvedere ad installare il sensore inerziale BTS® G-WALK in zona lombare L5 e tutti gli 8 sensori dell'elettromiografo BTS® FREEEMG 1000. Per il corretto posizionamento dei sensori si sono alternati prima il medico e poi i fisioterapisti presenti nella struttura della società ACF Fiorentina.

3.5.2. Sequenza pratica del test

La sequenza pratica di svolgimento del test è principalmente guidata dal dispositivo luminoso situato in prossimità della postazione di controllo dove si trova il pc. Di seguito i principali comandi e la sequenza di svolgimento delle prove:

- *Luci spente*: si recupera o si attende l'inizio della prova;
- *Luce verde tester*: inizia la prova, il portiere si deve portare in postura di attesa seguendo l'ordine prestabilito: angoli, metodologia e lato di parata;
- *Luce rossa tester*: una volta raggiunta la postura corretta si attende per circa 3/4 secondi fino a che il software non ha rilevato l'attività basale dei muscoli sondati. Da questo momento in poi l'attenzione del tester sarà esclusivamente sulla postazione sparapalloni in attesa dell'arrivo del pallone;
- *Luce verde sparapalloni*: non appena si accende la luce verde orientata verso l'addetto alla sparapalloni, si lascia cadere la palla nella slitta del macchinario per far partire il pallone nella traiettoria e nella velocità precedentemente impostata in base all'atleta testato.

Con l'esecuzione tecnica della parata, a prescindere dall'esito, termina di fatto la prova. Successivamente, dopo i vari controlli, si procederà alla prova successiva o si preparerà l'atleta successivo se la prova completa è terminata.

3.5.3. Controllo dei dati raccolti

In seguito ad ogni singola esecuzione vengono eseguiti una serie di semplici controlli al fine di validare o annullare l'esecuzione pratica appena svolta. Questa analisi permette di evitare l'archiviazione di prove non valide e non analizzabili. I feedback in tempo reale permettono di archiviare solamente i dati utili all'analisi ed al conseguimento del risultato finale: comparare le due metodologie di preparazione al gesto tecnico. I controlli eseguiti ad ogni prova sono i seguenti:

- *Controllo software*: laddove i dati non siano completamente archiviati o risultino dei valori fuori media si ritiene la prova nulla;
- *Controllo Hardware*: Si controllano tutte le sonde dell'elettromiografo in modo tale da consentire di proseguire eseguendo la prova successiva. Se necessario, in seguito al distacco di una o più sonde, si procede con la sostituzione degli adesivi di fissaggio ed al riposizionamento dei sensori.
- *Controllo Video*: nel caso in cui ci siano degli errori di movimento o non si ritenga corretta l'esecuzione di uno dei due metodi valutati si procede con l'invalidazione della prova ripetendo la stessa.

4. Risultati

Lo studio della fase di preparazione ad un qualsiasi gesto tecnico specifico del portiere, in questo caso il tuffo, potrebbe sembrare non direttamente collegato con il fine ultimo: cioè l'esecuzione tecnica dell'azione motoria. La valutazione strumentale della biomeccanica del gesto, resa possibile dall'interpolazione del sensore inerziale collegato alle sonde elettromiografiche, ha permesso di analizzare l'intera sequenza dell'azione motoria, dalla fase di preparazione fino all'atterraggio al suolo dopo un tuffo con spinta. Una premessa è doverosa: i tester non erano mai stati utilizzati ai fini del presente metodo sperimentale, se non durante la prova stessa. La prima valutazione effettuata è stata quella relativa al confronto della sequenza di esecuzione tecnica del tuffo tra il metodo classico e quello sperimentale presentato. I risultati ottenuti hanno evidenziato che la biomeccanica del gesto rimane invariata, mentre la qualità del gesto si differenzia. Sapendo che nel gesto tecnico si possono individuare due momenti chiave: preparazione ed azione, l'individuazione dell'esatto momento in cui da una fase si passa all'altra, ha permesso la realizzazione dei test e le relative analisi. Il risultato ottenuto dalla comprensione del momento esatto in cui si scindono le due fasi deriva dalla scissione dei tre assi del sensore inerziale: "X Y Z". Una volta separati e confrontati i tre valori è stato possibile valutare quali dei tre piani fosse quello maggiormente indicato per identificare il primo spostamento laterale del portiere ed il relativo spostamento del baricentro, indice dell'inizio dell'azione motoria specifica del tuffo. Per tanto isolando l'asse medio-laterale "Y" è emerso il momento in cui il baricentro si spostava lateralmente in modo marcato, alterando il livello di omeostasi (Fig.10), pari a 0 (zero), della postura di attesa. Considerando, invece, tutti e tre gli assi del sensore inerziale, non sarebbe stato possibile fare tale valutazione in quanto il livello di omeostasi e la relativa condizione basale partiva da un valore pari alla costante gravitazionale terrestre, ovvero, $9,81 \text{ m/s}^2$, impedendo quindi, di rilevare il solo spostamento laterale, in quanto qualsiasi movimento dell'atleta era soggetto a rilevazione.

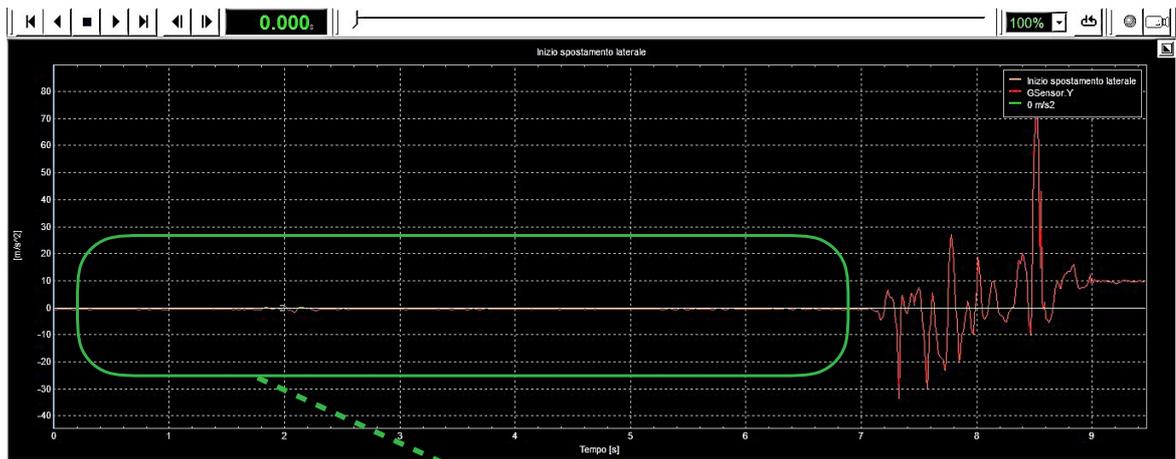


Fig. 10 - Condizione basale senza movimento

Lo studio ha evidenziato che l'alterazione negativa della condizione basale (Fig.11) è principalmente dovuta allo sbilanciamento del baricentro, che insieme alla perdita volontaria di equilibrio, porta il sensore a fornire una marcata flessione della linea di movimento nel grafico del software.

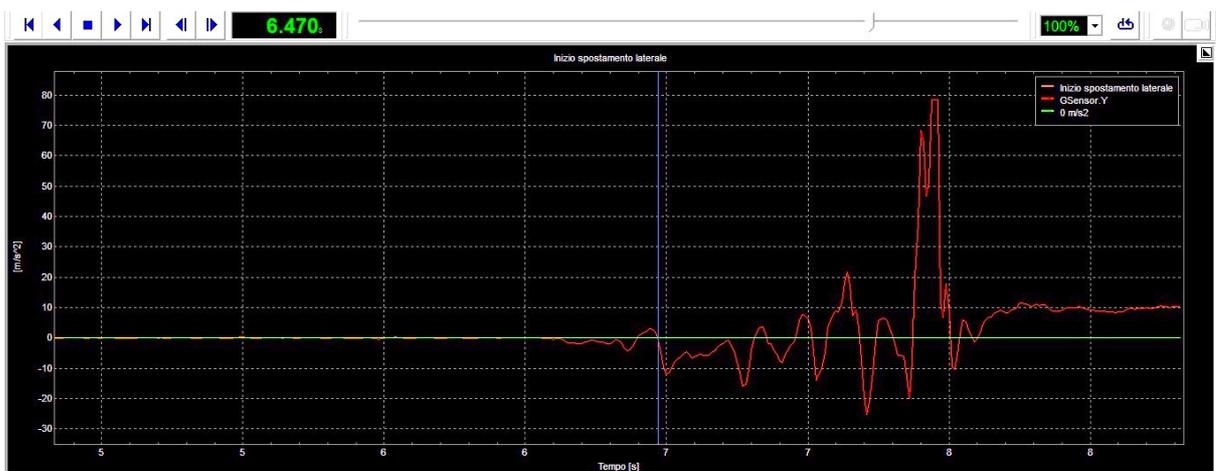


Fig. 11 - Inizio spostamento laterale asse medio-laterale "Y"

La comprensione della biomeccanica del gesto permette di comprendere e poi scindere le diverse azioni motorie che compongono il gesto tecnico del tuffo. Pertanto oltre a fornirci il momento iniziale dell'inizio del movimento, attraverso lo spostamento del baricentro sull'asse medio-laterale "Y" (Fig.12-13), ci permette di individuare la sequenza di movimento: perdita volontaria dell'equilibrio, fase di spinta, fase di volo, caduta al suolo.

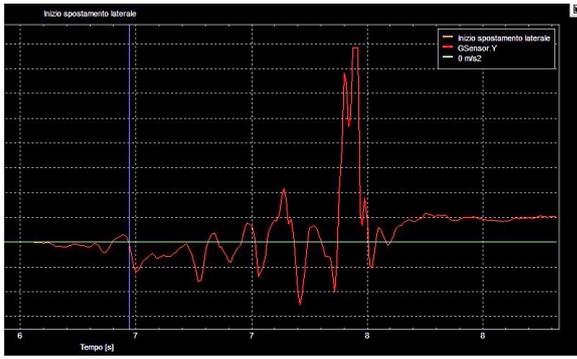


Fig. 12 - Inizio spostamento laterale asse medio-laterale "Y"

METODO CLASSICO

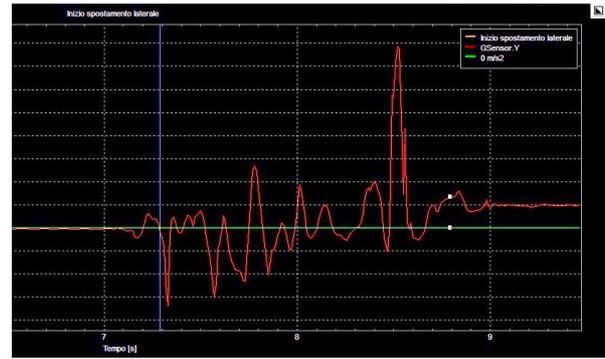


Fig. 13 - Inizio spostamento laterale asse medio-laterale "Y"

METODO SPERIMENTALE

In entrambe le metodologie è evidente la prima flessione della linea che segna l'inizio dello spostamento laterale del portiere

La successiva analisi è stata rivolta al tempo di pre-attivazione di ogni muscolo analizzato con le sonde wireless dell'elettromiografo *BTS® FREEMG 1000*, posizionate sulle catene dei muscoli estensori degli arti inferiori e sui rispettivi tibiali. Individuando esattamente l'inizio del movimento, si può quantificare il tempo di pre attivazione di ogni singolo muscolo. L'interconnessione dei due sistemi, elettromiografo e sensore inerziale, permette di definire l'esatto momento in cui il muscolo analizzato abbandona la condizione basale per iniziare una contrazione qualunque essa sia. Il grafico sottostante (Fig.14) mostra come sia possibile analizzare la pre-attivazione in funzione del movimento:

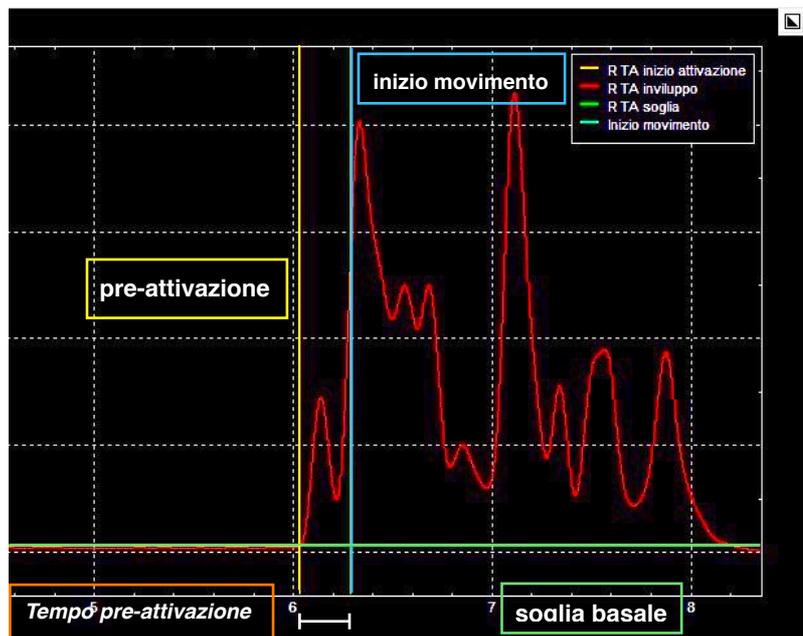


Fig. 14 - Esempio pre-attivazione

Come si può vedere nell'immagine, è evidente che in questo specifico esempio il muscolo tibiale anteriore destro (*R TA: Right Tibialis Anterior*), ha eseguito diverse azioni muscolari. Il risultato soggetto ad analisi è quello relativo alla pre-attivazione, dunque, l'unica variabile che è stata presa in esame riguarda l'inizio della contrazione (linea gialla) antecedente all'inizio dello spostamento laterale (linea azzurra), per far sì che il software calcoli il tempo di pre-attivazione del muscolo analizzato. Inoltre è altrettanto evidente come dalla condizione basale (linea verde) si passi ad una condizione di azione muscolare evidenziata dalle curve e dai picchi (linea rossa) scanditi nell'unità di tempo sottostante. Analizzando pertanto i risultati ottenuti dalla pre-attivazione di ogni singolo muscolo durante la singola prova, è stato possibile rilevare le differenze che si riscontrano paragonando il metodo classico a quello sperimentale. In questa prima fase abbiamo voluto capire in che modo le fibre si pre-attivano per realizzare l'azione del tuffo, ponendo l'attenzione sui tempi e non sulla potenza che verrà trattata in seguito. I dati analizzati sui tempi di pre-attivazione forniscono dei risultati che permettono di evidenziare la differenza che vi è tra i due metodi:

- *Metodo Classico*: l'ordine cronologico con cui le fibre analizzate si pre-attivano presenta delle costanti nelle diverse prove svolte. Trascurando le caratteristiche individuali dei singoli tester, la sequenza temporale di attivazione delle fibre muscolari, risulta disomogenea, presentando talvolta delle post-attivazioni rispetto all'inizio del movimento del portiere e del suo baricentro; questo certifica che alcune fibre si attivano dopo il primo spostamento, non pre-attivandosi non possono così fare ricorso al principio del ciclo di allungamento-accorciamento con conseguente riduzione della potenza espressa.
- *Metodo Sperimentale o "Frequenza"*: l'attivazione delle fibre muscolari, in questa specifica modalità, non presenta alcuna consequenzialità, anzi, i tempi di pre-attivazione delle diverse fibre muscolari coincidono. Questo sta a significare che si può parlare di attivazione dell'intera catena cinetica e non dei singoli muscoli. Il beneficio è evidente: pre-attivando tutte le fibre si riesce a sfruttare al massimo il principio del ciclo di allungamento-accorciamento andando a migliorare notevolmente la prestazione di potenza nell'azione successiva. I risultati ottenuti presentano variabili relative ai tempi di pre-attivazione, mantenendo però una costante: vi è sempre un aumento variabile della potenza espressa.

Nella tabella (Fig.15) possiamo notare come, quando eseguito correttamente, il metodo sperimentale porti tutta la catena cinetica a pre-attivarsi con tempi omogenei. In questo esempio vediamo come, nel metodo classico, ben 3 muscoli su 8 si post-attivano rispetto all'inizio del movimento laterale di sbilanciamento.

TEMPO di PRE-ATTIVAZIONE [sec]

MUSCOLO	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
TIBIALE ANTERIORE DX	0.292 ± 0	0.315 ± 0
RETTO FEMORALE DX	0.233 ± 0	0.294 ± 0
VASTO MEDIALE DX	post-attivazione	0.145 ± 0
GASTROCNEMIO DX	post-attivazione	0.265 ± 0
TIBIALE ANTERIORE SX	0.306 ± 0	0.308 ± 0
RETTO FEMORALE SX	0.265 ± 0	0.308 ± 0
VASTO MEDIALE SX	0.278 ± 0	0.343 ± 0
GASTROCNEMIO SX	post-attivazione	0.308 ± 0

FORZA di SPINTA [Newton]

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
FORZA di SPINTA (N)	3568.653 ± 0	6894.157 ± 0

EMGalyzer - BTS S.p.a.
www.btsbioengineering.com

Fig. 15 - Esempio confronto tempi di pre-attivazione nei due metodi - esecuzione di un tuffo a destra del portiere

In base all'analisi dei dati sopracitati abbiamo ottenuto, pertanto, due risultati fondamentali:

- il primo riguarda il movimento laterale proprio dell'esecuzione tecnica di un tuffo, il quale non viene influenzato da un punto di vista bio-meccanico del gesto, ma viene influenzata l'efficienza con cui il gesto viene eseguito. Pertanto il metodo sperimentale non altera la sequenza e la modalità del movimento tecnico finale, bensì ne altera in positivo l'efficienza.
- il secondo risultato emerso è relativo al tempo di pre-attivazione: ovvero nel metodo classico si ha un'attivazione sequenziale dei diversi muscoli impiegati nell'azione, con evidenze di post-attivazione rispetto al momento in cui il corpo si sposta lateralmente sull'asse Y nello spazio; nel metodo sperimentale si può parlare di attivazione simultanea dell'intera catena dei muscoli estensori degli arti inferiori, con conseguenti benefici in termini di impiego dell'energia elastica immagazzinata, secondo il principio del ciclo di allungamento-accorciamento.

I benefici di cui sopra riguardano principalmente tre fattori fondamentali: tempo, velocità e forza. per calcolare la potenza espressa nel gesto tecnico del tuffo in relazione alle due diverse modalità di preparazione al gesto tecnico, si è presa in considerazione la seconda legge di Newton (Fig.16), la quale enuncia che:

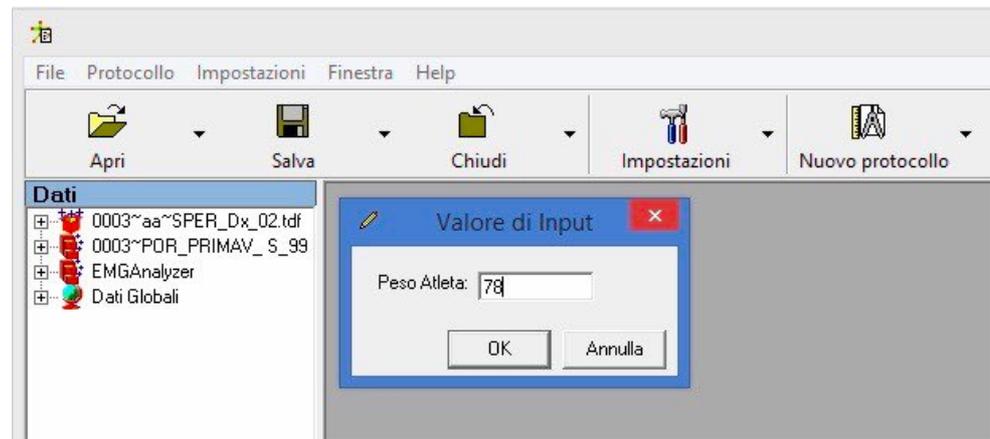
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

“L’accelerazione di un oggetto è direttamente proporzionale alla forza risultante agente su di esso e inversamente proporzionale alla sua massa”

Fig. 16 - Seconda legge di Newton

La seconda legge di Newton è stata scelta per calcolare in modo scientifico la forza espressa nell'esecuzione del tuffo. Conoscendo la massa di ogni atleta (Fig. 17), misurandola prima del test, e ricavando l'accelerazione con il sensore inerziale G-Walk, si può calcolare la forza espressa in N in ogni singolo gesto tecnico.

Fig. 17 - Peso atleta - input software



La difficoltà maggiore che è stata riscontrata durante l'analisi dei dati è stata quella di indicare all'algoritmo di calcolo il momento esatto in cui doveva iniziare la valutazione dell'accelerazione. E' stato elaborato pertanto un protocollo specifico che prevedeva nell'analisi della prova del test, l'inserimento del momento esatto in cui si verificava lo stacco dei piedi da terra (Fig.18). Così facendo al completo distacco dell'arto di spinta dal suolo, veniva attribuito un valore iniziale, in seguito al quale è avvenuta l'analisi dei dati relativi alla fase di volo, ovvero il periodo in cui si analizza l'accelerazione che il corpo subisce. Chiaramente questa variabile è fortemente influenzata dal movimento antecedente, nonché oggetto principale dello studio: la fase di preparazione al gesto tecnico.

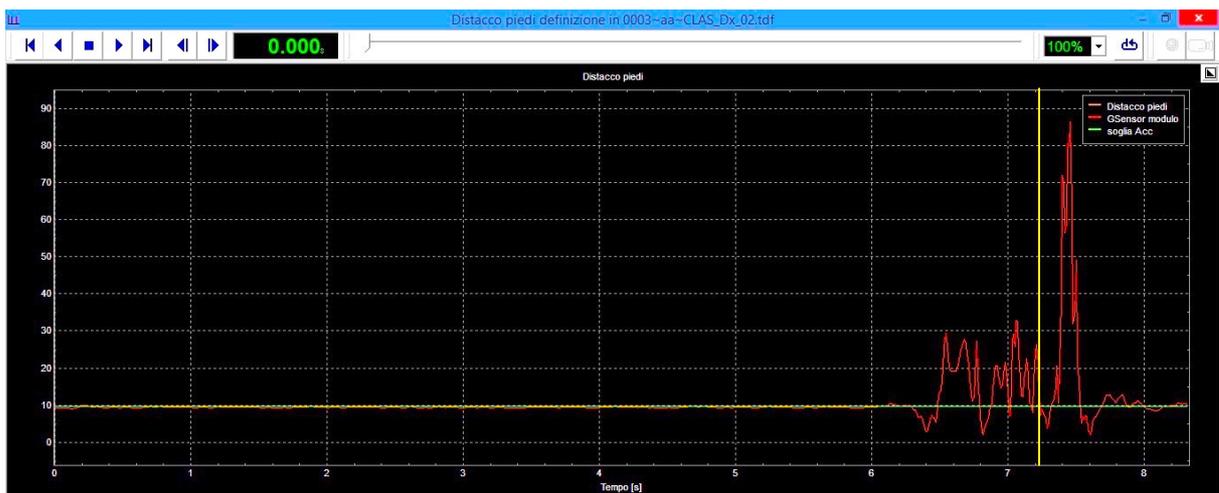


Fig. 18 - momento del distacco dei piedi dal suolo e conseguente accelerazione

Nel grafico evidenziato nella figura 18 si può comprendere quale sia il picco di accelerazione rappresentato dall'andamento verticale della linea rossa, la quale una volta colpito il terreno, raggiungendo l'apice della spinta, ritorna alla condizione iniziale.

E' opportuno precisare che la rappresentazione grafica riguarda i tre assi "X Y Z" del sensore inerziale, il quale evidenzia la linea basale che è prossima alla costante gravitazionale di $9,81 \text{ m/s}^2$, alla quale l'organismo è sottoposto costantemente anche in assoluta staticità. Conoscendo la massa e l'accelerazione si può quindi definire la forza espressa in ogni singola prova. Il valore derivante viene espresso in Newton (N) e rappresenta la forza con la quale la massa dell'atleta viene accelerata nello spazio mediante la spinta effettuata per eseguire il gesto tecnico specifico del tuffo (Fig.19).

FORZA di SPINTA [Newton]

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
FORZA di SPINTA (N)	3617.79 ± 0	4151.654 ± 0

EMGAnalyzer - BTS S.p.a.
www.btsbioengineering.com

*Fig. 19 - Forza di spinta in Newton
- Por_A_99 seconda prova*

4.1 Analisi dei dati

Per analizzare nel dettaglio le singole prove del test sperimentale ho ritenuto opportuno precisare i protocolli di analisi dei dati ed il relativo procedimento per ottenerli. Al fine di rendere più comprensibile ed evidente il confronto dei risultati nei diversi atleti testati ho deciso di prendere in esame un atleta per ogni categoria analizzata: Primavera, Allievi Nazionali e Giovanissimi Nazionali. Nel confronto dei metodi sono state considerate tutte le prove di tutti i tester, le quali sono incentrate su tre punti principali:

- Tempi di pre-attivazione dei singoli muscoli della catena degli estensori degli arti inferiori ed i corrispettivi tibiali anteriori.
- Forza di spinta del gesto tecnico specifico del portiere, prendendo in esame il momento di stacco e la fase di volo del tuffo, fino all'impatto con il terreno.
- Accelerazione della massa in funzione della forza espressa, anch'essa relativa al gesto tecnico specifico del portiere.

Ho scelto di analizzare il lavoro svolto con tabelle e grafici esplicativi, al fine di fornire dei risultati scientifici precisi ed affidabili, con l'obiettivo di dimostrare la differenza che sussiste tra le due diverse modalità di preparazione al gesto tecnico: metodo classico e metodo sperimentale. Una volta trattati i risultati ottenuti è stato possibile paragonare i due metodi, valutandone le diverse fasi di preparazione e la relativa influenza nell'esecuzione del gesto tecnico. Trattandosi di un protocollo sperimentale delle 120 prove eseguite, alcune sono state rese nulle perché presentavano anomalie o errori. L'analisi video effettuata su ogni singola prova ha permesso di escludere tutte quelle prove che non evidenziavano una perfetta esecuzione dei due metodi studiati. Le principali cause di esclusione sono state: esecuzioni tecniche errate, sequenze esecutive non corrette, eccessiva anticipazione del gesto tecnico o problemi tecnici di rilevazione dovuti a temporanei errori di comunicazione delle periferiche hardware con il software di acquisizione dei dati.

4.1.1. Analisi dei dati individuali - POR_B_99

Prove valutate:

Peso (Kg): 78

CLAS_Dx_02

CLAS_Dx_03

CLAS_Sx_01

.....

- MEDIA DELLE PROVE
- DEVIATION STANDARD

TEMPO di PRE-ATTIVAZIONE [sec]

MUSCOLO	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
TIBIALE ANTERIORE DX	0.437 ± .195	0.325 ± .052
RETTO FEMORALE DX	0.416 ± .23	0.321 ± .05
VASTO MEDIALE DX	0.542 ± .167	0.318 ± .064
GASTROCNEMIO DX	0.354 ± .082	0.293 ± .077
TIBIALE ANTERIORE SX	0.55 ± .355	0.348 ± .048
RETTO FEMORALE SX	0.397 ± .156	0.34 ± .046
VASTO MEDIALE SX	0.568 ± .321	0.354 ± .062
GASTROCNEMIO SX	0.154 ± .119	0.333 ± .058

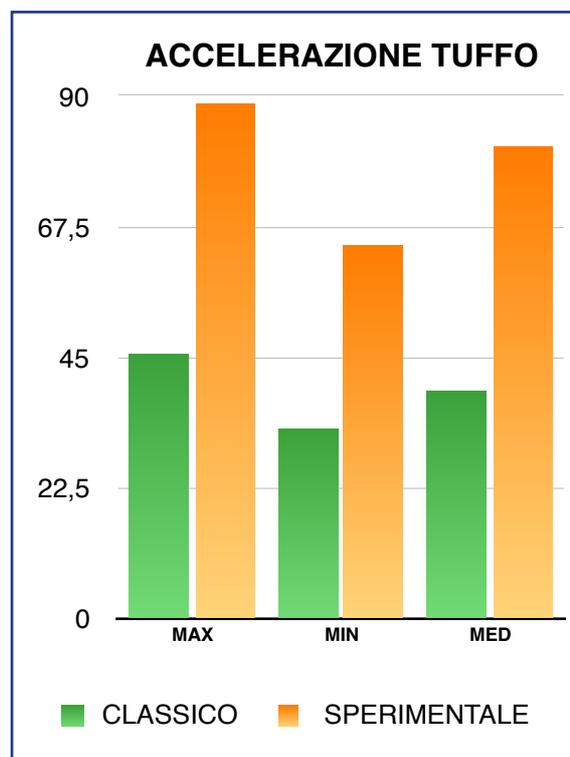
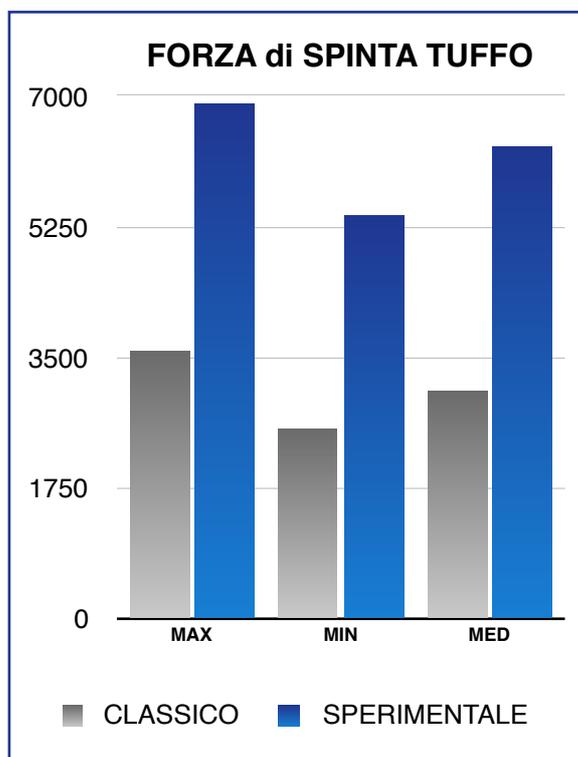
FORZA di SPINTA [Newton]

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
FORZA di SPINTA (N)	3056.471 ± 415.706	6334.958 ± 673.013

EMGAnalyzer - BTS S.p.a.
www.btsbioengineering.com

N.B.: l'algoritmo di calcolo dei tempi medi di pre attivazione non tiene conto dei valori di post-attivazione nel metodo classico. Tali valori influenzerebbero negativamente i dati citati.

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE	NOTE
FORZA MEDIA (N)	3056 +/- 415	6335 +/- 673	la 2a prova sx ha un errore di calcolo del software quindi non è stata considerata nei risultati analizzati
FORZA MAX (N)	3569 +/- 0	6894 +/- 0	
FORZA MIN (N)	2552 +/- 0	5388 +/- 0	
ACCELERAZIONE MEDIA (m/s²)	39,18 m/s ²	81,22 m/s ²	
ACCELERAZIONE MAX (m/s²)	45,76 m/s ²	88,38 m/s ²	
ACCELERAZIONE MIN (m/s²)	32,72 m/s ²	64,43 m/s ²	

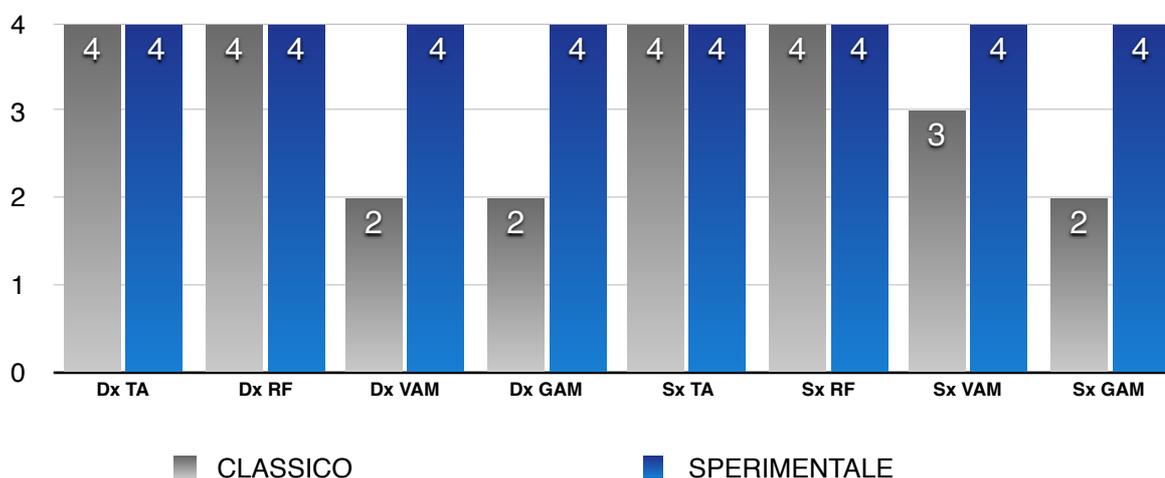


L'analisi dei risultati del tester in oggetto evidenziano che nello specifico caso, sia la forza che l'accelerazione espressa nel gesto tecnico del tuffo, sono maggiori nel metodo sperimentale. Anche confrontando il valore massimo della forza espressa con il metodo classico con il valore minimo del metodo sperimentale si ha comunque una differenza positiva sostanziale a favore del secondo metodo.

MUSCOLO	METODO CLASSICO			
	PROVA 1 DX	PROVA 2 DX	PROVA 1 SX	PROVA 2 SX
TIBIALE ANTERIORE DX	0,435	0,292	0,755	0,266
RETTO FEMORALE DX	0,222	0,233	0,790	0,418
VASTO MEDIALE DX	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO	0,709	0,375
GASTROCNEMIO DX	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO	0,436	0,271
TIBIALE ANTERIORE SX	0,410	0,306	1,161	0,324
RETTO FEMORALE SX	0,405	0,265	0,648	0,269
VASTO MEDIALE SX	0,411	0,278	1,015	POST-ATTIVATO
GASTROCNEMIO SX	0,035	POST-ATTIVATO	0,273	POST-ATTIVATO

MUSCOLO	METODO SPERIMENTALE			
	PROVA 1 DX	PROVA 2 DX	PROVA 1 SX	PROVA 2 SX
TIBIALE ANTERIORE DX	0,268	0,315	0,393	0,700
RETTO FEMORALE DX	0,268	0,307	0,388	0,712
VASTO MEDIALE DX	0,290	0,257	0,407	0,688
GASTROCNEMIO DX	0,208	0,277	0,394	0,688
TIBIALE ANTERIORE SX	0,321	0,308	0,416	0,746
RETTO FEMORALE SX	0,306	0,308	0,405	0,662
VASTO MEDIALE SX	0,284	0,343	0,435	0,678
GASTROCNEMIO SX	0,277	0,308	0,413	0,662

NUMERO DI PRE-ATTIVAZIONI DELLE FIBRE MUSCOLARI PRIMA DEL MOVIMENTO LATERALE



La valutazione dei tempi di pre-attivazione evidenzia come, in questo specifico caso, ci sia una marcata differenza nelle due modalità. Se consideriamo il metodo classico, emerge che in ben 7 casi si ha una post-attivazione nell'esecuzione del movimento. Un'attivazione sequenziale delle fibre muscolari in un gesto tecnico è una componente naturale, considerata la molteplicità di movimenti che compongono il gesto stesso. La riflessione quindi non riguarda la natura del movimento ma se tale sequenza è utile per conseguire al massimo il gesto finale. Con una sequenza ordinata ma consequenziale, propria del metodo classico, si fa ricorso all'energia metabolica per raggiungere l'azione motoria combinata. Pertanto il muscolo si attiva solamente quando ne è richiesto l'utilizzo specifico. Diversa è la situazione nel metodo sperimentale. In tutti i casi analizzati, non solo si ha un'attivazione sincrona delle fibre muscolari, ma si ottiene inoltre, una pre-attivazione di tutti i muscoli che andranno a comporre la sequenza esecutiva del gesto tecnico. Il beneficio apportato dalla pre-attivazione dell'intera catena cinetica rispetto al primo movimento spaziale, risiede nel principio del ciclo di allungamento-accorciamento, il quale permette di immagazzinare energia elastica durante le fasi eccentriche, restituita poi durante tutte le contrazioni concentriche successive. La differenza sostanziale, derivante delle due diverse tipologie di pre-attivazione, riguarda principalmente il fatto che nel primo caso si fa ricorso alla sola energia metabolica per compiere l'azione del tuffo, mentre nel secondo caso sperimentale a tale energia si somma l'energia elastica accumulata aumentando, quindi, l'efficienza e la qualità dell'intero movimento. In conclusione nel caso in oggetto, in tutte le prove analizzate la forza e l'accelerazione risultano maggiori nel sperimentale chiamato "frequenza".

N.B.: i dati completi dell'atleta denominato POR_A_99 sono consultabili nell'ALLEGATO A a pag. 3. (non incluso)

4.1.2. Analisi dei dati individuali - POR_B2_99

Prove valutate:

Peso (Kg): 75

CLAS_Dx_01

CLAS_Dx_02

SPER_Dx_01

.....

- MEDIA DELLE PROVE
- DEVIATION STANDARD

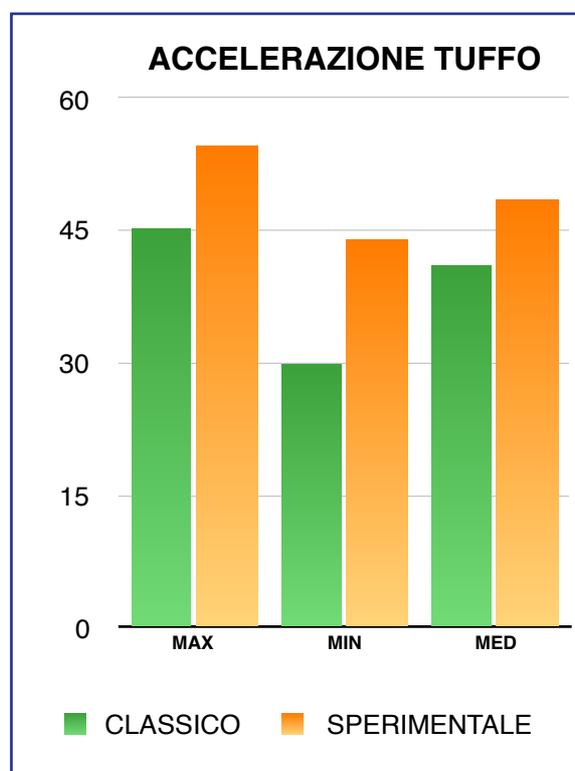
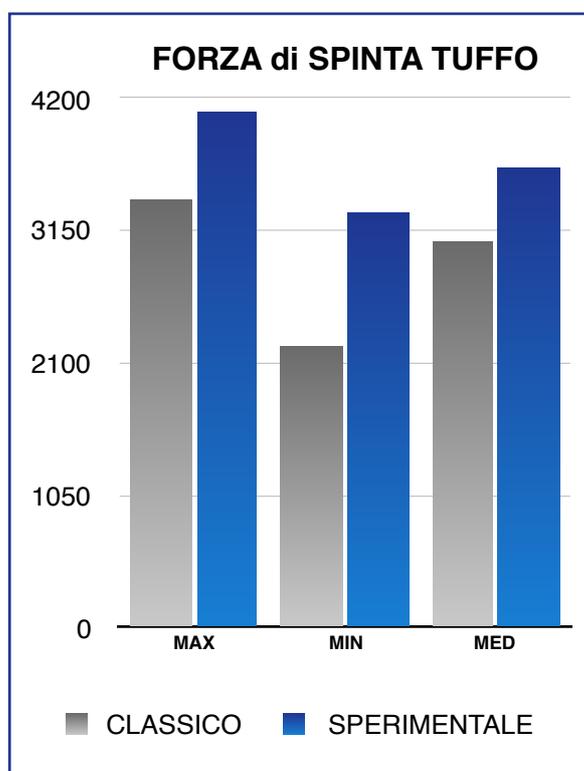
TEMPO di PRE-ATTIVAZIONE [sec]

MUSCOLO	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
TIBIALE ANTERIORE DX	0.432 ± .075	0.376 ± .081
RETTO FEMORALE DX	0.23 ± .056	0.386 ± .096
VASTO MEDIALE DX	0.048 ± 0	0.361 ± .104
GASTROCNEMIO DX		0.359 ± .105
TIBIALE ANTERIORE SX	0.35 ± .149	0.414 ± .095
RETTO FEMORALE SX	0.126 ± .122	0.353 ± .098
VASTO MEDIALE SX	0.164 ± 0	0.363 ± .09
GASTROCNEMIO SX	0.262 ± 0	0.385 ± .105

FORZA di SPINTA [Newton]

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
FORZA di SPINTA (N)	3069.49 ± 322.188	3642.605 ± 249.57

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE	NOTE
FORZA MEDIA (N)	3069 +/- 322	3642 +/- 249	
FORZA MAX (N)	3391 +/- 0	4089 +/- 0	
FORZA MIN (N)	2245 +/- 0	3290 +/- 0	
ACCELERAZIONE MEDIA (m/s²)	40,92 m/s ²	48,56 m/s ²	
ACCELERAZIONE MAX (m/s²)	45,21 m/s ²	54,52 m/s ²	
ACCELERAZIONE MIN (m/s²)	29,93 m/s ²	43,87 m/s ²	

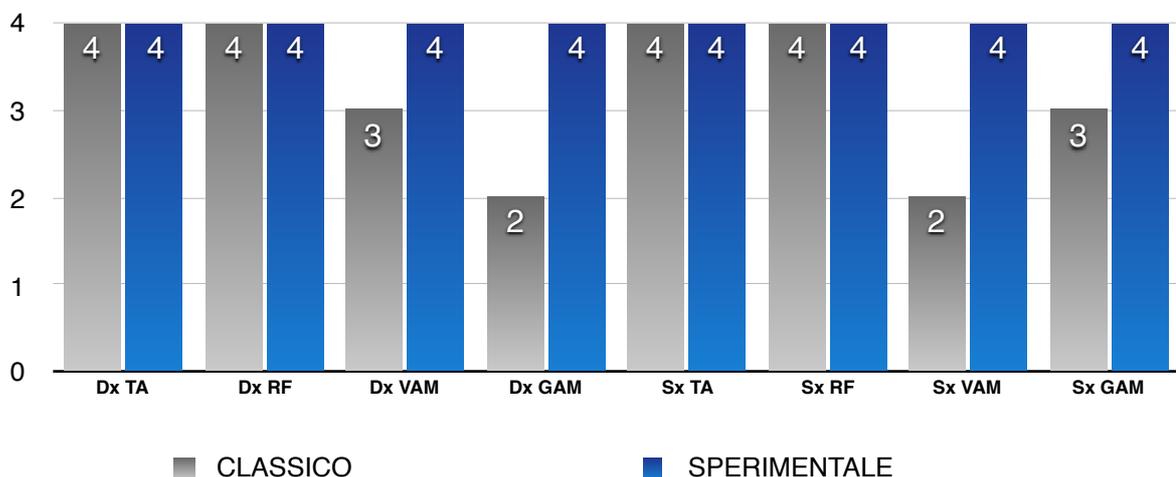


L'analisi dei risultati del tester in oggetto evidenziano che nel suo specifico caso, sia la forza che l'accelerazione espressa nel gesto tecnico del tuffo, sono maggiori nel metodo sperimentale. Confrontando il valore minimo della forza e dell'accelerazione espressa nel metodo sperimentale si può osservare che è comunque prossimo al valore massimo del metodo classico, evidenziando che anche nella peggiore esecuzione, il risultato ottenuto con la "frequenza" porta ad avere una qualità del gesto sempre superiore.

MUSCOLO	METODO CLASSICO			
	PROVA 1 DX	PROVA 2 DX	PROVA 1 SX	PROVA 2 SX
TIBIALE ANTERIORE DX	0,357	0,507	0,365	0,749
RETTO FEMORALE DX	0,174	0,286	0,334	0,505
VASTO MEDIALE DX	POST-ATTIVATO	0,048	0,274	0,479
GASTROCNEMIO DX	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO	0,243	0,466
TIBIALE ANTERIORE SX	0,201	0,499	0,457	0,788
RETTO FEMORALE SX	0,005	0,248	0,350	0,597
VASTO MEDIALE SX	POST-ATTIVATO	0,164	POST-ATTIVATO	0,241
GASTROCNEMIO SX	POST-ATTIVATO	0,262	0,258	0,347

MUSCOLO	METODO SPERIMENTALE			
	PROVA 1 DX	PROVA 2 DX	PROVA 1 SX	PROVA 2 SX
TIBIALE ANTERIORE DX	0,295	0,457	0,368	0,317
RETTO FEMORALE DX	289	0,482	0,212	0,224
VASTO MEDIALE DX	0,257	0,466	0,183	0,199
GASTROCNEMIO DX	0,254	0,465	0,311	0,190
TIBIALE ANTERIORE SX	0,319	0,510	0,450	0,312
RETTO FEMORALE SX	0,254	0,451	0,224	0,214
VASTO MEDIALE SX	0,273	0,454	0,183	0,185
GASTROCNEMIO SX	0,280	0,490	0,335	0,146

NUMERO DI PRE-ATTIVAZIONI DELLE FIBRE MUSCOLARI PRIMA DEL MOVIMENTO LATERALE



La valutazione dei tempi di pre-attivazione evidenzia come, anche in questo specifico caso, ci sia una marcata differenza nelle due modalità. Se consideriamo il metodo classico, emerge che in ben 6 casi si ha una post-attivazione nell'esecuzione del movimento. Osservando le prove e la relativa post-attivazione si deduce che il tester si è adattato alla situazione ed al problema motorio che stava vivendo. Difatti i valori tardivi si presentano solamente nelle prime prove del metodo classico e per di più con maggiore rilevanza. Man mano che le esecuzioni vanno avanti l'organismo si adatta trovando come soluzione quella di attivare, o pre-attivare, le fibre muscolari necessarie al movimento richiesto dal test. Questa analisi evidenzia che inconsciamente il soggetto cerca un modo per migliorare la sua performance. Non essendo però un adattamento conosciuto e soprattutto codificato, i risultati ottenuti sono altalenanti. Nella prima prova analizzata l'espressione di potenza è minore rispetto alla successiva, la quale probabilmente fa ricorso all'esperienza vissuta nella prima esecuzione, migliorando gli adattamenti e di conseguenza la performance tecnica. Se però prendiamo in esame il lato sinistro ovvero le ultime due prove, sempre nel metodo classico, il risultato è inverso. Dunque il dato molto interessante riguarda il rapporto che insiste tra la pre-attivazione e la potenza espressa: è inversamente proporzionale alla pre-attivazione. La prima prova sul lato sinistro ha tempi di pre-attivazione minori rispetto alla seconda esecuzione analizzata, però si verifica un'espressione di potenza maggiore. Questo dato evidenzia che una pre-attivazione eccessivamente anticipata, e soprattutto non codificata, può non portare benefici alla successiva azione tecnica specifica. Difatti i tempi di anticipazione nella seconda prova, sono pressoché doppi rispetto alla prima, e la conseguente potenza espressa è minore. Nel metodo sperimentale questa problematica non si verifica perché l'organismo non ha bisogno di produrre adattamenti relativi al tempo di pre-attivazione delle fibre muscolari. Questo accade perché si ha una volontaria attivazione anticipata di tutta la catena cinetica deputata al movimento, andando così ad "allertare" tutte le fibre muscolari preparandole all'esecuzione del movimento finale. L'impiego del ciclo SSC nel metodo sperimentale è evidente nelle espressioni di forza e di accelerazione, dato che anche in questo tester si hanno benefici in termini di efficienza nel movimento finale in tutte le prove analizzate.

N.B.: i dati completi dell'atleta denominato POR_B2_99 sono consultabili nell'ALLEGATO A a pag. 13. (non incluso)

4.1.3. Analisi dei dati individuali - POR_A_01

Prove valutate:

Peso (Kg): 67

CLAS_Dx_01

CLAS_Dx_02

CLAS_Dx_03

.....

- MEDIA DELLE PROVE
- DEVIAZIONE STANDARD

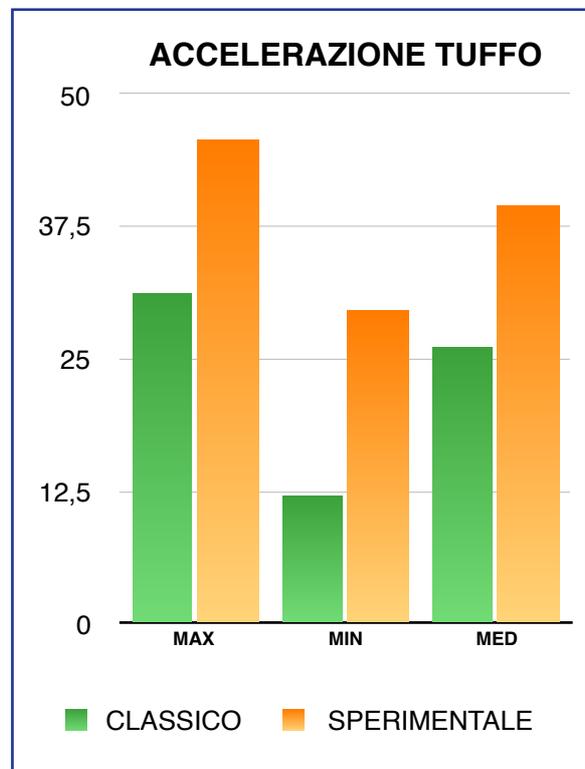
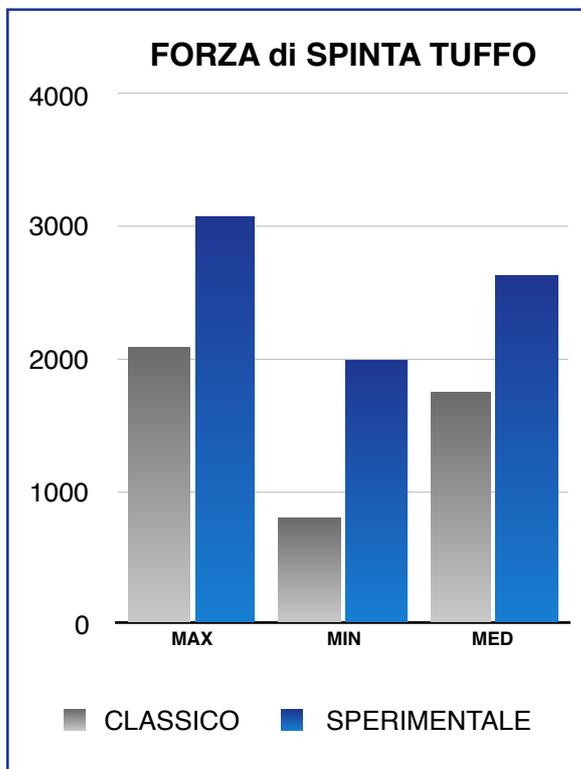
TEMPO di PRE-ATTIVAZIONE [sec]

MUSCOLO	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
TIBIALE ANTERIORE DX	0.437 ± .205	0.421 ± .097
RETTO FEMORALE DX	0.392 ± .229	0.406 ± .117
VASTO MEDIALE DX	0.18 ± .094	0.306 ± .053
GASTROCNEMIO DX	0.349 ± .202	0.356 ± .148
TIBIALE ANTERIORE SX	0.442 ± .221	0.428 ± .103
RETTO FEMORALE SX	0.323 ± .209	0.35 ± .075
VASTO MEDIALE SX	0.286 ± .242	0.287 ± .145
GASTROCNEMIO SX	0.15 ± .146	0.375 ± .126

FORZA di SPINTA [Newton]

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE
FORZA di SPINTA (N)	1754.412 ± 448.537	2638.615 ± 449.678

	METODO CLASSICO	METODO SPERIMENTALE	NOTE
FORZA MEDIA (N)	1754 +/- 448	2638 +/- 449	
FORZA MAX (N)	2094 +/- 0	3067 +/- 0	
FORZA MIN (N)	800 +/- 0	1991 +/- 0	
ACCELERAZIONE MEDIA (m/s²)	26,18 m/s ²	39,37 m/s ²	
ACCELERAZIONE MAX (m/s²)	31,25 m/s ²	45,77 m/s ²	
ACCELERAZIONE MIN (m/s²)	11,94 m/s ²	29,71 m/s ²	

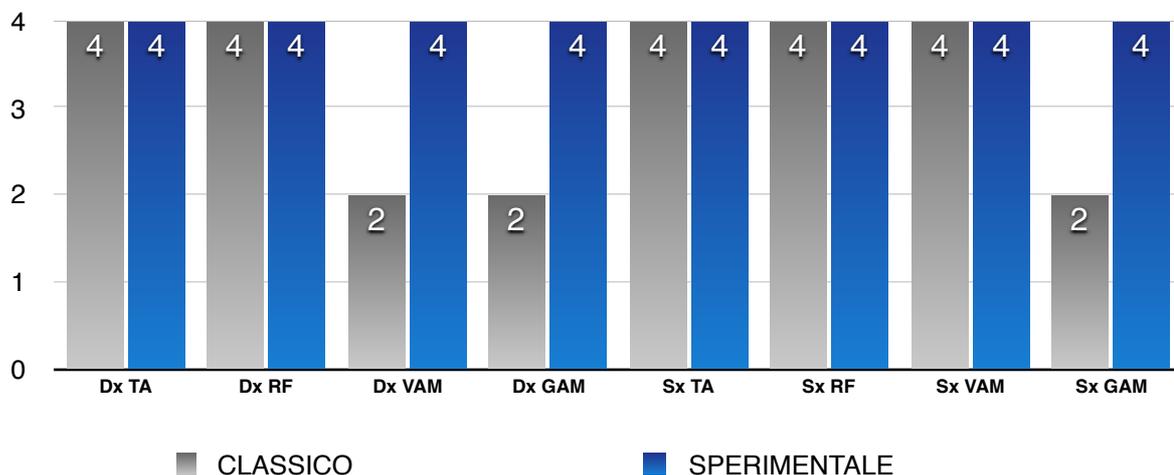


L'analisi dei risultati evidenzia come anche in questo specifico caso si ha un rilevante beneficio nell'impiego del metodo sperimentale. I valori di forza e di accelerazione sono maggiori in qualsiasi confronto: minimo, massimo e medio. Confrontando il minimo risultato sperimentale, con il massimo risultato classico, si ha un riscontro pari allo stesso valore. L'accelerazione minima registrata nelle due prove, ritenute idonee e senza errori, evidenzia che il risultato nel metodo sperimentale è quantificabile nel doppio rispetto al classico.

	METODO CLASSICO					
MUSCOLO	Prova 1dx	Prova 2dx	Prova 3dx	Prova 1sx	Prova 2sx	Prova 3sx
TIBIALE ANT. DX	0,180	0,151	0,535	0,723	0,505	0,529
RETTO FEM. DX	0,105	0,076	0,479	0,716	0,472	0,506
VASTO MED. DX	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO	0,096	0,337	0,167	0,120
GASTR. DX	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO	0,078	0,648	0,344	0,327
TIBIALE ANT. SX	0,157	0,146	0,523	0,759	0,541	0,523
RETTO FEM. SX	0,044	0,046	0,518	0,560	0,334	0,437
VASTO MED. SX	0,124	0,011	0,523	0,628	0,034	0,396
GASTR. SX	0,077	0,058	0,408	0,205	POST-ATTIVATO	POST-ATTIVATO

	METODO SPERIMENTALE					
MUSCOLO	Prova 1dx	Prova 2dx	Prova 3dx	Prova 1sx	Prova 2sx	Prova 3sx
TIBIALE ANT. DX	0,502	0,266	0,392	0,539	0,338	0,490
RETTO FEM. DX	0,394	0,200	0,373	0,528	0,557	0,385
VASTO MED. DX	0,223	sensore staccato err.		0,360	0,344	0,296
GASTR. DX	0,149	0,183	0,334	0,501	0,527	0,440
TIBIALE ANT. SX	0,452	0,230	0,373	0,550	0,476	0,490
RETTO FEM. SX	0,477	0,230	0,366	0,382	0,320	324
VASTO MED. SX	0,477	0,236	0,366	0,387	0,025	0,230
GASTR. SX	0,458	0,218	0,379	0,517	0,482	0,196

NUMERO DI PRE-ATTIVAZIONI DELLE FIBRE MUSCOLARI PRIMA DEL MOVIMENTO LATERALE



La valutazione dei tempi di pre-attivazione evidenzia come, anche in questo specifico caso, ci sia una marcata differenza nelle due modalità. Se consideriamo il metodo classico, emerge che in ben 6 casi si ha una post-attivazione nell'esecuzione del movimento. Tale ritardo riguarda essenzialmente le prime due prove analizzate con tuffo a destra. Difatti in entrambi i casi si può notare che i muscoli post-attivati sono gli stessi: vasto mediale e gastrocnemio della gamba destra, cioè quella omologa al lato del tuffo. Considerando il concetto di adattamento, finalizzato alla risoluzione di un problema motorio, si può comprendere che, anche in questo atleta, il suo organismo ha cercato di produrre adattamenti anticipando l'attivazione delle fibre muscolari. I valori risultanti sono relativi a centesimi di secondo ma presentano ugualmente un miglioramento rispetto alle prime due prove. Continuando ad analizzare i tempi di pre-attivazione di tutte le fibre sondate dall'elettromiografo, si ottiene come risultato una complessiva e generale anticipazione nella successione delle esecuzioni. Questo evidenzia, ancora una volta, che l'organismo tenta di anticipare la preparazione al gesto cercando una soluzione che gli permetta di ridurre i tempi di azione e che migliori l'efficienza del gesto successivo. Tali accorgimenti sono inconsci e concordano con il principio di pre-attivazione volontaria proposto nel metodo sperimentale. Solitamente le prove con risultati peggiori si presentano nelle prime esecuzioni. Evidentemente perché ancora non sono stati prodotti gli adattamenti necessari a comprendere il miglior modo per eseguire efficientemente il gesto tecnico specifico richiesto dalla prova. Un altro risultato molto interessante che emerge dall'analisi temporale è relativo ad uno specifico lasso di tempo, prossimo a mezzo secondo. Difatti se osserviamo le singole prove, con i relativi risultati temporali e di forza espressa, si può notare che quando la pre-attivazione presenta tempi prossimi a 0,5 secondi, si ottengono nel metodo classico risultati massimali. Questa similitudine si verifica in entrambe le condizioni, sia nel metodo classico, sia nel metodo sperimentale (ALLEGATO A, POR_GIOVNAZ_C_01). E' opportuno precisare che i tempi medi di pre-attivazione del metodo sperimentale, che garantiscono il maggior risultato in tempi di potenza espressa, sono prossimi a 0,3 secondi e relativi all'attivazione dell'intera catena cinetica dei muscoli estensori degli arti inferiori.

N.B.: i dati completi dell'atleta denominato POR_A_01 sono consultabili nell'ALLEGATO A a pag. 18. (non incluso)

4.2 Confronto dei metodi

Confrontando i due metodi analizzati relativi alla preparazione al gesto tecnico specifico del tuffo, è stato possibile individuare tre punti principali nei quali sono emerse differenze significative tra i due metodi analizzati:

1. Modalità di pre-attivazione: tempi e modalità di attivazione delle fibre muscolari;
2. Efficacia nel gesto tecnico del tuffo eseguito successivamente alla fase di preparazione;
3. Aumento dell'efficienza in funzione della categoria di appartenenza;

In merito ai tre punti sopra citati ho analizzato i risultati scientifici che sono emersi confrontando i dati ottenuti nelle diverse prove.

1. *Modalità di pre-attivazione*: dopo aver analizzato i risultati degli atleti sottoposti ai test è evidente la differenza che insiste tra le due diverse modalità di preparazione al gesto, riguardanti i tempi di pre-attivazione. Nel metodo classico possiamo parlare di attivazione sequenziale delle singole fibre muscolari in relazione alla sequenza dei movimenti richiesti. Nel metodo sperimentale, invece, si attua una pre-attivazione volontaria di tutta la catena dei muscoli estensori. Tale movimento consiste nell'effettuare delle oscillazioni sul posto alzando ed abbassando velocemente i talloni dal terreno per stimolare la catena sopra citata. Per quanto concerne la differenza della contrazione muscolare, nel metodo classico, abbiamo un'unica contrazione concentrica che utilizza energia metabolica per compiere un movimento, mentre nel secondo caso, quello sperimentale, abbiamo in ausilio al movimento tutta l'energia elastica immagazzinata dalle oscillazioni precedentemente esplicitate. L'esempio in figura 20 dimostra quanto esposto sopra in relazione all'attivazione del muscolo tibiale. Nella figura 20 A si comprende che l'attivazione del muscolo tibiale nel metodo classico, è di tipo concentrico. Inoltre non è preceduta da alcun movimento di preparazione, in quanto, la linea blu evidenzia il punto di inizio del movimento laterale, dunque mostra come l'attivazione del muscolo sia concomitante con il primo spostamento del corpo. Un'altro dato che emerge dal confronto dei due metodi riguarda i mV (millivolt) espressi: con la contrazione post-attivata si raggiunge il picco massimo pari a circa 2,5 mV; nel secondo caso, invece, quello relativo al

metodo sperimentale, il picco massimo raggiunto dopo i movimenti sperimentali di oscillazione bipodolica, è pari a circa 5,1 mV, più del doppio rispetto al metodo classico. Inoltre, sempre per quanto concerne la qualità della contrazione, si può notare una similitudine tra i due metodi: la prima contrazione in entrambe i casi è prossima a poco più di 2 mV. Ciò che fa la differenza sono le contrazioni successive che aumentano in virtù del principio del ciclo SSC, il quale permette di utilizzare l'energia elastica accumulata nei precedenti movimenti, che oltre ad essere metabolicamente gratuita, garantisce un'efficienza di movimento migliore.

Fig. 20 - Differenza delle contrazioni muscolari nei due metodi

Fig. 20 A

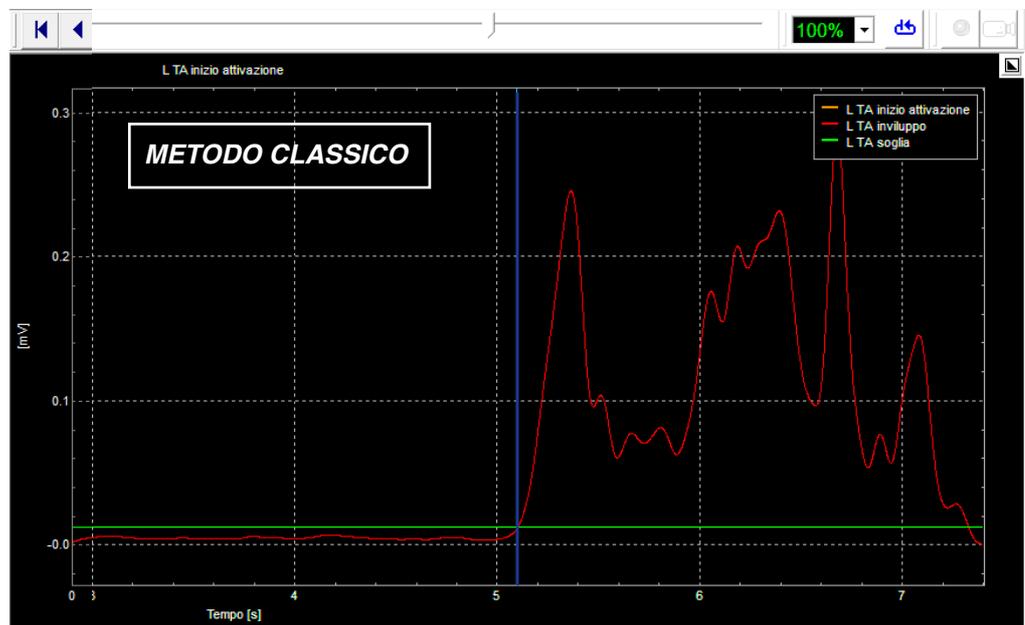
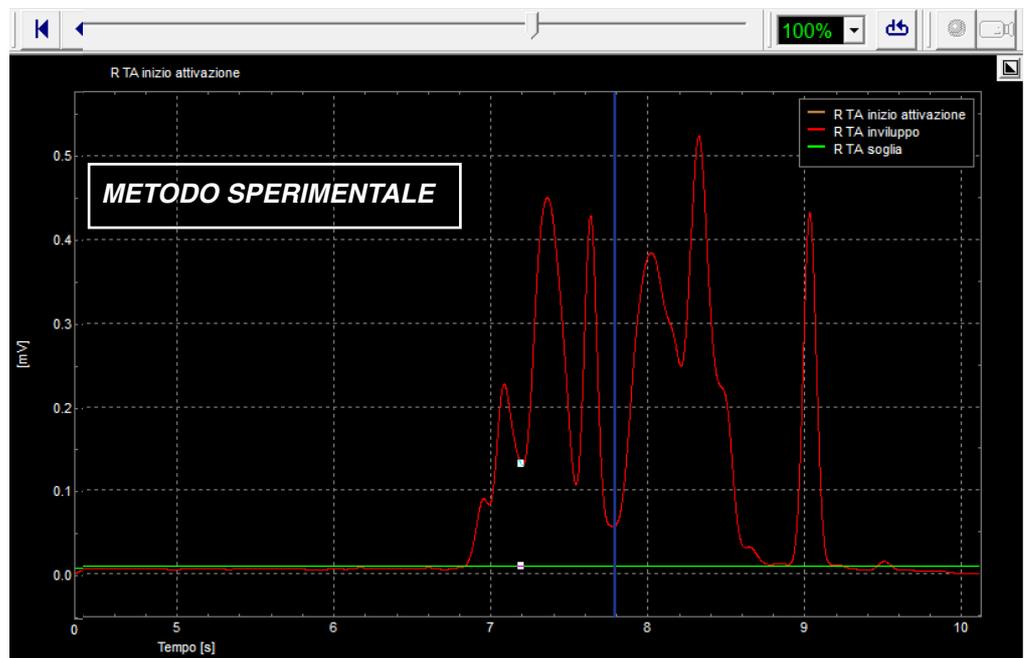
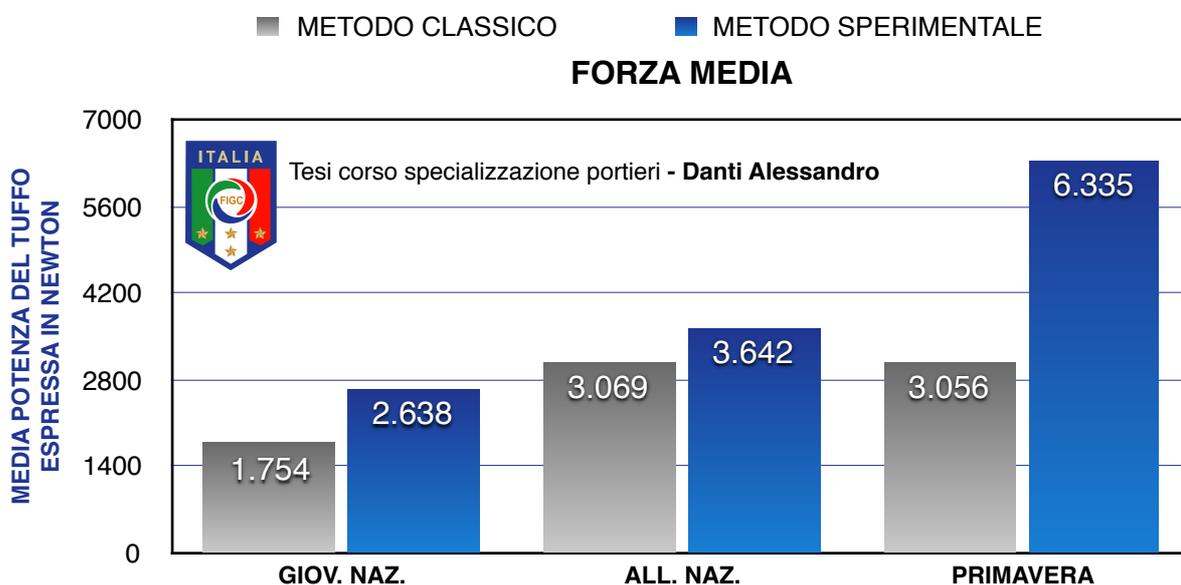


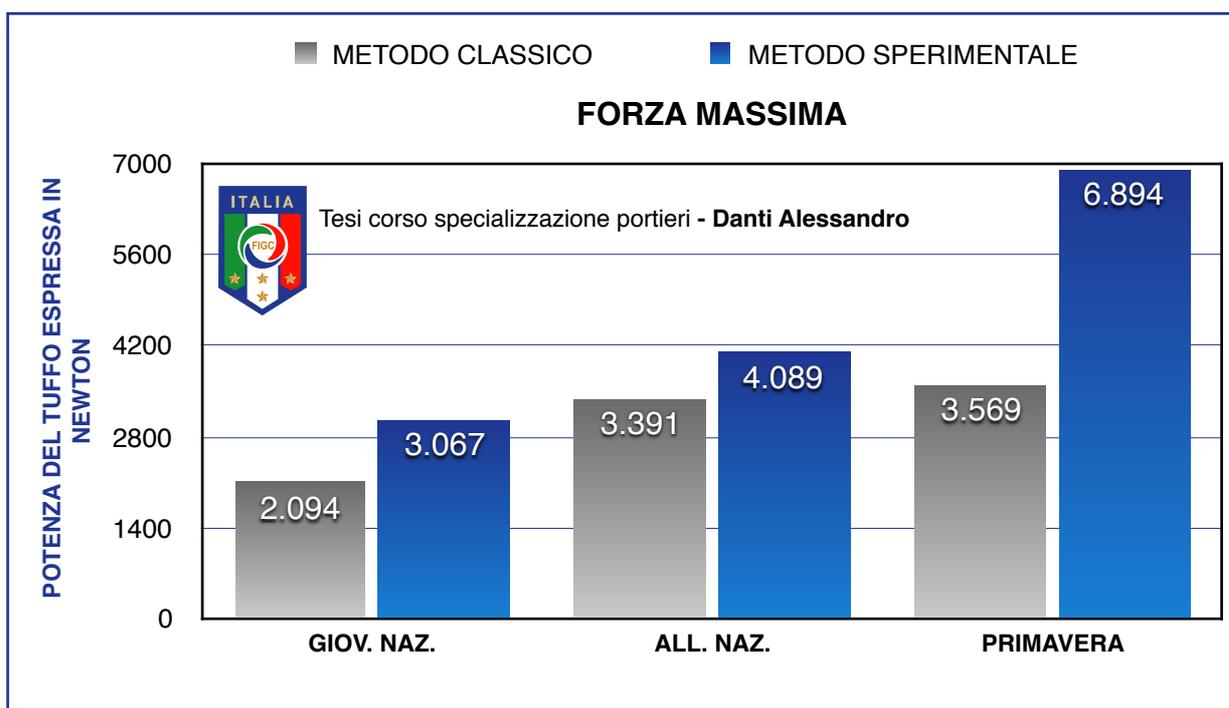
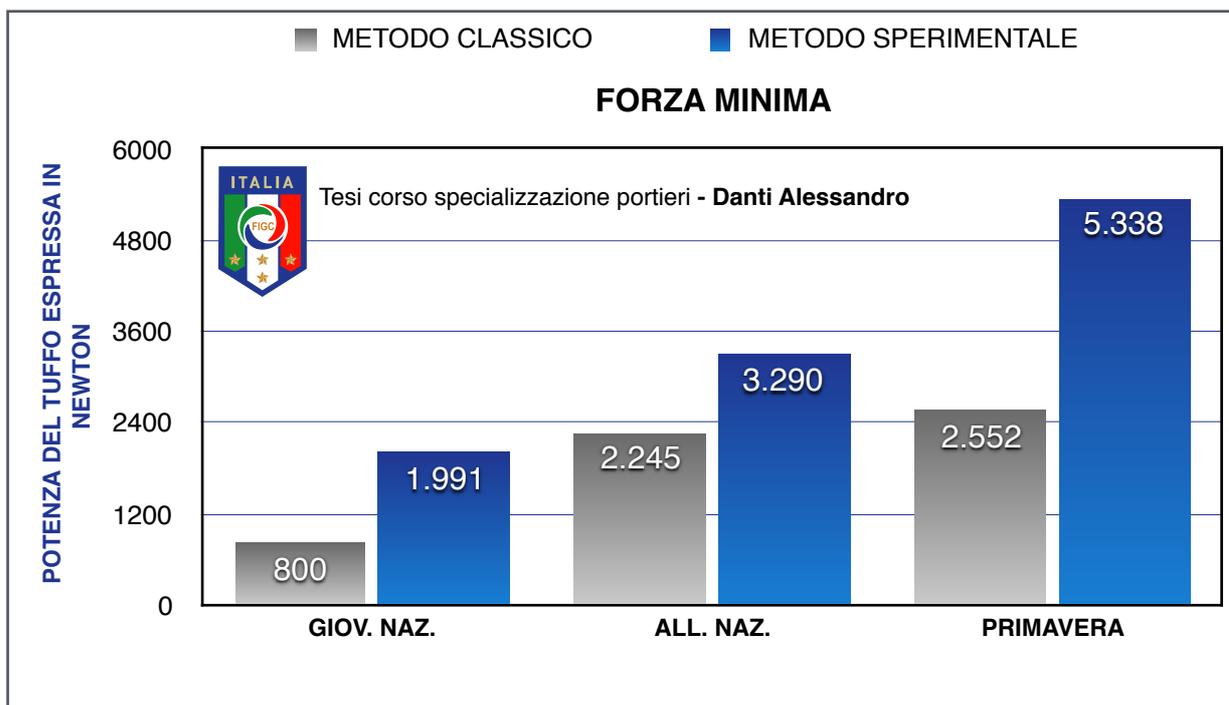
Fig. 20 B



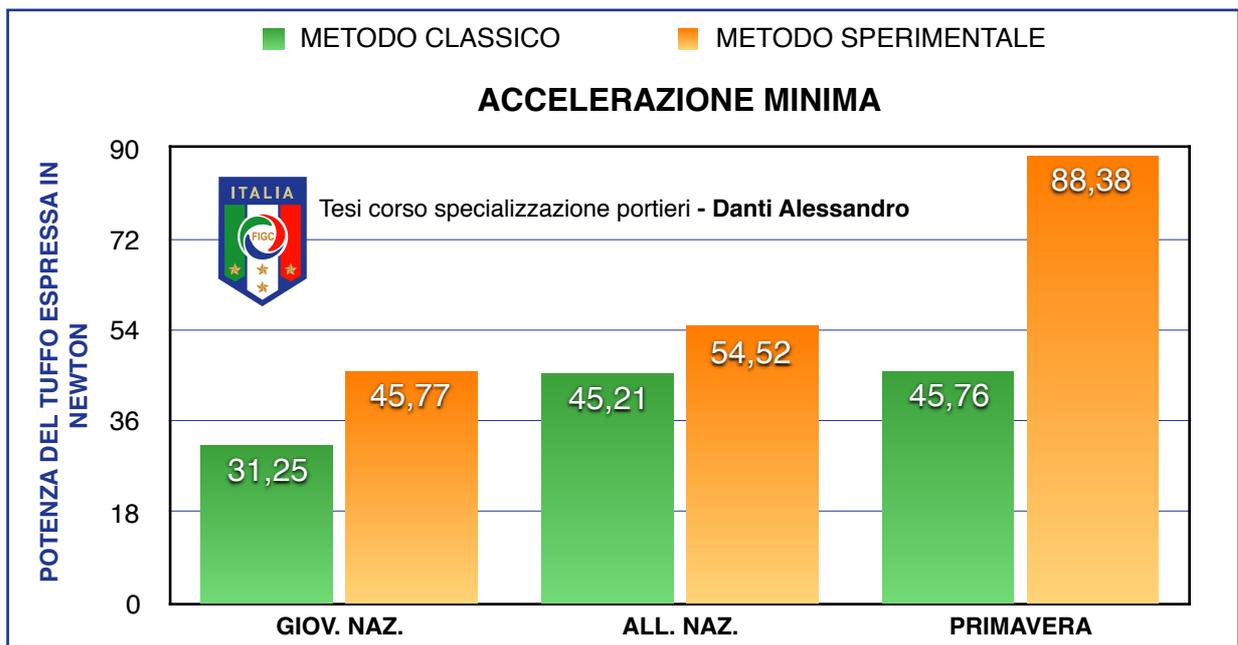
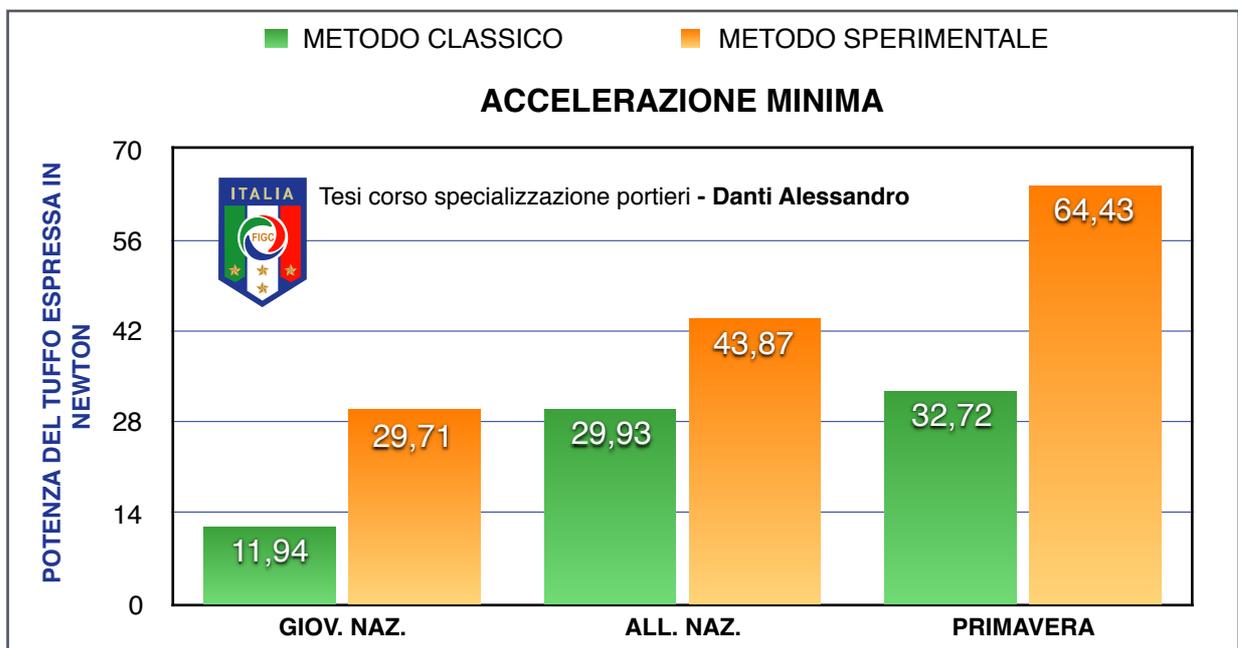
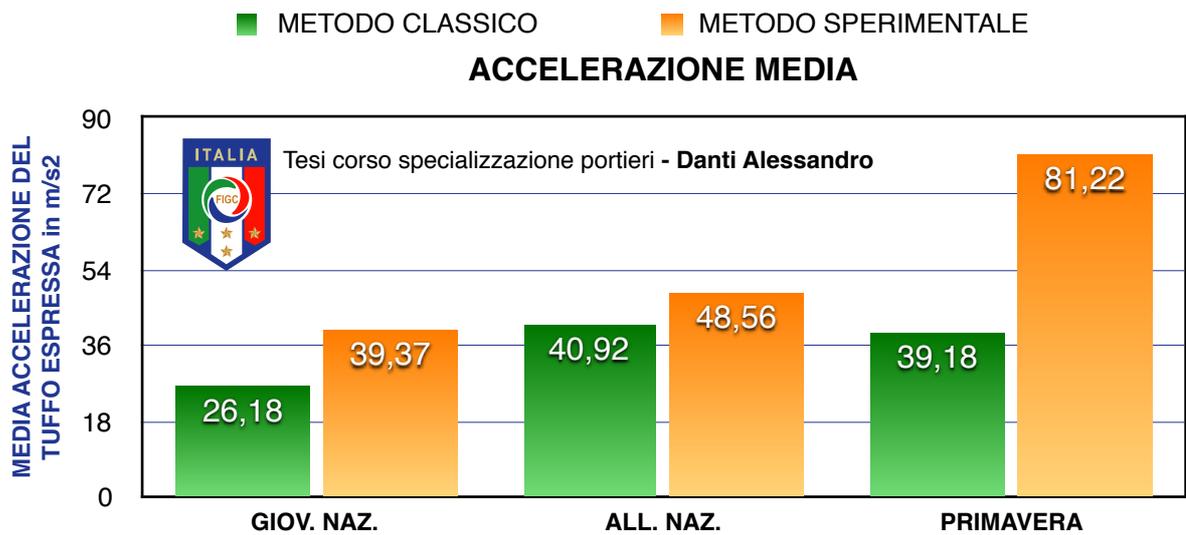
2. *Efficacia nel gesto tecnico del tuffo*: in merito ai risultati ottenuti analizzando i tre portieri delle tre diverse categorie, è emerso sempre lo stesso dato: il metodo sperimentale dimostra maggiori risultati in termini di forza espressa. Considerando la forza come il rapporto tra l'accelerazione e la massa dell'atleta è conseguente il risultato relativo all'accelerazione: è anch'essa maggiore nel metodo sperimentale in tutte le categorie analizzate. Se consideriamo i risultati ottenuti possiamo dire che avendo un'espressione di forza maggiore e conseguentemente un'accelerazione maggiore, il metodo sperimentale ha tempi di azione minori rispetto al metodo classico. Si può dunque affermare che il gesto tecnico del tuffo, eseguito dopo una fase di pre-attivazione con metodo sperimentale, risulta avere maggiore forza, maggiore accelerazione e minor tempo di esecuzione.

3. *Aumento dell'efficienza in funzione della categoria di appartenenza*: per ovvi motivi fisiologici dovuti alla differenza di età biologica e cronologica dei portieri analizzati sono emerse notevoli differenze nei risultati ottenuti. L'espressione massima di forza e di accelerazione è direttamente proporzionale all'età del tester. La motivazione risiede nella struttura fisica dell'atleta, la quale dopo la fase di pubertà, si stabilizza permettendo l'incremento della massa corporea a sfavore della crescita in altezza avvenuta nelle età precedenti. Di conseguenza ad una possibilità di espressione di forza maggiore, corrisponde un risultato migliore con il metodo sperimentale. La costante che accomuna le tre categorie analizzate è che in ogni caso il metodo sperimentale produce dei benefici nell'efficienza del gesto tecnico.





I grafici comparativi evidenziano la differenza crescente nelle varie categorie, mostrando però che a prescindere dalla categoria analizzata il risultato è sempre lo stesso: si ha un valore positivo sempre a favore del metodo sperimentale.



I grafici relativi all'accelerazione evidenziano che anche in questo caso i risultati migliorano in modo direttamente proporzionale con l'aumentare della categoria. Inoltre, anche in questo specifico caso relativo all'accelerazione, essendo quest'ultima legata all'espressione di forza, i risultati del metodo sperimentale sono migliori in tutte le categorie analizzate. Essendo l'accelerazione direttamente legata al tempo di azione possiamo dedurre che anche quest'ultimo sarà positivamente influenzato dal metodo sperimentale.

4.2.1. Obiezioni metodo sperimentale

Le obiezioni che potrebbero essere rivolte alla tipologia di movimento sperimentata in questo studio sono principalmente quattro:

1. *Distacco dei piedi da terra*: da una prima analisi superficiale si potrebbe credere che i piedi si staccano da terra presentando dei tempi latenti, nei quali non è possibile trovare l'appoggio sul terreno ed eseguire movimenti nello spazio. Questo problema non sussiste nel metodo presentato perché il movimento di pre-attivazione prevede delle oscillazioni bipodaliche sincrone, le quali non fanno mai distaccare l'avampiede da terra. Al contrario nel movimento riflesso eseguito inconsciamente nel metodo classico, si ha il distacco completo dei piedi in seguito al saltello precedentemente analizzato.
2. *Movimenti laterali in "contro-tempo"*: spesso quando si parla di movimento di preparazione si pensa ad un qualcosa che non garantisca al portiere la bilateralità o multilateralità di intervento. Il metodo sperimentale non presenta alcuna limitazione in questo senso, in quanto garantisce di eseguire qualsiasi movimento nello spazio senza anticipare lateralmente nessun movimento. L'attivazione nella fase di preparazione è data dalle oscillazioni di cui sopra, eseguite sul posto in posizione centrale.
3. *Eccessivo dispendio energetico*: considerando il movimento studiato come un movimento accessorio, ovvero in aggiunta al gesto vero e proprio, si potrebbe pensare che il dispendio energetico per attuare tale fase di preparazione riduca l'energia disponibile per il gesto successivo. Questo non accade, anzi, come è stato dimostrato dai vari autori citati nella tesi, l'energia elastica accumulata nel ciclo SSC è metabolicamente gratuita. Il risultato che otteniamo, pertanto, è opposto all'obiezione:

non si ha un peggioramento ma un miglioramento notevole dell'efficienza del gesto successivo.

4. *Vincolante per le variazioni dei programmi motori*: un'altra obiezione potrebbe riguardare la possibilità di accoppiare e combinare movimenti successivi e di natura diversa. La fase di preparazione studiata, permette di eseguire qualsiasi movimento successivo e di differente natura, in quanto è possibile interrompere in qualsiasi momento l'esecuzione, per programmare ed eseguire un nuovo compito motorio al variare della situazione di gioco. Mediante lo sviluppo specifico della capacità coordinativa di accoppiamento e combinazione insieme alla capacità di adattamento e trasformazione è possibile iniziare ed interrompere la preparazione in qualsiasi momento, per poi abbinarla a spostamenti nello spazio o a gesti tecnici specifici di qualsiasi genere.

5. Discussione

Il lavoro svolto in questa tesi ha prodotto dei risultati chiari in merito all'efficacia del metodo sperimentale analizzato. Inoltre lo studio ha evidenziato l'importanza che riveste la fase di preparazione mostrando come può influire positivamente o negativamente sul gesto tecnico successivo. In relazione a quanto prodotto finora è possibile affermare che il ciclo allungamento-accorciamento SSC, se codificato ed eseguito correttamente in funzione dell'obiettivo, porta dei benefici al gesto tecnico successivo in termini di forza, accelerazione e minor tempo di esecuzione. Peraltro è opportuno precisare che i campioni del test che hanno permesso la realizzazione di questa tesi sperimentale, non sono stati allenati al movimento sperimentale di preparazione al gesto, tranne il portiere dei giovanissimi nazionali del 2001. Quest'ultimo era a conoscenza del movimento avendolo già provato più volte in allenamento. Durante la valutazione delle differenze di pre-attivazione delle varie categorie è emerso un dato che merita di essere approfondito. Pur non avendo mai provato nessun metodo sperimentale, i tester, comprendendo la difficoltà della prova, cercavano di trovare soluzioni che permettessero loro di migliorarne l'esecuzione della stessa. Proprio questi adattamenti hanno dimostrato che, anche chiedendo e vincolando i soggetti a rimanere fermi fino all'ultimo istante, per poi attuare la sequenza esecutiva specifica del tuffo, questi inconsciamente ricorrevano ad un movimento di pre-attivazione. Il movimento inconscio si è presentato soggettivo e personale, ma l'analisi dei risultati ottenuti dimostra che, in tutte le prove eseguite, prima di fare lo spostamento laterale del baricentro veniva sempre eseguito movimento di "preparazione inconscio". L'ausilio della video analisi ha permesso di rilevare due principali tipologie di movimento legate all'apertura degli arti inferiori.

Nel caso in cui il portiere assumesse una postura con un'apertura minima prossima alla larghezza delle spalle, il movimento di preparazione inconscio lo portava ad eseguire un movimento di apertura degli arti inferiori, talvolta troppo accentuato, che lo limitava nella scelta dell'angolo ottimale di spinta dell'arto omologo al lato del tuffo. L'altro caso che è stato possibile identificare, prevedeva un saltello vero e proprio, il quale portava il portiere ad eseguire movimento con fase di volo, con stacco completo dei piedi da terra. Sia nel primo che nel secondo caso sono evidenziate conseguenze negative relative al suddetto movimento, dovute ad un errato angolo di spinta o alla perdita, seppur per un arco di tempo minimo, del contatto dei piedi con il terreno. Cioè riduce la libertà dei movimenti nello spazio, se non dopo aver ritrovato nuovamente il naturale appoggio dei piedi sul terreno. E' evidente

pertanto che l'organismo prova ad adattarsi alla situazione che deve fronteggiare, cercando di attuare strategie di miglioramento, che talvolta risultano più dannose che proficue. Sorge perciò spontanea una domanda: perché l'organismo cerca di anticipare i tempi di pre-attivazione eseguendo dei movimenti di preparazione prima di compiere l'azione motoria? La risposta a questa domanda, secondo la mia tesi sperimentale, è da ricondurre al tentativo dell'organismo di far ricorso in modo inconscio ed involontario al ciclo di allungamento-accorciamento SSC identificabile nei due metodi inconsci appena trattati. Durante una gara, però, non si ha mai la possibilità di eseguire più volte lo stesso gesto tecnico ed adattarsi ad esso, perché ogni situazione o azione di gioco è unica ed irripetibile. Emerge quindi una considerazione fondamentale: è opportuno essere sempre nelle migliori condizioni possibili per eseguire il massimo risultato in termini di efficacia ed efficienza. La necessità di trovare una condizione universale che permetta di ottimizzare qualsiasi azione motoria, più o meno complessa, volta a difendere la porta nel migliore dei modi è stato l'obiettivo che ho voluto perseguire nell'applicazione del metodo da me presentato. Dopo tre anni di valutazioni, cambiamenti, adattamenti, riflessioni, confronti, video-analisi e tanto altro, ho avuto la possibilità di realizzare questo studio con strumenti scientificamente validi ed affidabili che hanno confermato che il metodo sperimentale che prevede una pre-attivazione volontaria dell'intera catena cinetica degli arti inferiori, porta notevoli benefici in termini di efficacia della performance. I risultati ottenuti non certificano che d'ora in poi il metodo sperimentale analizzato sia il metodo giusto e si debba considerare come unica proposta di apprendimento. Garantisce però, scientificamente, che esiste un metodo alternativo relativo alla fase di preparazione al gesto tecnico. Di conseguenza può essere considerata l'ipotesi di approfondire gli studi, aumentare il campione analizzato e perfezionare la modalità esposta in questa tesi. Per di più sarebbe molto interessante poter confrontare i dati delle diverse categorie e di atleti professionisti di prima fascia come prime squadre delle massime serie. Non solo, si potrebbe eseguire il test con vari campioni per creare un archivio di dati che permetta di redigere una scala di valori con la quale confrontare i risultati dei vari atleti. Pertanto essendo un test oggettivo e ripetibile può divenire strumento di controllo per l'analisi dei miglioramenti ipotetici dei vari protocolli di allenamento. Come ogni proposta sperimentale, anche in questo caso è opportuno creare un protocollo di allenamento, che tenga conto dei principi generali dell'insegnamento, volto a dare una progressiva sequenza di apprendimento. Sicuramente tale protocollo sarà basato sulla capacità di accoppiamento e combinazione del metodo sperimentale con le varie azioni tecnico/motorie specifiche del ruolo del portiere. Pertanto

sarà opportuno considerarlo come postura di attesa, collegandolo con le varie metodologie conosciute di spostamento nello spazio: corsa, spostamenti laterali, passo incrociato e così via. Risultando esattamente frapposto tra lo spostamento nello spazio e l'esecuzione tecnica, il suo miglioramento sarà finalizzato all'ottimizzazione del gesto tecnico successivo. Diventa pertanto fondamentale che oltre ai vari spostamenti nello spazio venga abbinato ai successivi gesti tecnici, specialmente quello del tuffo che risulta indubbiamente il gesto specifico che ne trae il maggior beneficio. Per ottenere il massimo riusato possibile sarebbe opportuno approfondire, attraverso nuove analisi e, laddove necessario, aumentando il campione analizzato, quale sia il tempo di pre-attivazione ottimale che permette di sfruttare al massimo il principio del ciclo SSC. Indubbiamente questo valore è dipendente dalle caratteristiche individuali del singolo atleta: morfologia, età biologica, caratteristiche psico-fisiche e quant'altro riguarda le specifiche personali. E' altresì vero che, nel caso in cui sia possibile individuare delle macro-caratteristiche relative al miglior tempo di pre-attivazione, questo sarebbe di grande aiuto nella realizzazione dei protocolli di allenamento specifici per le varie categorie e per le varie caratteristiche individuali dei soggetti sottoposti a tale modello di apprendimento.

6. Conclusioni

La conclusione del presente lavoro porta a riflettere sull'importanza della fase di preparazione al gesto tecnico, qualunque esso sia, la quale riveste un ruolo fondamentale per ricercare performance ottimali e di massimo livello. Ciò che a volte può risultare trascurabile, può presentare contrariamente risultati significativi. Considerata la natura motoria del movimento sperimentale, questo studio potrebbe essere applicato anche ad altri sport che presentano situazioni di pre-attivazioni simili. Durante le ricerche di testi o studi inerenti al mio lavoro o semplicemente cercando video di movimenti analoghi, ho considerato l'ipotesi che questo movimento sperimentale di preparazione possa essere applicato anche alla pallavolo, ad esempio preparandosi ad eseguire un muro su attacco avversario, oppure al tennis durante la fase di attesa della battuta dell'avversario. Considerata per tanto la possibilità di applicare il metodo analizzato sperimentalmente, obiettivi futuri potranno essere rivolti alle diverse gestualità tecniche successive alla fase di preparazione, specifiche per il ruolo del portiere o per i giocatori di movimento. Inoltre sarebbe interessante valutare se e quali collegamenti insistono con i movimenti di altri sport, ad esempio quelli sopra citati, per migliorare e perfezionare ulteriormente lo studio presentato.

7. Bibliografia

- ❖ Beachle T.R. et Earle R.W. *Manuale di condizionamento fisico e di allenamento della forza. NSCA National Strength and Conditioning Association*. pp 480-483, Calzetti e Mariucci editori, 2010
- ❖ Biscotti G.N. *Teoria e metodologia del movimento umano: Biomeccanica e bioenergetica muscolare*. Teknosporting, 2002
- ❖ Bosco C. *Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise*. pp 137-140, Int J Sports Med., 1982
- ❖ Cavagna et al. *Power output of the previously stretched muscle*. Vol 6, pp 159-167. Med Sport (Biomech. II), 1971
- ❖ Chapman AE. Caldwell GE. *The use of muscle stretch in inertial loading*. Biomechanics IX-A, Champaign, Illinois, Human Kinetics, 1985
- ❖ Ferretti F et al. *L'allenamento fisico nel calcio: concetti e principi metodologici*. Cap. 7, pp 125-16 - 160. Edizioni Correre, 2010
- ❖ Goubel F. *Determination of muscular compliance in the course of movement*. pp 154-158. Med Sport (Biomech II), 1971
- ❖ Komi PV. *Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed*. In: R.L. Terjung (Ed) *Exercise and sport Sciences Reviews*, Vol. 12, pp 81-121. Collator Press, Lexington, Mass, 1984
- ❖ Suchomel TJ, Sole CJ, Stone MH, “*Comparison of methods that assess lower body stretch-shortening cycle utilization*”. Center of Excellence for Sport Science and Coach Education, Department of Exercise and Sport Sciences, East Tennessee State University, Johnson City, 2015