

FEDERAZIONE ITALIANA CANOA KAYAK

Anno XXIII - n. 84



nuova
**CANOA
RICERCA**



magnum 02
Settembre/Dicembre 2014

*Pubblicazione quadrimestrale Tecnico-Scientifica
a cura del Centro Studi - Ricerca e Formazione*



Insieme per Vincere

Sponsor Ufficiali FICK



www.federcanoa.it





FEDERAZIONE ITALIANA CANOA KAYAK

Anno XXIII - n. 84

Settembre/Dicembre 2014

nuova CANOA RICERCA

Direttore

Luciano Buonfiglio

Direttore responsabile

Johnny Lazzarotto

Comitato di redazione

Coordinatore

Marco Guazzini
Andrea Argiolas
Elena Colajanni

Direzione e Redazione

Federazione Italiana Canoa Kayak
"Nuova Canoa Ricerca"
Viale Tiziano, 70 - 00196 Roma

Segreteria di redazione

Matteo Lucente

Numero **84**

**Aut. Trib. Roma n. 232/2006
del 8/6/2006**

Fotocomposizione e Stampa

New Graphic s.n.c.
Via A. Tempesta, 40 - 00176 Roma
Tel. 06 24301862

SOMMARIO

L'Angolo

di Andrea Argiolas

pag. 2

L'Allenamento della forza oggi tra metodi tradizionali e metodi funzionali

di Marco Guazzini

pag. 4

Caratteristiche fisiologiche di kayakers di alto livello durante prestazioni in e fuori dall'acqua

di Stefano Annoni

pag. 39

INDICAZIONI PER GLI AUTORI

La rivista "Nuova Canoa Ricerca" è aperta a tutti i contributi (articoli, studi, ricerche, ecc.) che abbiano una certa rilevanza per la scienza e la cultura sportiva, con particolare riferimento alla sport della canoa.

Gli interessati possono inviare il materiale da pubblicare, via e-mail, a: centrostudi@federacanoa.it, oppure in forma cartacea o digitale a: Nuova Canoa Ricerca, Federazione Italiana Canoa Kayak, Viale Tiziano 70, 00196 Roma.

Il testo deve essere riportato su un numero massimo di 20 cartelle, 25 righe, 60 battute, interlinea 1,5, formato "Word", max 30.000 caratteri. Le pagine devono essere numerate. Eventuali figure, grafici, foto, dovranno essere numerati e inseriti nel testo. L'articolo dovrà riportare Cognome, Nome e breve curriculum dell'autore.

L'articolo deve essere strutturato nel seguente modo:

- Abstract, max 20 righe (circa 1500 caratteri), comprendente lo scopo della ricerca, il metodo usato, il sommario dei risultati principali. Non deve comprendere le citazioni bibliografiche.
- Introduzione, natura e scopi del problema, principali pubblicazioni sull'argomento, metodo usato e risultati attesi dalla ricerca.
- Metodologia seguita: ipotesi, analisi e interpretazione dati, grafici, tabelle, figure, risultati.
- Conclusioni. Principali aspetti conclusivi, applicazioni teoriche e pratiche del lavoro.
- Bibliografia, solo degli autori citati nel testo con in ordine: Cognome, Nome, anno di pubblicazione, titolo, rivista, numero della rivista, pagine o casa editrice, città, se libro.

La pubblicazione è subordinata al giudizio del Comitato di Redazione.



L'ANGOLO di Andrea Argiolas*

Giunti ormai solo a pochi mesi dalle prime gare del ciclo olimpico (qualificazioni e Giochi), che per la velocità coincidono con i Mondiali di Milano dell'agosto prossimo, anche se un po' come gli studenti sono portato ad esorcizzare la paura della verifica attraverso il filtro del tempo, non posso invece non prendere atto di quanto la scadenza sia immediata. Ricorrendo alla medesima metafora, è come se già ci trovassimo nell'ultima notte, quella che precede gli esami. Sentirsi preparati sarebbe rassicurante ma non è certo il sentimento che più mi rappresenta in questo momento, così come aver fatto il proprio dovere, forse porrebbe le coscienze in una condizione di parziale serenità ma non basta e altrettanto non è il mio attuale stato d'animo. Le sfide difficili premiano solo chi è in grado di dare qualcosa in più, che spesso è andare anche oltre i propri limiti. Infatti il risultato non dipende solo dal lavoro svolto e dal sentirsi a posto con la propria coscienza, ma dalla capacità in quegli attimi decisivi di essere in grado di fare meglio dei nostri avversari, pure altrettanto determinati, agguerriti e coscienti di questo aspetto. Questa è l'unica certezza e la forma mentis che ogni nostro atleta dovrebbe possedere quando scende o, come direbbe qualche politico, "sale" in campo, che poi nel nostro sport si coniuga benissimo in entrambe le forme con le espressioni "scendere in acqua" e "salire in barca".

Anche per noi, dirigenti e tecnici, che comunque ci confrontiamo e siamo chiamati a favorire il risultato dei nostri canoisti ovvero della messa in atto di quest'atteggiamento volitivo, il principio regolatore non cambia: dobbiamo dare il massimo e più del massimo e, come per la prestazione sportiva, ciò non può improvvisarsi ma deve essere frutto di un percorso di impegno, di conoscenza, di organizzazione e programmazione, ma anche della necessaria capacità di reazione agli scostamenti delle ipotesi progettuali dalla realtà, purtroppo sempre in agguato. Tuttavia, possedere singolarmente anche tutte queste doti non garantisce il risultato se non si assume la convinzione e la necessità di dover agire all'unisono. La capacità di sentirsi sulla stessa barca e di pagaiare tutti nello stesso verso e nella medesima direzione rappresenta una preconditione moralmente ed eticamente imprescindibile nonché fondamentale per centrare gli obiettivi. Come nei titoli di coda di certi film, dove viene precisato che il riferimento a fatti e persone realmente esistite è del tutto casuale, anche il mio richiamo è da intendersi in modo del tutto impersonale e rappresenta solo un invito generale alla coesione, ossia un appassionato incitamento a seguire i valori fondanti della Federazione, "organizzazione di organizzazioni" accomunate da scopi perfettamente sovrapponibili. Quest'affermazione che ai più potrebbe sembrare scontata, in realtà non lo è affatto ma per me è la guida, la stella polare da conoscere e seguire e attraverso la quale tutti dovremmo orientarci.

Anche stavolta prima di concludere, dopo aver divagato con considerazioni di fondo, nel rispetto dello spirito di questa rivista, l'inciso sui due contributi tecnici che la sostanziano. Il primo è un articolo dedicato alla forza, del nostro Marco Guazzini che, sullo slancio dell'intervento al seminario di aggiornamento del febbraio scorso, ha approfondito e riorganizzato le conoscenze in merito ad una delle capacità condizionali maggiormente correlate alle prestazioni canoistiche, per l'appunto la Forza. L'altro contributo proviene da quel fermento che sempre più anima i nostri giovani tecnici impegnati anche nei corsi universitari di Scienze Motorie e nelle rispettive specializzazioni magistrali. Questa volta il lavoro pubblicato è la



riduzione della tesi di Laurea Magistrale di Stefano Annoni, discussa alla statale di Milano con relatore il prof. Antonio La Torre. Il tema, quanto mai interessante ed attuale, è quello delle caratteristiche fisiologiche del canoista con un confronto analitico tra i valori rilevati in barca e a secco. Argomento che a breve riceverà un ulteriore contributo dalla rielaborazione delle valutazioni funzionali svolte sugli atleti della nostra nazionale dal Laboratorio di Fisiologia degli Sport dell'Università di Cagliari diretto dal dott. Antonio Crisafulli.

Chiudo riaffermando lo spirito che sin dalla sua istituzione anima questa pubblicazione federale, teso a favorire il confronto e la circolazione di idee e conoscenze riferibili e connesse all'area tecnico-scientifica delle discipline della pagaia. Pertanto rinnovo l'invito a produrre e inviarci i vostri contributi perché anche in questo modo e grazie a tutti il sistema Canoa Italia va avanti.

**Vice Presidente Federale, responsabile del Centro Studi, Ricerca e Formazione*



Marco Guazzini

L'ALLENAMENTO DELLA FORZA OGGI TRA METODI TRADIZIONALI E METODI FUNZIONALI

ABSTRACT

L'allenamento della forza ha attraversato negli anni, varie fasi di sviluppo e linee metodologiche. Negli anni '80, la nascita e diffusione massiccia delle macchine per muscolazione specifica, perché più sicure e più semplici da usare, fece passare in secondo piano gli attrezzi tradizionali a carico naturale o carico libero (bilancieri, manubri), senza percepire subito i limiti di tali macchine, come l'isolamento muscolare, la scarsa coordinazione necessaria, la riduzione di lavoro sugli stabilizzatori delle articolazioni e colonna vertebrale, la mancanza del giusto equilibrio agonisti-antagonisti, tutti fattori presenti invece, nel lavoro con attrezzi a carico libero. Successivamente al 2000, è avvenuta quindi una "riscoperta" degli attrezzi a carico libero, soprattutto degli esercizi globali, capaci di sollecitare il movimento nella sua interezza, utilizzando "le catene cinetiche muscolari". Questa nuova tendenza, arricchita poi nei metodi e attrezzi utilizzati, è stata definita "allenamento funzionale".

The strength training has had through over the years various stages of development and methodological strategies. In the 80s, the birth and wide spread of machines for specific muscles, because they are safer and easier to use, overshadowed the traditional tools born natural or loose cargo (barbells, dumbbells), without immediately realizing the limits of such machines, such as muscle isolation, poor coordination required, the reduction of work on stabilizers of joints and spine, lack of proper balance between agonist-antagonist muscles, all of which are instead present in the work-loaded with gear. After 2000, a "rediscovery" of tools-loaded took place, especially of the global exercises, able to stimulate the movement as a whole, using "the muscle kinetics chains". This new trend, then enriched with the methods and tools used, has been called "functional training".



INTRODUZIONE

L'allenamento della forza è diretto oggi a molteplici aspetti, per rispondere alle numerose richieste, tipiche della programmazione dell'allenamento moderno (ricchezza ed efficacia di mezzi e metodi).

Gli indirizzi metodologici che caratterizzano oggi l'allenamento della forza, possono essere ricondotti a due tipi di approccio diverso, quali:

1. allenamento della forza con attrezzi e metodi tradizionali;
2. allenamento funzionale della forza. Può essere globale (solo con attrezzi funzionali) o misto, con l'utilizzo anche degli attrezzi tradizionali ma in maniera funzionale.

All'interno di questi esistono vari aspetti di sviluppo, quali l'aspetto coordinativo (neuro-muscolare), l'aspetto condizionale (energetico, metabolico), l'aspetto stabilizzatore (posturale, preventivo). Un aspetto particolare è l'allenamento della forza in canoa.

Weinek (2001) sull'importanza degli allenamenti di forza, afferma che:

- incrementa la capacità specifica di prestazione, dal momento che in almeno una delle forme principali (max-rapida-res.forza) rappresenta la forma predominante dello sport;
- aumenta l'efficacia tecnica del gesto (coordinativo);
- è necessario per la preparazione fisica generale (maggiore tolleranza ai carichi);
- ha la funzione di allenamento integrativo, dei muscoli sinergici poco impegnati nel gesto specifico (molto importante nei giovani);
- ha la funzione di allenamento compensativo, cioè ri-equilibratore delle differenze agonisti/antagonisti, legate anche ad un allenamento unilaterale della forza;
- previene i traumi, rinforzando gli stabilizzatori delle articolazioni;
- mantiene la postura rinforzando i muscoli posturali.

Per questi molteplici aspetti, la forza deve essere allenata tutto l'anno.

Lavoro muscolare e tipologia di tensioni

Il concetto di Forza: *Capacità dell'uomo di vincere o di opporsi ad una resistenza mediante impegno muscolare* (Zaciorskij, 1970).

A seconda del tipo di lavoro muscolare (statico, dinamico superante, dinamico cedente), si generano vari tipi di tensioni muscolari:



1. Isometrica (stessa lunghezza) cioè senza accorciamento muscolare. Lavoro muscolare (tipo di contrazione) statico (senza accelerazione), con velocità angolare = $0^\circ/\text{s}$.
2. Anisometrica (con diversa lunghezza) tramite contrazioni dinamiche. Può essere isotonica (stesso tono muscolare, nello sport rara) o auxotonica (tono muscolare variabile), forma più frequente di contrazione nello sport (Weinek, 2001) caratterizzata da attivazione di più unità motorie, per le variazioni dei momenti di forza (peso) e della velocità dei movimenti.
 - a. Concentrica (dinamica), tramite lavoro muscolare superante (accorciamento), accelerazione, con velocità angolare maggiore vicino a $0^\circ/\text{s}$. Resistenza variabile.
 - b. Eccentrica (dinamica), tramite lavoro muscolare cedente (allungamento), frenata, ammortizzamento, con velocità angolare maggiore allontanandosi dallo $0^\circ/\text{s}$. Resistenza variabile. Se ha un pre-stiramento si chiama pliometrica.

Principi alla base della forza

Nello sport la forza non è mai in forma “pura” ma è sempre una combinazione di forme miste. Forme principali della forza sono la forza massimale (statica o dinamica), la forza rapida (capacità del sistema neuro-muscolare di muovere corpo o oggetti alla massima velocità possibile) e la resistenza alla forza, legata al metabolismo muscolare (Weinek, 2001).

Secondo Cometti (1991) i fattori alla base della forza, sono di tipo strutturale, come l'ipertrofia (legato all'aumento della sezione trasversa del muscolo) o qualità delle fibre muscolari (ST lente, FT veloci) o di tipo neuro-muscolare, come il reclutamento delle fibre, la sincronizzazione unità motorie, la coordinazione intra-muscolare e la coordinazione inter-muscolare. Oppure possono essere anche in rapporto allo stiramento, grazie al riflesso miotatico, con prestiramento ottenendo più forza per elasticità dei componenti muscolari, passiva nei tendini, attiva nei ponti actomiosinici.

Secondo Bosco (1997) le fibre muscolari ST o del I tipo, lente, hanno prevalenza del meccanismo ossidativo (aerobico), sono ricche di mioglobina (colore rosso) e di mitocondri (sede del ciclo di Krebs). Sono inoltre ricche di LDH 1-2 (latticodeidrogenasi) che riporta il lattato a piruvato, hanno bassa velocità di contrazione e utilizzano acidi grassi per lavori di resistenza a intensità sub-massimale. Invece le fibre muscolari FT o del II tipo, veloci, si dividono in: FTa, miste, con



prevalenza del meccanismo glicolitico ma anche ossidative, ricche di LDH che trasforma il piruvato in lattato, elevata velocità contrazione; FTb, glicolitiche pure (anaerobiche), che raggiungono elevate tensioni e adatte a lavori massimali di breve durata.

Allenando la forza massimale, il primo adattamento è di tipo neurogeno cioè aumento delle unità motorie reclutate, maggiore frequenza di scarica degli impulsi, maggiore sincronizzazione intra-inter muscolare. Successivamente si ha un adattamento di tipo ipertrofico, per aumento delle proteine delle miofibrille con conseguente aumento della sezione trasversa. L'ipertrofia non solo non è utile per forza veloce, ma deve essere secondaria agli aspetti neuro-muscolari. La differenza di forza fra uomini e donne è legata al +10% di massa grassa nelle donne, mentre nella forza relativa, che considera solo la massa magra, sono uguali (Bosco, 1997).

Secondo Verchoshanskij (2001), nell'allenamento della forza è fondamentale lo sviluppo della Preparazione Fisica Speciale-PFS, cioè intensificazione del lavoro neuromuscolare dell'atleta con specializzazione morfo-funzionale, lavoro specializzato di forza sui gruppi muscolari dell'esercizio di gara, aumento del potenziale energetico dell'organismo. Negli sport ciclici permette l'aumento della velocità di gara grazie all'aumento dell'ampiezza del movimento a frequenze ottimali.

Il reclutamento delle fibre muscolari

Secondo Henneman (1965) in base all'intensità del lavoro muscolare richiesto, la percentuale di fibre attivate varia. Attività di bassa intensità utilizzano solo fibre ST (lente). Aumentando l'intensità, vengono attivate prima le fibre FTa (veloci, miste) e poi le FTb (veloci, glicolitiche). Bosco, Komi (1979) hanno dimostrato che lo spostamento del reclutamento da ST a FT in funzione dell'intensità, può avvenire anche all'interno dello stesso esercizio.

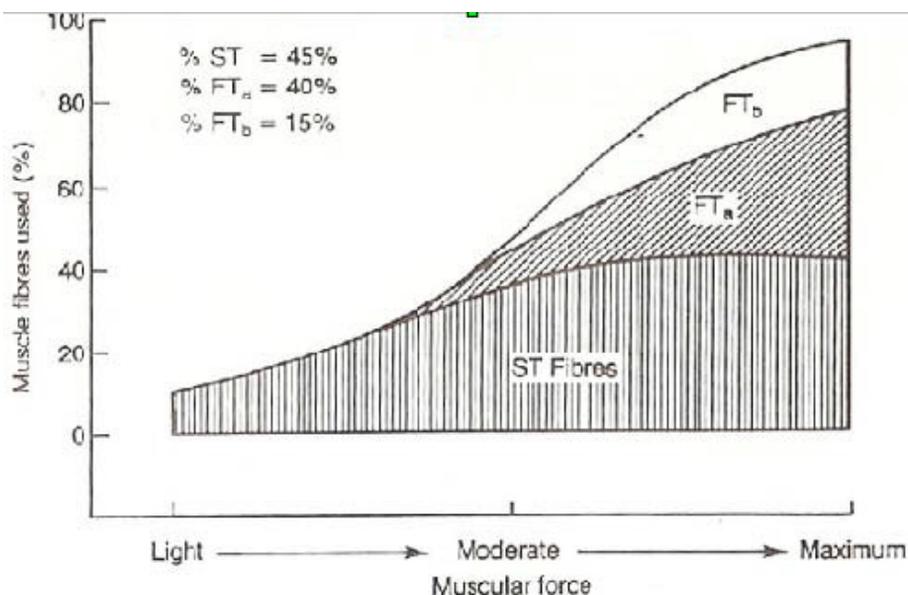


Figura 1 – Il reclutamento delle fibre muscolari (Henneman, 1965).

Bosco (1997) effettuò degli studi sulle differenze di reclutamento delle fibre con carichi 70-90% 1RM, a velocità sub massimali e massimali (fig.2-3). Con attivazioni sub-massimali (80% 1RM) il reclutamento progressivo delle varie fibre muscolari, definisce il numero di ripetizioni. A inizio serie avviene un reclutamento di ST e Fta mentre alla fine della serie avviene reclutamento FTb (fig.2). Con attivazioni invece, massimali volontarie (80% 1RM), avviene attivazione immediata ad altissima frequenza di tutte le unità motorie, esaurimento rapido delle fibre veloci e proseguimento del lavoro con massiccio intervento delle fibre lente con conseguente abbassamento della velocità sviluppata (fig.3).

Per evitare quindi, il reclutamento delle fibre lente, la serie deve essere eseguita alla massima velocità consentita dal carico e viene interrotta quando la velocità di spostamento scende sotto il 90% della velocità espressa con quel carico.



Reclutamento con sforzo submassimale con carichi > 70% < 90% di IRM

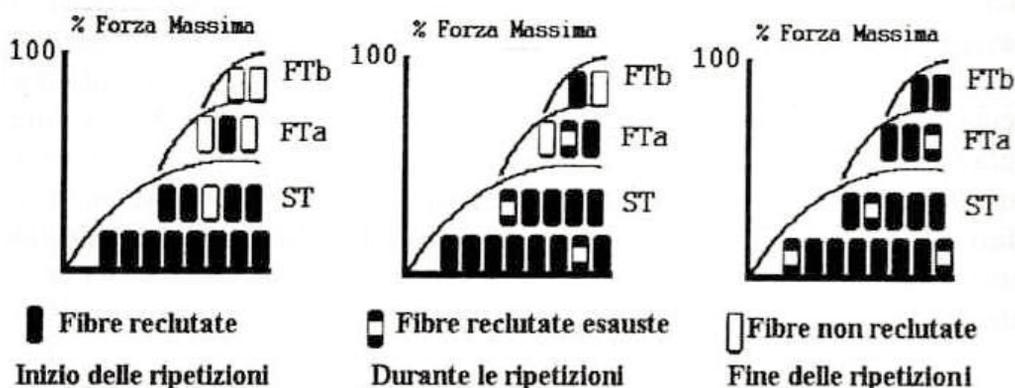


Figura 2 – Reclutamento fibre, con sforzo sub-max (70-90% 1RM). (da: Bosco, 1997)

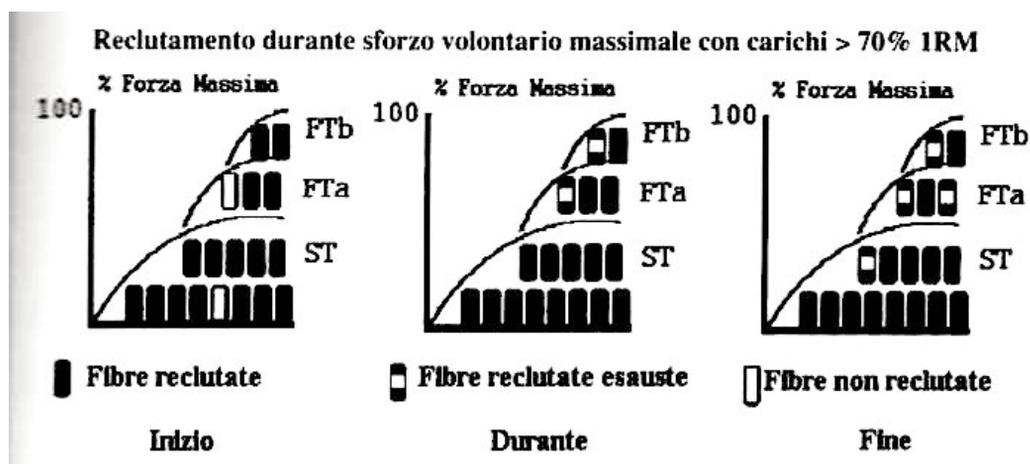


Figura 3 – Reclutamento fibre con sforzo massimale (oltre 70% 1RM). (da: Bosco, 1997).

Relazione forza-velocità

Sempre Bosco (1997), dopo gli studi di Hill (1938) e Wilkie (1950) ha rappresentato in maniera iperbolica, la relazione forza/velocità e classificato biologicamente le varie espressioni di forza. Nella Figura 4, si nota, in alto la massima forza isometrica, caratterizzata da velocità di accorciamento pari a zero. Quindi la forza massima, la forza dinamica massima, la forza esplosiva, correlate fra loro perché determinate prevalentemente dagli stessi fattori neuro-muscolari (sincronizzazione unità motorie; frequenza impulsi; coordinazione intra-intermuscolare; utilizzo cellule reinshaw).



Infine la resistenza alla forza veloce e la resistenza muscolare, collegate prevalentemente a processi metabolici.

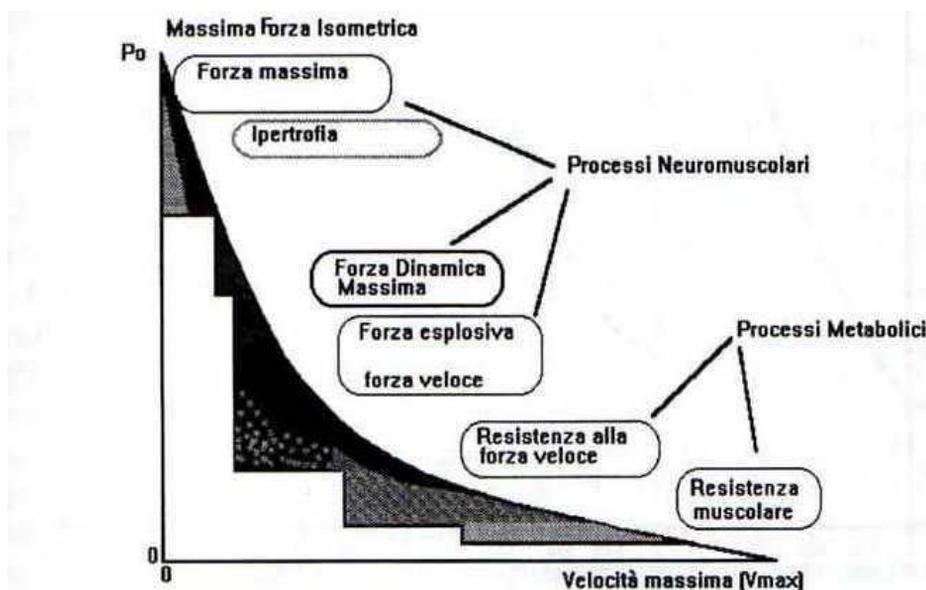


Figura 4 – Relazione Forza/Velocità e classificazione biologica delle varie espressioni di forza (Bosco, 1997).

	% 1RM	Velocità contrazione	Durata contrazione
Forza massima	70-100	>0,6 mm/s	<700 ms
Forza dinamica max	30-70	0,6-1,2 mm/s	400-600 ms
Forza esplosiva	0-30	<1,2 mm/s	200-300 ms

Tabella 1 – Dati estrapolati dalle ricerche di Bosco (1997), sulla velocità e durata di contrazione dei vari tipi di forza max e esplosiva.

Sulla base delle sue ricerche Bosco rivoluzionò il sistema di verifica della max forza esprimibile, andando a valutare piuttosto la max potenza di esecuzione intesa come lavoro/tempo (o $F \cdot v$).

Il suo metodo consiste nell'esecuzione di varie ripetizioni max velocità, con carichi progressivi e calcolando, tramite strumenti di precisione (Muscolab, Freepower, ecc.) i watt di potenza espressi derivanti da: $N \cdot cm$ (ampiezza movimento)/tempo (s), oppure: $N \cdot v(m/s)$.



Inoltre per la forza veloce-resistente vengono fatte eseguire 15-20 rip. alla max potenza, con il carico trovato, andando ad individuare il punto preciso corrispondente al calo di potenza.

Carico (kg)	Potenza (W)	Forza (N)	Velocità (m/s)	Spostamento (cm)	Tempo (s)
30	406,19	364,04	1,12	53,6	0,48
40	444,33	467,02	0,95	48,5	0,51
50	409,09	550,44	0,74	46,1	0,62
60	295,14	620,32	0,48	42,8	0,90
70	216,04	706,34	0,31	33,3	1,09

Tabella 2 – Dati relativi ad un test di forza/velocità sulla panca trazioni (femmina, senior).

Altre tipologie di tensioni muscolari

Le tensioni muscolari “isocinetiche” e “isoinerziali” non esistono in natura e necessitano quindi di macchine speciali (Verchoshanskji, 2001; Bisciotti, 2012).

Isocinetica (stessa velocità angolare). Nata in ambito riabilitativo negli anni ‘80. Contrazioni dinamiche, concentriche o eccentriche, compiute a velocità angolare costante. Lontano dalle esigenze biomeccaniche sport (pre-attivazione nervosa, pre-stiramento, ciclo allungamento-accorciamento). Adatto per la riabilitazione (Bosco, 1997).

Isoinerziale (stessa resistenza). Nata alla fine degli anni ‘80 per mantenere in efficienza gli astronauti che in assenza di gravità andavano incontro ad ipotrofia muscolare e riduzione densità minerale ossea. Si tratta di un allenamento resistivo con un volano, azionato da una cinghia, in grado di far lavorare con la stessa inerzia sia in fase concentrica che eccentrica. Nella fase concentrica, il muscolo tira la cinghia avvolta sull’asse del volano, facendolo ruotare alla massima velocità. Il volano continua a ruotare nello stesso senso per inerzia anche alla fine della fase concentrica. Inizia quindi a riavvolgere la cinghia, generando nel muscolo una contrazione eccentrica.

A proposito di lavoro muscolare contro l’inerzia del sovraccarico, anche Verchoshanskij (2001) oltre a confermare che necessita di apparecchiature speciali, aggiunge che tali tipi di lavoro sviluppano prevalentemente la velocità di contrazione e distingue fra:

- esercizi con applicazione della forza ad un sovraccarico che si muove (scivola) su una superficie orizzontale oppure ad un sovraccarico appeso



(principio del pendolo). In questo caso la velocità di contrazione muscolare varia con il variare del peso del sovraccarico;

- esercizi con applicazione della forza sfruttando la rotazione di un volano. In questo caso, la velocità di contrazione muscolare cambia variando il momento di inerzia della rotazione del volano stesso.

Aspetto coordinativo (neuro-muscolare) della forza

Il miglioramento del processo di coordinazione neuro-muscolare, quindi della sequenza “stimolo-eccitazione-trasmissione-contrazione” (corceccia motoria-motoneuroni α -sarcolemma-meccanismo contrattile-energia metabolica) porta ad un miglioramento dell’economia del gesto tecnico.

Il meccanismo “reclutamento-sincronizzazione-coordinazione intermuscolare e intramuscolare” (tecnica esecutiva) migliora per maggiore efficacia dell’impulso nervoso, attivazione di più unità motorie, più frequenza max eccitazione unità motorie, migliore sincronizzazione (Weinek, 2001).

Anche se alcuni studi su atleti di sci di fondo, corsa, triathlon (in: La Torre et al., 2008) indicano che una migliore coordinazione porta al miglioramento del costo energetico, Colli et al.(2008) affermano che l’utilizzo di esercizi biomeccanicamente simili al gesto tecnico, migliora alcuni aspetti neuro-muscolari della tecnica (conduzione dello stimolo-sincronizzazione), quindi la parte neuro-fisiologica della tecnica (non quella meccanica)

Criteri nella scelta dei mezzi tradizionali

Macchine pesistica. Nate negli anni ’80, permettono movimenti controllati, guidati, ma non sviluppano gli stabilizzatori delle articolazioni, coordinazione, propriocettività. Non sono adatte alle prestazioni sportive. Sono invece indicate nelle riabilitazioni post infortunio, nei giovani ancora non sviluppati, nel fitness.

Bilancieri. Richiedono grande impegno coordinativo per la stabilizzazione posturale e delle articolazioni.

Manubri. Rispetto ai precedenti richiedono maggiore utilizzo muscolare per aumentata escursione articolare (ROM-Range Of Moviment) e stabilizzazione delle articolazioni. Assistenza più difficile.

Cavi (ercoline). Permettono qualsiasi movimento in tensione continua, grande ampiezza e coordinazione. Non permettono carichi elevati.



Elastici. Simili ai cavi per la tensione continua, ma con carichi ridotti e crescenti durante le esercitazioni. Carichi non quantificabili e minore varietà di movimenti.

Esercizi tradizionali e adattati

Gli esercizi classici della pesistica, lo “Strappo” e lo “Slancio” sono esercitazioni complesse, globali, con alta valenza coordinativa, molto adatti allo sviluppo della forza max e esplosiva.

Derivanti da questi sono gli esercizi ausiliari della pesistica, cioè che saltano uno o più fasi degli esercizi completi. Molto utilizzati per i motivi precedenti sono: lo stacco o alzate da terra; le girate al petto; lo squat (De Taranto, 2014).

Inoltre tradizionalmente esistono gli esercizi della cultura fisica. Seguono il principio centrifugo cioè progressione “dal centro alla periferia” e “dai muscoli grandi a quelli piccoli”. Comprendono gli esercizi di base (poliarticolari) e gli esercizi di isolamento (monoarticolari). Seguendo tali principi, la sequenza ottimale potrebbe essere: addominali (es.crunch)-lombari-gambe (es.squat, stacchi)-dorso-petto (es.panca piana, inclinata)-spalle-bicipiti-tricipiti-polpacci (Varaldo, 2014).

Infine esistono esercizi adattati specifici dei vari sport. Riproducono la catena cinetica (completa o parziale) del movimento specifico dello sport e comprendono simulatori, esercitazioni speciali, esercizi con cavi (ercoline), manubri, bilancieri.

Il concetto di allenamento funzionale

L’allenamento funzionale consiste nell’allenare il movimento specifico piuttosto che il singolo muscolo, allenando le catene cinetiche muscolari, definiti “circuiti in continuità di direzione e di piano, attraverso le quali si propagano le forze organizzatrici del corpo” (Busquet, 1983, pag.27). Secondo lo stesso autore, il corpo obbedisce a tre leggi, equilibrio, economia, comfort (assenza di dolore) fra i quali, in uno schema fisiologico corretto, è prioritario l’equilibrio in tutte le dimensioni e le soluzioni adottate sono economiche e confortevoli. In contrasto, in uno schema adattivo deviato, il corpo cerca di mantenere l’equilibrio rendendo prioritario l’assenza di dolore con adattamenti difensivi meno economici (riduzione di energia) ma più confortevoli.

L’allenamento funzionale della forza deve avere le seguenti caratteristiche:

- poli-articolare, lavorando sulle catene cinetiche muscolari;
- poli-assiale sui tre piani, frontale, sagittale, trasverso (tridimensionale);



- efficiente dal punto di vista neuro-muscolare, cercando il controllo motorio costante;
- stimolare la propriocettività e l'equilibrio;
- cercare l'ampiezza di movimento;
- cercare le variazioni di velocità esecutiva;
- essere associato ad una stabilizzazione posturale.

Esistono catene cinetiche muscolari aperte, in cui l'estremità distale cioè lontana dal centro o linea mediana, è libera, senza vincolo (es.: arto inferiore nella fase oscillante della deambulazione; lancio di oggetto; estensione della gamba non in appoggio). Sono considerate aperte anche le catene cinetiche frenate, cioè con resistenza distale inferiore al 15% del suo max.

Le catene cinetiche muscolari chiuse invece, hanno l'estremità distale vincolata (es.: arto inferiore in appoggio nella deambulazione; sollevamento di un peso da terra; canoa, canottaggio). Sono considerate chiuse le catene cinetiche frenate con resistenza oltre il 15% del suo max (Gallozzi, 2007).

Busquet (1983; 2000) descrive le catene principali, che possono essere dirette (equilibrio) o crociate (movimento). Esse sono: catena antero-posteriore; c. antero-mediana; c. postero-mediana; crociata anteriore; crociata posteriore. Anche Souchard (1982), descrive catene cinetiche principali, che a seconda del lavoro che svolgono possono essere statiche (posturali) o dinamiche (movimento). Utilizzano i muscoli della statica (in eccentrico) e muscoli della dinamica (in concentrico). Importanza del diaframma per sinergie con catena posteriore e psoas. Catene cinetiche secondarie: inspiratoria; brachiale anteriore; superiore della spalla; anteriore del collo; antero-interna della spalla; antero-interna dell'anca; laterale degli arti inferiori.

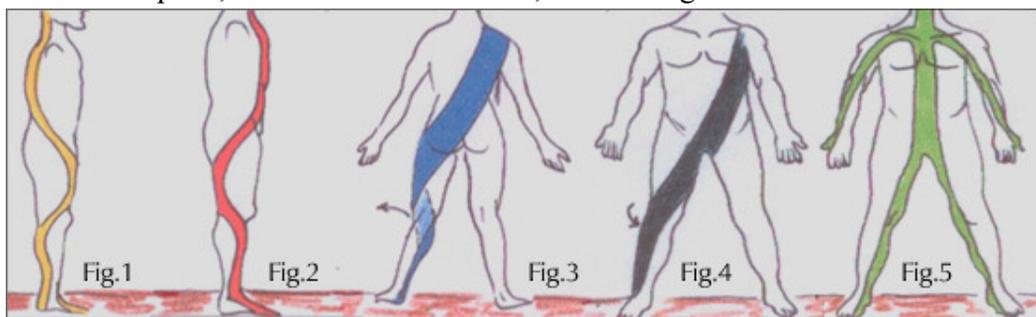


Figura 5 - Busquet (1983; 2000). Catene muscolari principali dirette e crociate. (Fig.5.1-Catena estensione; Fig.5.2-Catena flessione antero-posteriore; Fig.5.3-Catena di apertura crociata posteriore; Fig.5.4-Catena di chiusura crociata anteriore; Fig.5.5-Catena linguale antero mediana.).

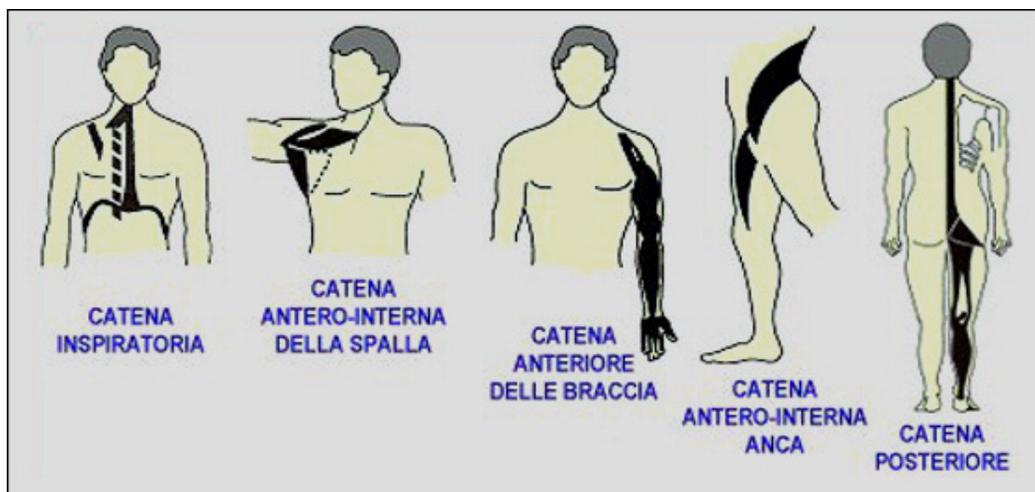


Figura 6 - Souchard (1982). Catene muscolari secondarie.

Molti sport ciclici, avvengono grazie all'uso alternato o sincrono di catene cinetiche aperte e chiuse. Nella canoa le catene cinetiche hanno le seguenti sequenze.

Kayak:

1. Fase di trazione: gamba-bacino/tronco(core)-spalla-braccio-(chiusa)-(statica postero mediana-crociata posteriore-anteriore braccia)
2. Fase di spinta: gamba opposta-tronco(core)-spalla-braccio-(aperta)-(statica postero mediana-crociata anteriore-antero interna spalla)

Canadese: ginocchio(cuscino)-bacino-tronco-spalla-braccio-(chiusa-fase propulsiva; aperta-fase aerea)-(statica postero mediana-antero-interna dell'anca-crociata anteriore-crociata posteriore-anteriore braccio trazione-antero interna spalla braccio alto)

Gli attrezzi della ginnastica funzionale

Attrezzi "proprioceettivi". Comprendono pedane o tavolette basculanti, disk o pallone bosu (semisfera), swiss ball (fitball). Utilizzati per inserire una valenza proprioceettiva, di equilibrio, coordinativa nei vari esercizi, compresi quelli per il core.

TRX. Attrezzo ideato negli anni '90 da un militare della Navy Seal e commercializzato dal 2005. Formato da cinghie e maniglie, per allenamento in sospensione, cioè sfruttando il proprio peso, in posizioni di sbilanciamento (supini o proni). Permette esercizi concentrici, eccentrici, di tirata, spinta, per il core (Andorlini, 2013). Adatto ai giovani.



Sandbags. Borse di forma cilindrica riempite di sabbia (9-12kg) con prese (cinghie) longitudinali e trasversali. Permette esercizi misti braccia-gambe, anche in torsione (Bruscia, 2013).

Gymstick. Asta di fibra con due bande elastiche fissate ai piedi, per esercizi di trazione-spinta, equilibrio. Adatto ai giovani.

Core-wheel. Si tratta di maniglie con ruote, per esercizi di scivolamento a terra (stabilizzazione, core).

Gli attrezzi funzionali adattati

Manubri, per esercizi poli-articolari complessi, combinati braccia-gambe, anche su basi instabili.

Cavi (ercoline), per esercizi che riproducono parzialmente la catena cinetica specifica o preventivi spalla.

Palle mediche, anche anatomiche (con maniglie). Esercizi combinati braccia-gambe, per il core (catene crociate).

Kettlebell (girya). Sono palle in ghisa con maniglia (4-8-12-16kg), di origine russa (addestramento militare). Simile ai manubri (più maneggevole), permette esercizi combinati braccia-gambe come swing, stacco, strappo, slancio ad un braccio, esercizi per il core.

Aspetto preventivo stabilizzatore della forza

Necessario per contrastare le caratteristiche “usuranti” dei vari sport. L’esempio della canoa.

Nel Kayak. La retrazione della “catena posteriore” e la scarsa stabilizzazione del core, provoca frequentemente una postura della colonna dorso-lombare in cifosi.

Nella canadese. L’impostazione asimmetrica delle gambe, con allungamento dell’ileo-psoas lato voga, lo sviluppo di masse muscolari non uguali nei due lati, il movimento caratteristico di flessione-torsione, può provocare possibili compressioni discali soprattutto lato voga.

L’utilizzo di pagaie costruite in carbonio (grande rigidità), provocano spesso forme infiammatorie-degenerative dei muscoli della spalla soprattutto in presenza di errori tecnici (estrazione ritardata). Fra queste: tendinite cuffia dei rotatori (sottospinoso, piccolo rotondo, sottoscapolare, sovraspinoso); conflitto acromio-clavicolare;



tendinite capo lungo bicipite; squilibrio gran rotondo-piccolo rotondo/deltoide-gran dorsale.

Il Core Training

Nasce dai programmi di riabilitazione dei pazienti con lesioni alla colonna vertebrale. Comprende esercizi di stabilizzazione delle articolazioni, propriocettivi, di equilibrio. Simile ad altri metodi come yoga, pilates, tai chi, tutti caratterizzati da posture o movimenti isometrici o lenti, respirazione controllata. Non incrementa la prestazione ma aumenta la stabilità e migliora la prevenzione degli infortuni.

Il Core è un complesso anatomico, segmento centrale del corpo dove è situato il baricentro e comprende 29 muscoli che stabilizzano colonna vertebrale e bacino (Gustedt, 2013).

Gli stabilizzatori locali, ricchi di fibre St, più piccoli e profondi come il trasverso dell'addome ed il multifido (primari) che non producono movimento ma stabilità, e obliquo interno, fasci mediali obliquo esterno, quadrato dei lombi, diaframma, ileo-psoas, muscoli pelvici, ileo-costale lombare.

Gli stabilizzatori globali, ricchi di fibre Ft, più grandi e superficiali, che producono grandi movimenti (grande psoas, sacro-spinale, retto addominale, fasci laterali obliquo est., erettore colonna, ileo-costale toracico). Gli esercizi fondamentali del core training, sono:

1. **Ponte prono** (plank) con appoggio sugli avambracci (classico) o a braccia tese, per valutare la catena antigravitaria. Può essere con appoggio bipodalico, monopodalico, su pallone bosu o swiss ball.
2. **Ponte laterale** (plank) con appoggio sugli avambracci, anche su bosu e dei piedi su swiss ball
3. **Posizione quadrupedica**, (“Cagnolino”), con tenuta in estensione di braccio e gamba opposta
4. **Ponte supino** (bridge) con appoggio sugli avambracci e talloni (catena posteriore) o con ginocchio piegato, braccia distese o appoggio sulle spalle. Possono avere tutti appoggio monopodalico, bipodalico, su bosu o swiss ball.



Foto 1 a-b – Ponte prono (plank) con appoggio sui gomiti, bipodalico (sx), monopodalico (dx).



Foto 2 – Ponte prono (plank), braccia tese, monopodalico, con flessione-abduzione dell'arto inferiore.



Foto 3 – Ponte laterale (plank) con appoggio sugli avambracci.



Foto 4 – Posizione quadrupedica, con tenuta di braccio e gamba opposta.



Foto 5 a-b – Ponte supino (bridge) a braccia tese, bipodalico (sx), monopodalico (dx).



Foto 6 a-b – Ponte supino (bridge), con appoggio su talloni/avambracci (sx) e spalle/gambe piegate bipodalico (dx).



Foto 7 a-b – Ponte supino (bridge), con appoggio sulle spalle/gambe piegate monopodalico, con gamba tesa avanti in linea con il corpo (sx) e verticale (dx).

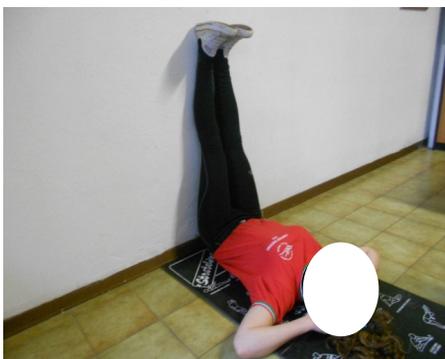


Foto 8 a-b – Rieducazione Posturale Globale (RPG). Postura a squadra passiva al muro (sx) e attiva (dx), con mento represso e piede a martello.



Foto 9 a-b – Rieducazione Posturale Globale (RPG). Postura della “rana”, orizzontale a terra (sx), verticale al muro (dx).



Foto 10 a-b-c – Esercizi preventivi per la spalla ai cavi (ercolina). Stabilizzatori testa omerale (sx), cuffia rotatori interni (centro), cuffia rotatori esterni (dx), (in: Guazzini, 2009).



Foto 11 a-b – Esercizi preventivi per la spalla ai cavi (ercolina). Sovraspinato (sx), capo lungo del bicipite (dx), (in: Guazzini, 2009).

Principi dell'allenamento giovanile

L'allenamento per i bambini e adolescenti è ridotto rispetto a quello degli adulti e molto diverso nei contenuti. I giovani che si allenano devono essere protetti rispettando le loro esigenze evolutive. Nell'allenamento dei giovani è fondamentale l'individuazione e la valutazione precisa della differenza fra età cronologica e quella biologica, dovuta all'inizio della spinta puberale di accrescimento. L'allenamento in un determinato sport deve essere iniziato nell'età ottimale ("fasi sensibili" grado di allenabilità delle singole capacità in relazione allo sviluppo. Winter, 1986) e non il più precocemente possibile. Grazie al rapido sviluppo del cervello e le elevate capacità coordinative, l'allenamento infantile porta naturalmente all'acquisizione di numerose e diverse abilità e tecniche motorie sportive. Lo sviluppo delle capacità condizionali, è in questa fase, secondario a quelle coordinative di base. L'allenamento giovanile deve seguire il principio della multilateralità (ricchezza mezzi e completezza



dell'allenamento), della gradualità (anche lungo termine) dei carichi di allenamento, specializzazione e partecipazione alle gare. Programmazione attenta sugli obiettivi e relativi mezzi e metodi di allenamento. Per una buona crescita del sistema muscolo-osteo-articolare, sono indicati quindi, carichi polivalenti non unilaterali, non standardizzati, non ripetitivi (specializzazione precoce) (Weinek, 2001; Starosta, 2004).

La capacità di carico nei giovani

La capacità di carico (legato a fattori genetici, costituzionali, di età, di maturazione, di adattamento) è la caratteristica dell'organismo di rielaborare i carichi psico-fisici di allenamento e gara, senza alterazioni della salute e riduzione della capacità di allenamento, permettendo alle funzioni dei tessuti e dei sistemi dell'organismo, di essere recuperate, creando le basi a lungo termine per l'adattamento a carichi più elevati. E' indispensabile: una valutazione attenta differenza fra età cronologica e biologica; seguire le leggi dello sviluppo individuale, utilizzando in maniera ottimale le favorevoli condizioni di certi periodi ("fasi sensibili"); adattare i carichi allo sviluppo biologico. Sviluppando le capacità coordinative sempre e prima delle condizionali, permettono acquisizione di abilità e tecniche sportive con un lavoro prevalentemente quantitativo. La corretta metodologia deve comprendere quindi: riscaldamento efficace; movimenti compensatori; carico continuo senza interruzioni durature; riduzione del carico, per malattie, interruzioni, stress psico-fisico; prevenzione costante dei traumi. Ciò si traduce in: esercizi generali per controllo posturale e sviluppo ottimale capacità condizionali (forza, velocità, resistenza); esercizi speciali per una tecnica efficace e allungamento muscoli sollecitati da carichi unilaterali (agonisti-antagonisti) (Frohner, 2012).

Obiettivi dell'allenamento giovanile

L'allenamento della forza nei giovani deve mirare ad una formazione globale, armonica e senza rischi. Particolare importanza deve essere data a vari aspetti, quali: prevenzione delle alterazioni posturali (sostituzione dell'ed.fisica) e dei traumi; incremento delle capacità di prestazione motoria; forte stimolo di crescita; carattere multilaterale. Deve essere proposto con il metodo del circuit-training differenziato per periodi. In età prescolare (3-6 anni), solo giochi (anche con attrezzi) e niente forza specifica. Nella 1° età scolare (6-10 anni), esercitazioni con contrazioni dinamiche,



forza rapida, circuiti con esercizi in sospensione, a carico naturale, andature quadrupediche, palle mediche, muscoli addominali-dorsali. Nella 2° età scolare (10-12 anni, pre-puberale), esercitazioni multilaterali a carico naturale, muscoli addome-dorsali, esercizi per la stabilità articolazione spalla, esercizi di salto, andature, skip, ostacoli. Nell'adolescenza (13-14F,14-15M/18 anni, post-puberale), periodo di massima allenabilità della forza per incremento del testosterone (+5 volte F; +20volteM). Circuiti più vicini agli adulti. Anche esercizi per la forza speciale. Giochi sportivi fasi forza lancio, tiro, salto, contrasto (Weinek, 2001).

La Commissione Medica del CIO in data 16 Novembre 2005, fornì alcune indicazioni per l'allenamento degli adolescenti. In sintesi gli allenamenti di forza dovevano essere sui principali gruppi muscolari e con un lavoro equilibrato (agonisti e antagonisti). La frequenza ottimale era 2-3 allenamenti a settimana tipo 3x6-8 ripetizioni al 50-85% 1RM. Per altri tipi di carico, carichi aerobici, metodi continui e intermittenti, 3-4 allenamenti a settimana, durata 40'-60', intensità 85-90% FC max; carichi anaerobici, metodi intermittenti, durata 30" max, intensità 90% FC max.

Anche la Società Polacca di Medicina Sportiva nel 2011, ha dato alcune indicazioni sull'allenamento dei giovani fra cui era evidenziato che lo sport della canoa non doveva essere iniziato prima dei 10 anni.

Molto importante sono state le indicazioni date da autori britannici e statunitensi (Autori vari in: British Journal Sport Medicine, 2014), confrontando 243 pubblicazioni internazionali, che hanno elaborato linee comuni dell'allenamento della forza nei bambini (11F-13M) e adolescenti (18F-M). Queste possono essere sintetizzate così:

- Preferire allenamenti con pesi liberi (bilancieri, manubri) piuttosto che macchine, per l'aspetto coordinativo e stabilizzatore.
- Supervisione attenta dei tecnici competenti, in grado di mettere avanti la salute del ragazzo alla prestazione sportiva.
- Esecuzione tecnica corretta, escursione ampia.
- Progressione graduale dei carichi, rispettando l'età biologica e l'aspetto coordinativo.
- Scelta prevalente di esercizi di base, poliarticolari.
- Frequenza: 2-3 volte la settimana.
- Metodologia: 2-4 serie (set) di 6-8 ripetizioni, con carico 60-80%, recupero 1'-3'.

Un esempio di circuito per l'allenamento della forza a 10-12 anni può essere così composto:

Tempo di lavoro 20", recupero 1', alternando esercizi per il core-busto-gambe.



1. Crunch
2. Panca trazioni con manubri (3-5kg) o bilanciere (8-10kg)
3. Squat con bastone o swing con palla medica (2-3 kg)
4. Ponte prono gomiti
5. Spinte con palla medica (2-3kg)
6. Saltelli uno-due piedi nei cerchi
7. Ponte supino braccia tese
8. Traslocazione o pull up-scala orizzontale o TRX
9. Corsa navetta
10. Ponte laterale
11. Piegamenti sulle braccia
12. Andature o skipp

Un esempio, invece di allenamento per la forza in giovani di 13-14 anni, può comprendere gli aspetti coordinativi (neuro-muscolari), stabilizzatori (core), preventivi per la spalla e anche condizionali, con esercizi funzionali e tradizionali. Obiettivo condizionale forza veloce:

1. Esercizi per il core a terra (ponti supini, proni, laterali, ecc.) o con TRX;
2. Riscaldamento con palla medica o TRX (funzionali e non);
3. Esercizi a carico naturale (scala orizzontale, parallele, trazioni sbarra o pull up, piegamenti braccia);
4. Esercizi per forza rapida (3x8, 50%) con sovraccarichi, bilancieri o manubri (panca trazioni, panca spinte, row o pulley);
5. Esercizi funzionali per la canoa (trazione e spinta ai cavi, pagaierometro)
6. Esercizi preventivi per la spalla ai cavi.

Pianificazione e periodizzazione della forza in atleti esperti

Per quanto riguarda la distribuzione del carico, per gli atleti di medio livello è più adatto un carico distribuito, cioè l'allenamento di più qualità insieme, mentre per gli atleti di alto livello, invece, è più adatto un tipo di carico concentrato, con la formazione di "blocchi" (Verchoshanskij, 2001). Nella disposizione temporale dei carichi, invece, secondo il principio della sovrapposizione, carichi diversi devono essere concentrati in periodi ben precisi, creando delle tracce per i lavori successivi (esempio: ipertrofia-forza massima-forza veloce-forza resistente).

Da un punto di vista condizionale, la pianificazione della forza nei vari cicli di allenamento, produce gli effetti di adattamento voluti, se così disposta (Eklenz,



Grosser, Zimmerman, 1983; Guazzini, 2000; Weinek, 2001; Wirth, Schmidtbleicher, 2007):

- Blocco di forza max (12-13 settimane), prima ipertrofia+neuro-muscolare (4-8settimane), poi solo neuro-muscolare (coordinazione intramuscolare), di circa 3-5settimane;
- Blocco di forza rapida (esplosiva)+resistenza alla forza, di circa 4-7 settimane.

Nel periodo delle gare principali (18 settimane circa) è possibile solo svolgere un programma di mantenimento della forza (almeno 1-2 volte la settimana, forza veloce). Prima del periodo di gara può essere utile inserire un blocco di richiamo forza max (neuro-muscolare) di 4 settimane circa.

Gli effetti dei carichi di forza nei vari periodi, possono essere distinti nel modo seguente.

Periodo preparatorio-3 fasi: estensiva (costruzione, generale.); intensiva (coordinazione neuro-muscolare, multilaterale, contrazioni vario tipo); esplosiva (speciale, forza rapida) (Weinek, 2001);

- Nei microcicli, quando si svolgono dai 3 ai 5 allenamenti per la forza, è necessaria un'alternanza dei carichi;

Gli effetti dei vari tipi di contrazione sono diversi (Cometti, 1991):

- gli allenamenti dinamici concentrici, hanno effetto immediato, e sono indicati per questo nella PIG;
- Dopo 3 settimane di concentrico intensivo (tipo a contrasto) gli effetti sulla prestazione sono di tipo ritardato, 3-6 settimane (vedi EARTL Verchoshanskji).

Le concentrazioni plasmatiche dei principali ormoni anabolici, seguono un andamento sinusoidale. **GH** (sintesi proteica, accrescimento ossa, organi, muscoli, tessuto connettivo, metabolismo lipidico) 3 picchi, 2 molto alti, un'ora e quattro ore dopo essersi addormentati, ed uno più basso al mattino presto. **Testosterone** (forza, massa muscolare scheletrica, aggressività, caratteristiche sessuali maschili) picco max alle 6-7, secrezione minima tra le 16 e le 21. **Cortisolo** (antagonista dell'insulina, catabolismo proteico, gluconeogenesi epatica) picco max alle 7-8 e minimo tra le 19 e le 24.

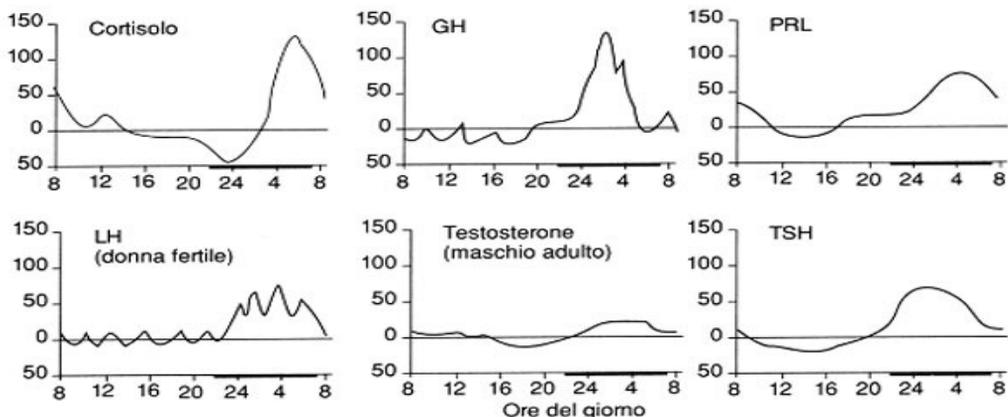


Figura 7 – Concentrazioni plasmatiche dei principali ormoni anabolici durante le ore della giornata (Lenzi et al., 2008).

In sintesi nelle ore mattutine, abbiamo un livello alto di testosterone, ma anche di cortisolo. Dopo un'ora allenamento raddoppia il rapporto Testosterone/Cortisolo, quindi esiste un incremento di forza. Nelle ore pomeridiane invece, abbiamo un livello basso di cortisolo, ed il picco max di temperatura corporea (fattore pro-forza). Dopo un'ora minore rapporto Testosterone/Cortisolo, quindi riduzione di forza.

I metodi principali di allenamento della forza

Secondo Weinek (2001) le metodologie allenanti della forza, possono essere comprese nel seguente elenco.

Metodi classici americani (ipertrofia). Molte serie, esecuzione lenta, recupero breve (superserie agonisti/antagonisti; serie brucianti; serie forzate; superpompaggio);

Metodo a contrasto o “Bulgaro”(forza veloce). Alternanza fra serie con pesi pesanti e velocità esecutiva bassa e serie con pesi leggeri e velocità esecutiva alta (es.3x(5rip.con 80%-10rip.con 40%);

Metodi piramidali (forza max). Può essere: carico decrescente-aumento ripetizioni; carico decrescente-ripetizioni costanti; misto carico crescente-decrescente;

Metodi pre o post-affaticamento (2-3 esercizi sullo stesso gruppo muscolare);

Metodo eccentrico (forza max). Ammortizzazione peso corporeo o carichi sovra massimali (120%). Sempre combinato. Spesso con il metodo concentrico (Cometti,1991).

Metodo misto eccentrico-concentrico. 3-4x5rip,120%-80% (per atleti di alto livello).



Metodo combinato eccentrico-isometrico. Lavoro in frenata con pause isometriche.

Metodo isometrico. 80% fino affaticamento totale; statico-dinamico (Cometti, '91)

Lo sviluppo della forza max è una condizione necessaria per aumentare la capacità di ripetere molte volte movimenti che prevedono impegni di forza di ridotta entità, come nella pagaiata (Verchoshansky, 2001). E' preferibile privilegiare i metodi neuro-muscolari piuttosto che quelli dell'ipertrofia, poiché questa incide negativamente sulla resistenza per i rapporti sfavorevoli di diffusione, scambio o eliminazione di scorie dei substrati, ossigeno e metabolismo (Weinek, 2001).

I metodi più efficaci a carattere neuro-muscolare, prevedono 3-4 serie di 1-5 rip., con carichi sub-massimali o massimali (90%-100%), recuperi ampi (4'-6'). Tali metodi stimolano la produzione di testosterone (Guazzini, 2009). Verchoshansky (2001) oltre ai metodi sopra indicati, propone anche il metodo isometrico per l'interessamento di molte unità motorie lente (es.: 2-3 serie di 6-8 rip., tensioni di 6" max) o il metodo delle ripetizioni a serie (es.: 3x(3x10-15 rip.70-80%, rec.4'-6' e 8'-10'));

Per quanto riguarda l'ipertrofia, legata all'aumento della sezione traversa del muscolo, la massima efficacia dei metodi si ottiene con 3-5 serie di 8-12 ripetizioni, carichi elevati (60%-75%), esecuzione lenta, recuperi brevi, 1'-2' (Weinek, 2001). Tali allenamenti stimolano la produzione dell'ormone della crescita (GH).

Verchoshansky (1992, 1996, 2001) per intensificare il regime di lavoro dell'atleta e/o superare la stabilizzazione delle prestazioni di forza negli atleti di alto livello, oltre ai lavori concentrici, propone vari metodi forzati o supermetodi (sovramassimali) come:

- **la pliometria** (un muscolo pre-stirato produce più forza grazie al riflesso miotatico, e all'elasticità attiva del muscolo e passiva dei tendini e dei ponti acto-miosinici)
- **il regime eccentrico di contrazione** (effetti dopo 3 settimane)
- **il metodo d'urto** alternanza fra concentrico e eccentrico. Esempio: 3 serie di 5 ripetizioni con il 90% 1RM (concentrico), alternate a 3 serie di 5 ripetizioni con il 120% (eccentrico con aiuto), recupero 4'-5' fra le serie;
- **il metodo della stimolazione**, consiste in un lavoro tonificante (stimolante il SNC), uno di forza esplosiva. Esempio: 2-3 volte x [(1° es.tonificante) 2x3 ripetizioni, con 90%, recupero 3'-4' + (2° es.di sviluppo) 3x8 ripetizioni con 30-40%, recupero 4'-6'] recupero di 8'-10'

I metodi più efficaci per l'incremento della forza veloce-esplosiva, prevedono circa 8-15 ripetizioni in ogni serie, carichi medi (50%-60%), recuperi 3', basse frequenze, esecuzione esplosiva o più rapida possibile.



Verchoshanskij (2001) propone vari tipi di esercitazioni come sovraccarichi, salti-balzi, es.di gara, regime d'urto, isometrico (6-8x1"-2", rec.10"). Con i sovraccarichi troviamo: rip.a serie (3-4x2-3x20-30 rip., 50%-60%). Metodo forzato della stimolazione (prima un lavoro stimolante il SNC tipo forza max, poi uno di forza esplosiva, stesso gruppo muscolare).

Per quanto riguarda invece la resistenza alla forza veloce o esplosiva, Weinek (2001), La Torre et al. (2008), propongono un Circuit Training: 3-4 serie di 8'-10'[6-7circuiti consecutivi (4-5 es. x 6-8 rip. in 10"-15", rec.15"), carichi elevati per esprimere potenza max, esecuzione esplosiva, rec.8'-10' fra una serie e l'altra, esercizi speciali o funzionali.

I metodi di incremento della forza resistente (componente metabolica della forza) sono legati appunto al metabolismo energetico del muscolo.

Weinek (2001) Metodo in circuito: lavoro15"/40"(20/40 rip.),rec.=o-)

Verchoshanskij (2001). Resistenza muscolare locale (res.fibre veloci) propone vari tipi di esercitazioni (sovraccarichi, salti-balzi, corsa in salita, es. di gara più difficili).

Ripetute a esaurimento (aumento rete capillare dei muscoli e concentrazione di mioglobina): 4 ripetute, rec.10'-15'-20', 40% CM; 2x6 ripetute, rec.1'-5', 40% CM; 8 ripetute, rec.10'-12', 20-25% CM

Metodo a intervalli

Aerobico-anaerobico alattacido, senza attivazione della glicolisi

2-3x8-12x10"/rec.1', 40% CM, rec. 6'-8' fra le serie

2-3x8-12x10"/rec.30", 40% CM, rec. 8'-10' fra le serie

2-3x8-12x10"/rec.10", 40% CM, rec. 10'-15' fra le serie

Lattacido-alattacido

2-3x8-10x20-30"/rec.1', 40% CM, rec. 10'-12' fra le serie

2-3x6-8x20-30"/rec.30", 40% CM, rec.10-15' fra le serie

Metodo delle ripetizioni (forza esplosiva, meccanismo alattacido) 10x10 rip. 80%-85% CM, rec.10'-15'

Il principio della coincidenza dinamica, sostenuto da vari autori (Bartonietz, 1992; Verchoshansky, 2001; Weinek, 2001) consiste nella ripetizione di esercizi uguali o simili al movimento di gara sia nell'utilizzo delle fonti energetiche che nell'ampiezza e direzione del movimento. Riguarda quindi:



- posizione e gruppi muscolari, schema cinematico dei movimenti, ampiezza e direzione, (dimensione spaziale);
- entità quantitativa dell'impegno di forza, tempo o velocità di raggiungimento del massimo impegno di forza (dimensione temporale);
- regime di lavoro muscolare (tipo di contrazione);
- modalità di esecuzione (% CM, serie, ripetizioni, recupero).

Gli esercizi funzionali nella canoa

1. **Pagaiergometro** (simulatore del kayak), anche con sedile propriocettivo;
2. **Carrello scorrevole**. Attrezzo di origine russa (fine anni '80). Sviluppato in Italia da Colli sotto il nome di "Binario" (foto 12). Esistono altri ergometri simili più recenti, di costruzione Inglese come il "Catchforce"(Kayakpro) (foto 13) o il "Singol arm kayak ergo" (foto 14). Utilizzando la catena cinetica della pagaia, migliora l'aspetto neuro-muscolare del gesto specifico. Con sedile instabile si inseriscono importanti caratteristiche propriocettive. Nel binario, con applicazione di pesi sul carrello, si incrementa la forza iniziale (max). Con applicazione di carrucole con peso dietro, si sviluppa invece maggiormente la forza veloce (esplosiva). L'impulso di forza (fxt) è maggiore del gesto specifico (più forza in un tempo più lungo). Il "single arm kayak ergo", collegato ad ercolina permette lavori isometrici, concentrici, eccentrici, di aggancio, pliometrici, esplosivi.
3. **Tirate con cavi** all'ercolina, in posizione seduta (kayak) (foto 15a) o in ginocchio (canadese) con torsione, permettono l'utilizzo della stessa catena cinetica del gesto. Con l'inserimento di un appoggio instabile (pedana, pallone bosu, ecc.), si aumenta la difficoltà propriocettiva.
4. **Spinte con cavi**, in posizione in piedi, spalle all'attrezzo, gamba opposta avanti, con torsione (foto 15b). Utilizza in maniera ridotta la catena cinetica (crociata) per la torsione e spinta del kayak. Anche in questo esercizio si può aumentare la difficoltà propriocettiva con l'inserimento di pedane instabili.
5. **Vasca voga**, soprattutto se eseguita con pagaie a portanza con superficie della pala ridotta e vasche che permettono idrodinamicamente un buon movimento dell'acqua e quindi biomeccanicamente un movimento di durata simile a quello in canoa.



Foto 12 – Carrello scorrevole “Binario”(Colli), con pesi caricati sopra al carrello, per la forza max.



Foto 13 – Il “Catchforce” (Kayakpro), attrezzo semplice ed efficace.

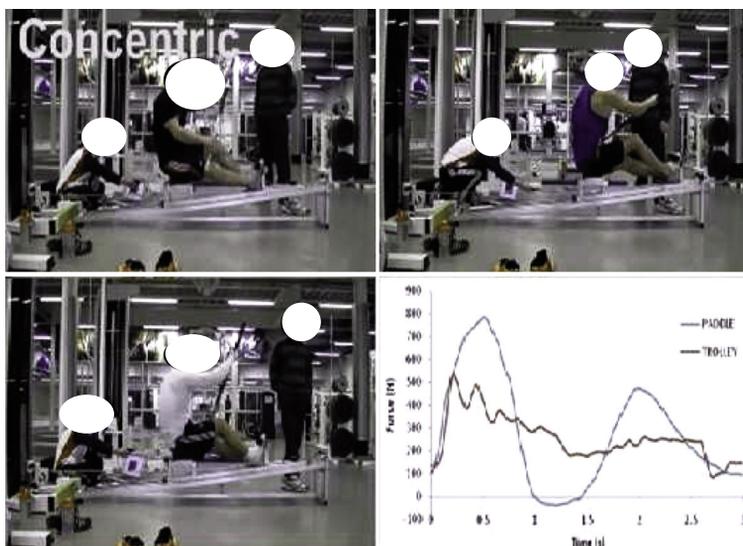


Foto 14 – Il “Single-Arm Kayak Ergo” collegato all’ercolina per lavori in vari regimi di contrazione muscolare.



Foto 15 a-b – Tirate (sx) e spinte (dx) con cavi all'ercolina.

Esercizi tradizionali, non funzionali

- Panca trazioni orizzontale.
- Torsion (o addominali in torsione)
- Panca spinte orizzontale, con bilanciere o manubri (maggiore ampiezza)
- Rowing, in posizione seduta, anche con un braccio (torsione);
- Pulley, in posizione seduta, anche con un braccio (torsione);
- Trazione sbarra o Pull up;
- Piegamenti sulle braccia.

Le sedute di allenamento per la forza negli atleti esperti devono preferibilmente comprendere tutti gli aspetti dell'allenamento (condizionali, neuro-muscolari, stabilizzatori, preventivi per la spalla, funzionali e tradizionali). Viene riportato di seguito un esempio di allenamento sulla forza (obiettivo condizionale: forza max):

1. Esercizi per il core a terra (crunch, ponti supini, proni, laterali, ecc.). Obiettivo stabilizzatore.
2. Riscaldamento con palla medica o con sandbag (funzionali e non) ed esercizi a carico naturale (trazioni sbarra o pull up, piegamenti braccia) o con TRX. Obiettivo stabilizzatore/neuro-muscolare.
3. Esercizi forza max (tipo 3x5, 90%) con sovraccarichi, bilancieri o manubri (panca trazioni, panca spinte, row o pulley). Obiettivo condizionale/neuro-muscolare.
4. Esercizi funzionali per la canoa (carrello scorrevole; trazione e spinta ai cavi). Obiettivo neuro-muscolare/condizionale.
5. Esercizi preventivi per la spalla ai cavi. Obiettivo preventivo.



L'applicazione di forza sul gesto specifico

L'argomento dell'applicazione della forza sul gesto specifico rappresenta da vari anni un punto di ricerca e dibattito. A differenza della corsa dove la forza applicata aumenta con l'aumentare della velocità e il diminuire del contatto a terra o il ciclismo dove si raggiunge livelli di forza più alti a frequenze più basse, nella canoa (peggiore rendimento) si può applicare la stessa forza applicabile in gara, a differenti frequenze e velocità del gesto specifico (Colli, 2008). E' importante ricordare che non riveste importanza tanto la forza applicata al manico della pagaia, quanto piuttosto la percentuale di questa che viene tradotta in propulsione efficace e incremento di prestazione. La tendenza generale è quella di mettere dei freni idrodinamici, più o meno grossi, che aumentando la forza di traino idrodinamico, tendono chiaramente a cambiare la dinamica (temporale) del colpo, rallentandolo e quindi aumentando il tempo sulla distanza percorsa.

Piuttosto che di forza è quindi corretto parlare di potenza espressa che segue le formule: forza del sistema (N) x spostamento (m) = lavoro (Joule)/tempo (s) oppure $F(N) \times v (m/s) = \text{potenza (Watt)}$. Possiamo ulteriormente rendere specifico il valore dividendo per il numero di colpi effettuati (W/colpo).

Nella tabella 3, viene mostrato con dati scientifici, come sia più efficace scegliere allenamenti misurati di potenza/colpo, piuttosto che allenamenti con freno. I dati mostrano che anche con un freno idrodinamico di nuova generazione (wash-rider) si sviluppa una potenza inferiore ad allenamenti mirati all'incremento della potenza-gara. Questo perché la velocità della canoa è rallentata così come la dinamica del colpo in acqua che si allontana dalle caratteristiche meccaniche del colpo gara.

Tabella 3 – Prove eseguite con atleta paracanoa di livello internazionale, k1 Nelo paracanoa, peso del sistema 88kg, ripetendo tratti da 100 metri, con partenza lanciata e misurazione del tempo e dei colpi effettuati. Nella prima riga, evidenziato in grassetto, viene riportata la migliore prestazione in gara dell'atleta con i relativi parametri meccanici dei Watt espressi, quindi le prove con il freno a 3 intensità diverse, senza freno e gli allenamenti appositamente calcolati per produrre senza freno, maggiore potenza che nella prestazione di gara, anche a frequenze decisamente inferiori a quelle di gara.



K1M-76kg	Distanza	Tempo	V(m/s)	N/colpi	Frequenza	P(Watt)	W/colpo
Best performance	200	42,00	4,76	90	128,6	346,0	3,84
Freno 3P	100	27,64	3,62	48	104,2	166,4	3,47
Freno 2P	100	28,08	3,56	50	106,8	160,3	3,21
Freno 1P	100	25,00	4,00	44	105,6	217,5	4,94
senza freno	100	24,71	4,05	44	106,8	226,6	5,15
Allenamento	100	24,80	4,03	42	101,6	219,4	5,22
Allenamento	100	24,60	4,07	43	104,9	227,6	5,29
Allenamento	100	24,50	4,08	45	110,2	228,6	5,08
Allenamento	100	24,20	4,13	46	114,0	237,6	5,17
Allenamento	100	24,00	4,17	48	120,0	242,5	5,05
Allenamento	100	23,80	4,20	50	126,1	247,9	4,96

CONCLUSIONI

L'allenamento della forza, attualmente risponde a numerose richieste, tipiche della programmazione dell'allenamento moderno come ricchezza ed efficacia di mezzi e metodi. Pur all'interno di approcci e indirizzi metodologici diversi come l'allenamento della forza con attrezzi e metodi tradizionali o l'allenamento funzionale della forza (globale solo con attrezzi funzionali o misto anche con attrezzi tradizionali ma in maniera funzionale), l'allenamento della forza attuale deve comprendere necessariamente vari aspetti primari quali l'aspetto coordinativo (neuro-muscolare), l'aspetto condizionale (energetico, metabolico), l'aspetto stabilizzatore (posturale, preventivo), così come molto importante è diventato anche l'allenamento della forza speciale sul gesto specifico in acqua e a secco. Questi aspetti primari devono inoltre essere sempre presenti nell'allenamento della forza in tutte le fasce di età compreso quelle giovanili.



BIBLIOGRAFIA

- Andorlini A. (2013) Allenare il Movimento. Dall'allenamento funzionale all'allenamento del movimento, Calzetti Mariucci Editori, Torgiano.
- Bartonietz K. (1992) Effektivitat in krafttraining, Leistung-Sport, 22, 5: 5-14.
- Bisciotti G.N. (2012) La modalità isoinerziale come metodica d'indagine della funzionalità biomeccanica muscolare (in: www.jumpu.com).
- Bosco C. (1997) La Forza Muscolare: aspetti fisiologici e applicazioni pratiche, Società Stampa Sportiva, Roma.
- Bosco C., Komi P.V. (1979) Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles, Eur.J.Appl.Physiol, 41: 275-284.
- Bruscia Guido (2013) Allenamento Funzionale. Manuale scientifico, Erika Editrice, Cesena.
- Busquet L. (1983) Trattato di Osteopatia Miotensiva, Marrapese Editore, Roma.
- Colli R., Introini E., Buglione A., Azzone V., Paternoster M. (2008) Valutazione del costo energetico e del VO2 max nel kayaker al pagai ergometro e in barca, Nuova Canoa Ricerca, 66: 3-20.
- Cometti G. (1991) Le basi scientifiche del potenziamento muscolare, SdS, n. 22, n. 23.
- De Taranto F. (2014) Forza funzionale alla prestazione sui 200 metri, Canoa kayak on-line, Luglio (73).
- Eklenz H., Grosser M., Zimmerman E. (1983) Krafttraining, BLV, Monaco-Vienna-Zurigo.
- Fröhner G. (2012) La capacità di carico nello sport giovanile, SdS, 86: 17-24.
- Gallozzi (2007) Le catene cinetiche, Sport&Medicina (in Posturologia), Marzo.
- Guazzini M. (2000) L'allenamento del Canoista Evoluto, Nuovi orientamenti, Edizioni Pegaso, Firenze.
- Guazzini M. (2009) Aspetti fondamentali nell'allenamento della forza nella canoa, Canoa Kayak on-line, Febbraio (26).
- Guazzini M. (2013) La preparazione giovanile nel canoista, introduzione, Canoa Kayak on-line, Maggio (72).
- Gustedt C. (2013) L'allenamento del core, SdS, 97: 3-9.
- Henneman E., Wuerker R., McPhedran A. (1965) Properties of motor units in homogeneous red muscle of the cat, J.Neurophysiol., 28: 85-99.
- Hill (1938) in: Wilkie, 1950.
- La Torre A., Vernillo G., Guerrini G., Dotti A., Agnello L. (2008) Il circuit training, SdS, 79: 21-28.



- Lenzi A., Lombardi G., Martino E., Trimarchi F. (2008) Endocrinologia e attività motorie, Masson Edizioni, Milano.
- Manno R. (2013) L'allenamento della forza nei giovani, Canoa Kayak on-line, Giugno (69).
- Martin D., Carl K., Lehnertz K., (1997) Manuale di Teoria dell'Allenamento, Società Stampa Sportiva, Roma
- Souchard P.E. (1982) Ginnastica posturale e tecnica Mézières, Marrapese Editore, Roma.
- Starosta W. (2004) Il sistema moderno di ricerca del talento nello sport competitivo, SdS, 62-63: 5-11.
- Varaldo C. (2014) Macchine, manubri, bilancieri e altro, SdS, 102: 51-60.
- Verchoshanskij Y. (2001) Introduzione alla Teoria e Metodologia dell'Allenamento Sportivo, Scuola dello Sport, CONI.
- Verchoshanskij Y. (2001) La Preparazione Fisica Speciale, Scuola dello Sport, CONI.
- Weinek (2001) L'Allenamento Ottimale, Calzetti Mariucci Editori, Perugia.
- Wilkie D.R. (1950) The relation between force and velocity in human muscle, J.Physiol., 110: 249-280.
- Winter R. (2006) Le fasi sensibili, SdS, 6: 8-10 (1°parte).
- Wirth K., Schmidtbleicher D. (2007) La periodizzazione dell'allenamento della forza rapida, SdS, 74: 13-20 (2° parte).
- Zaciorskij V.M. (1970) Le qualità fisiche dello sportivo, Edizioni Atletica leggera, Milano.



Stefano Annoni

CARATTERISTICHE FISIOLOGICHE DI KAYAKERS DI ALTO LIVELLO DURANTE PRESTAZIONI IN E FUORI DALL'ACQUA

Il presente articolo è una sintesi della tesi di Laurea in Scienza, Tecnica e Didattica dello Sport, sostenuta dall'autore, il 2 Marzo 2015 presso l'Università di Milano (relatore: prof. Antonio la Torre)

ABSTRACT

Lo scopo di questo studio è stato fornire dati relativi alle principali caratteristiche che influenzano la performance negli atleti di kayak. In una prima parte dello studio sono stati valutati alcuni parametri fisiologici, in particolare $V'O_2$ max e soglia anaerobica ventilatoria (GET). Successivamente è stata monitorata la concentrazione ematica di lattato durante prove incrementali svolte in acqua per la valutazione della soglia anaerobica lattacida (LT). I risultati hanno evidenziato come gli atleti che possiedono i valori più alti, relativi alle caratteristiche fisiologiche analizzate, risultano i più performanti nella performance dei 1000 m. In una seconda parte dello studio due atleti sono stati monitorati durante una prova massimale svolta sui 200 m, attraverso l'utilizzo di un sistema di acquisizione che rilevava l'applicazione di forza nei quattro arti e i relativi movimenti dell'imbarcazione. L'analisi dei dati forniti dal sistema di acquisizione, sincronizzati con video, hanno permesso di valutare quello che l'atleta effettua durante una prova massimale e i relativi movimenti dell'imbarcazione. Se utilizzato in modo continuativo e confermato su un numero maggiore di soggetti, questo metodo potrà risultare utile per una migliore programmazione dell'allenamento e per migliorare il gesto tecnico e la prestazione.

The purpose of this study was to provide data about the main characteristics that affect performance in kayak athletes. In the first part of the study, some physiological parameters have been assessed, in particular $V'O_2$ max and ventilatory anaerobic threshold (GET). Subsequently blood lactate during incremental tests carried out in water for evaluating the lactic anaerobic threshold (LT) has been monitored. The results have shown that athletes who possess the highest values, related to the physiological characteristics analyzed, are the most efficient in 1000 m performance. In the second part of the study two athletes have been monitored during a test conducted on the ceiling 200 m, through the use of an acquisition system that took the application of force on the four



limbs and the movements of the boat. The analysis of the data provided by the acquisition system, synchronized with video, have allowed us to evaluate the athlete's performance during a test ceiling and the related movements of the vessel. If used continuously, and confirmed on a larger number of subjects, this method may be useful for a better planning of training and to improve the technical gesture and the performance.

INTRODUZIONE

Il Kayak olimpico è uno sport che comporta un grande dispendio energetico e in cui vengono utilizzati il sistema aerobico, il sistema anaerobico lattacido e il meccanismo anaerobico alattacido. (Bishop, 2000; Fry e Morton, 1991; Gray e coll., 1995; Tesch e coll., 1983). Come dimostrato da Byrnes e Karney (1997), attraverso test eseguiti in acqua e in laboratorio, nei 1000 metri il dispendio energetico totale deriva per l'82% dal sistema aerobico e per il 18% dal sistema anaerobico. Allo stesso modo, nei 500 metri il sistema aerobico contribuisce per il 62% al dispendio energetico totale e il restante 38 % deriva dal sistema anaerobico e nei 200 m il 37 % dal sistema aerobico e il 63% dal sistema anaerobico. In uno studio più recente, Zamparo e coll. (1999), confermano questi risultati su atleti d'élite in distanze di 250, 500, 1000, e 2000 metri. (Fig.1).

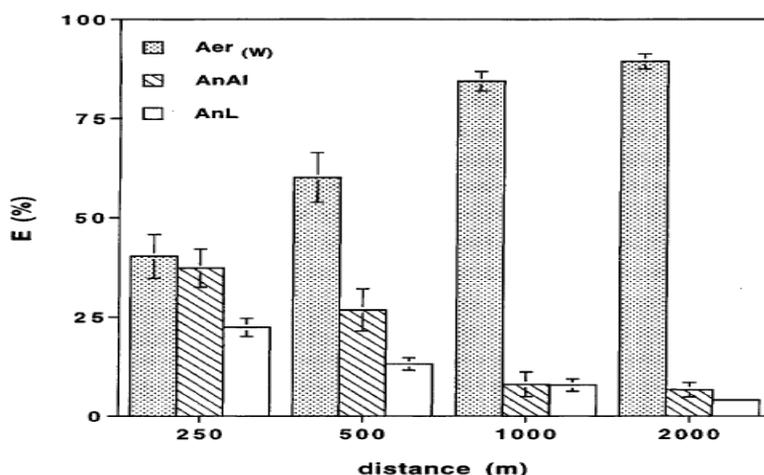


Figura 1 - Percentuale del contributo dei tre sistemi energetici: aerobico (Aer), anaerobico alattacido (AnAl) e Anaerobico lattacido (AnL) nelle varie distanze (Zamparo e coll., 1999).



Quindi l'apporto energetico sostenuto dai processi ossidativi aumenta all'aumentare della distanza percorsa, mentre la richiesta delle risorse anaerobiche si comporta in modo opposto.

Uno dei parametri fondamentali che descrive la capacità aerobica di un soggetto è il massimo consumo d'ossigeno ($V'O_2\text{max}$), cioè la quantità massima di ossigeno nell'unità di tempo che il soggetto è in grado di utilizzare durante esercizio; si può rilevare attraverso un test incrementale massimale, ovvero, un esercizio di intensità progressivamente crescente in cui la quantità di ossigeno ($V'O_2$) che viene utilizzata dai nostri muscoli aumenta linearmente all'aumentare del carico di lavoro fino a raggiungere un valore massimo (plateau) corrispondente al massimo consumo di ossigeno. Tale valore dipende ovviamente da caratteristiche intrinseche del soggetto (es. età, sesso), dal suo livello di allenamento e dalle masse muscolari coinvolte nell'esercizio. Come mostrato in tabella 1, negli atleti di kayak la misura del massimo consumo d'ossigeno è stata effettuata in diverse modalità e in diversi livelli di atleti.

AUTORE	SOGGETTI	VO ₂ Max				
		(L·min ⁻¹)				
		treadmill	Leg - erg.	Arm - erg.	Kayak erg.	kayak
Tesch e coll. -1976	6 kayakers maschi d'élite					4.71
Pendergast e coll. -1979	5 kayakers maschi nazionali	3.9 ± 0.2	3.1 ± 0.1	2.9 ± 0.2		
Pendergast e coll. -1989	17 kayakers maschi élite	4.58 ± 0.73	3.16 ± 0.40	2.82 ± 0.41		
Pendergast e coll. -1989	7 kayakers femmine élite	3.47 ± 0.46		2.05 ± 0.20		
Bishop e coll. -2000	9 kayakers female well trained				3.00 ± 0.30	
Van Soemeren e coll. -2008	18 kayakers maschi (10 internazionali e 8 nazionali)				4.55 ± 0.46 range (3.60 – 5.30)	
Garcia-Pallares e coll. -2010	10 Kayakers maschi medagliati alle olimpiadi				61.1 ± 2.7 - 68.6 ± 3.2 (ml· kg ⁻¹ · min ⁻¹)	
B. B. Gomes e coll. -2012	12 kayakers élite (6 maschi e 6 femmine)				5.36 ± 0.58 (maschi) 3.83 ± 0.35 (femmine)	
Maddison e coll. -2014	9 kayakers ben allenati (7 maschi e 2 femmine)				4.07 ± 0.82	

Tabella 1 - Valori relativi al $V'O_2$ max, ottenuti con diverse metodologie in kayakers con diversi livelli prestativi.



Quando lo sforzo aumenta ulteriormente, per poter demolire quantità ancora maggiori di glucosio si fa ricorso alla glicolisi anaerobica che conduce alla produzione ed accumulo di acido lattico dapprima nel muscolo e poi nel sangue. L'intensità lavorativa corrispondente all'inizio dell'utilizzo significativo della glicolisi anaerobica e il conseguente accumulo nel sangue di acido lattico è denominato soglia anaerobica. Uno dei modi per ottenere il valore di soglia anaerobica individuale è effettuare un test incrementale massimale ed analizzare il grafico del rapporto O_2 consumato e CO_2 prodotta, ottenendo il valore di soglia ventilatoria (VT) (Wasserman e coll., 1973); un altro modo risulta essere l'analisi della soglia lattacida (LT) attraverso l'analisi del rapporto $[La]^-$ prodotto e la potenza o velocità sviluppata durante l'esecuzione di un test incrementale con brevi recuperi, come ad esempio il protocollo Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) (Sjodin and Jacobs, 1981). Il valore di soglia anaerobica è influenzato dal livello di allenamento, dalle masse muscolari coinvolte (Davis e coll., 1976) e dal metodo con cui viene individuata (Greene coll., 1983).

AUTORE	SOGGETTI	ANAEROBIC THRESHOLD					Stroke freq
		Protocollo	Metodo	$V'O_2$ max	$[La]^-$	HR	
				%	(mmol · L ⁻¹)	(b · min ⁻¹)	(c · min ⁻¹)
Pendegast et coll. -1979	3 kayakers maschi locali	arm ergometer incremental test		70-80%			
Bunc and Heller -1994	11 giovani kayakers femmine internazionali	Kayak-erg. Incremental test	VT	84.8 % kayak-erg. 74.2 % cycle-erg		178 ± 4	84.3 ± 5.9
Bishop et coll. -2000	9 kayakers femmine ben allenate	Kayak-erg. Incremental test (5 min -1 min)	Dmax	81.4 ± 5.1	3.1 ± 0.5		
Van Soemeren e Oliver -2002	8 kayakers maschi allenati	Kayak-erg. Incremental test (step 5 min - 30 sec)	LT		2.7 ± 0.5	170 ± 8	
Van Someren e coll. -2003	13 kayakers internazionali sui 200 metri- 13 kayakers nazionali	Kayak-erg. Incremental test	VT	80.5 ± 5.6 (int) 82.9 ± 3.9 (nat)			
Van Soemeren e coll. -2008	18 kayakers maschi(10 internazionali - 8 nazionali)	Kayak-erg. incremental test (step 4 min - 30 sec)	LT (OBLA)	80.9 ± 4.5			
Garcia Pallares e coll. 2010	10 kayakers maschi medagliati alle olimpiadi	Kayak-erg. Incremental test	VT				84 - 87
Maddison e coll. -2014	9 kayakers ben allenati (7 maschi e 2 femmine)	Kayak-erg. luncremental test (7 step 4 min - 1 min)	Dmax	84.50 ± 4.57	3.7 ± 0.5	178 ± 5	

Tabella 2 - Valori relativi alla soglia anaerobica, ottenuti con diverse metodologie in kayakers con diversi livelli prestativi.



Come detto in precedenza, il movimento del kayak si basa sul terzo principio della dinamica (azione e reazione) e dipende da un lato dalla forza prodotta dall'atleta attraverso l'attrito della pagaia sull'acqua e dalla forza esercitata dagli arti inferiori sui puntapiedi, dall'altro dal continuo variare della resistenza dello scafo alle variazioni di velocità dell'imbarcazione.

La pagaia a livello meccanico può essere considerata una leva di terzo genere; il fulcro, rappresentato dalla pala in acqua, non è stabile ma cedevole (Logan, Holt, 1985; Aitken e Neal, 1992; Mann e Kearney, 1980) hanno suggerito che, sia la forza ottimale realizzata dall'atleta, sia l'accelerazione massima longitudinale della barca, si ottengono quando la pagaia è perpendicolare all'acqua (Fig.2). Questo accade perché in questa fase la superficie di contatto tra la pala e l'acqua è massima e quindi è massima l'efficienza della trazione (Sanders e Kendal, 1992).

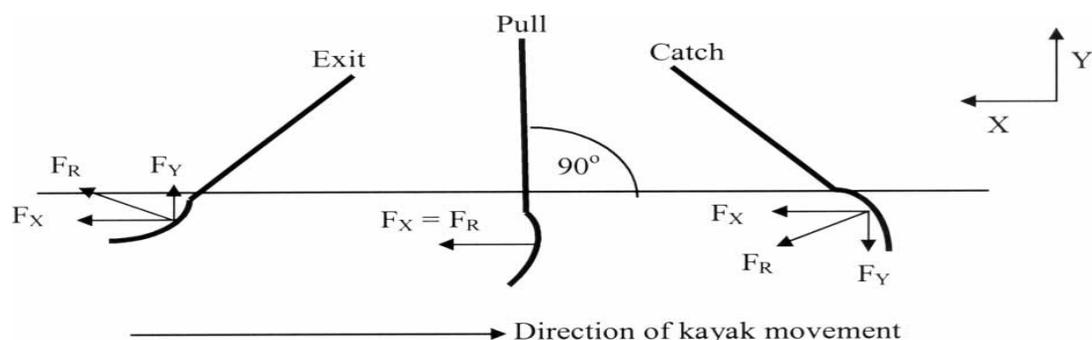


Figura 2 - Cinetica della fase propulsiva della pala in acqua. F_R : forza risultante; F_X : Componente in direzione x della forza; F_Y : Componente in direzione y della forza (da Michael e coll. 2009).

Misurando la deflessione della pagaia, attraverso l'utilizzo di estensimetri posti tra la parte finale del manico e la parte iniziale della pala, sono stati riportati valori medi di picco di forza applicata sulla pagaia compresi tra i 250 e i 350 N in soggetti kayakers maschi di alto livello (Saraceni, 1999), oppure di 230 – 300 N in kayakers donne di alto livello (Gomes e coll., 2011; Arcangeli, 2014).

Un altro parametro importante che si collega all'applicazione della forza in acqua è sicuramente la stroke-frequency. Brown e coll. (2011) hanno analizzato, durante due tipi di performance, i tempi relativi alla pagaiata in diversi soggetti con diversi livelli di performance (Tab. 3).



velocità media (m*s ⁻¹)	Protocollo	Soggetti	Livello	Stroke freq. (c*min ⁻¹)	Stoke time (s)	Fase in acqua (s)	Fase aerea (s)
5.13	200 m race	46 M	Elite	138	0.44 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.20 ± 0.03
5.06	500 m race	46 M	Elite	121	0.50 ± 0.03	0.28 ± 0.03	0.22 ± 0.03
4.58	200 m race	29 M	National	121	0.50 ± 0.04	0.25 ± 0.05	0.25 ± 0.04
4.4	500 m race	29 M	National	113	0.54 ± 0.04	0.31 ± 0.03	0.23 ± 0.02
3.72	500 m race	9 M	club	100	0.6 ± 0.06	0.32 ± 0.05	0.29 ± 0.04

Tabella 3 - Tempi di pagaiata durante due tipi di performance in diversi soggetti con diversi livelli prestativi (da: Brown e coll., 2011).

Come si può facilmente osservare nella tabella, maggiore è la stroke-frequency maggiore è la velocità media dell'atleta. A questo parametro però bisogna sempre affiancare anche il rapporto tra fase aerea e fase in acqua della pagaiata. Infatti la durata della fase in acqua e della fase aerea diminuiscono all'aumentare della frequenza di pagaiata e il loro rapporto varia in favore della durata della fase di passata in acqua. Ghelardini e Guazzini (2010) ad esempio, hanno riportato che a una frequenza di pagaiata media di $100 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$, con una durata totale del colpo di 0.60 s, la fase di passata in acqua risulta essere il 64% della durata totale del colpo e la fase aerea il restante 36%. Ovviamente maggiore è il tempo di permanenza in acqua della pagaia maggiore è la forza che l'atleta può esercitare nell'acqua e quindi migliore è la resa della pagaiata in termini di avanzamento.

Per quanto riguarda il ruolo degli arti inferiori, Sydney e Shepard (1987) hanno osservato che parte delle forze generate dall'atleta vengono trasmesse sull'imbarcazione attraverso la spinta degli arti inferiori sul puntapiedi. Inoltre, hanno evidenziato la grande importanza degli arti inferiori nel mantenimento dell'equilibrio e nello stabilizzare l'imbarcazione durante il gesto tecnico.

Studi presenti in letteratura hanno utilizzato diverse metodiche per valutare la forza di spinta degli arti inferiori. Saraceni (1999), attraverso l'utilizzo di celle di carico ha osservato valori di forza espressa pari a $620 \pm 76 \text{ N}$ nell'arto inferiore destro e $531 \pm 65 \text{ N}$ nell'arto inferiore sinistro. Ghelardini e Guazzini (2010) hanno osservato valori di picco compresi tra 350-590 N in entrambi gli arti inferiori. I dati presenti in letteratura sono ancora pochi e difficilmente permettono di comprendere la relazione tra la spinta con gli arti inferiori e l'effetto di questa sull'avanzamento dell'imbarcazione.

Ora, ogni ciclo di pagaiata determina un'accelerazione del kayak in avanti se la forza applicata in fase propulsiva risulta maggiore della resistenza all'avanzamento del kayak. Durante la fase aerea, non essendoci applicazioni di forza e permanendo le resistenze, il



sistema decelera. L'imbarcazione quindi è soggetta a continue fasi di accelerazione (prevalenza della forza sulle resistenze) e decelerazione (prevalenza delle resistenze, in assenza di applicazione di forza, sull'inerzia posseduta dal mezzo).

La resistenza che uno scafo incontra nel suo avanzamento è data dalla somma della resistenza d'attrito dell'acqua sulla superficie dello scafo e dalla resistenza dovuta al moto ondoso longitudinale prodotto dalla pressione dello scafo che avanza contro l'acqua.

Immaginiamo di rappresentare nello spazio il kayak e definiamo tre assi di riferimento che passano per il baricentro del kayak, (Fig.3):

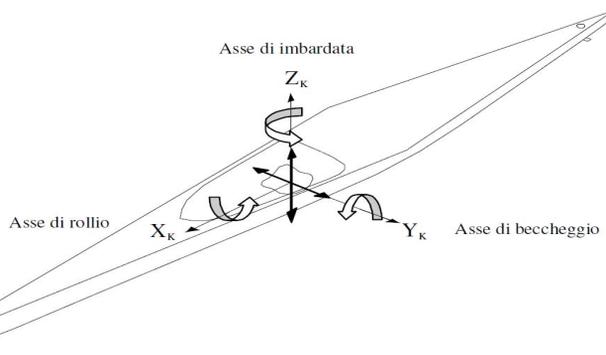


Figura 3 - Baricentro e assi di movimento del kayak (da: Saraceni, 1999).

Come detto in precedenza, il movimento sull'asse longitudinale dipende dal rapporto tra le forze che spingono in avanti il kayak e le forze che invece tendono a frenarlo. Esistono però anche altre forze che agiscono sul kayak e provocano movimenti sugli assi, con continui cambiamenti d'assetto dell'imbarcazione. In generale si parla di:

1) rollio: tale movimento consiste in una rotazione della canoa attorno all'asse longitudinale che inclinerà l'imbarcazione, a destra e a sinistra, a secondo del lato di propulsione della pagaia. Tale movimento consente al kayak di variare la direzione dell'imbarcazione verso il lato opposto a quello della direzione generata dalla fase propulsiva in acqua del colpo.

2) beccheggio: consiste in una rotazione che la canoa compie attorno al suo asse trasversale immergendo alternativamente prua e poppa.

3) imbardata: è un movimento direttamente conseguente all'azione di pagaia e prevede la rotazione che il kayak compie attorno all'asse verticale volgendo la prua da un lato e conseguentemente la poppa dal lato opposto.

Nonostante sia abbastanza semplice intuire come un'accentuazione di questi movimenti influenzi negativamente l'avanzamento dell'imbarcazione, in letteratura ci



sono pochi studi che mostrano dati relativi al movimento del kayak su queste altri assi. Nello studio di Ghelardini e Guazzini (2010) presentato in precedenza è stato evidenziato come ad una frequenza di pagaiata più bassa il beccheggio della canoa è maggiore. Per quanto riguarda il rollio è stato osservato che segue l'andamento del numero di pagaiate, si verifica dopo la fase di uscita della pala dall'acqua e che l'oscillazione media è circa di $6 - 7^\circ$.

SCOPO

Lo scopo del seguente studio è quello di fornire informazioni relative alle caratteristiche fisiologiche di un gruppo di kayakers d'élite sia in condizioni standardizzate (laboratorio) sia durante il gesto atletico specifico in acqua. Inoltre, attraverso l'utilizzo di un sistema di acquisizione di segnali appositamente costruito saranno fornite informazioni relative alle forze espresse dagli arti inferiori e dagli arti superiori nel gesto tecnico specifico. Infine sarà valutato l'effetto delle forze generate dall'atleta in relazione alla dinamica dell'imbarcazione durante una prestazione massimale.

Questo approccio si pone l'obiettivo di fornire agli allenatori e ai preparatori atletici del settore informazioni utili per caratterizzare meglio lo stato di allenamento degli atleti di kayak e valutare gli elementi tecnici specifici del gesto atletico. Se utilizzato in modo continuativo e confermato su un numero maggiore di soggetti, questo metodo potrà risultare utile per una migliore programmazione dell'allenamento e per migliorare il gesto tecnico e la prestazione.

SOGGETTI

Sette kayakers maschi e due kayakers femmine hanno partecipato volontariamente a questo studio. Le loro caratteristiche antropometriche sono riportate in Tabella 4. I soggetti scelti per questo studio sono atleti di buon/ottimo livello prestativo, con alcuni che hanno partecipato anche a campionati europei e mondiali assoluti.



Soggetto	sexo	Età	Altezza (cm)	Peso (kg)	BMI (Kg · m ⁻²)
M.C.	M	22	186	90.8	26.2
G.D.	M	21	183	75.7	22.6
F.B.	M	23	190	86.9	24.1
M.M.	M	19	172	71.7	24.2
L.C.	M	24	189	91.5	25.6
G.P.	F	21	170	56.8	19.7
F.M.	F	21	167	62.4	22.4
MEDIA		21.6	180	76.5	23.5
SD		1.6	10	13.8	2.2

Tabella 4 - Dati antropometrici kayakers

PROTOCOLLO SPERIMENTALE

Il protocollo sperimentale prevedeva l'esecuzione di 2 test incrementali svolti presso il Laboratorio di Fisiologia del Lavoro Muscolare dell'Istituto di Bio-immagini e Fisiologia Molecolare del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e di 2 test in acqua svolti presso il bacino dell'Idroscalo di Milano e il bacino di Corgeno. Successivamente sono riportati i metodi e le variabili analizzate durante i singoli test.

TEST INCREMENTALE SU TREADMILL. Al soggetto era richiesto di correre per 4 minuti alla velocità di 10 km/h dopodiché la velocità veniva aumentata di 1 km/h ogni minuto fino a esaurimento (Fig 4). L'esaurimento era stabilito quando il soggetto non era più in grado di mantenere la velocità imposta dal treadmill, nonostante l'incoraggiamento degli operatori. Il valore di consumo di ossigeno ottenuto negli ultimi 30 secondi dell'ultimo gradino è stato considerato come il VO₂max.

TEST INCREMENTALE SU KAYAK ERGOMETRO. Ogni soggetto ha eseguito un test incrementale massimale su kayak-ergometro. Il test incrementale è stato svolto agendo in maniera alternata su due variabili: la frequenza di pagaiata del soggetto (gestita attraverso un metronomo digitale) e la resistenza opposta al movimento di pagaiata (identificata in unità arbitrari e sull'ergometro stesso). Per gli atleti di sesso maschile si sono utilizzate le resistenze 5 e 10, mentre per le atlete le resistenze 1 e 5. Il primo gradino aveva una durata di 3 minuti con frequenza di pagaiata iniziale di 40 colpi · min⁻¹. I gradini successivi avevano una durata di 1 minuto e ad ogni cambio

aumentavano in maniera alternata la resistenza o la frequenza di pagaiata. L'esaurimento del soggetto era definito quando il soggetto non era più in grado di mantenere la stroke-frequency imposta, nonostante l'incoraggiamento degli operatori. Il valore di consumo di ossigeno ottenuto negli ultimi 30 secondi dell'ultimo gradino è stato considerato come il $VO_2\max$.

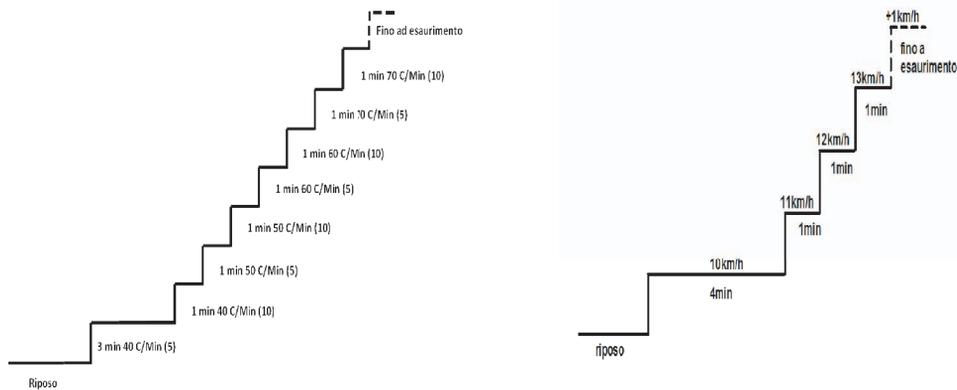


Figura 4 – Schema protocolli test incrementale treadmill (a destra) e kayak-ergometro (a sinistra) di un soggetto maschio.

I parametri considerati per definire l'esaurimento del soggetto nei due test incrementali sono stati i seguenti:

1. frequenza cardiaca raggiunta durante lo sforzo uguale o superiore all'85% di quella massima teorica (predetta con la formula $220 - \text{età}$);
2. quoziente respiratorio maggiore di 1.10;
3. concentrazione di lattato ematico raggiunta superiore alle $8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$;
4. differenza di consumo di ossigeno tra l'ultimo gradino e il precedente non superiore a $150 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$;
5. Scala di Borg maggiore di 15.

Durante questi test, i valori di $V'O_2$ e $V'CO_2$ sono stati ricavati attraverso la misurazione, per mezzo di analizzatori rapidi, delle frazioni alla bocca di O_2 e CO_2 . Gli analizzatori sono stati calibrati prima dell'esercizio attraverso due miscele di gas a composizione nota (21% O_2 e 0% CO_2 ; 16% O_2 e 4% CO_2). Dal rapporto fra $V'CO_2$ e $V'O_2$ è stato ottenuto il QR. Il volume corrente (V_t) e la $V'E$ sono stati misurati mediante integrazione del segnale misurato alla bocca con un flussimetro di massa. Il flussimetro di massa è stato calibrato prima dell'esercizio usando una siringa di volume noto, 3 litri, usando tre flussi diversi. La frequenza cardiaca (HR) è stata misurata mediante cardiofrequenzimetro (Polar RS400) a una frequenza di



campionamento di 0,2 Hz. La concentrazione di lattato ematico ([La]-) è stata rilevata prima dell'esercizio e dopo 1, 3 e 5 minuti dal termine dell'esercizio, attraverso prelievo capillare a livello del lobo dell'orecchio di un campione di sangue (20 μ L). L'analisi è stata effettuata mediante metodica enzimatica (Biosen C-Line, EKF, Germania). Il valore della soglia anaerobica ventilatoria (GET), è stato ottenuto identificando il punto deflessione della relazione tra $V'O_2$ e $V'CO_2$ mediante doppia regressione lineare. Le due rette di interpolazione dei dati sono risultate da un'analisi statistica dello scarto quadratico medio (F-test).

TEST DI SOGLIA LATTACIDA. Il protocollo svolto per la valutazione della soglia anaerobica lattacida (LT) prevedeva due giornate di test in acqua: in una prima giornata al soggetto veniva richiesto di coprire nel minor tempo possibile la distanza di 1000 m; nel secondo giorno il soggetto eseguiva 7 prove di 4 minuti ciascuna a velocità costante e progressivamente crescente di step in step, separate una dall'altra da 1 minuto di recupero (Maddison e coll., 2014). Le velocità sono state determinate in base alla prestazione massimale sui 1000 m svolta durante la prima giornata di test. La velocità del 7° step è stata calcolata sottraendo 0,4 $m*s^{-1}$ alla velocità del test massimale. La velocità dei sei step precedenti diminuiva progressivamente di 0,15 $m*s^{-1}$ per ogni step. Durante il test sono state misurate: la frequenza cardiaca mediante cardiofrequenzimetro (Polar, RS400) settato a una frequenza di acquisizione di 0,2 Hz; la velocità mediante un dispositivo GPS (K-Gps 10 Hz, K-sport, Italia) posto in una tasca di un pettorina indossata dall'atleta; la concentrazione di lattato ematico mediante prelievo di una goccia di sangue dal lobo auricolare a riposo e alla fine di ogni step.

Un GPS (Garmin, Forerunner 10) riportante la velocità (min/km) era montato sul kayak e permetteva agli atleti di avere in tempo reale un feedback della velocità da mantenere. I dati ottenuti sono poi stati analizzati al fine di identificare il punto di deflessione della relazione tra lattato ematico e velocità mediante doppia regressione lineare. Le due rette di interpolazione dei dati sono risultate da un'analisi statistica dello scarto quadratico medio.

TEST 200 METRI IN ACQUA. Dopo un adeguato riscaldamento, ogni soggetto ha eseguito una prova massimale sui 200 metri. Durante questo test in acqua sono stati utilizzati un kayak modello Large (Vanquish III, Nelo) e una pagaia con superficie di 740 cm^2 (Gamma Medium, Jantex) e angolo di inclinazione regolabile. Durante il test sono state misurate: la frequenza cardiaca mediante cardiofrequenzimetro (Polar, RS400) settato a una frequenza di acquisizione di 0,2 Hz; la concentrazione di lattato ematico ([La-]b) a riposo e dopo 1, 3 e 5 minuti dal termine dell'esercizio, attraverso

prelievo capillare a livello auricolare di un campione di sangue ($20\mu\text{L}$); i movimenti dell'imbarcazione sui tre assi tramite l'utilizzo di un giroscopio (ITG-3200, InvenSense) e di un accelerometro triassiale (ADXL345, AnalogDevices); la forza di spinta degli arti inferiori sul puntapiedi del kayak attraverso due sensori di forza pressoria (FlexiForce A301, Tekscan). La forza di pressione dell'acqua sulla parte interna della pala era ottenuta attraverso due sensori (FSR -1,5) incollati su due basette di PVC, appositamente create presso l'Istituto di Tecnologie Biomediche del CNR. Le basette erano incollate sulla superficie interna della pala per mezzo di gel di silicone (SL620, Pattex). I sensori e i relativi contatti elettrici sono stati impermeabilizzati sfruttando dei fogli di mylar da 0,1 mm fissati con una particolare resina subacquea; tra lo strato interno di mylar e la superficie del sensore è stato posto uno spessore di 1 mm di silicone con dimensione di 1 cm^2 per concentrare la spinta al centro del sensore. La strumentazione è stata collegata al sistema di acquisizione (kayak Bluetooth, ITB, CNR) agganciato internamente con calamita nella parte posteriore della barca (Fig. 5).

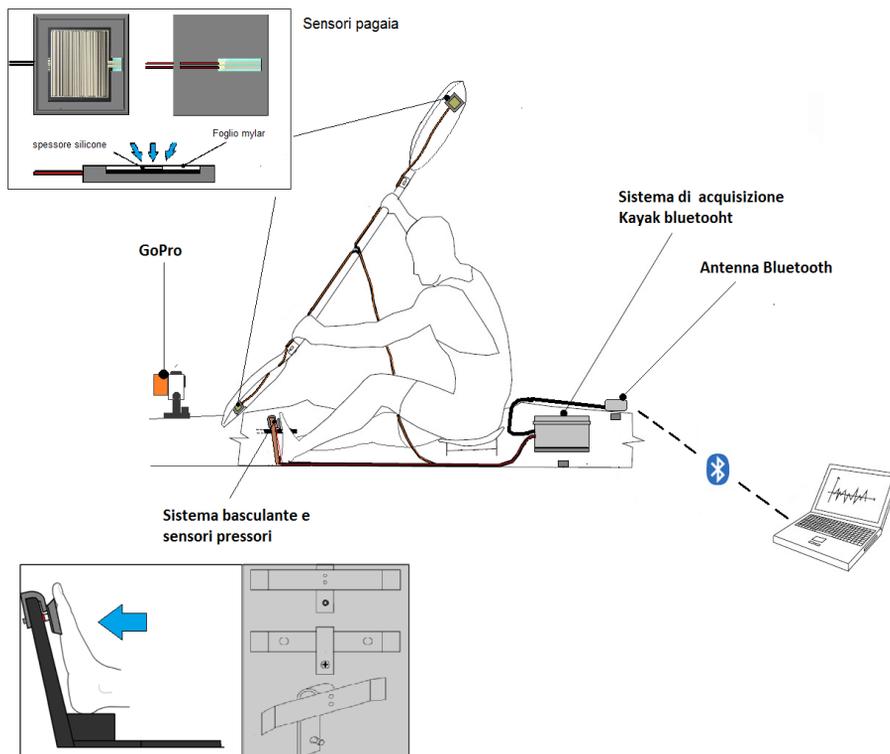


Figura 5 - Strumentazione utilizzata nel test dei 200 m in acqua



I segnali acquisiti ed elaborati dal sistema di acquisizione sono stati trasmessi tramite antenna bluetooth, agganciata tramite calamita sopra la coperta posteriore della barca, al software (Kayak Bluetooth, ITB, CNR) (Fig. 6).

I test sono stati registrati tramite l'utilizzo di una videocamera montata sulla coperta anteriore del kayak con modalità di registrazione a 240 Hz (Hero 3+, GoPro); i video ottenuti sono stati poi sincronizzati con i segnali raccolti dai sensori precedentemente descritti. Prima della partenza è stato chiesto ad ogni soggetto di battere sulla coperta anteriore della barca per realizzare la sincronizzazione video - segnale

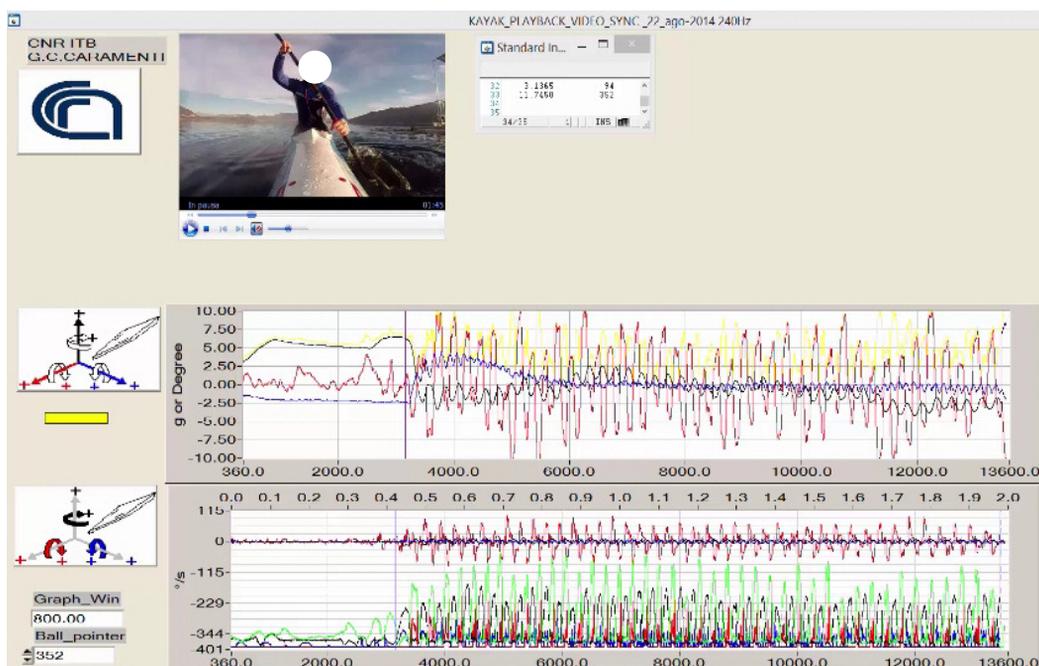


Figura 6 - Software Kayak Bluetooth.

ANALISI STATISTICA

I dati sono presentati come media \pm deviazione standard ($x \pm DS$). La significatività statistica della differenza fra due gruppi di dati è stata eseguita con il test-t di Student per dati appaiati. Il valore di significatività è stato fissato a $p < 0.05$. Le analisi di regressione sono state effettuate mediante il metodo dello scarto quadratico medio (F-test). Tutte le analisi statistiche sono state eseguite con il pacchetto statistico Prism 5.0 (GraphPad).



RISULTATI

Nelle Figure 7-8 sono riportati i dati di $\dot{V}O_2$ di un soggetto durante il test incrementale in laboratorio sul nastro-trasportatore e sul kayak-ergometro.

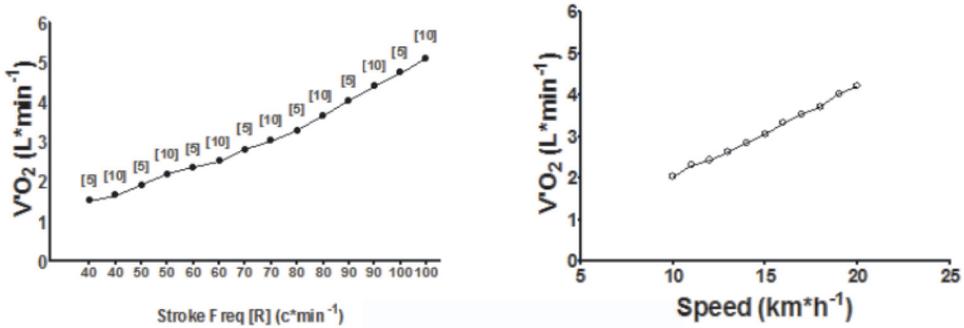


Figura 7 - Esempio di $\dot{V}O_2$ in funzione della velocità durante test incrementale su treadmill (a destra) e in funzione della stroke-frequency [resistenza] su kayak-ergometro (a sinistra)

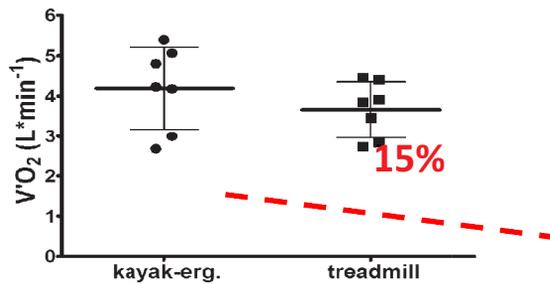


Figura 8 - Differenza % tra il $\dot{V}O_2$ max medio ottenuto su test incrementale su kayak-ergometro e tra il $\dot{V}O_2$ max medio ottenuto su test incrementale su treadmill.

Il valore medio di $\dot{V}O_2$ max ottenuto su kayak-ergometro è stato pari a 4.191 ± 1.024 L · min⁻¹ corrispondenti a un valore di 55.0 ± 5.9 ml · kg⁻¹ · min⁻¹. I valori di QR (1.1 ± 0.1), di [La]⁻ (8.6 ± 1.7 mmol · L⁻¹) e di FC (180 ± 8 b · min⁻¹ pari al 93.7 ± 4.6 % della FC max teorica). Il valore medio di $\dot{V}O_2$ max ottenuto su treadmill è stato pari a 3.661 ± 0.691 L · min⁻¹ corrispondenti a un valore relativo pari a 49.4 ± 5.4 ml · kg⁻¹ · min⁻¹. Il test incrementale è risultato massimale in quanto è stato raggiunto un valore di QR pari a 1.08 ± 0.03 , un valore di [La]⁻ pari a 9.5 ± 1.5 mmol · L⁻¹ e un valore di FC max pari a 178 ± 10 b · min⁻¹ (94.5 ± 2.9 % della FC max teorica) hanno permesso di considerare il test massimale.

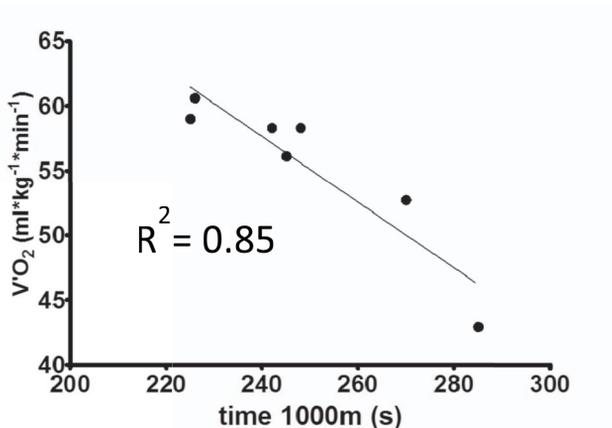


Figura 9 - Relazione tra V'O₂ max ottenuto su kayak-ergometro (pallini neri) e best time sui 1000 m in kayak.

Come mostrato in figura 9 i dati di V'O₂ max ottenuti su kayak ergometro sono risultati correlati con la performance massimale svolta dagli atleti in kayak su una distanza di 1000 m.

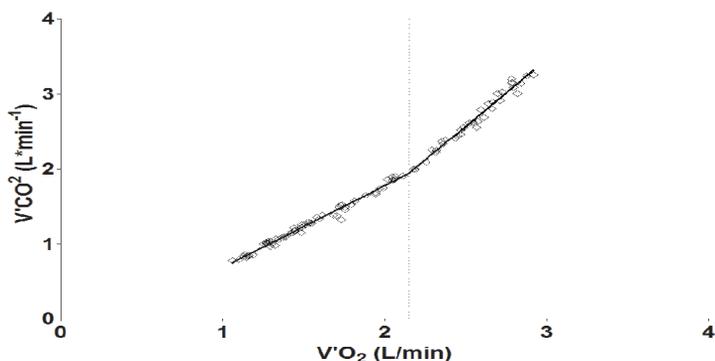


Figura 10 - Rappresentazione grafica del consumo d'ossigeno (V'O₂) in funzione della produzione di anidride carbonica (V'CO₂). La linea tratteggiata corrisponde al valore di soglia ventilatoria (GET).

La Fig. 10 mostra un esempio di soglia anaerobica ventilatoria, osservato durante il test su kayak ergometro, di un soggetto. Durante il test su treadmill è stato osservato un valore medio di V'O₂ corrispondente alla GET pari a $3.282 \pm 0.804 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ con una FC media di $182 \pm 10 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$ corrispondente al 94.2 ± 3.9 della FC max teorica. Il valore medio di V'O₂ corrispondente alla GET ottenuto su kayak-ergometro è risultato di $3.568 \pm 0.865 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (80% del V'O₂ max) con una HR media di $170.3 \pm 4.3 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$.



Test soglia lattacida

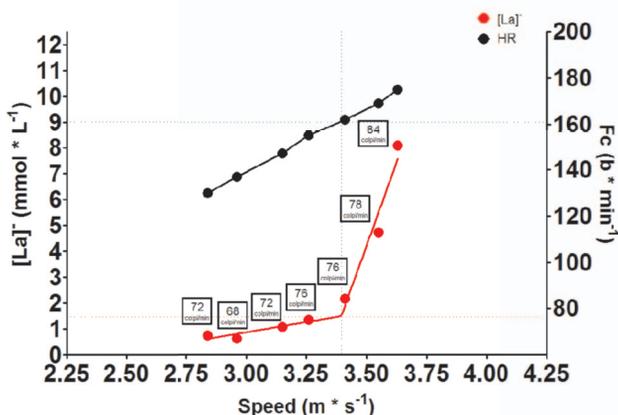


Figura 11 - Concentrazione di lattato ematico [La]⁻(cerchi rossi) misurata al termine di ogni step in relazione alla velocità (speed). Sull’asse di destra sono riportati i valori di HR (cerchi neri) misurati durante il test. La linea verticale tratteggiata indica la velocità corrispondente alla LT. Le linee orizzontali (rossa e nera) indicano rispettivamente il valore di lattato ematico e di frequenza cardiaca corrispondenti alla velocità di soglia.

La Figura 11, mostra la relazione [La]⁻ - speed in un soggetto. Come si può osservare, il valore di LT è pari a 1,47 mmol · L⁻¹ e corrisponde ad una velocità di 3,40 m · s⁻¹ (passo di 4m 54sec al km; stroke-frequency di 76c · min⁻¹) e una FC di 161b · min⁻¹. La tabella (Tab.5) riassume i dati più rilevanti ottenuti durante il test di soglia anaerobica lattacida in kayak nei diversi soggetti.

Soggetto	[La] ⁻ (mmol · L ⁻¹)	HR (b · min ⁻¹)	Speed (m · s ⁻¹)	Strokefreq. (c · min ⁻¹)	Time 1000m (min:s)
M.C.	1.82	164	3.84	80	3:36
G.D.	2.59	164	4.03	88	3:35
F. B.	1.47	161	3.40	76	3:55
M.M.	1.48	169	3.46	80	3:52
L.C.	2.10	170	3.36	80	3:58
G.P	1.60	160	3.27	80	4:10
F.M.	2.01	169	3.10	72	4:35
Media	1.87	165	3.49	79	
Dev. St	0.40	4	0.33	5	

Tabella 5 - Dati riassuntivi dei risultati relativi test di soglia lattacida.



Come si osserva dalla tabella, durante il test in kayak è stato osservato un valore di LT corrispondente a una $[La]^-$ media di $1.87 \pm 0.40 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ a una velocità media di $3.49 \pm 0.33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pari ad un tempo sui 1000m di 4m 46 sec al km. La FC media è stata di $165 \pm 4 \text{ b} \cdot \text{min}^{-1}$ e la stroke-frequency media di $79 \pm 5 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$.

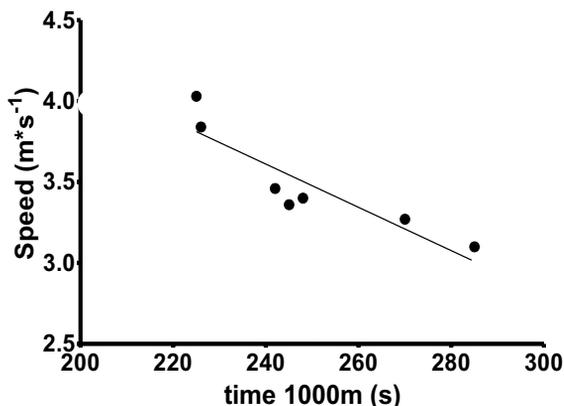


Figura 12 - Relazione tra la velocità alla soglia anaerobica ottenuta su kayak e best time sui 1000 m in kayak.

La figura 12, mostra la correlazione tra i dati relativi alla velocità di soglia anaerobica ottenuti su kayak e il tempo massimale sui 1000 m dei vari soggetti. La figura 13 riporta alcuni dati relativi alla GET e alla LT.

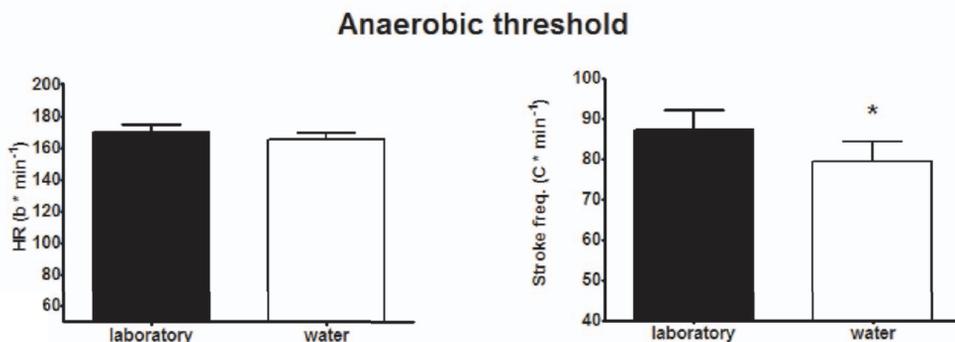


Figura 13 - Rappresentazione grafica della differenza tra FC e stroke-frequency alle intensità di soglia ventilatoria (GET) osservata in laboratorio e soglia lattacida (LT) osservata in acqua. * P < 0.05.

Come si può osservare, non vi è differenza significativa tra la FC registrata all'intensità di soglia anaerobica in laboratorio e in acqua, mentre vi è differenza significativa tra la stroke-frequency osservata all'intensità di soglia anaerobica in



laboratorio rispetto alla stroke-frequency osservata all'intensità di soglia anaerobica osservata in kayak.

Analisi dinamica della performance

Il test massimale sui 200 m è stato eseguito solo da due soggetti. I dati relativi al test sono riportati in tabella 6. I due atleti erano di buon livello e avevano una tecnica di pagaiata molto simile. La tabella evidenzia che il soggetto FB ha completato il percorso in 42.69 s a una stroke-frequency media di $124 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$, mentre il soggetto LC ha completato il percorso in 42.94 s a una stroke-frequency media di $120 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$. I tempi risultano però superiori al livello dei due atleti, in quanto il periodo in cui è stato effettuato il test non presentava le migliori condizioni climatiche. Inoltre i soggetti non disponevano della loro pagaia e della loro imbarcazione personale. come mostrato dal tempo medio sui 200m. Notiamo dalla $[\text{La}]^-$ e dalla HR che il test è stato massimale.

		Arto Sup. dominante	Arto Inf. dominante	Tempo 200 m (s)	$[\text{La}]^-$ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	HR ($\text{b} \cdot \text{min}^{-1}$)	stroke freq. ($\text{c} \cdot \text{min}^{-1}$)
F. B.	Male	DX	SX	42.69	7.62	166	124
L.C.	Male	DX	DX	42.94	8.68	160	120

Tabella 6 - Risultati relativi al test massimale sui 200 metri

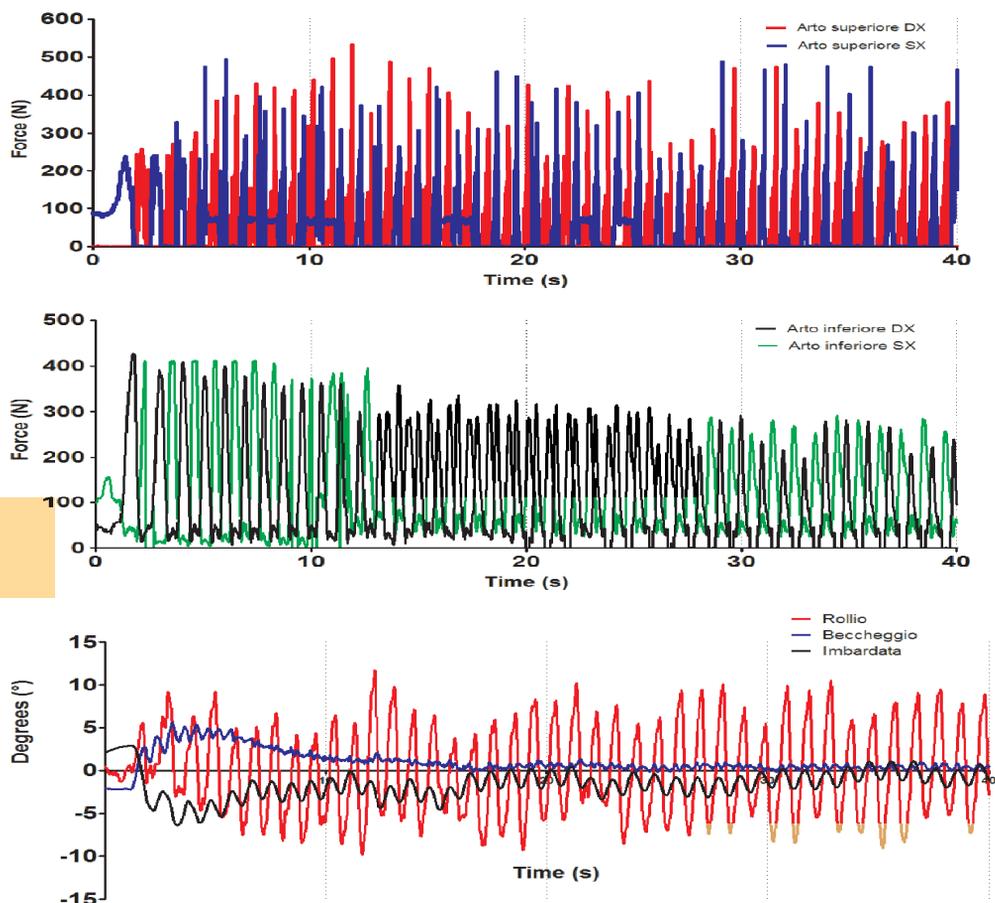


Figura 14 - Segnali registrati dal software Kayak Bluetooth. In alto è riportato il segnale relativo agli arti superiori, al centro il segnale relativo agli arti inferiori e in basso il segnale relativo agli angoli di rollio-beccheggio-imbardata del kayak.

La figura 14, mostra il tracciato di tutti i segnali registrati: in alto sono riportati i dati relativi all'espressione di forza degli arti superiori; al centro i dati relativi all'espressione di forza degli arti inferiori; in basso i gradi relativi ai movimenti attorno ai tre assi passanti per il baricentro del kayak. L'analisi è stata effettuata sui primi 40 s della prova. Nella figura 15, sono riportati i dati di forza sviluppata in acqua dalla pagaia per mezzo degli arti superiori destro e sinistro. I dati sono mostrati come valore medio nei quattro intervalli di 10 s e valore medio totale della prova.

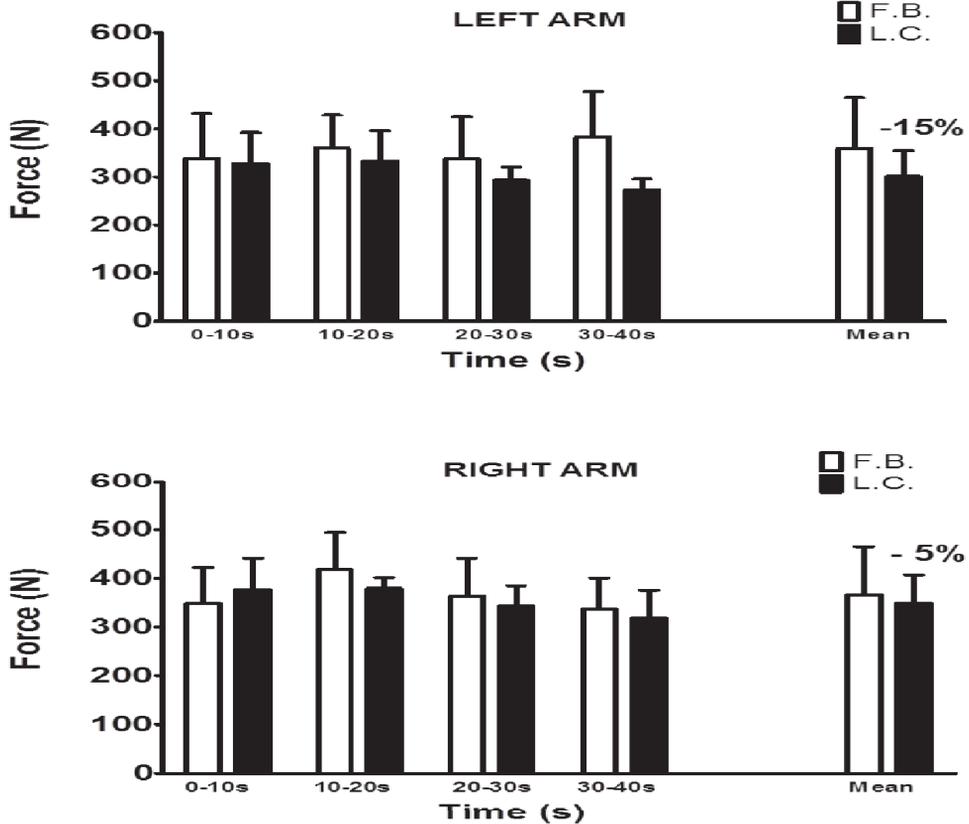


Figura 15 - Confronto valori medi dei picchi di forza espressa nell' arto superiore sinistro (in alto) e nell'arto superiore destro (in basso) dai 2 soggetti.

Il soggetto FB raggiunge valori di forza media di 366.3 ± 98.7 N nell'arto superiore destro e 359.6 ± 104.9 N nell'arto superiore sinistro. Il soggetto L.C. raggiunge valori di forza media di 349.2 ± 57.8 N nell'arto superiore destro. 300.5 ± 54.4 N nell'arto superiore sinistro. Dunque F.B. esprime mediamente più forza in entrambi gli arti superiori rispetto a LC. Inoltre LC presenta una maggior differenza di forza espressa tra arto superiore destro e arto superiore sinistro, con quest'ultimo che risulta essere più debole. Nella figura 16 sono riportati i dati di forza sviluppata sul puntapiedi attraverso gli arti inferiori destro e sinistro. I dati sono mostrati come valore medio nei quattro intervalli di 10 s e valore medio totale della prova.

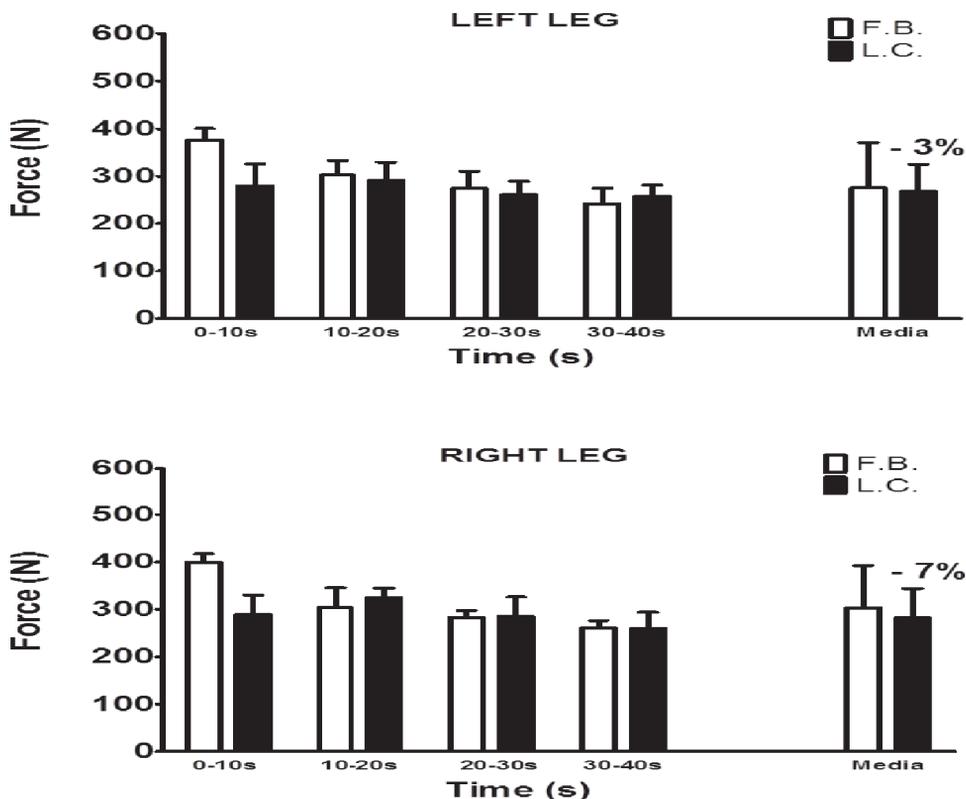


Figura 16 - Confronto valori medi dei picchi di forza espressa nell' arto inferiore sinistro (in alto) e nell'arto inferiore destro (in basso) dai 2 soggetti.

Il soggetto F.B. raggiunge valori di forza media di 303.6 ± 88.5 N nell'arto inferiore destro e 275.4 ± 95.7 nell'arto inferiore sinistro. Il soggetto LC raggiunge valori di forza media di 282.8 ± 61.3 N nell'arto inferiore destro e 267.4 ± 56.9 N nell'arto inferiore sinistro. Dunque FB mediamente esprime più forza in entrambi gli arti inferiori rispetto a LC, In particolare il 3% in più nell'arto sinistro e il 7% in più nell'arto destro. Inoltre, entrambi i soggetti sono mediamente più forti a livello dell'arto inferiore destro. Si osserva come in FB la forza degli arti inferiori sembra calare progressivamente nel corso della prova mentre LC raggiunge il picco di forza espressa tra i 10 e i 20 secondi della prova.

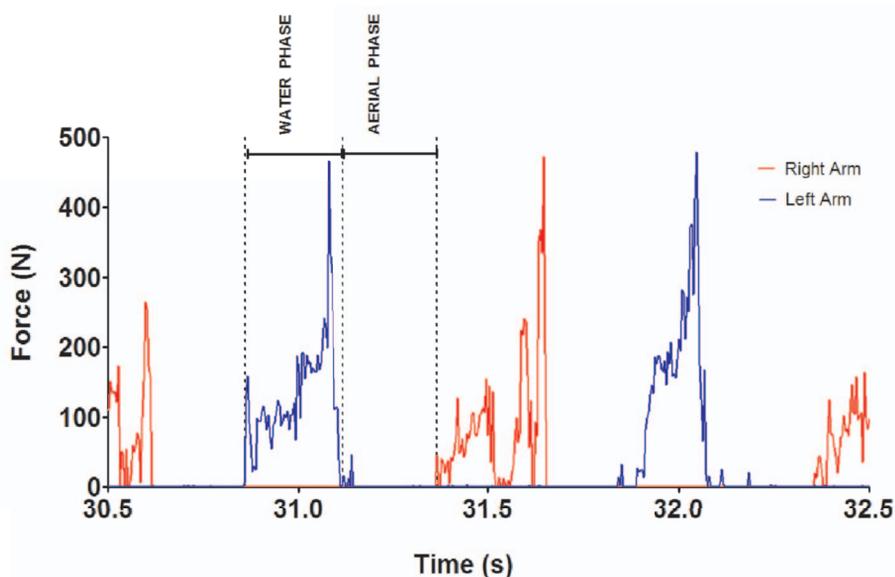


Figura 17 - Tracciato arti superiori con analisi della fase in acqua e della fase aerea.

Nella figura 17 è riportato un estratto del tracciato di forza degli arti superiori. La figura mostra com'è stata calcolata la durata della FASE IN ACQUA e la FASE AEREA di ogni colpo con la pagaia.

Nella figura 18 sono riportati i dati relativi ai tempi medi delle due fasi analizzate.

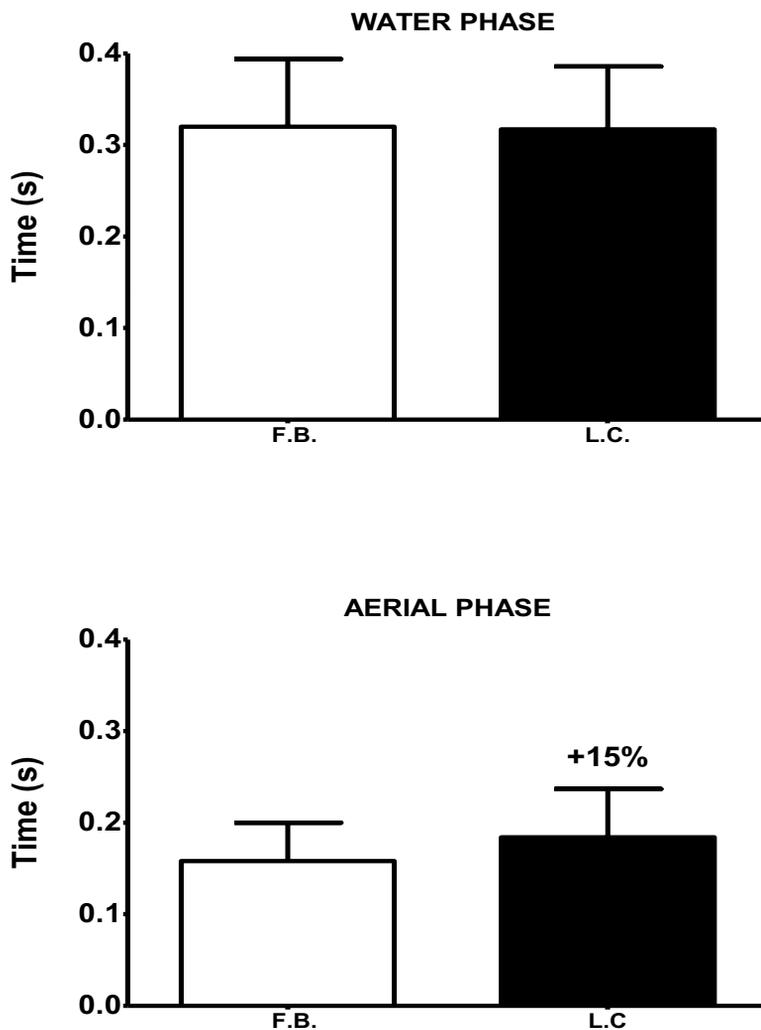


Figura 18 - Confronto valori medi del tempo impiegato per effettuare la passata in acqua (in alto) e del tempo impiegato per effettuare la fase aerea (in basso) dei 2 soggetti.

Il soggetto FB mediamente svolge una fase in acqua della durata di 0.320 ± 0.074 s e una fase aerea di 0.158 ± 0.042 s. Il soggetto LC mediamente svolge una fase in acqua della durata di 0.317 ± 0.069 s e una fase aerea di 0.184 ± 0.053 s. Dunque si osserva che i dati sembrano mostrare che mediamente entrambi i soggetti svolgono una passata in acqua con durata molto simile, mentre FB presenta una fase aerea significativamente più veloce rispetto a LC.

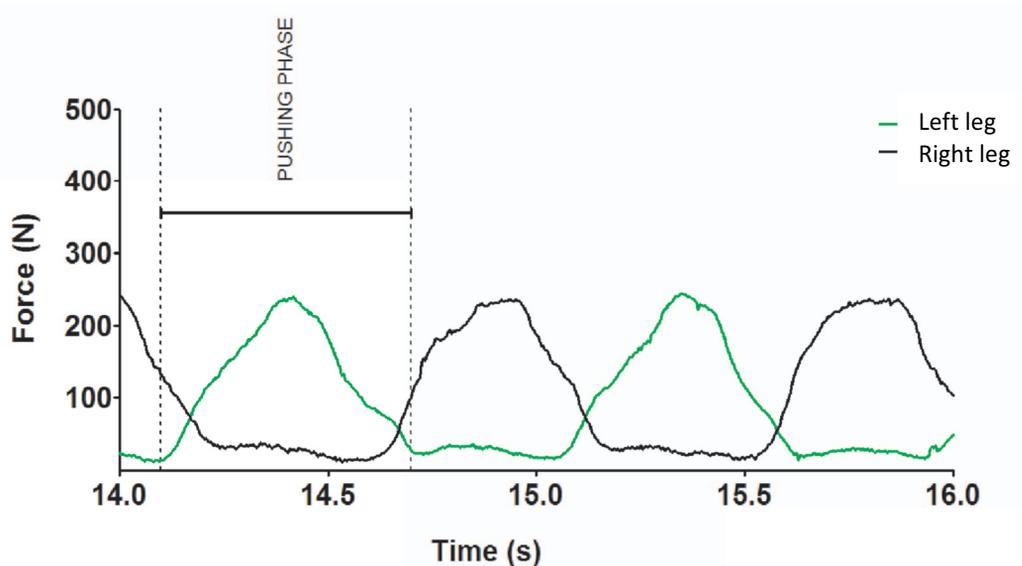


Figura 19 - Tracciato arti inferiori con analisi della fase di spinta.

Nella figura 19 è riportato un estratto del tracciato di forza degli arti inferiori. L'esempio mostra com'è stata calcolata la fase di spinta (PUSHING PHASE).

Nella figura 20 sono riportati i dati relativi ai tempi medi della fase di spinta degli arti inferiori sul puntapiedi.

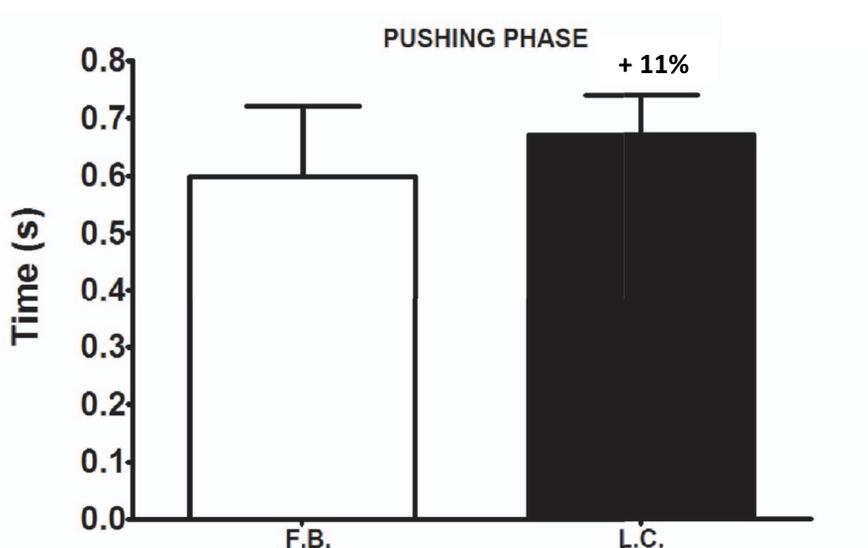


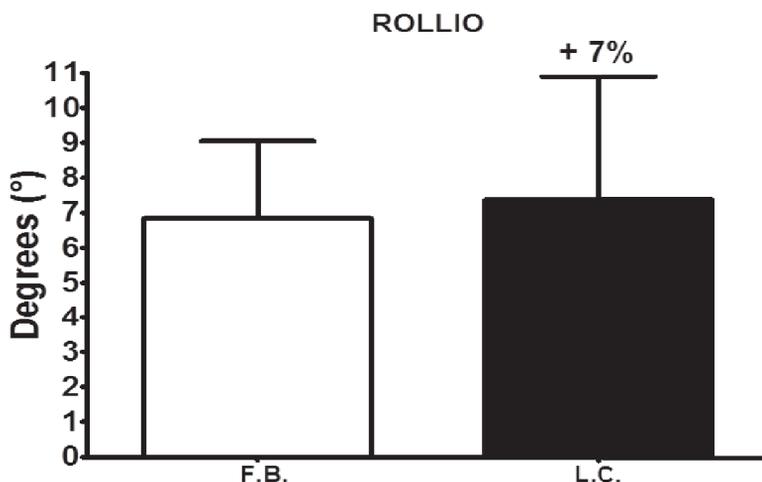
Figura 20 - Confronto valori medi del tempo impiegato per effettuare la spinta degli arti inferiori sul puntapiedi dei 2 soggetti.



Il soggetto FB mediamente svolge una spinta dell'arto inferiore sul puntapiedi della durata di 0.598 ± 0.123 s. Il soggetto LC mediamente svolge una spinta dell'arto inferiore sul puntapiedi della durata di L.C. di 0.670 ± 0.070 s. Quindi per tutta la durata della prova LC mediamente effettua una spinta con gli arti inferiori di maggior durata rispetto a FB.

Per quanto riguarda i movimenti dell'imbarcazione sui tre assi, nella figura 21, sono riportati i valori medi e la differenza percentuale relativi al rollio medio dei due soggetti durante il percorso. Il soggetto L.C. presenta un valore di rollio medio di 7.203 ± 0.134 ° a sinistra e di 6.712 ± 0.286 ° a destra. Il soggetto FB presenta un valore di rollio medio di 6.272 ± 0.639 ° a sinistra e di 6.625 ± 0.770 ° a destra. Quindi si osserva che LC presenta un maggior grado di rollio a sinistra, FB presenta un maggior grado di rollio a destra e che i valori registrati in LC risultano di poco superiori a quelli osservati in FB. In totale LC esprime circa il 7% in più di rollio rispetto a FB. Il soggetto LC presenta un valore di beccheggio medio di 1.439 ± 0.914 °. Il soggetto FB presenta un valore di beccheggio medio pari a 1.106 ± 0.767 °. Dunque mediamente il soggetto LC esprime il 23% in più di beccheggio rispetto a FB durante la prova.

Per quanto riguarda il movimento attorno all'asse verticale o imbardata si osserva come FB esprima un 29% in più di imbardata rispetto a LC



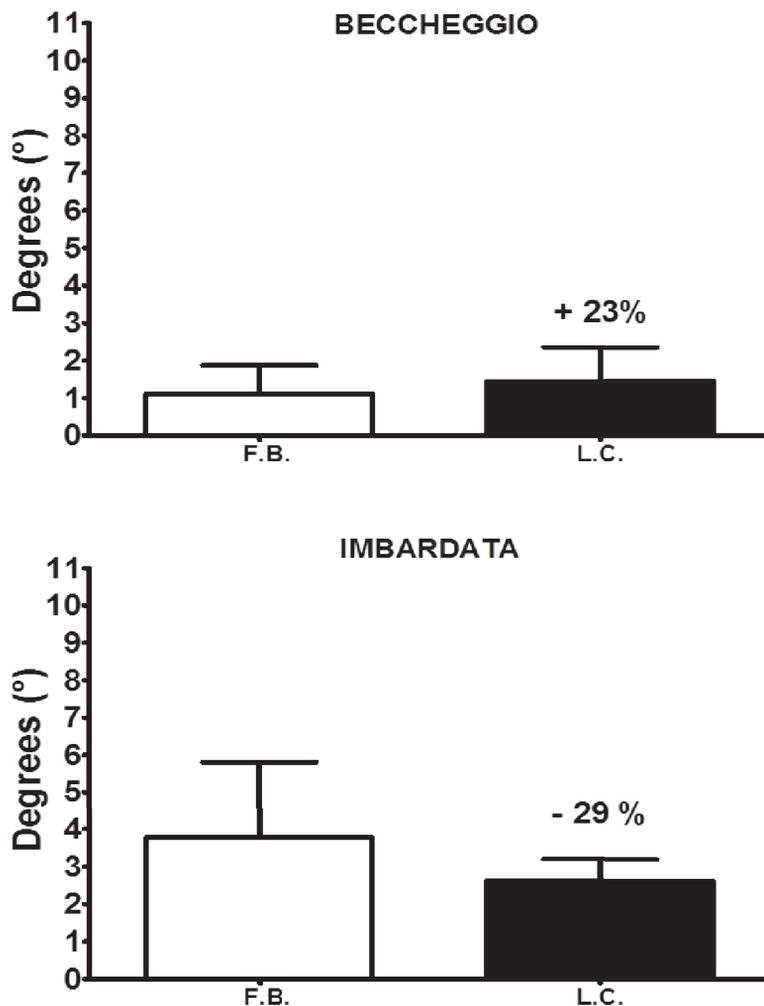


Figura 21 - Confronto valori medie differenza percentuale del grado dei 3 movimenti sui 3 assi dei 2 soggetti.

DISCUSSIONE

I risultati di questo studio hanno permesso di valutare, attraverso dei test svolti in laboratorio e in acqua, le caratteristiche fisiologiche del gruppo di kayakers analizzati. Inoltre, attraverso l'utilizzo del sistema di acquisizione Kayak Bluetooth, durante una prova massimale sui 200 metri, si sono valutati quali sono i fattori principali che influiscono sulla performance in kayak.



Per quanto riguarda la valutazione della capacità aerobica, il confronto tra i valori di $V'O_2$ max ottenuti nei due differenti test incrementali ha evidenziato come il valore osservato su treadmill risulta l'85% del valore osservato su kayak ergometro. I valori di $V'O_2$ max di $4.73 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ pari a $57.8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ e di $2.83 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ pari a $47.8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, ottenuti su kayak-ergometro dai soggetti maschi e dai soggetti donna rispettivamente, risultano in linea con i valori presenti in letteratura per atleti d'élite (Tesch e coll. 1976; Van Soemeren e coll. 2003, 2008; Bunc e Heller. 1994), mentre il valore medio di $V'O_2$ max ottenuto nell'incrementale su treadmill è significativamente inferiore a quelli riportati da Tesch e coll. (1976) e da Pendergast e coll. (1989) sullo stesso ergometro. Questa differenza potrebbe essere spiegata da un minor allenamento nell'attività di corsa dei nostri soggetti, rispetto agli atleti osservati in letteratura. Inoltre, come affermato da Bunc e Heller (1994) il $V'O_2$ max in atleti allenati è generalmente maggiore in situazioni di lavoro che consentono un uso ottimale delle fibre muscolari appositamente allenate nel gesto atletico.

Il massimo consumo d'ossigeno non è l'unico parametro fisiologico che caratterizza un atleta. Ad esempio, in discipline di lunga durata la percentuale del massimo consumo d'ossigeno che si è in grado di mantenere per la durata intera della prestazione è un'altra variabile fondamentale. Da un punto di vista fisiologico questo può essere sovrapposto al concetto di soglia anaerobica. Nei nostri soggetti non si è osservata una grande differenza tra i valori di soglia ventilatoria identificati su nastro-trasportatore e kayak-ergometro con un valore di $V'O_2$ pari a circa l'85% del $V'O_2$ max e una stroke-frequency di $86 \text{ colpi} \cdot \text{min}^{-1}$. In letteratura sono riportati valori di soglia anaerobica ventilatoria pari all'84.5 % del $V'O_2$ max in 7 atleti maschi e 2 atlete femmine (Maddison e coll., 2014), raggiunti con una stroke-frequency di $84-87 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$ su 10 atleti maschi d'élite (Garcia Pallares e coll. 2010) e di $85 \text{ c} \cdot \text{min}^{-1}$ su 13 atlete femmine d'élite (Bunc e Heller, 1994). I dati ottenuti in questo studio sono quindi molto simili a quelli riportati in letteratura. Per quanto riguarda la soglia anaerobica lattacida, Van Soemeren e Oliver (2002), Bishop e coll. (2002), attraverso lo svolgimento di protocolli simili su kayak-ergometro, hanno riportato valori di lattato ematico pari a 3.7 e $2.7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ rispettivamente. Nel nostro studio i valori sono risultati inferiori. Tuttavia, questo è il primo studio che mostra dei valori relativi alla soglia lattacida durante un'attività in acqua. Le differenti condizioni operative tra il protocollo svolto in kayak e in laboratorio potrebbero essere una plausibile spiegazione dei differenti risultati. L'applicazione di un protocollo di valutazione della soglia anaerobica lattacida "da laboratorio" in condizioni più simili a quelle reali sembra essere importante per avere valori di riferimento più corretti. Ovviamente, il



limite principale di questo test risiede nella difficoltà di esecuzione: occorre avere soggetti molto abili nel gesto tecnico per essere sicuri che possano mantenere una velocità costante durante i singoli step del test. Inoltre, non va dimenticato che il protocollo non è svolto in un ambiente totalmente controllato e quindi condizioni esterne (vento, onde e temperatura dell'acqua) possono influenzare il risultato.

Per quanto riguarda l'analisi dinamica della performance sui 200 m si è osservato, dai risultati della prova, come il soggetto FB sia stato più prestante rispetto a LC (Tab.4). Un'analisi più approfondita dei risultati ci ha permesso di verificare che il soggetto FB è stato mediamente in grado di esprimere più forza rispetto a LC in tutti e quattro gli arti. Inoltre, FB ha delle differenze meno marcate nell'espressione di forza media da un arto all'altro nelle rispettive parti del corpo. LC invece, soprattutto a livello degli arti superiori, presenta una differenza più marcata, comportando una ripetizione ritmica del gesto meno efficace. Come già precisato nell'introduzione, l'avanzamento dell'imbarcazione dipende anche dalla stroke-frequency, oltre che dalla forza di ogni singolo colpo di pagaia. Il soggetto FB ha mantenuto durante il percorso una stroke-frequency media più alta rispetto a LC. In particolare, è stato osservato che i due soggetti mantengono mediamente una fase in acqua di durata simile, anche se FB riesce a svolgere più velocemente la fase aerea rispetto a LC. Infine, è noto che le forze espresse dagli arti superiori e inferiori, oltre all'avanzamento sull'asse longitudinale, provocano movimenti sugli altri assi, con continui cambiamenti d'assetto dell'imbarcazione. Maggiori sono i movimenti sugli altri assi, minore è la stabilità dell'imbarcazione e maggiori sono le resistenze che si oppongono all'avanzamento. I dati di rollio, in linea con quelli osservati da Ghelardini e Guazzini (2010), mostrano che il soggetto LC presenta un grado medio di rollio maggiore rispetto a FB in entrambe i lati. I dati relativi al beccheggio, mostrano come LC, a un ritmo di $120 \text{ c}\cdot\text{min}^{-1}$, presenta un maggior movimento sull'asse trasversale rispetto a FB che ha svolto la prova a un ritmo medio di $124 \text{ c}\cdot\text{min}^{-1}$: Dunque l'imbarcazione di LC subisce maggiori oscillazioni sull'asse longitudinale e sull'asse trasversale, risultando meno stabile. Questo, insieme ai diversi dati di forza, potrebbe spiegare la peggiore prestazione di LC rispetto a FB. Per concludere, non va dimenticato che entrambe gli atleti non hanno mantenuto una direzione lineare nella loro progressione nei 200m. Una correzione del gesto atletico per ridurre i movimenti su questa asse potrebbero portare ad un ulteriore miglioramento della prestazione.



CONCLUSIONI

Questo studio mostra che la misura di parametri fisiologici importanti per definire il livello prestativo degli atleti di kayak come il massimo consumo d'ossigeno e la soglia anaerobica in diverse condizioni sperimentali, comporta una caratterizzazione degli atleti differente. Pertanto i dati ottenuti da test di valutazione funzionale devono sempre essere contestualizzati prima di essere utilizzati per la strutturazione di un allenamento. In secondo luogo, i dati preliminari di analisi della prestazione durante l'attività "in-water" danno un'indicazione precisa su quello che succede all'atleta e all'imbarcazione durante la gara, permettendo di apportare modifiche al gesto atletico che possono migliorare la prestazione.



BIBLIOGRAFIA

- Aitken D., & Neal R. (1992) An on-water analysis system for quantifying stroke force characteristics during kayak events, *International Journal of Sports Biomechanics*, 8, 2: 165-173.
- Arcangeli A. (2014) Kayak olimpico e parametri biomeccanici della pagaiata, *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 82: 21-36.
- Byrnes W.C., and Kearney J.T. (1997) Aerobic and anaerobic contributions during simulated canoe/kayak sprint events, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 5.
- Bishop D. (2000) Physiological predictors of flat-water kayak performance in women, *European Journal of Applied Physiology*, 82, 1-2: 91-97.
- Bishop D., Bonetti D., Dawson B. (2002) The influence of pacing strategy on VO₂ and supramaximal kayak performance, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34: 1041-1047.
- Brown M. B., Lauder M., & Dyson R. (2011) Notational analysis of sprint kayaking: differentiating between ability levels, *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11: 171-183.
- Bunc V., Heller J. (1994) Ventilatory threshold and work efficiency during exercise on cycle and paddling ergometers in young female kayakers, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 68: 25-29.
- Davis J.A., Vodak P., Wilmore H.H., Vodak J. and Kurtz P. (1976) Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 41(4): 544-550.
- Fry R.W. & Morton A.R. (1991) Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayaker, *Med.Sci.Sports Excer.*, 23, 11: 1297-1301.
- Garcia Pallares J.G., Sanchez-Medina L., Perez C.E., Izquierdo-Gabarren M., and Izquierdo M. (2010) Physiological effects of tapering and de training in world-class kayakers, *Med.Sci.Sports Excer.*, 42, 6: 1209-1214.
- Ghelardini C., Guazzini M. (2010) Analisi cinematica e dinamica in acqua nel kayak e velocità di valutazione degli aspetti biomeccanici, *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 71: 3-44.
- Gomes B.B., Viriato N., Sanders R., Conceicao F., Vilas Boas J.P., and Vaz M. (2011) Analysis of the on-water paddling force profile an elite kayaker, *Portuguese Journal of Sports Sciences*, 11: 259-262.



- Gomes B.B., Mourão L., Massart A., Figueiredo P., Vilas-Boas J.P., Santos A.M.C., Fernandes R. J. (2012) Gross Efficiency and Energy expenditure in kayak ergometer exercise, *Int.J.Sports Med*, 33: 654–660.
- Gray G.L., Matherson G.O. and McKenzie D.C. (1995) The metabolic cost of two kayaking techniques, *International Journal of Sports Medicine*, 16: 250-254.
- Green H.G., Hugson R.L., Orr G.W., and Ranney D.A. (1983) Anaerobic Threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise, *Journal Applied Physiology Respiratory Environ Exercise Physiology*, 54, 4: 1032-1038.
- Guazzini M., Mori M. (2008) L'efficacia della pagaiata: meccanica e biomeccanica della canoa, *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 63/64: 15-38.
- Logan S.M., Holt L.E. (1985) The flatwater kayak stroke, *National Strength&Conditioning Association Journal*, Vol.7, n.5, Lincoln.
- Maddison J.J., Peering P. (2014) A comparison of laboratory-based kayak testing protocols, *Int.J.Sports Physiol.and Performance* , 9: 346-351.
- Mann R.V., and Kearney J.T. (1980) A Biomechanical analysis of the olympic-style flatwater kayak stroke, *Medicine and Science in Sport and Exercise*, Washington, 12, 3: 183-188.
- Michael J.S., Smith R., Rooney K.B. (2009) Determinants of kayak paddling performance, *Sports Biomechanics*, 8, 2: 167-179.
- Pendergast D.R., Cerretelli P., and Rennie D.V. (1979) Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise, *Journal of Applied Physiology*, 47: 754-760.
- Pendergast D.R., Bushnell D., Wilson W., Cerretelli P. (1989) Energetics of kayaking, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 59: 342-350.
- Saraceni M. (1999) Valutazione biomeccanica del gesto sportivo di pagaiata nel kayak olimpico, Tesi di Laurea non pubblicata, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Padova.
- Sanders R.H., and Kendal S.J. (1992) A description of Olympic flatwater kayak stroke technique, *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 24: 25–30.
- Sydney K., and Shephard R.J. (1987) Science and medicine of canoeing and kayaking, *Sports Medicine*, 4: 19–33.
- Sjödin B., Jacobs I. (1981) Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance, *Int.J. Sports Med.*, 2, (1): 23-26.
- Tesch P., Pihel K., Wilson G., Karlsson J. (1976) Physiological investigations of Swedish elite canoe competitors, *Med.Sci.Sports*, 8: 214-218.
- Tesch P., Pihel K., Wilson G., Karlsson J. (1983) Physiological characteristics of elite kayak paddlers, *Can.J.Appl. Sports Sci.*, 2, 8: 87-91.



- Van Someren K.A., and Oliver J.E. (2002) The efficacy of ergometry determined heart rates for flatwater kayak training, *Int.J.Sports Med.*, 23, 1: 28-32.
- Van Someren K.A., and Palmer G. (2003) Prediction of 200-m sprint kayaking performance, *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28, 4: 505-517.
- Van Someren K.A., and Howatson G. (2008) Prediction of flatwater kayaking performance, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3, 2: 207-218.
- Wasserman K., Whipp B.J., Koyal S.N., and Beaver W.L. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise, *J.Appl.Physiol.*, 35: 236-243.
- Zamparo P., Capelli C. e Guerrini G. (1999) Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80, 6: 542-548.

L'articolo è stato realizzato in collaborazione con l'Istituto di Bioimmagini e Fisiologia Molecolare (IBFM) del Consiglio Nazionale della Ricerca (CNR). Un ringraziamento particolare al Dott. Porcelli, la Dott.ssa Rasica, il Dott. Bellistri e la Dott.ssa Zuccarelli con cui ho condiviso e realizzato questo progetto. Ringrazio inoltre, il Prof. La Torre per la collaborazione e il supporto costante.

Articolo rivisto e corretto dal Comitato di Redazione di "Nuova Canoa Ricerca".



Insieme per Vincere

Sponsor Ufficiali FICK



www.federcanoa.it





Federazione Italiana Canoa Kayak
“Nuova Canoa Ricerca”
Viale Tiziano, 70 - 00196 Roma