



NUOVA CANOA RICERCA

Anno XXXII - N. 110

MAGGIO | AGOSTO 2023

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

Sommario

4

ELEMENTI ESSENZIALI NELLA PROGRAMMAZIONE DELL'ALLENAMENTO NELLA CANOA-KAYAK VELOCITÀ E PARACANOA, di *Marco Guazzini*

20

ASPETTI DELL'ALLENAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA FORZA NELLA CANOA SPRINT: COME EVITARE L'INTERFERENZA TRA L'ALLENAMENTO DELLA FORZA E QUELLO DELLA RESISTENZA, di *Giovanni Bandini*



FEDERAZIONE
SPORTIVA NAZIONALE
RICONOSCIUTA
DAL CONI



DISCIPLINA SPORTIVA
ASSOCIATA PARALIMPICA
riconosciuta dal
**COMITATO ITALIANO
PARALIMPICO**

Segreteria di Redazione

Direttore Editoriale
Luciano Buonfiglio

Direttore Responsabile
Luca Protetti

Comitato di redazione
Elena Colajanni
Andrea Dante
Giorgio Gatta
Marco Guazzini
Riccardo Ibba
Omar Raiba
Rodolfo Vastola

Coordinatore di redazione
Marco Guazzini

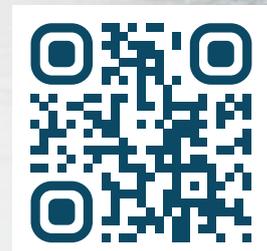
Direzione e Redazione
Federazione Italiana Canoa Kayak
"Nuova Canoa Ricerca"
Viale Tiziano, 70 - 00196 Roma

Segreteria di redazione
Ilaria Spagnuolo

Numero 110 Aut. Trib. Roma n. 232/2006 del 8/6/2006

Grafica e impaginazione:
Federico Calabrò
federico.calabro@federginnastica.it

Segui la @federcanoa su:





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 tramite e-mail, il materiale da pubblicare a: **centrostudi@federcanoa.it**, oppure in forma cartacea o digitale a: **Nuova Canoa Ricerca**, Federazione Italiana Canoa Kayak, Viale Tiziano 70, 00196 Roma. Il testo deve essere composto da un massimo di 30.000 caratteri in formato "Word" e distribuito su pagine numerate. Eventuali figure, grafici e foto dovranno essere realizzati con la "risoluzione minima di stampa 300dpi" e numerati con numero corrispondente inserito 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.



ELEMENTI ESSENZIALI NELLA PROGRAMMAZIONE DELL'ALLENAMENTO NELLA CANOA-KAYAK VELOCITÀ E PARACANOA

di Marco Guazzini^{1,2,3}

► ABSTRACT

L'articolo approfondisce in successione, le componenti principali della prestazione di gara nella canoa velocità e paracanoa, partendo dal modello di prestazione indagato tramite un'analisi statistica delle gare dei Campionati Mondiali di Duisburg velocità e paracanoa 2023, passando all'analisi dei fattori tecnici e idrodinamici, fino a giungere alla programmazione degli allenamenti, comprendente i sistemi di allenamento più specifici. Per ognuno dei tre aspetti, viene riportata l'evoluzione storica della letteratura scientifica fino ai giorni nostri.

The article successively delves into the main components of race performance in speed canoeing and paracanoeing, starting from the performance model investigated through a statistical analysis of the races of the 2023 Duisburg Speed and Paracanoa World Championships, moving on to the analysis of the technical factors and hydrodynamics, up to the training programming, including the most specific training systems. For each of the three aspects, the historical evolution of scientific literature up to the present day is reported.

► INTRODUZIONE

La prestazione nella canoa velocità, è una sintesi di molti fattori fra i quali sono primari, il modello di prestazione, gli aspetti tecnici e idrodinamici, nonché i sistemi di allenamento e metodologie specifiche, studiate sulla base delle varie modificazioni fisiologiche e bioenergetiche caratteristiche delle varie andature e ritmi allenanti. Questo studio, analizza in successione questi tre aspetti fondamentali, approfondendo le informazioni specifiche sulla base della letteratura scientifica aggiornata.

► MODELLO DI PRESTAZIONE: ANALISI STATISTICA FINALI CAMPIONATI DEL MONDO DUISBURG 2023

Allo scopo di presentare dati il più aggiornati possibile sul modello di prestazione nella canoa velocità, è stata svolta un'analisi statistica delle gare dei Campionati Mondiali Velocità e Paracanoa, svolti a Duisburg (GER) dal 23 al 27 Agosto 2023 (ICF-WC Duisburg 2023, Results). Il campo di gara di Duisburg, rispetto ad altri del circuito internazionale, è di grande affidabilità, essendo bacino artificiale con assenza di correnti e profondità costante di 7 metri, temperatura media dell'aria e dell'acqua in agosto, di circa 20°, riparato dai venti, comunque generalmente deboli e a favore (ICF-WC Duisburg 2023, Bulletin 1). Queste condizioni ottimali, hanno permesso la realizzazione di tempi di gara realistici e affidabili, base sicura per l'effettuazione di questa ricerca. Sono stati presi in considerazione alcuni indicatori di qualità delle varie finali di ogni distanza, come:

- Il tempo medio dei primi 8 finalisti A ed il vincitore della finale B (10°), con rilevazione della media e deviazione standard (Guazzini, 2005; Grillo, 2013). Tale valore indica con sicurezza il livello qualitativo della gara e l'obiettivo a cui bisogna puntare per la ricerca dell'alto livello;
- Il distacco percentuale fra il 1° classificato e l'8° classificato della finale A. Anche questo valore è molto significativo del livello qualitativo della gara (Guazzini, 2005; Grillo, 2013);
- Il distacco percentuale fra le varie categorie, nella stessa distanza, valore che può essere importante in ambito selettivo e di formazione di equipaggi;
- L'indice di distribuzione dello sforzo (IDS) dei primi 8 classificati della finale A e il 1° classificato della finale B (Guazzini, 2005), che consiste nella differenza in secondi fra la prima e la seconda metà gara,

¹Allenatore 4° livello Europeo; ² Collaboratore Centro Studi, Ricerca e Formazione FICK; ³ Docente corso ADE: "Periodizzazione nello sport: confronto fra i grandi sistemi di allenamento negli sport individuali di resistenza", Scienze Motorie Sport e Salute, Università degli Studi di Firenze

limitatamente alle gare dei 500 e 1000 metri, in quanto sono le uniche in cui vengono rilevati intertempi ufficiali. Questo indice è molto importante per capire come vengono distribuite in gara le energie, in maniera ottimale, ad alto livello. Strettamente correlato a questo indice e limitatamente alla gara dei 1000 metri, viene proposto anche la tattica di gara utilizzata prevalentemente in ogni gara 1000, suddividendo la gara in quattro frazioni di 250 metri, prendendo spunto da un metodo in uso nel nuoto (Butini, 2019; 2023), in particolare nella gara dei 400 metri, simile per durata ai 1000 metri della canoa, dove la gara viene divisa in quattro frazioni da 100;

- Il passo al km, nelle gare di fondo dei 5000 metri, confrontate con la short marathon dei Campionati del Mondo di Canoa Maratona di Vejen (DEN) 2023.

Le gare dei 200 metri nella Velocità

200 Velocità	t.medio 1°/8°+10° (s.c)		Distacco % 1°-8°	Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS		
K1 M 200	0:35.61	0.35	2,58%	K1WvsK1M: 13,82%
K1 W 200	0:40.53	0.74	6,72%	K1WvsK2W: 7,33%
K2 W 200	0:37.56	0.57	3,99%	K1WvsC1M: 1,73%
C1 W 200	0:46.08	0.73	3,05%	C1WvsC1M: 13,56%
C1 M 200	0:39.83	0.91	4,22%	C1MvsK1M: 11,85%

*Tabella 1 - Analisi statistica delle finali dei 200 metri, Campionati Mondiali Duisburg 2023.
Delle specialità riportate, solo il C1 Women 200, sarà presente alle Olimpiadi di Parigi 2024.*

La tabella 1 mostra, distacchi percentuali fra i finalisti, molto ridotti nelle gare del K1 M 200, storicamente la gara 200 più importante e del C1 W 200, che ha subito un incremento notevole di qualità, in prospettiva Olimpica Parigi 2024.

Anche se nelle gare dei 200 metri, non vengono rilevati intertempi ufficiali, possiamo fare delle considerazioni sulla base di dati derivanti da altre fonti.

Loddo (2023), ha rilevato dei dati nel 2021, su quattro atleti specialisti dei 200 metri di livello internazionale, peso medio 87,25 ($\pm 1,50$), età media 27,25 ($\pm 3,77$), valutando l'andamento di 12 test gara massimali sui 200 metri, che hanno presentato le seguenti caratteristiche:

- Media tempi finali: 35.59 ($\pm 0,67$);
- Media tempi primo 100: 18.04 ($\pm 0,31$);
- Media tempi secondo 100: 17.55 ($\pm 0,40$);
- Differenza percentuale fra la prima e la seconda metà: circa 3%, corrispondente a circa 0,50 secondi;
- Velocità media 5,62m/s ($\pm 0,11$); frequenza dei colpi/min, media 147,54 ($\pm 3,49$); potenza meccanica media Watt 543,11 ($\pm 27,20$) (Gatta et al., 2017);
- Punto di raggiungimento della velocità max (media 6,34m/s), della frequenza dei colpi max (media 161,89), e della potenza meccanica max (media 866 Watt) (Gatta et al., 2017): fra i 50 ed i 75 metri, dalla partenza.

I dati esposti concordano con i dati di Dalla Vedova et al. (2010), Caldognetto & Annino (2010), raccolti in uno studio sul modello di prestazione dei 200 metri, in cui furono rilevati i seguenti valori, su circa 30 test gara massimali, con altrettanti atleti di livello nazionale e internazionale (età media: 22,14 anni, $\pm 3,39$; peso medio: 83,68kg, $\pm 6,91$): differenza minima fra la prima e seconda metà (circa 0,10/0,20 secondi); massima velocità e frequenza dei colpi massimale raggiunta dai 50 ai 75 metri dalla partenza. Le conclusioni furono che la gara dei 200 necessitava di grande potenza in fase di partenza (primi 4 colpi), con successiva grande accelerazione (30-32 colpi) fino alla massima accelerazione che avveniva dai 50 ai 75 metri. Fattore primario inoltre, era la necessità di contenere il calo di velocità e frequenza di colpi fino al termine della gara ("resistenza alla velocità").

Le gare dei 200 metri nella Paracanoa

200 Paracanoa	t.medio 1°/8°+10° (s.c)		Distacco % 1°-8°	Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS		
KL1 M 200	0:48.09	2.06	12,08%	KL1MvsKL2M: 13,06%
KL2 M200	0:41.81	0.70	5,26%	KL2MvsKL3M: 2,68%
KL3 M200	0:40.69	0.56	3,75%	VL1MvsVL2M: 22,25%
KL1 W200	0:55.41	2.44	14,28%	VL2MvsVL3M: 6,65%
KL2 W200	0:53.23	3.27	17,55%	KL1WvsKL2W: 3,93%
KL3 W200	0:48.04	1.39	9,54%	KL2WvsKL3W: 9,75%
VL1 M200	1:07.88	3.33	15,21%	VL1WvsVL2W: 23,32%
VL2M200	0:52.78	1.46	7,68%	VL2WvsVL3W: 3,41%
VL3M200	0:49.27	0.69	3,85%	VL3MvsKL3M: 21,09%
VL1W200	1:21.05	6.08	24,44%	VL3WvsKL3W: 24,96%
VL2W200	1:02.15	4.10	23,05%	VL2MvsKL2M: 26,24%
VL3W200	1:00.03	2.20	11,41%	VL2WvsKL2W: 16,76%

Tabella 2 - Analisi statistica delle finali 200 metri Paracanoa, Campionati Mondiali Duisburg 2023.
Tutte le specialità riportate saranno presenti alle Paralimpiadi di Parigi 2024.

La tabella 2 mostra distacchi percentuali dei primi 8 finalisti, molto ridotti nelle gare del KL3 M200 e VL3 M200 e del KL2 M200. Interessanti sono inoltre i distacchi percentuali fra categorie diverse, molto ridotti fra le gare KL2M200 e KL3M200, KL1W200 e KL2W200, VL2W200 e VL3W200.

Analogamente ai dati derivanti dai 200 della velocità, anche nei 200 metri della Paracanoa, avvengono le stesse dinamiche di distribuzione dello sforzo. Anderlini (2023) analizzando un atleta di livello internazionale elevato della categoria KL2 M 200, ha rilevato che la differenza percentuale fra la prima e la seconda metà gara è mediamente del 1%, corrispondente a circa 0,10 secondi, e la velocità max (circa 5 m/s), la frequenza dei colpi max (circa 145 colpi/min), nonché la potenza meccanica max (circa 800Watt, rilevati con Kayak Power Meter, One Giant Leap), vengono raggiunte in un punto situato fra i 50 ed i 70 metri dalla partenza.



Le gare dei 500 metri nella Velocità

500 Velocità	t.medio 1°/8°+10° (m:s.c)		Distacco % 1°-8°	IDS 1°/8°+10° (s)		Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS		Media	DS	
<u>K4 M 500</u>	1:20.07	0.59	1,71%	1.87	0.83	K1MvsK2M: 8,37%
<u>K4 W 500</u>	1:32.41	1.00	3,12%	2.05	0.67	K2MvsK4M: 10,58%
<u>K2 M 500</u>	1:29.54	0.34	1,01%	3.00	0.71	K1MvsK4M: 18,06%
<u>K2 W 500</u>	1:41.99	1.08	3,05%	2.76	0.79	K1WvsK2W: 7,86%
K1 M 500	1:37.72	1.17	2,47%	3.16	0.56	K2WvsK4W: 9,39%
<u>K1 W 500</u>	1:50.69	1.55	4,33%	4.20	0.96	K1WvsK4W: 16,51%
C1 M 500	1:47.66	1.58	2,95%	2.26	0.97	C1MvsC2M: 8,23%
<u>C2 M 500</u>	1:38.80	1.07	2,58%	2.45	0.98	C2MvsC4M: 4,03%
<u>C2 W 500</u>	1:55.47	2.16	3,73%	3.63	0.80	C1MvsC4M: 11,93%
C1 W 500	2:07.97	5.15	12,44%	5.24	1.58	C1WvsC2W: 9,77%
K2 X 500	1:35.32	1.76	5,12%	2.93	1.32	C2WvsC4W: 4,68%
C2 X 500	1:48.19	1.69	4,22%	1.96	1.08	C1WvsC4W: 13,99%
C4 M 500	1:34.82	4.47	14,82%	3.84	1.24	K1WvsC1M: 2,74%
C4 W 500	1:50.07	2.36	5,37%	2.93	1.09	K2XvsK1M: 2,46%

Tabella 3 - Analisi statistica delle finali 500 metri, Campionati Mondiali velocità Duisburg 2023.
Le gare in **grassetto sottolineato**, saranno presenti alle Olimpiadi di Parigi, 2024.

Analizzando i dati della Tabella 3, vediamo che in tutte le gare olimpiche, troviamo **distacchi percentuali fra primi 8 finalisti** molto contenuti, in alcuni casi (K2 M500, K4M500) ridottissimi, ma comunque ridotti anche nel K1M500 (gara ancora non olimpica), nel C1M500, C2M500, K2W500, K4W500. **L'IDS, Indice di Distribuzione dello Sforzo** mostra: differenze di 1"/2" fra le due metà con gara più distribuita, nelle gare K4M500, K4W500, K2W500, C1M500, C2 M500, C2X500; differenze di 3"/4" e più, con prima parte della gara molto più veloce, nelle gare K2M500, K1M500, K1W500, C2W500, C1W500, K2X500, C4M500, C4W500. Interessanti anche i **distacchi percentuali fra categorie diverse**, dove si vede generalmente fra barche singole e barche doppie, distacchi del 8% circa, fra barche doppie e barche quadruple, distacchi del 9-10% circa, soprattutto se parliamo di specialità olimpiche. Sorprendente è il distacco percentuale molto basso fra K2X500 e K1M500, segno evidente di grande crescita del K2X500.

Le gare dei 1000 metri nella Velocità

1000 Velocità	t.medio 1°/8°+10° (m:s.c)		Distacco % 1°-8°	IDS 1°/8°+10° (s)		Tattica di gara 1°/8°+10°	Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS		Media	DS		
<u>K1 M 1000</u>	3:30.12	1.79	2,16%	7.61	2.79	1-2-3-4	K1MvsK2M: 6,74%
<u>C1 M 1000</u>	3:48.43	2.79	3,53%	7.05	1.07	1-2-4-3	C1MvsC2M: 4,15%
C2 M 1000	3:38.94	4.59	6,72%	8.66	3.31	1-2-4-3	K1MvsC1M: 8,71%
K2 M 1000	3:15.96	3.09	4,21%	3.04	3.52	1-4-2-3	K1WvsC1W: 12,78%
K1 W 1000	4:01.24	4.58	4,60%	6.09	2.72	1-2-4-3	K1WvsC1M: 5,61%
C1 W 1000	4:32.06	7.99	8,95%	8.84	4.38	1-2-3-4	K1WvsK1M: 14,81%

Tabella 4 - Analisi statistica delle finali 1000 metri, Campionati Mondiali velocità Duisburg 2023.
Le gare in **grassetto sottolineato**, saranno presenti alle Olimpiadi di Parigi 2024.

La Tabella 4, analogamente alle gare dei 500 metri, mostra un **distacco percentuale dei primi 8 finalisti**, molto basso nelle gare olimpiche (K1 M1000, C1 M1000), ma comunque di buon valore anche nel K2 M1000 e K1 W1000. **L'IDS, Indice di Distribuzione dello Sforzo**, mostra mediamente delle gare affrontate con tattiche velocissime nelle prime due frazioni (250/500metri) rispetto alla terza e quarta frazione (750/1000). Per effettuare un'analisi più specifica della distribuzione dello sforzo nei 1000 metri, è risultato utile confrontarsi con i 400 metri del nuoto, gara di durata simile ai nostri 1000 metri, dove gli atleti di altissimo livello internazionale, affrontano la gara con una strategia "1-4-3-2", evidenziando in ordine le frazioni più veloci, che significa risparmiare nella seconda frazione per non accumulare un livello eccessivo di acido lattico, e aumentare nella terza e soprattutto quarta frazione (Butini, 2019; 2023). Nei 1000 metri della canoa, si osservano prevalentemente due tattiche di gara: la "1-2-3-4" o "1-2-4-3", con la prima metà decisamente più veloce della seconda (IDS 7"-8": K1M1000; C1M1000; C2M1000; K1W1000; C1W1000); la "1-4-3-2" o "1-4-2-3", con le due metà più vicine come tempi (IDS 3"-4", K2M1000). Infine nel **distacco percentuale fra categorie diverse**, l'elevato livello del K1 M 1000 e C1 M 1000, si fa sentire ancora, riducendo in maniera intensa il distacco con le rispettive barche doppie (K2 M1000, C2 M1000), non più olimpiche.

Le gare di fondo

Le gare di fondo, che concludono il programma di tutte le manifestazioni mondiali, sono attualmente (rispetto al passato), altamente spettacolari per le elevate intensità e le continue variazioni di ritmo con cui vengono condotte. Vengono di seguito, oltre all'analisi dei tempi medi, distacchi percentuali, passo al Km, confrontate anche con le gare short della maratona, anch'esse altamente spettacolari.

5000 Fondo	t.medio 1°/9°(m:s.c)		Distacco% 1°-9°	Passo km 1°/9°(m:s.c)	Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS			
K1 M 5000	20:47.34	30.19	6,98%	4:09.46	K1WvsK1M: 12,21%
K1 W 5000	23:19.61	30.52	5,52%	4:39.92	C1MvsK1M: 10,69%
C1 M 5000	23:00.62	31.63	6,23%	4:36.12	C1WvsC1M: 18,70%
C1 W 5000	27:18.83	60.66	10,85%	5:27.77	C1WvsK1W: 17,09%

Tabella 5 – Analisi statistica gara 5000 metri, Campionati Mondiali velocità Duisburg 2023.

La Tabella 5 mostra un ridotto **distacco percentuale dei primi 9 classificati** nel K1 W5000, segno di alto livello qualitativo della gara, che si fa sentire anche nei confronti del distacco percentuale dalla stessa gara maschile (K1 M 5000) dove la percentuale di distacco è inferiore alle corrispondenti gare della velocità.

3,4 km Short Marathon	t.medio 1°/9° (m:s.c)		Distacco% 1°-9°	Passo km 1°/9°(m:s.c)	Distacchi % fra categorie diverse
	Media	DS			
K1 Men	14:34.77	15.30	4,60%	4:17.29	K1WvsK1M: 11,71%
K1 Women	16:17.22	17.43	5,25%	4:47.42	C1MvsK1M: 16,60%
C1 Men	17:02.57	19.88	6,91%	5:00.76	C1WvsC1M: 18,52%
C1 Women	20:11.94	47.21	13,16%	5:56.45	C1WvsK1W: 24,02%

Tabella 6 – Analisi statistica Short Marathon, Campionati Mondiali Canoa Maratona Vejlen (DEN) 2023.

La Tabella 6, analogamente alle gare di fondo sui 5000 metri, mostra un **distacco percentuale fra i primi 9 classificati**, molto basso nel K1 Men e K1 Women, nonché un **distacco percentuale fra le due categorie**, ancora migliore rispetto alla gara 5000 metri. Nonostante la gara short marathon sia più corta del 5000 e effettuata con canoe più leggere, il passo al km risulta più basso nel 5000, probabilmente per la presenza dei due trasbordi nella gara short marathon.

▶ GLI ASPETTI PRIMARI DELLA COMPONENTE TECNICO-IDRODINAMICA

Il sistema canoa-canoista-pagaia, muovendosi nel fluido, incontra una resistenza idrodinamica all'avanzamento (drag) con andamento tendenzialmente quadratico con la velocità e incrementale in funzione dell'aumento del peso del sistema stesso (Boiko, 1987; Guazzini, 2000; Guazzini&Mori, 2008; Gomes et al., 2012; Gomes et al., 2015; Gatta et al., 2017).

Il drag, costituito a sua volta da varie resistenze diverse (d'onda, d'attrito, di appendice, di scia, di vortice), è definibile con una formula che considera una costante "k", coefficiente di drag, comprendente la densità del fluido, le dimensioni della canoa con il suo coefficiente idrodinamico, e la velocità di scorrimento del sistema nel fluido, elevata ad un'esponente tendenzialmente quadratico ($\text{drag} = k * v^2$). Il drag può essere di tipo passivo, o attivo cioè generato dall'azione del canoista. La misurazione del drag non è cosa facile, in quanto necessita di prove da traino con celle di carico, calcoli complessi per i molteplici fattori che entrano in gioco ma soprattutto perché tali sistemi non sono in grado di misurare il drag attivo, cioè le resistenze generate da beccheggio, imbardata, rollio, tutte relative all'azione del canoista (Guazzini&Mori, 2008).

Molte sono state, negli ultimi decenni, le analisi e le verifiche dei dati fatti su questo argomento, da autori stranieri e Italiani (Boiko, 1987; Colli et al., 1990; Colli et al., 1991; Perri et al., 1996; Guazzini&Mori, 2008; Gomes et al., 2012; Gomes et al., 2015; Gatta et al., 2017; Romagnoli et al., 2020). In particolare Gatta et al. (2017), hanno proposto una semplificazione della procedura di calcolo del drag, mantenendo l'esponente della velocità quadratico ed il coefficiente "k" variabile in funzione del peso dell'atleta, come mostra la tabella 7.

peso atleta (kg)	k (N)
<66	2,8
<71	2,85
<76	2,9
<81	2,96
<86	3,2
<90	3,4
>91	3,6

Tabella 7 – Valori di k (coefficiente di drag), espressi in Newton, in funzione del peso dell'atleta (da: Gatta et al., 2017, modificato).

I valori di Newton del drag, possono essere utilizzati poi per calcolare, il lavoro prodotto in Joule ($J = N * \text{metri}$) e la potenza espressa dall'atleta per mantenere una velocità media costante della canoa, in Watt ($W = J/s$ o $N * v^3$), che rappresentano parametri fondamentali per la valutazione dell'allenamento del canoista. Se vogliamo, invece calcolare la potenza propulsiva della pagaia, che deve vincere o quanto meno uguagliare la resistenza frenante (drag), dobbiamo (Gatta et al., 2016) considerare altri fattori, che complicano il calcolo, come la densità del fluido, la superficie della pala (da 735 a 845 cm^2 circa), il Ci-coefficiente idrodinamico (1,72, secondo: Sumner et al., 2003; Sprigings et al., 2006) e la velocità al cubo (v^3). Tali complessi calcoli, possono sicuramente beneficiare dell'utilizzo di sensori applicati alla canoa ed alla pagaia, per i quali siamo (in Italia) ancora indietro nella ricerca di strumenti adeguati nella fruibilità ed economicità, nonostante alcune interessanti proposte (Bonaiuto et al., 2020).

In maniera decisamente più semplice, possiamo considerare altri aspetti della pagaiata, sull'esempio che ci viene dal nuoto (Butini, 2019; 2023), sport più complesso del nostro per l'idrodinamica e la tecnica, dove si valuta le prestazioni non solo dal punto di vista metabolico ma anche da quello meccanico, seguendo la semplice formula: **velocità = frequenza * ampiezza**, da cui: **Ampiezza = Velocità / Frequenza**. La frequenza è un indicatore prevalentemente di tipo metabolico, mentre l'ampiezza è un indice di efficienza e di scivolamento della canoa. A parità di velocità, l'atleta con ampiezze maggiori risulta sempre più efficiente ed economico. Gatta et al., (2018), in una ricerca sul test dei 50 progressivi, dove era necessario definire vari parametri di tipo tecnico e meccanico, utilizzati da ogni atleta alle diverse velocità, in considerazione delle relazioni di tendenza che velocità, frequenza e ampiezza hanno fra di loro, hanno proposto l'inserimento anche dell'**Indice Meccanico** (velocità * ampiezza) che rappresenta un indice di efficienza in

quanto valuta l'ampiezza nei confronti della velocità. Tale indice, diventa significativo in quanto, come in tutti gli sport ciclici, con l'incremento della velocità le frequenze aumentano con andamento logaritmico mentre le ampiezze dopo un primo incremento tendono a diminuire lentamente.

L'atleta dovrà quindi esprimere la massima efficacia tecnica, imparando a trovare un punto ottimale, dove l'aspetto metabolico della massima frequenza dei colpi, sarà in funzione dell'aspetto prettamente tecnico dell'ampiezza.

Il miglioramento dell'efficienza propulsiva grazie ad una tecnica ottimale, permetterà una riduzione del costo energetico, e associato ad una tattica ottimale di gara, contribuirà a costruire la migliore prestazione (Colli et al., 2006, 2008; Butini, 2019; 2023).

Per rilevare, quindi, dati significativi da prove di tipo tecnico, diventano necessari i seguenti valori:

- Tempo in secondi e decimi;
- Velocità in m/s;
- Numero di colpi eseguiti, o Frequenza dei colpi, che possono essere misurati con cronometro, conta-colpi, accelerometro, analisi video o in alternativa con la formula $(n. \text{ dei colpi} / \text{tempo (s)} \text{ della prova} * 60)$;
- Ampiezza dei colpi (v / Frq in m);
- Indice meccanico (efficienza) (in m^2 / sec);
- Lavoro svolto in Joule ($k * m$ di spostamento);
- Drag ($k * v^2$ in N);
- Potenza espressa dal sistema in Watt ($k * v^3$).

Volendo fare un esempio, immaginiamo un atleta di 86 kg, che effettua la distanza dei 1000 metri in 3'30" ($v=4,76$ m/s), ad una frequenza media di 110 colpi al minuto. Nel tempo della prova, effettuerà 385 colpi e dai dati espressi, si ricaveranno gli altri derivati: Ampiezza media-2,60 m; Indice meccanico medio-12,36 m^2/s ; Drag-77 N; Lavoro totale svolto-200 Joule; Potenza media-367 Watt.

L'analisi di tali indici, misurati più volte nel percorso di gara (in presenza di strumentazioni adeguate), ci evidenziano la reale distribuzione dello sforzo sia tecnico che metabolico ed i punti strategici dove gli atleti di altissimo livello, costruiscono le loro migliori prestazioni.

A dimostrazione dei rapporti esistenti fra i parametri descritti, viene riportato nella Tabella 8, un esempio di analisi approfondita, resa possibile dalle numerose misurazioni effettuate (ogni 10 metri) tramite accelerometri messi a disposizione dell'organizzazione, della finale Olimpica del K1 M 1000 di Rio 2016.



Dist. (m)	ESP-1°			CZE-2°			RUS-3°			AUS-4°			POR-5°			DEN-6°			GER-7°			SVK-8°			
	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	v m/s	Frq min	Am- p.m/s	IM Am- p.v	
100	5,4	125	2,59	14,00	5,3	115	2,77	14,66	5,2	119	2,62	13,63	5,2	134	2,33	12,11	14,29	5,2	125	2,50	12,98	5,2	125	2,50	12,98
200	4,9	106	2,77	13,59	4,9	100	2,94	14,41	4,9	110	2,67	13,10	5,0	121	2,48	12,40	13,69	4,9	118	2,49	12,21	4,8	114	2,53	12,13
300	4,7	103	2,74	12,87	4,8	97	2,97	14,25	4,7	111	2,54	11,94	4,8	119	2,42	11,62	13,10	4,7	116	2,43	11,43	4,6	113	2,44	11,24
400	4,5	103	2,62	11,80	4,7	96	2,94	13,81	4,6	107	2,58	11,87	4,7	115	2,45	11,53	11,87	4,6	114	2,42	11,14	4,5	110	2,45	11,05
500	4,4	100	2,64	11,62	4,6	96	2,88	13,23	4,6	110	2,51	11,54	4,6	114	2,42	11,14	11,25	4,3	115	2,24	9,65	4,4	110	2,40	10,56
600	4,5	100	2,70	12,15	4,6	97	2,85	13,09	4,6	108	2,56	11,76	4,6	114	2,42	11,14	10,66	4,4	108	2,44	10,76	4,3	110	2,35	10,09
700	4,7	106	2,66	12,50	4,6	100	2,76	12,70	4,6	111	2,49	11,44	4,6	116	2,38	10,94	10,56	4,4	106	2,49	10,96	4,5	115	2,35	10,57
800	4,7	110	2,56	12,05	4,6	104	2,65	12,21	4,7	116	2,43	11,43	4,5	116	2,33	10,47	10,56	4,6	112	2,46	11,34	4,5	112	2,41	10,85
900	4,9	120	2,45	12,01	4,6	106	2,60	11,98	4,5	117	2,31	10,38	4,4	112	2,36	10,37	10,86	4,6	112	2,46	11,34	4,6	113	2,44	11,24
960	4,7	118	2,39	11,23	4,5	100	2,70	12,15	4,3	114	2,26	9,73	4,2	106	2,38	9,98	10,28	4,3	104	2,48	10,67	4,4	109	2,42	10,66
Medie	4,7	109,1	2,6	12,4	4,7	101,1	2,8	13,25	4,7	112,3	2,5	11,7	4,6	116,7	2,4	11,2	11,7	4,6	113,0	2,4	11,2	4,6	113,1	2,4	11,1

Tabella 8 - Analisi della finale olimpica del K1 M 1000 metri, dell'Olimpiadi di Rio 2016, con i parametri sopra esposti (velocità, frequenza, ampiezza, indice meccanico), evidenziato la dove rappresenta il valore più alto dei finalisti. **Correlazioni:** v/Frq, 0,75; v/lm, 0,86; amp/lm, 0,74; v/amp, -0,32; Frq/amp, -0,33.

L'analisi attenta della tabella 8, oltre a confermare la tattica di gara prevalente "1-2-3-4", ci mostra che non basta, per vincere la gara dei 1000 metri, avere il valore più alto in uno o due parametri (velocità, frequenza, ampiezza, indice meccanico), ma è assolutamente indispensabile cambiare ritmo (frequenza) in maniera marcata, negli ultimi 200 metri, cercando di limitare al massimo il calo di ampiezza dei colpi.

► I FATTORI PRIMARI DELLA PROGRAMMAZIONE DELL'ALLENAMENTO

Secondo Verchoshanskij (2001), una moderna organizzazione dell'allenamento deve essere basata sui seguenti principi: leggi biologiche dell'adattamento individuale; sviluppo dell'adattamento dell'organismo a carichi muscolari intensi; specializzazione morfo-funzionale dell'organismo nell'allenamento pluriennale; formazione della maestria sportiva; formazione della tecnica sportiva; organizzazione finalizzata e programmata dell'allenamento, con scelta primaria degli obiettivi finali dell'allenamento e secondaria, dei contenuti, volume e organizzazione del carico di allenamento; concentrazione del carico (allenamento a blocchi) con i suoi effetti ritardati; sovrapposizione ottimale dei carichi con diverso effetto allenante.

Issurin (2008; 2010), in accordo con Verchoshanskij, considerando varie necessità e risposte fisiologiche degli atleti di alto livello, come raggiungere più picchi di prestazione durante la stagione agonistica, la scarsa efficacia del sistema di allenamento con più obiettivi paralleli (scarsità di stimoli), gli effetti negativi sull'allenamento delle associazioni di carichi di lavoro incompatibili fra loro, ha proposto due soluzioni: la periodizzazione a blocchi, cioè una sequenza di mesocicli concentrati su un numero minimo di obiettivi motori o tecnici; la sovrapposizione di effetti di allenamento residui.

Molti allenatori attualmente, valutano il successo dei loro programmi di allenamento, solo sulla base del miglioramento dei risultati ottenuti dagli atleti. Tale tendenza ad incentrare l'allenamento sulle prestazioni, può essere accettabile solo se associata ad un tipo di approccio fondato sull'evidenza scientifica in cui l'allenatore, oltre a conoscere il livello pre-gara (input) e post-gara (output), conosce dal punto di vista scientifico anche le reazioni fisiologiche e psicologiche che hanno portato l'atleta al successo. In questo processo, definito "white-box" (in contrasto con la "black-box" in cui non conosco le variazioni avvenute), è fondamentale l'utilizzo di frequenti verifiche dell'allenamento, che possano garantire caratteristiche qualitative al sistema di allenamento, quali: applicabilità; validità; obiettività; affidabilità.

Nel modello di prestazione delle specialità di velocità, molti autori hanno negli anni fornito dati importanti sui valori rilevati nelle distanze (250, 500, 1000 metri), sul VO_2 max, sul lattato prodotto a fine gara, nonché sul contributo percentuale delle componenti aerobiche e anaerobiche. Il VO_2 max, è generalmente nel canoista di velocità di alto livello:

- **Nel Kayak M:** dai 4 ai 5 L/min (valore assoluto), 53/59 ml/kg/min (valore relativo), (Pendergast, 1979, 1989; Tesch, 1983; Fry e Morton, 1991; Billat, 1996; Van Someren, 1999; Colli et al., 2006, 2008; Michael et al., 2009; Gomes et al., 2012; Hamano et al., 2015);
- **Nel Kayak F:** dai 3,61 ai 3,83 L/min e circa 54 ml/kg/min, (Colli et al., 2006, 2008; Gomes et al., 2012);
- **Nella canoa canadese M:** 4,83 L/min e 63 ml/kg/min (Colli et al., 2006,2008); 3,83 L/min e 54,3 ml/kg/min (Hamano et al., 2015).

Il lattato rilevato da alcuni autori, su prove sulle distanze di gara dei 500 e 1000 metri, è stato:

- **Nei 1000 metri:** 12-13 mmol/L (Tesch e coll., 1976, 1983; Pendergast e coll., 1989; Michael et al., 2009);
- **Nei 500 metri:** 13-13,2 mmol/L nei 500 metri (Tesch e coll., 1976; Bishop e coll., 2002; Hamano et al., 2015).

Il contributo percentuale dei meccanismi aerobici e anaerobici nelle varie distanze di gara, è stato:

- **Nei 250(200) metri:** 43,5% aerobico, 56,5% anaerobico (Fernandez et al., 1995); (40") 37% aerobico, 63% anaerobico (Byrnes e Kearney, 1997); 40% aerobico, 60% anaerobico, di cui 37% lattacido, 23% alattacido (Zamparo et al., 1999).
- **Nei 500 metri:** 62,9% aerobico, 37,1% anaerobico (Fernandez et al., 1995); 62% aerobico, 38% anaerobico, (Byrnes e Kearney, 1997); 60% aerobico, 40% anaerobico, di cui 27% lattacido, 13% alattacido (Zamparo et al., 1999); 60,6% aerobico, 39,4% anaerobico, (Nakamura et al., 2004); 78% aerobico, 22% anaerobico (Zouhal et al., 2012).
- **Nei 1000 metri:** 79,7% aerobico, 20,3% anaerobico (Fernandez et al., 1995); 82% aerobico, 18% anaerobico, (Byrnes e Kearney, 1997); 83% aerobico, 17% anaerobico, di cui 9% lattacido, 8% alattacido (Zamparo et al., 1999); 78,6% aerobico, 11,4% anaerobico, (Nakamura et al., 2004); 86% aerobico, 14% anaerobico (Zouhal et al., 2012).
- **Nei 2000 metri,** 89% aerobico, 11% anaerobico, di cui 6% lattacido, 5% alattacido (Zamparo et al., 1999); (1790m) 89,4% aerobico, 10,6% anaerobico, (Nakamura et al., 2004).

Billat (2001), nei suoi studi sugli sport di endurance (corridori di fondo, ciclisti, nuotatori, canoisti) per determinare il TLim o tempo limite di mantenimento della Velocità Aerobica Massima (VAM o vVO_{2max}), afferma che in una prova incrementale di corsa da velocità blanda fino al VO_{2max} , si attraversano quattro zone caratterizzate da diverse modificazioni fisiologiche:

- < 60 % VO_{2max} (1-2 mmol/l). In cui avviene una maggiore utilizzazione di lipidi, minore di zuccheri. L'acido lattico prodotto (1-2 mmol/l) viene subito ossidato nelle fibre lente.
- 60-80 % VO_{2max} . Maggiore richiesta di forza e conseguente maggiore utilizzazione di fibre veloci e di produzione di acido lattico (2-4 mmol/l) che provoca un aumento della ventilazione per la produzione massiccia del CO_2 , derivante dal tamponamento dell'acido lattico.
- 80-90 % VO_{2max} , in cui avviene un accumulo di acido lattico.
- VO_{2max} , 90-95 % nei primi 3' fino al 100% alla fine dell'esercizio, che può avere una durata fino a 10'-12'.

Sempre Billat (2001) analizzando le velocità dei record sulla maratona, sui 10.000 e 3000 metri di corsa di molti campioni di alto livello dell'atletica leggera del passato, ha ricostruito i valori di VO_{2max} , le loro velocità (vVO_{2max}), individuando tre velocità di allenamento e quattro settori, quali:

- Inferiore alla velocità di soglia anaerobica (intesa come velocità massima allo stato stabile della lattacidemia).
- A velocità di soglia anaerobica. Tempo limite di 1h circa, e corrispondente alla velocità della mezza maratona della corsa.
- A velocità superiore alla soglia anaerobica (>90 % vVO_{2max}). Tempo limite 30' circa e corrispondente alla velocità dei 10.000 metri di corsa.
- A velocità di VAM o vVO_{2max} (velocità aerobica massima), sostenibile per circa 2000-3000 metri nella corsa.

Da alcuni anni nell'allenamento degli sport di resistenza, vengono molto seguiti due sistemi di allenamento chiamati "allenamento polarizzato" e "allenamento sulle soglie del lattato". L'allenamento polarizzato, caratteristico dei paesi scandinavi in particolare la Norvegia, è praticato già dagli anni '90, consiste nell'associazione di un grande volume di allenamento di scarsa intensità, con un lavoro di intensità elevata e volume scarso, nel rapporto di 80/20. L'allenamento sulle soglie del lattato, più caratteristico invece di paesi come la Germania e l'Italia, oltre al prevalente lavoro su intensità medio-basse (65% circa), rivolge più attenzione ai lavori su intensità di soglia (25% circa) e intensità di gara e $VO_2 max$ (10% circa), (Wick, 2011; LeMeur, 2014). Tale sistema di allenamento, risulta molto più adatto alle caratteristiche della canoa velocità. Nella Tabella 9, viene mostrata una schematizzazione di tali sistemi di allenamento.

ALLENAMENTO POLARIZZATO						ALLENAMENTO SOGLIE DEL LATTATO					
Zona di Intensità	% VO_2 max	% FC max	Lattato mmol/L	Durata nella zona (min)	% su allen. Globale	Zona di Intensità	% VO_2 max	% FC max	Lattato mmol/L	Durata nella zona (min)	% su allen. Globale
1	45-65	55-75	0,8-1,5	1-6h	80%	-	-	-	-	-	-
2	66-80	75-85	1,5-2,5	1-3h	-	Zs (res.base)	75-85	65-75	<3,0	2-3h	65%
3	81-87	85-90	2,5-4,0	50-90	-	Sv1 (Aer-1)	85-90	75-85	3,0-5,0	1-2h	23%
4	88-93	90-95	4,0-6,0	30-60	-	Sv2 (Aer-2)	90-95	85-95	5,0-7,0	40-80	-
5	94-100	95-100	6,0-10,0	15-30	20%	Res. Sp. Gara	95-100	95-100	7,0-12,0	25-50	8%
-	-	-	-	-	-	ZI (VO_2 max)	95-105	95-100	>10,0	10-20	4%

Tabella 9 – Confronto schematico fra il modello di allenamento polarizzato ed il modello delle soglie di lattato (da: Wick, 2011; LeMeur, 2014; modificato).

Nikonorov (2015; 2017) allenatore di livello internazionale di vari atleti vincitori di gare Olimpiche nei 200 metri, nei suoi lavori, ha svolto un'approfondita analisi delle varie velocità di allenamento o gara. Inoltre ha dettato dei principi guida, per l'allenamento dei 200 metristi e 1000 metristi, nei quali sostiene che pur con molti similitudini di allenamento (stesso programma invernale; tendenza comune nella costruzione del passo 500 metri; stesso lavoro aerobico in canoa durante l'anno; stesso volume di lavoro in ore) la vera differenza è nel periodo estivo, in cui i 200 metristi devono concentrarsi maggiormente sulla resistenza neuro-muscolare, mentre i 1000 metristi dovranno curare di più la tolleranza del lattato.

Nella tabella 10, viene proposta una tabella di riferimento delle varie andature aerobiche e anaerobiche, in successione dalla velocità max possibile, fino all'andatura aerobica media (ritmo minimo allenante), passando dai vari ritmi, gara (200, 500, 1000) e altri step metabolici (VO₂max, soglia, aerobico), come sintesi dei lavori di molti autori (Astrand, 1960; Londeree e Ames, 1976; Fox et al., 1981; Fox et al., 1995; Zamparo et al., 1999; Billat, 2001, 2002; Weinek, 2001; Dalla Vedova et al., 2010; Wick, 2011; Zouhal et al., 2012; Le Meur, 2014; Guazzini, 2016; Nikonorov, 2017; Gatta et al., 2018).

Andatura	Metabolismo % Aerobico / anaerobico	Distanza limite (m, km)	Tempo limite (s, min)	% vel. Max	% FC max	% VO ₂ max	Lattato mmol/L	Freq
Velocità max	Anaerobico (100)	50 m	8-10 s	100%	-	-	-	KM:>160 KW:140 CM:80 CW:76
Ritmo gara 200	Anaerobico(40/60)	200 m	35-40 s	~92%	90-92%	86-88%	>11	KM:150 KW:130 CM:72 CW:68
Ritmo gara 500	Misto(50/50)	500 m	100-120 s	~85%	95-97%	93-97%	>14	KM:125 KW:115 CM:66 CW:62
Ritmo gara 1000	Misto(70/30)	1000 m	3,30-4 min.	~77%	95-97%	93-97%	>12	KM:115 KW:100 CM:62 CW:58
VO ₂ max	Misto(80/20)	1500/2000 m	10-12 min.	~72%	98-100%	97-100%	>8	KM:100 KW:85 CM:58 CW:55
Potenza aerobica	Misto(85/15)	2000/4000 m	30 min.	~69%	95-97%	93%	6-8	KM:90 KW:80 CM:55 CW:52
Soglia	Aerobico (90/10)	5000/8000 m	40-60 min.	~68%	88-90%	83-85%	4-5	KM:80 KW:70 CM:50 CW:47
Medio veloce	Aerobico (95/05)	10-14 Km	60-90 min.	~64%	85-87%	79%	3	KM:70 KW:65 CM:43 CW:40
Medio	Aerobico (98/02)	16-20 Km	70-120 min.	~62%	79-81%	70%	2-2,5	KM:60 KW:60 CM:40 CW:37

Tabella 10 – Quadro sintetico delle varie andature completo dei parametri specifici
(Da: Guazzini, 2018, modificato).

► CONCLUSIONI

La prestazione agonistica nella canoa Velocità e Paracanoa, deriva da una sintesi di molti fattori fra i quali sono primari, il modello di prestazione funzionale e fisiologico della specialità di riferimento, gli aspetti tecnici e idrodinamici, nonché una programmazione degli allenamenti, orientata ai sistemi di allenamento e metodologie più specifiche. Nello studio si è cercato di fornire riferimenti della letteratura scientifica il più aggiornati possibile, comprendenti anche l'evoluzione storica scientifica per ognuno dei tre aspetti analizzati.



► RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

- Anderlini G. (2023) Comunicazione personale.
- Astrand I. (1960) Aerobic work capacity in men and women with special reference to age, *Acta Physiologica Scandinavica*, 49: 169-192.
- Billat V., Faina M., Sardella F., Marini C., Fanton F., Lupo S., Faccini P., De Angelis M., Koralsztein J.P., Dal Monte A., (1996) A comparison of time to exhaustion at VO₂ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners, *Ergonomics*, 39(2): 267-277.
- Billat V. (2001) Il contributo della scienza all'allenamento sportivo, *SdS*, 53: 34-42, 1° Parte.
- Billat V. (2002) Il contributo della scienza all'allenamento sportivo, *SdS*, 54: 13-19, 2° Parte.
- Bishop D., Bonetti D., Dawson B., (2002) The influence of pacing strategy on VO₂ and supramaximal kayak performance, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34: 1041-1047.
- Boiko V.V. (1987) Zelenapravliennoe razvitie dvigatelnoich sposovnostei celoveca. *Fizkul'tura i sport*, Mosca (traduzione in lingua Tedesca, a cura di Tschiene P., Francoforte, 1988).
- Bonaiuto V., Gatta G., Romagnoli C., Boatto P., Lanotte N., Annino G. (2020) A pilot study on the E-Kayak System: a wireless daq suited for performance analysis in flatwater sprint kayak, *Sensor*, 20(2): 542.
- Butini C. (2019) Metodologia e prestazione nel nuoto, *Canoa Kayak on-line*, FICK, n.104, Febbraio 2019.
- Butini C. (2019) Ritmi gara nel nuoto, *Canoa Kayak on-line*, FICK, n.105, Febbraio 2019.
- Butini C. (2023) Frequenza e ampiezza nel gesto tecnico: confronto tra le esigenze della canoa e del nuoto. *Convention Nazionale dei Tecnici "Federcanoa in Formazione"*, Roma, 18/11/23.
- Byrnes W.C., e Kearney J.T., (1997) Aerobic and Anaerobic contributions during simulated canoe kayak Sprint Event, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5): S220.
- Caldognetto E. & Annino G. (2010) 200 Metri Velocità Acqua Piatta: esperienze e proposte nel Kayak maschile, *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 72: 23-38.
- Colli R., Faccini P., Schermi C., Introini E., Dal Monte A. (1990) Valutazione funzionale ed allenamento del canoista, *SdS*, CONI, Roma, 18: 26-37.
- Colli R., Faccini P., Schermi C., Introini E., Dal Monte A. (1991) L'allenamento del canoista, *SdS*, CONI, Roma, 21: 35-40.
- Colli R., Introini E., (2006) Dall'allenamento fisiologico all'allenamento tecnico: il ruolo fondamentale del costo energetico, *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 61/62: 3-16.
- Colli R., Introini E., Buglione A., Azzone V., Paternoster M., (2008) Valutazione del costo energetico e del Vo₂max nel kayaker al pagaierometro e in barca, *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 66: 3-20.
- Dalla Vedova D., Besi M., Carozzi V., Becchi V., Gardini F., Piscitelli R., Marini C., Mauri C., Gianfelici A., Bali F., Cirami I., Gallozzi C., Faina M., Mazzoni G., Di Giuseppe G., Caldognetto E., Crepez S. (2010) Il modello di prestazione della specialità 200 metri canoa-kayak. *Progress report*. *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 72: 3-22.
- Fernandez B., Perez-Landaluce J., Rodriguez M., & Terrados N. (1995) Metabolic contribution in Olympic kayaking events, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5): S 143.
- Fox E.L., Matthews D.K. (1981) *Physiological basis of physical education and athletics*, WB Saunders Company, Philadelphia.
- Fox E.L., Bowers R.W., Foss M.L. (1995) *Le basi fisiologiche dell'educazione fisica e dello sport*, Il Pensiero Scientifico Editore, Roma.
- Fry R.W., Morton A.R., (1991) Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(11): 1297-1301.
- Gatta G., Cortesi., Zamparo P. (2016) The relationship between power generated by thrust and power to overcome drag in elite short distance swimmers. *PlosOne* 21;11(9).
- Gatta G., Guazzini M., Guerrini G. (2017) Il rapporto fra ricerca, analisi e prestazione nella Canoa-Kayak, *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 91/92: 11-16.
- Gatta G., Guerrini G., Guazzini M. (2017) Il modello funzionale del kayak, *Scienza&Sport*, Editoriale Sport Italia Srl Milano, 35: 54-58.
- Gatta G., Guerrini G., Guazzini M., Cannone A., Loddo S., Vartolomei M., Romagnoli C. (2018) Il Test dei 50 progressivi nella Canoa Kayak, *Nuova Canoa Ricerca*, FICK, 94: 3-10.
- Gomes B., Mourao L., Massart A., Figueredo P., Vilas-Boas J.P., Santos A.M.C., Fernandes R.J. (2012) Cross efficiency and energy expenditure in kayak ergometer exercise. *International Journal Sports Medicine*, 33:654-660.

- Gomes B., Conceicao F., Pendergast D.R., Sanders R.H., Vaz M., Vilas-Boas J.P. (2015) Is passive drag depending on the interaction of kayak design and paddler weight in flat-water kayaking? *Sports Biomechanics*, 14(4): 394-403.
- Crillo S. (2013) Analisi delle finali Europee, Mondiali ed Olimpiche nella Canoa-Kayak Sprint dal 2004 al 2012. *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 81: 28-40.
- Guazzini M. (2000) L'allenamento del canoista evoluto, Ed. Pegaso, Firenze.
- Guazzini M. (2005) Analisi delle finali Olimpiche 1988-2000 della Canoa in linea. Proposte di Modelli di Prestazione. *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 59: 3-20.
- Guazzini M. & Mori M. (2008) L'efficacia della pagaiata: meccanica e biomeccanica della canoa, *Nuova Canoa Ricerca*, 63-64: 15-38.
- Guazzini M. (2016) Velocità Aerobica Massima (VAM) e velocità di allenamento nella canoa-kayak, *Nuova Canoa Ricerca*, 88: 38-63.
- Guazzini M. (2018) L'Evoluzione dei grandi sistemi di allenamento: riflessioni e contributi. *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 94: 11-22.
- Hamano S., Ochi E., Tsuchiya Y., Muramatsu E., Suzukawa K., Igawa S., (2015) Relationship between performance test and body composition/physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers, *Open Access Journal of Sport Medicine*, 6: 191-199.
- ICF Canoe Sprint&Paracanoe (2023) World Championships Duisburg 23-27/8/23, Bulletin 1, 13/2/23.
- ICF Canoe Sprint&Paracanoe (2023) World Championships Duisburg 23-27/8/23, Results.
- Isorna Folgar M., Alacid Carceles F., Roman Mangas J.J. et al. (2015) Training Sprint Canoeing, Madrid Real Federacion Espanola de Piraguismo, 2.0., Editora.
- Isorna Folgar M., Navarro Valdivielso F., Alacid Carceles F. (2015) Sport planning applied to canoeing, in: Isorna Folgar et al., 2015, pag.15-93.
- Issurin V.B. (2008) Block periodization versus traditional training theory: a review, *J Sports Med Phys Fitness*, 48(1): 65-75.
- Issurin V.B. (2010) New horizons for the methodology and physiology of training periodization, *Sports Med*, 40(3): 189-206.
- Le Meur Y. (2014) L'Allenamento polarizzato, *SdS*, 101: 35-41.
- Loddo S. (2023) Comunicazione personale.
- Londeree B.R., Ames S.A. (1976) Trend analysis of the % VO2 max-HR regression, *Med Sci Sports*, 8(2): 123-125.
- Michael J.S., Rooney B.R., Smith R.S. (2009) La richiesta metabolica della canoa: una rivisitazione. *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 67: 3-17. (Traduzione autorizzata di: Michael, Rooney, Smith, 2008, The metabolic demands of kayaking: A review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7: 1-7.
- Nakamura F.Y., Oliveira Borges T., Sales O.R., Serpeloni Cyrino E., Kokburn E. (2004) Energetic cost estimation and contribution of different metabolic pathways in speed kayaking, *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10(2).
- Nikonorov A. (2015) Power development in sprint canoeing. In: Isorna Folgar et al., 2015, pag.169-183.
- Nikonorov A. (2015) Paddling technique for 200 m sprint kayak. In: Isorna Folgar et al., 2015, pag.187-202.
- Nikonorov A. (2017) Club winter training. In: docplayer.net/59998965-winter-training-targets-aerobic-development-weight-training-winter-programming-copyright-alexander-nikonorov.html.
- Pendergast D.R., Cerretelli P., Rennie D.W. (1979) Aerobic and glycolytic metabolism in arm exercise, *Journal of Applied Physiology*, 47: 754-760.
- Pendergast D.R., Bushnell D., Wilson D.W., Cerretelli P., (1989) Energetics of kayaking, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59: 342-350.
- Perri O., Beltrami C., Di Giuseppe G., Sacchi R. (1996) Giochi della XXVI Olimpiade, I numeri d'oro di Atlanta, analisi tecnica comparata nel settore velocità, *Canoa Ricerca, FICK*, 42: 3-14.
- Romagnoli C., Gatta G., Lanotte N., Boatto P., Loddo S., Bonaiuto V., Annino G. (2022) La valutazione integrata della prestazione del kayak, *Nuova Canoa Ricerca, FICK*, 107: 3-16.
- Sprigings E, McNair P, Mawston G, Sumner D, Boocock M. (2006) A method for personalizing the blade size for competitors in flatwater kayaking. *Sport Engineering*, 9: 147-153.
- Sumner D., Sprigings E., Bugg J., & Heseltine J. (2003) Fluid forces on kayak paddle blades of different design, *Sports Engineering*, 6: 11-20.
- Tesch P.A., Piehl K., Wilson G., Karlsson J., (1976) Physiological investigation of Swedish elite canoe com-

petitors, *Medicine and Science in Sport*, 8: 214-218.

- Tesch P.A., (1983) Physiological characteristics of elite kayak paddlers, *Canadian Journal of Applied Sport Science*, 8(2): 87-91.
- Van Someren K.A., Phillips G.R.W., Palmer G.S., (1999) Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry, *International Journal of Sports Medicine*, 21: 200-204.
- Weinek J. (2001) *L'Allenamento Ottimale*, Calzetti Mariucci Editori, Perugia.
- Wick J. (2011) Il controllo dell'allenamento e della prestazione negli sport di resistenza, *SdS*, 90: 31-37.
- Zamparo P., Capelli C., Guerrini G., (1999) Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds, *Eur J Appl Physiol*, 80(6): 542-548.
- Zouhal H., Lahaye S.D., Abderrahaman A.B., Minter G., Herbez R., e Castagna C. (2012) Energy system contribution to Olympic distances in flat water kayaking (500 and 1000 m) in highly trained subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3): 825-831.





SPONSOR TECNICO



SPONSOR/FORNITORI UFFICIALI

HONDA
MARINE



POLAR[®]

A DIVISION OF J&S
Fisiocomputer
Health&Sport Devices Made to Last

DECATHLON

ASPETTI DELL'ALLENAMENTO DELLA RESISTENZA ALLA FORZA NELLA CANOA SPRINT: COME EVITARE L'INTERFERENZA TRA L'ALLENAMENTO DELLA FORZA E QUELLO DELLA RESISTENZA

Giovanni Bandini¹

Il presente articolo rappresenta una sintesi della Tesi di Laurea in Scienze Motorie, sostenuta dall'autore, il 14 Marzo 2023, presso l'Università Telematica San Raffaele di Roma (Relatore Prof. Renato Manno)

► ABSTRACT

Gli eventi sportivi sono spesso classificati in “endurance-based” o “strength-power-based”, tuttavia in alcune discipline le prestazioni sono spesso influenzate dall'interazione di diverse capacità fisiche. Per questo motivo molti sport necessitano sia di forza che di resistenza per massimizzare la prestazione. Di conseguenza, la combinazione di esercizio di forza e di endurance è frequente e viene definita Concurrent Training (CT). In letteratura scientifica è comunemente accettato che, per massimizzare gli adattamenti fisiologici ed evitare il sovrallenamento, è necessario gestire correttamente le variabili del programma di allenamento, tra cui l'intensità, la frequenza e il volume dell'esercizio. Questo è particolarmente importante negli sport che fanno ampio uso di Concurrent Training per ottimizzare le prestazioni, come ad esempio la Canoa-Kayak.

Sporting events are often classified as “endurance-based” or “strength-power-based”, however in some disciplines performance is often influenced by the interaction of different physical abilities. For this reason, many sports require both strength and endurance to maximize performance. As a result, the combination of strength and endurance exercise is common and is referred to as Concurrent Training (CT). In scientific literature it is commonly accepted that, to maximize physiological adaptations and avoid overtraining, it is necessary to correctly manage the variables of the training program, including the intensity, frequency and volume of exercise. This is particularly important in sports that make extensive use of Concurrent Training to optimize performance, such as Canoe-Kayaking.

► INTRODUZIONE

Il potenziale conflitto tra i meccanismi di adattamento all'allenamento della forza e della resistenza è stato definito “fenomeno di interferenza” da Hickson (1980), che ha osservato un compromesso nello sviluppo della forza quando questo veniva applicato contemporaneamente a quello per la resistenza. Tuttavia, la crescente letteratura in merito ha portato a risultati equivoci, mettendo in dubbio la natura universale di tale interferenza. La comprensione della natura di questi effetti è ancora piuttosto limitata al momento. Ciò è dovuto alle difficoltà associate al confronto dei risultati di studi che differiscono notevolmente in una serie di fattori come il disegno sperimentale, la durata e l'intensità degli allenamenti. Nonostante questi vizi della letteratura, molti studi riportano una interferenza negativa fra allenamento di resistenza e di forza soprattutto in soggetti allenati alla forza. In altre popolazioni invece gli effetti negativi sono meno marcati o non presenti.

Ad ogni modo lo sviluppo concomitante di forza e resistenza rimane una necessità per molte discipline, in particolare negli sport ciclici che beneficiano di resistenza alla forza (kayak, canoa, canottaggio, ciclismo, ecc.). Alcuni studi hanno confrontato strategie diverse per minimizzare l'effetto negativo del CT, rilevando come un tempo di recupero di almeno 8 ore fra l'allenamento di forza e quello di resistenza possa ridurre l'interferenza. La letteratura stabilisce poi come non siano presenti effetti negativi dell'allenamento di forza su quello di resistenza.

La motivazione che mi ha spinto a trattare questo argomento è, in qualità di allenatore adesso e di atleta prima, quella di voler comprendere a fondo i meccanismi di interferenza e gli adattamenti biologici derivanti da stimoli opposti, per capire quanto del lavoro fatto in passato fosse basato su principi scientifici e

¹ Tecnico di 2° livello FICK

quanto derivasse dalla tradizione culturale nello sport della canoa, il “si è sempre fatto così”, modo di pensare a mio avviso ancora molto presente in Italia nelle società sportive dilettantistiche e professionistiche. Lo scopo del presente lavoro è ricercare nella letteratura scientifica le informazioni utili alla comprensione dei meccanismi alla base del “fenomeno di interferenza”, e delle strategie per massimizzare gli adattamenti derivanti da tali stimoli, in atleti di alto livello praticanti la disciplina di canoa velocità. A tal fine sono stati presi in considerazione un’ampia gamma di studi presenti in letteratura, che avessero come campione di popolazione soggetti ben allenati. Per una comprensione vasta del tema, e per ampliare i possibili ambiti applicativi, sono stati utilizzati anche studi su popolazioni di atleti provenienti anche da altre discipline, in favore dell’universalità dei concetti qui esposti. Inoltre, particolare attenzione è stata data agli effetti e implicazioni dell’allenamento di resistenza alla forza, per comprendere se questo possa indurre adattamenti aerobici sulla muscolatura scheletrica.

► IL MODELLO PRESTATIVO DELLA CANOA SPRINT

Guazzini, (1990), citando Harre (1972) e Dal Monte et al., (1977), definisce la canoa come “sport di resistenza di breve, media e lunga durata, con una componente elevata di resistenza alla forza”, e “attività ad impegno aerobico-anaerobico massivo, con impegno di una ridotta percentuale delle masse muscolari corporee e richiesta distrettuale di forza muscolare elevata”.

Si tratta di uno sport che richiede un impegno eccezionale per la parte superiore del corpo e la muscolatura del tronco (Tesch, 1983). Diverse ricerche (Tesch, 1983; Gray et al., 1995) suggeriscono che i canoisti di kayak d’acqua piatta possiedono valori elevati di capacità aerobica e anaerobica massimale e di forza muscolare della parte superiore del corpo.

Le competizioni sono altamente standardizzate tant’è che, salvo eccezioni dovute ad agenti esterni (clima, temperatura dell’acqua, vento), possono essere accomunate alle prove in pista dell’atletica leggera dai 400 ai 1500 metri ed alle gare in vasca nel nuoto dai 50 ai 400 metri.

Durante i Campionati del Mondo Assoluti di Halifax 2022, i tempi medi di percorrenza fatti registrare nelle finali A delle gare individuali di kayak sia maschile che femminile sono stati i seguenti (<http://canaoeresults.eu>):

- K1 M 200m-37"34±1s; K1 W 200m-42"59±1,4s.
- K1 M 500m-1'46"48±5s; K1 W 500m-2'00"83±2,4s.
- K1 M 1000m-3'41"7±3,2s; K1 W 1000m-4'37"39±12,8s

Atlete juniores nazionali spagnole hanno un tempo sui 1000-500-200, di 289±8 s, 146±6 s e 53±2 secondi (Lopez-Plaza et al., 2019).

Una ricerca condotta da Byrnes e Kearney (1997), ha indagato quale fosse il rapporto tra contributo aerobico ed anaerobico nelle prove in linea del kayak e della canadese, simulando queste ultime tramite il pagaiaergometro, strumento di allenamento a secco che permette di riprodurre lo stesso gesto tecnico della pagaia in acqua. Il campione di soggetti era formato da 12 atleti della nazionale senior statunitense, nello specifico 6 kayakers uomini, 4 kayakers donne e 2 canadesi. Il risultato è stato il seguente: sui 1000m il contributo energetico aerobico è stato dell’82%, mentre sui 500m la ripartizione del contributo aerobico: anaerobico è stata 62:38 %. Infine, per quanto riguarda i 200m il sistema anaerobico è risultato essere predominante fino al 63%, con solo un 37% di intervento del sistema ossidativo. Zamparo et al., (1999) hanno svolto un importante studio sul costo energetico a velocità massimale e sub-massimale, affermando che il dispendio energetico aumenta con l’aumentare della velocità dell’imbarcazione. Inoltre hanno misurato il contributo energetico dei meccanismi aerobico, anaerobico lattacido e anaerobico lattacido, sulle distanze dei 250, 500, 1000, 2000 metri, illustrati nella Figura 1.

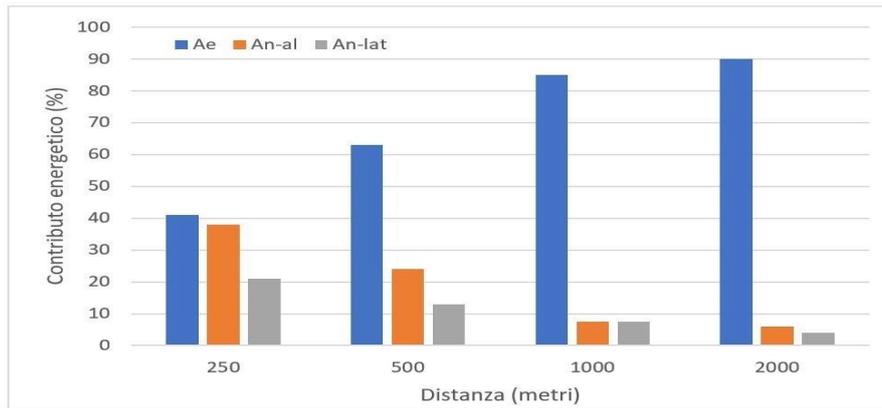


Figura 1 - Ripartizione aerobica (ae), anaerobica lattacida (an-al) ed anaerobica lattacida (an-lat) nelle distanze di 250m, 500m, 1000m e 2000m. (da: Zamparo et al., 1999, modificato)

Se è vero che i canoisti trascorrono la maggior parte della gara a un livello di VO₂ pari o prossimo al picco (Bishop, 2000) e ottengono la maggior parte dell'energia necessaria dal sistema aerobico (Fernandez et al., 1995; Zamparo et al., 1999; Bishop, 2000), hanno concluso che la frazione di potenza media fornita da fonti anaerobiche aumenta al diminuire della distanza percorsa. L'importanza del contributo anaerobico, quindi, non può essere trascurata. Studi come quelli di Bishop (2000) e Fernandez et al. (1995), suggeriscono che i canoisti olimpici non solo hanno bisogno di un'elevata potenza aerobica, ma anche il contributo anaerobico è molto importante per ottenere prestazioni di successo, non solo, come appare evidente, per gli specialisti dei 200m, ma anche in chi predilige distanze più lunghe come i 1000m (Bishop, 2000; Fernandez et al., 1995). Forbes et al. (2009) infatti hanno riscontrato correlazioni positive tra il massimale 1RM in giovani canoisti nella distensione su panca piana e nella trazione sottopanca, e la loro performance sui 1000m, sebbene anche altri fattori influenzassero la prestazione.

Uno studio recente di Kristiansen et al. (2023), sembra confermare l'esistenza di una relazione causale tra l'aumento della forza e l'effettiva variazione delle prestazioni in kayak sui 200 metri. Nella prima parte dello studio, 37 canoisti d'élite (22 uomini e 15 donne) hanno eseguito test di potenza massima, forza isometrica, Tripetizione massima (1RM) e 40 secondi di ripetizioni massime in bench press e bench pull e un test di kayak sprint in acqua di 30 secondi. Nella seconda parte, 26 canoisti nazionali d'élite junior, U23 e senior (16 uomini e 10 donne) sono stati suddivisi in due gruppi: uno di allenamento e uno di mantenimento. Ciascun gruppo ha completato un ciclo di allenamento della forza di 6 settimane con lo scopo di aumentare l'1RM nella panca (allenamento) o di mantenere la forza (mantenimento). I test pre - e post- test sono stati eseguiti su 200 m di sprint su kayak ergometro e 1RM in spinte e tirate su panca. Nella parte 1, l'1RM nella distensione su panca è stato il miglior predittore delle prestazioni in kayak in acqua per 30 secondi, nello studio 2, il gruppo "allenamento" ha aumentato significativamente la forza 1RM nella distensione su panca (pre: 87,3 ± 21,2 kg, post: 93,9 ± 21,3 kg) e nella trazione su panca (pre: 84,2 ± 15,3 kg, post: 86,0 ± 15,1 kg). Nel test di sprint su kayak ergometro da 200 m, il gruppo "allenamento" ha ridotto significativamente il tempo di completamento del test (pre: 44,8 ± 4,3s, post: 44,3 ± 4,3s). Un miglioramento delle qualità neuromuscolari ha quindi comportato un aumento delle prestazioni.

I risultati ottenuti da Kristiansen et al., (2023) sono in linea e confermano quelli di uno studio longitudinale precedente (McKean e Burkett, 2014), della durata di tre anni, volto a capire se ed in che modo la forza della parte superiore del corpo influenzasse le prestazioni nella canoa sprint. Sebbene un fattore limitante la ricerca sia stato l'abbandono di alcuni soggetti durante il periodo dello studio, anche in questo caso sembra esserci correlazione positiva tra i livelli di forza e le performance sull'acqua. I risultati per i punteggi di forza e di prestazione sono presentati nella Tabella 1 (McKean e Burkett, 2014):

	Baseline	Year 1	Year 2	Year 3
Men				
N	15	15	15	9
height (cm)	181.4 (9.5)	183.4 (8.4)	185.1 (7.4)	187.7 (7.2)
mass (kg)	78.9 (11.4)	81.6 (10.9)	83.9 (7.2)	87.5 (4.3)
1-repetition maximum pull-up (kg)	102.5 (24.0)	112.1 (24.3)	122.8 (17.2)	133.8 (15.8)
1-repetition maximum bench press (kg)	75.9 (25.1)	85.6 (24.4)	96.8 (16.6)	102.3 (13.5)
ratio of pull-up to bench press	1.41 (0.25)	1.34 (0.17)	1.28 (0.11)	1.31 (0.06)#
Women				
N	10	10	10	8
height (cm)	169.5 (8.1)	170.8 (8.3)	171.7 (8.2)	172.6 (8.6)
mass (kg)	64.3 (8.5)	65.2 (8.0)	65.7 (6.5)	68.0 (6.0)
1-repetition maximum pull-up (kg)	68.4 (11.4)	74.8 (9.8)	77.3 (10.0)	77.6 (9.7)
1-repetition maximum bench press (kg)	41.6 (7.8)	48.5 (9.0)	54.0 (7.0)	59.2 (5.9)
ratio of pull-up to bench press	1.67 (0.29)	1.57 (0.22)	1.44 (0.16)	1.31 (0.08)#

Note: There was a significant difference between genders ($P < .01$) for all measures except ratio of pull-up to bench press (%) in year 3, shown by #.

Tabella 1 - Valori di altezza, peso, forza 1RM al pull-up e bench-press
(da: McKean e Burkett, 2014, modificato)

In questo arco di tempo, il valore medio delle trazioni 1RM è aumentato del 30,5% per gli uomini e del 13,4% per le donne (McKean e Burkett, 2014). I tempi di prestazione dei kayakisti nelle tre stagioni sono presentati nelle tabelle 2-3 (McKean e Burkett, 2014):

Event	n	Performance Time, s, Mean (SD)		Effect change, Mean ($\pm 95\%CI$)	
		Study subjects	Medalists	Raw data	%
Men					
	15				
1000-m		239.3 (19.5)	218.2 (0.7)	-21.1 (10.8), $P = .001$, $d = -1.45$	-8.6 (4.4), $P < .001$, $d = -1.54$
500-m		113.5 (10.1)	103.2 (0.6)	-10.3 (5.6), $P = .002$, $d = -1.36$	-8.7 (5.0), $P = .001$, $d = -1.41$
200-m		42.6 (3.7)	36.9 (0.3)	-5.8 (2.1), $P < .001$, $d = -2.09$	-13.3 (4.9), $P < .001$, $d = -2.26$
Women					
	10				
1000-m		276.2 (25.6)	246.5 (5.1)	-29.7 (19.2), $P = .006$, $d = -1.48$	-10.5 (7.0), $P = .005$, $d = -1.58$
500-m		132.8 (15.6)	114.8 (0.6)	-18.0 (11.2), $P = .006$, $d = -1.49$	-13.0 (8.5), $P = .004$, $d = -1.59$
200-m		50.3 (5.9)	45.0 (0.5)	-5.3 (4.3), $P = .022$, $d = -1.44$	-9.9 (8.5), $P = .017$, $d = -1.21$

Tabella 2 – Prestazioni medie del 1° anno, sui 200, 500, 1000 metri, del campione oggetto di studio
(da: McKean e Burkett, 2014, modificato).

Event	n	Performance Time, s, Mean (SD)		Effect change, Mean ($\pm 95\%CI$)	
		Study subjects	Medalists	Raw data	%
Men					
	9				
1000-m		228.6 (5.8)	219.5 (2.7)	-9.1 (5.7), $P = .006$, $d = -1.86$	-4.0 (2.6), $P = .008$, $d = -1.88$
500-m		109.5 (4.0)	103.6 (1.2)	-6.0 (3.4), $P = .003$, $d = -1.86$	-5.4 (3.2), $P = .003$, $d = -1.88$
200-m		40.4 (1.7)	38.3 (.02)	-2.1 (1.3), $P = .006$, $d = -1.61$	-5.2 (3.3), $P = .006$, $d = -1.63$
Women					
	8				
1000-m		263.2 (11.9)	254.2 (4.3)	-9.0 (11.3), $P = .103$, $d = -0.91$	-3.3 (4.4), $P = .105$, $d = -0.91$
500-m		123.8 (5.1)	122.3 (0.9)	-1.5 (4.3), $P = .443$, $d = -0.37$	-1.1 (3.6), $P = .469$, $d = -0.35$
200-m		46.1 (1.8)	44.6 (0.6)	-1.5 (1.7), $P = .071$, $d = -1.03$	-3.2 (3.7), $P = .075$, $d = -1.14$

Tabella 3 – Prestazioni medie del 3° anno, sui 200, 500, 1000 metri, del campione oggetto di studio
(da: McKean e Burkett, 2014, modificato).

Nel corso delle tre stagioni, il tempo medio dei 1000 m è diminuito del 4,7% per gli uomini e del 4,9% per le donne. Allo stesso modo, i tempi dei 500m sono diminuiti del 3,7% per gli uomini e del 7,3% per le donne, mentre i tempi dei 200 m sono diminuiti rispettivamente del 5,4% e del 9,1%. Il valore medio del gruppo è migliorato, con gli uomini a meno del 6% dal tempo medio dei medagliati per ogni evento e le donne a meno del 4% (McKean e Burkett, 2014).

Tuttavia, per quanto importante, la forza massima espressa come valore di 1RM non è l'espressione di forza più specifica della disciplina in oggetto. Poiché la durata delle competizioni varia dai 35" ai 4', è più opportuno classificare la canoa e il kayak velocità come sport di resistenza alla forza. A confermare quanto appena detto, uno studio di Loures et al. (2014), suggerisce che un buon risultato durante una prova di 4 minuti all-out non è determinato tanto da una elevata produzione di forza, ma dalla capacità di mantenere quest'ultima costante durante il percorso.

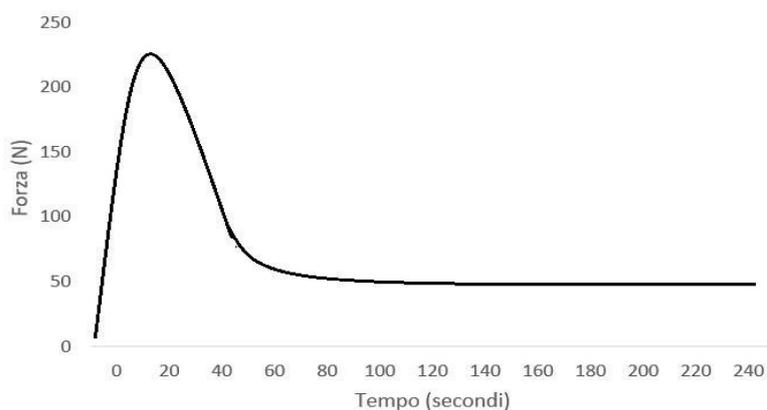


Figura 2 - Forza espressa durante un 4min all-out (circa 1200m) in atleti di livello mondiale di kayak (da: Loures et al., 2014, modificato).

Inoltre, la forza applicata sulla pagaia cambia al variare della frequenza di colpi (stroke rate), altro parametro biomeccanico fondamentale per la velocità in canoa (Gomez et al., 2015)

	Sex	Stroke Rate (spm)			Race Pace
		60	80	100	
Stroke rate (spm)	Male	63 ± 5	81 ± 3	99 ± 6	124 ± 7
	Female	60 ± 3	79 ± 6	100 ± 6	112 ± 3
Time to perform 200 m (s)	Male	54.35 ± 2.29	47.85 ± 2.00	43.67 ± 1.88	38.68 ± 0.83
	Female	61.35 ± 0.95	53.76 ± 1.73	48.08 ± 2.36	44.94 ± 1.21
Mean velocity 200 m (m·s ⁻¹)	Male	3.68 ± 0.15	4.18 ± 0.18	4.58 ± 0.20	5.17 ± 0.11
	Female	3.26 ± 0.05	3.72 ± 0.12	4.16 ± 0.16	4.45 ± 0.12
Water phase duration (s)	Male	0.56 ± 0.03	0.50 ± 0.04	0.43 ± 0.03	0.37 ± 0.03
	Female	0.64 ± 0.03	0.55 ± 0.02	0.48 ± 0.01	0.43 ± 0.02
Aerial phase duration (s)	Male	0.40 ± 0.05	0.24 ± 0.03	0.18 ± 0.04	0.14 ± 0.03
	Female	0.35 ± 0.01	0.23 ± 0.05	0.17 ± 0.05	0.12 ± 0.02
Time to F _{peak} (s)	Male	0.22 ± 0.03	0.21 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.16 ± 0.02
	Female	0.26 ± 0.03	0.24 ± 0.03	0.21 ± 0.02	0.20 ± 0.01
F _{peak} (N)	Male	225 ± 31	234 ± 32	266 ± 33	274 ± 35
	Female	126 ± 11	130 ± 8	146 ± 7	153 ± 11
F _{mean} (N)	Male	118 ± 16	128 ± 18	157 ± 18 ^a	171 ± 18
	Female	72 ± 6	80 ± 9	92 ± 13 ^a	99 ± 15
Impulse (N·s)	Male	66.3 ± 7.3	63.9 ± 7.3	67.7 ± 9.5	63.2 ± 8.4
	Female	46.5 ± 5.9	44.1 ± 5.5	44.2 ± 6.3	42.3 ± 6.6
F _{mean} /F _{peak} ratio (%)	Total sample	53.3 ± 3.3 ^{b,c,d}	57.2 ± 3.9 ^{a,c,d}	61.0 ± 3.8 ^{a,b,d}	64.8 ± 3.7 ^{a,b,c}

Note. Male n = 5 and female n = 5. All analyzed for each stroke rate, mean ± SD. spm = strokes per minute.

^a P < .05, significantly different to 60 spm.

^b P < .05, significantly different to 80 spm.

^c P < .05, significantly different to 100 spm.

^d P < .05, significantly different to race pace.

Tabella 4 – Parametri della pagaia, variabili in funzione dell'aumento dei colpi (da: Gomez et al., 2015, modificato).

All'aumentare della frequenza di pagaiata e quindi della velocità media aumentano sia la forza di picco che la forza media; l'atleta che dunque è fisicamente più forte e riesce a sostenere una frequenza maggiore ha maggiori probabilità di successo (Gomez et al., 2015).

I distretti muscolari maggiormente sollecitati sia nel kayak che nella canoa sono quelli del tronco e arti superiori; mentre la muscolatura dell'avambraccio lavora quasi isometricamente per impugnare la pagaia, il motore propulsivo è dato dalla contrazione concentrica ed alternata del core, lombari e fascia addominale, gran dorsale, trapezio, deltoide e braccia. Anche gli arti inferiori intervengono in maniera significativa; nel kayak il gluteo ed il quadricipite omolaterali rispetto al lato della pagaiata si contraggono grazie alla spinta del piede sul puntapiedi, che estende la gamba e ruota il bacino. Si tratta di un movimento fondamentale soprattutto per permettere ai distretti superiori di coordinarsi in maniera ottimale durante il gesto tecnico. Quando l'azione degli arti inferiori viene limitata o impedita, si nota una riduzione del 21% sulla forza applicata alla pagaia, del 16% sulla velocità dell'imbarcazione e del 14% sulla frequenza di pagaiata (Nilsson e Rosdahl, 2016).

Tra le caratteristiche fisiologiche maggiormente indagate sui canoisti e presenti in letteratura, vi sono il massimo consumo di ossigeno (VO₂max) e la concentrazione di lattato ematico.

Il primo è stato spesso investigato a secco, e non in acqua, utilizzando il kayak ergometro in laboratorio, per ragioni logistiche. Sebbene il kayak ergometro sia lo strumento che più fedelmente simula la pagaiata, molto probabilmente i parametri ricavati tramite quest'ultimo differiscono leggermente da quelli reali. Il VO₂max in atleti d'élite di canoa e kayak può essere considerato ottimale, come media, a 58,4 ml.kg.min⁻¹ (Michael et al., 2008). Ad esempio, in atleti di canoa e kayak indiani il VO₂max è, rispettivamente, di 48,75±7,30 ml.kg.min⁻¹ e 52,26±5,16 ml.kg.min⁻¹ (Manna e Adhikari, 2018), mentre in giovani juniores (15-16 anni) il VO₂max è di 44,9±9,8 (Forbes et al., 2009). In generale è possibile affermare che il VO₂max nei canoisti e kayakers sia più basso rispetto a quello fatto registrare da atleti praticanti altri sport, come ciclismo e cross-country sky, 73-78 ml.kg.min⁻¹. Ciò è dovuto ad un differente utilizzo della muscolatura. Ormai sappiamo infatti che gli atleti che utilizzano la parte inferiore come motore primario dell'attività mostrano i valori di VO₂max maggiori in assoluto.

Per quanto riguarda l'accumulo di lattato in atleti esperti, dopo una prova massimale di 2 minuti ne sono state rilevate le seguenti concentrazioni: 13,0±3,2 mmol.L⁻¹ con un pH sanguigno di 7,20±0,07 (Bishop et al., 2002). La soglia aerobica è stata rilevata a 2,7mmol.L⁻¹ e 170 bpm (VO₂max: 44,2ml.kg.min⁻¹), mentre la soglia anaerobica all'89% della FCmax e 82,4% del VO₂max (van Someren e Oliver, 2002). Atleti della nazionale svedese di kayak hanno avuto un picco di La⁻ di 14,4±4,1 mmol.L⁻¹ dopo una prova massimale di 6 minuti in acqua ed un gruppo di 21 maschi d'élite di kayak hanno un accumulo massimo di 8,0±1,3 mmol.L⁻¹ (Loures et al., 2014).

La Tabella 5 mostra il modello prestativo di 11 atleti di canoa e 12 di kayak (19-21 anni) con 3-4 ore di pratica in acqua di canoa / kayak al giorno per tre giorni e 3-4h / giorno per tre giorni al remo-ergometro fisso (Hamano et al., 2015).

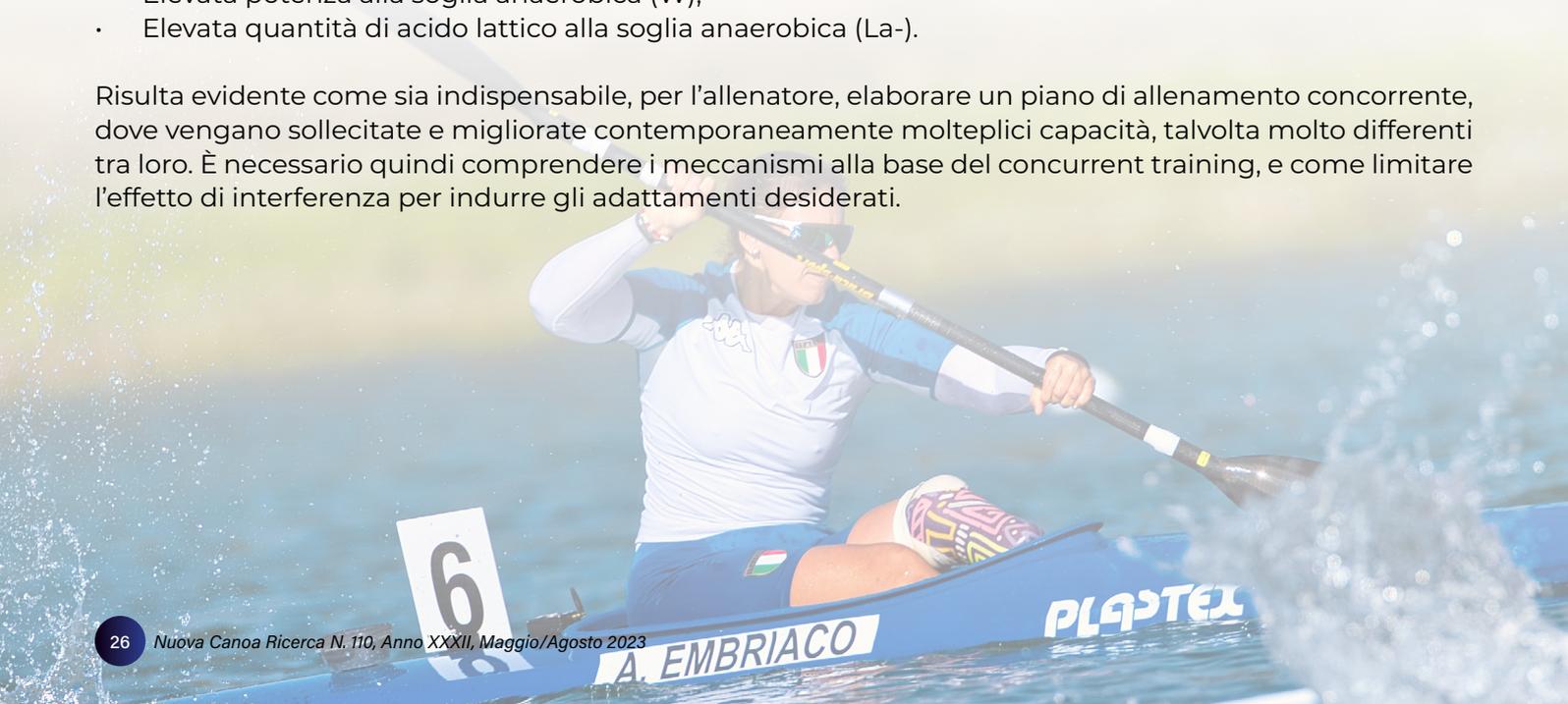
VARIABILE	CANOA	KAYAK
Forza nella presa	50,0± 11,5	50,6± 7,9
Rematore prono	146,9 ±29,4	151,5 ±23,4
Sit-up (numero)	34,8± 6,2	33,8± 8,0
Squat jump (cm)	42,3± 4,2	44,2± 5,1
VO2max (L/min)	3,83 ± 0,3	3,81 ± 0,3
VO2max (mL/Kg/min)	54,3± 4,3	55,6± 3,7
Lattato (mmol/L)	13,4± 4,3	13,0± 3,3
FCmax	192,0 ±5,6	189,3 ±7,4
WingateTest (Wavg)	649,9 ±86,4	640,3 ±82,9
WingateTest (Wmax)	861,2 ± 121,7	841,1 ± 134,5
WingateTest (Wavg)	9,2±0,6	9,3±0,7
WingateTest (Wmax)	12,2± 1,0	12,2± 1,0
Back Squat (Kg)	104,5 ±17,6	97,0± 21,2
Panca piana (Kg)	90,8± 21,7	83,8± 18,6

Tabella 5 - Caratteristiche Fisiche e Prestative tra Atleti di Canoa e Kayak (da: Hamano et al., 2015, modificato).

Le variabili maggiormente correlate con la prestazione sono la forza della presa ($r= 0,745$), della schiena ($r= 0,846$), VO2max ($r=0,709$), lattato ($r= 0,595$), la potenza media e massima al Wingate test ($r= 0,816$ e $0,719$) e panca piana ($r= 0,760$). Non sono altamente correlate lo squat ($r= 0,335$) e lo squat jump ($r= 0,159$) (Hamano et al. 2015). Per concludere, la canoa e il kayak d'acqua piatta sono discipline che impongono all'atleta di sviluppare un'ampia gamma di capacità fisiche. Per competere ad alto livello, il canoista deve possedere buoni livelli di:

- Forza massima (upperbody,1 RM);
- Potenza massima (W);
- Massimo consumo di ossigeno (VO2max);
- Resistenza alla potenza (W);
- Resistenza lattacida (La-);
- Elevata potenza alla soglia anaerobica (W);
- Elevata quantità di acido lattico alla soglia anaerobica (La-).

Risulta evidente come sia indispensabile, per l'allenatore, elaborare un piano di allenamento concorrente, dove vengano sollecitate e migliorate contemporaneamente molteplici capacità, talvolta molto differenti tra loro. È necessario quindi comprendere i meccanismi alla base del concurrent training, e come limitare l'effetto di interferenza per indurre gli adattamenti desiderati.



► POSSIBILI INTERAZIONI TRA ALLENAMENTO DI FORZA E RESISTENZA

Basi funzionali che determinano i due fattori

Nel mondo scientifico è stata approfonditamente affrontata la questione sugli effetti del concurrent training sulle prestazioni aerobiche ed anaerobiche; uno dei primi studi in materia (Hickson, 1980) ha messo in luce come allenare simultaneamente le qualità legate alla forza e alla resistenza abbia effetti dannosi sulla prima, ma non sulla seconda. Hickson ha definito i guadagni di forza compromessi con l'allenamento simultaneo di forza e resistenza; questo fenomeno viene chiamato "effetto di interferenza". A partire dal lavoro di Hickson (1980), i risultati della maggior parte degli studi confermano che i guadagni in ipertrofia muscolare e forza sono compromessi quando l'allenamento di forza e resistenza sono intrapresi in concomitanza rispetto a quando questi vengono allenati separatamente. Indagini più recenti invece hanno mostrato un largo range di risposte al concurrent training, talvolta contrastanti, suggerendo come gli effetti derivanti da metodi di CT siano strettamente dipendenti da molte variabili, come differenze genetiche, di genere, età, stato di allenamento, modalità e sequenza delle esercitazioni e stato nutrizionale dei soggetti.

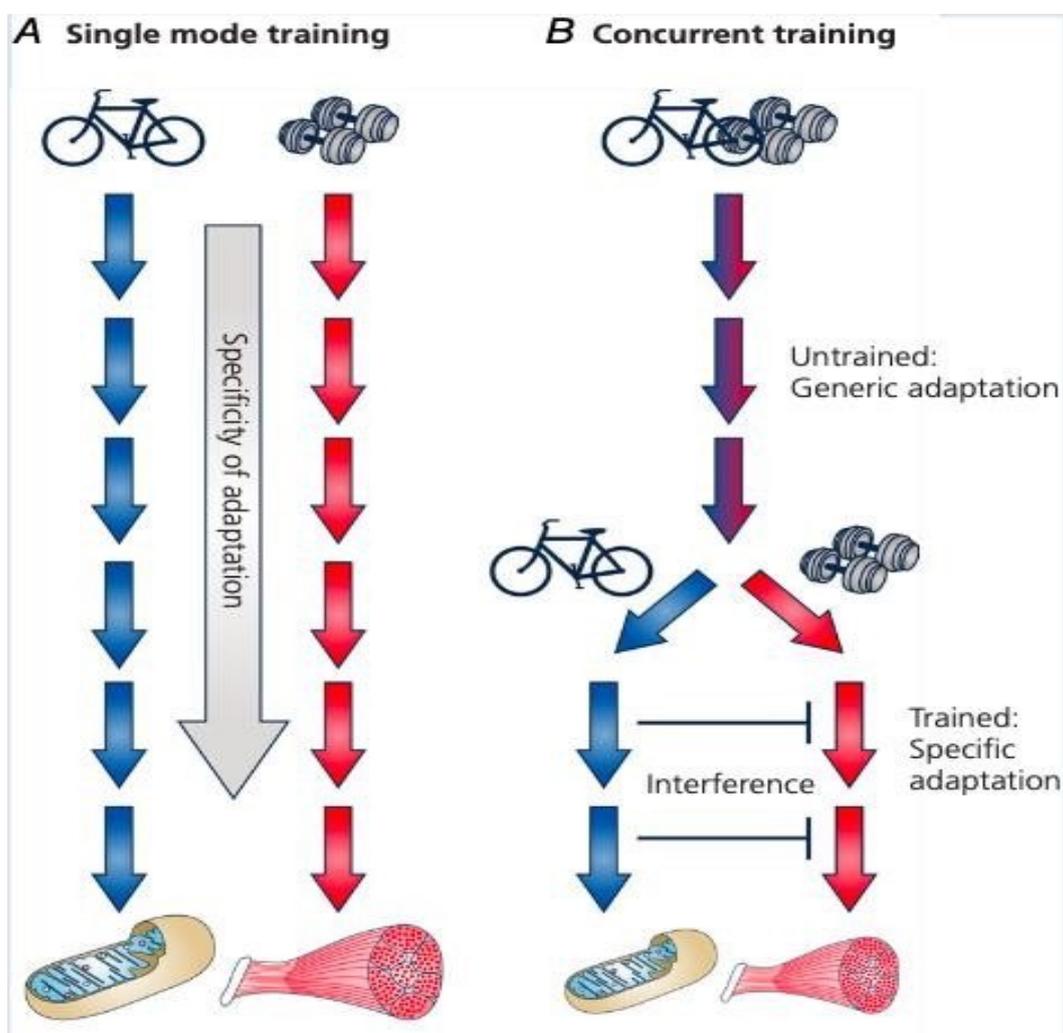


Figura 3 - Meccanismo dell'interferenza, nel confronto fra allenamento singolo e concurrent training (da: Coffey e Hawley 2017, modificato).

L'effetto di interferenza sembra essere tanto più elevato quanto più alto è il livello di qualificazione dell'atleta (Coffey e Hawley, 2017). Questo rappresenta una sfida per l'allenatore del canoista d'élite, che deve allenare molteplici qualità limitandone l'interferenza negativa.

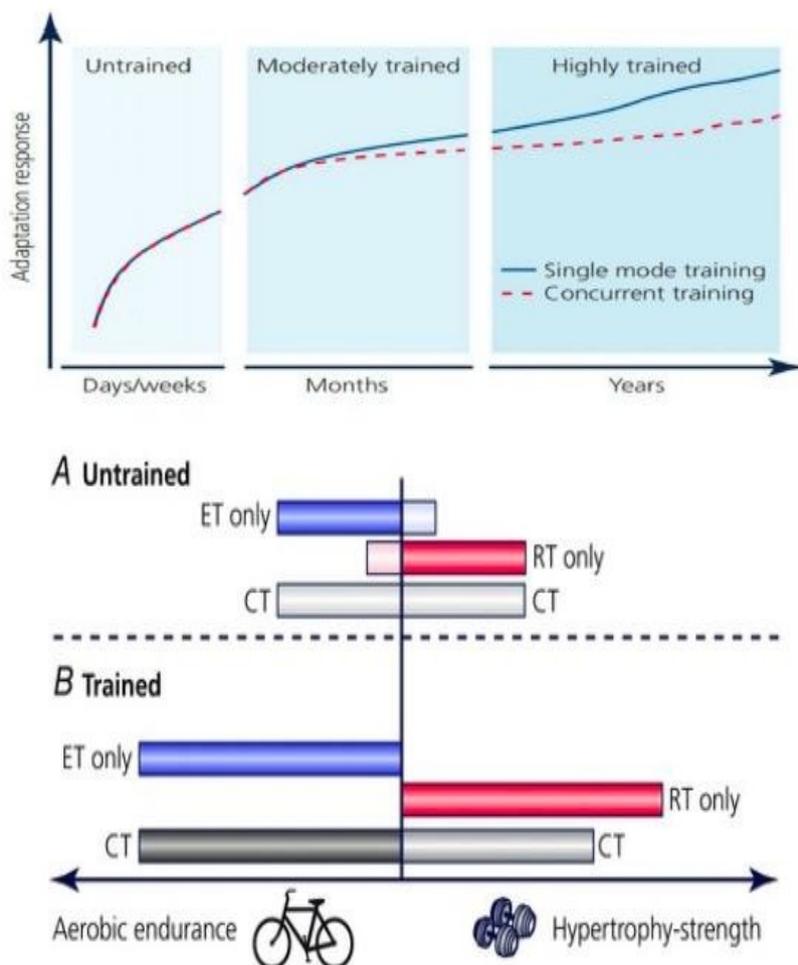


Figura 4 – Concurrent Training, effetti dell'esperienza di allenamento. In alto, ipotetico andamento nel tempo per gli adattamenti funzionali del muscolo scheletrico, dalla condizione di non allenato a individuo molto allenato. In basso, adattamento all'allenamento del muscolo scheletrico in soggetti non allenati comparato a quello in soggetti allenati (da: Coffey e Hawley, 2017, modificato).

È possibile distinguere all'interno dei domini dell'endurance e della forza adattamenti di tipo centrale, a carico del sistema nervoso, e periferici, a carico della muscolatura scheletrica (Wilmore e Costill, 2005). Adattamenti centrali all'allenamento della forza:

- miglior reclutamento di unità motorie. Maggiore è il numero di fibre muscolari che questo recluta, maggiore è la forza impressa ad un dato carico.
- migliora la capacità delle unità motorie del singolo muscolo di attivarsi contemporaneamente, migliorando la velocità di produzione di forza, ed esprimendone una quantità maggiore nell'unità di tempo.
- aumenta la coordinazione intermuscolare. Il sistema nervoso recluta più muscoli coinvolti nel movimento in modo da raggiungere l'obiettivo richiesto con il dispendio energetico minimo. Attraverso gli adattamenti neurali si ottiene un movimento più efficiente ed efficace a parità di forza espressa. Questi vengono indotti dall'allenamento di qualità come la forza massima e la potenza, con carichi superiori all' 85% di 1RM, e range di ripetizioni tra 1 e 6 con ampi recuperi.

Adattamenti periferici all'allenamento della forza:

- l'ipertrofia è l'adattamento periferico maggiormente evidente. È dovuta allo stimolo del SN sulle strutture muscolari e sul sistema endocrino, con sintesi di proteine contrattili. È tipicamente indotta dall'utilizzo di carichi compresi tra 70-80% di 1RM per 6-12 ripetizioni, con recuperi medio-brevi ed alto volume di lavoro.
- La resistenza muscolare locale (RML), che riveste grande importanza negli sport ciclici individuali, come la canoa e il kayak, si manifesta con la capacità di mantenere un'elevata potenza/velocità per tempi lunghi. Induce un aumento della tolleranza alla fatica, provocato dall'importante accumulo di metaboliti nel muscolo scheletrico, dove avviene un aumento degli enzimi ossidativi ed una diminuzione della capillarizzazione e densità mitocondriale. L'intensità del carico e il numero di ripetizioni per lo sviluppo della RML varia molto a seconda dei gradi di qualificazione del soggetto. In generale è possibile affermare che vengono usati carichi dal 67% al 30% di 1RM rispettivamente per 15-40 ripetizioni e oltre in atleti di elite.

Adattamenti centrali nell'allenamento della resistenza:

- si manifestano a livello della soglia aerobica. In seguito all'aumento di dimensione del cuore, ed una maggior potenza di contrazione, avviene un aumento di affinità per l'emoglobina, aumento della diffusione polmonare, volume di scarica sistolica, gettata cardiaca. La diffusione è il passaggio spontaneo di gas, che non richiede sforzo o impiego di energia da parte dell'organismo, tra gli alveoli e i capillari polmonari. Il volume di scarica sistolica è la quantità di sangue pompato da un ventricolo ad ogni sistole ventricolare. La gettata cardiaca aumenta di netto nel caso di esercizi massimali, mentre ad intensità più blande non varia di molto, essendo il prodotto di gittata sistolica (che aumenta) e frequenza cardiaca (che diminuisce). Gli adattamenti centrali vengono maggiormente indotti da allenamenti aerobici prolungati a bassa intensità, inferiore o uguale alla soglia anaerobica.

Adattamenti periferici nell'allenamento della resistenza:

- a livello del muscolo scheletrico aumentano il numero di enzimi ossidativi, di capillari, e di mitocondri, oltre ad una maggiore efficienza di questi ultimi. Inoltre, aumenta la differenza artero-venosa di ossigeno; le cellule riescono ad estrarre dal circolo sanguigno più ossigeno da utilizzare a scopo energetico, il che riflette una maggior utilizzazione dello stesso e più efficace distribuzione verso i tessuti attivi. Questi adattamenti sono favoriti da allenamenti ad alta intensità, uguale o superiore al VO₂max.

Nelle attività di endurance ad elevato impegno muscolare la capillarizzazione riveste un ruolo determinante per la performance. A livello funzionale, l'aumento della densità capillare permette un maggior afflusso di sangue ai tessuti muscolari per assolvere alla maggiore richiesta di ossigeno. Grazie ad una incrementata efficienza mitocondriale poi, il tessuto attivo è in grado di estrarre più ossigeno dal torrente ematico e smaltire più rapidamente metaboliti e prodotti di scarto derivanti dal metabolismo anaerobico. I principali fattori limitanti la prestazione sono quindi di tipo periferico, e non centrale; per tale ragione, nella progettazione di un programma di concurrent training, occorre prestare particolare attenzione agli "effetti di interferenza" che limitano gli adattamenti periferici. Prima però è necessario trattare ciò che determina questi ultimi a livello molecolare, sia per la forza che per la resistenza.

Osservando le basi molecolari degli adattamenti muscolari scheletrici all'esercizio (ad esempio aumento della massa mitocondriale, alterazione dei substrati metabolici, angiogenesi o ipertrofia miofibrillare) si nota un aumento dell'espressione e/o dell'attività delle proteine chiave mediate da una serie di eventi di segnalazione: processi pre e post trascrizionali, regolazione della traduzione e dell'espressione proteica, modulazione delle attività proteiche (enzimatiche) e/o localizzazione intracellulare (Hawley et al., 2014; Egan e Zeriath, 2013). Inoltre, tra gli eventi di segnalazione si verifica il fenomeno di "cross-talk", grazie al quale questi eventi si combinano per produrre una risposta integrata ad uno stimolo dato dall'esercizio, per arrivare poi a portare miglioramenti funzionali e alterazioni del fenotipo (Egan e Zeriath, 2013; Hawley et al., 2015). Le varie vie di segnalazione coinvolte nell'adattamento a resistenza e forza sono numerose e sono state riviste in dettaglio in vari articoli (Coffey e Hawley, 2017; Hawley et al., 2014; Egan e Zeriath, 2013). È importante ricordare che la cascata di segnalazione AMPK è stata considerata una delle vie principali attraverso la quale le risposte indotte dall'allenamento di resistenza possono compromettere l'ipertrofia muscolare e la forza nell'allenamento concomitante (CT). Tuttavia, la fosforilazione dell'AMPK e l'attivazio-

ne sono state rilevate anche a seguito di periodi acuti di allenamenti di forza/potenza. Questo indica che l'attivazione dell'AMPK, indotta dalla contrazione, non è limitata esclusivamente a uno stimolo di allenamento di resistenza (Dreyer et al., 2006; Koopman et al., 2006), bensì dalla storia pregressa di allenamento del singolo individuo a causa di una sottostante incompatibilità nel fenotipo indotto dall'allenamento quando si intraprende uno stimolo opposto a quello dato sino in precedenza (Coffey et al., 2006). Sembra opportuno concludere che la storia di allenamento ha una grande influenza su qualsiasi firma molecolare indotta da un addestramento concomitante (CT).

Per spiegare il fenomeno di interferenza nell'allenamento concomitante di forza e resistenza sono state proposte ipotesi croniche e acute.

L'ipotesi cronica sostiene che il muscolo scheletrico non possa adattarsi metabolicamente o morfologicamente sia al training di forza che di resistenza simultaneamente perché gli adattamenti al training di resistenza sono spesso incoerenti con gli adattamenti osservati durante l'allenamento di forza. Ad esempio, è stato dimostrato che l'allenamento di resistenza aumenta l'attività degli enzimi aerobici (Benzi, 1975; Gollnick et al., 1973). Tuttavia, l'attività degli enzimi aerobici può essere diminuita dopo l'allenamento muscolare (Tesch et al., 1987).

L'ipotesi acuta sostiene invece che la fatica residua provocata dalla componente di resistenza compromette la capacità di sviluppare tensione durante il successivo allenamento di forza (Craig et al., 1991). L'ipotesi acuta suggerisce quindi che il semplice esercizio di forza e resistenza in concomitanza non necessariamente causa un deterioramento dello sviluppo della forza. Su questo, infatti, influisce anche la programmazione delle sessioni di allenamento. Per riassumere i numerosi studi sul tema presenti in letteratura, è stato suggerito che il tempo necessario per dare al corpo sufficiente recupero tra le sessioni di allenamento può essere il fattore limitante quando si tenta di indurre adattamenti simultanei per l'allenamento di forza e resistenza, e che questo dovrebbe essere di almeno 8 ore (Leveritt et al., 1999).

► RECLUTAMENTO DELLE UNITA' MOTORIE NELLA RESISTENZA ALLA FORZA

Enoka (1997) ha sostenuto che un aumento di forza può essere ottenuto senza modificazioni strutturali nel muscolo, ma non senza adattamenti nervosi. La forza non è quindi soltanto una proprietà del muscolo, bensì una proprietà dell'intero sistema motorio, dove il reclutamento delle unità motorie è estremamente importante. Nei soggetti sedentari o non allenati alla forza, le unità motorie vengono reclutate in maniera asincrona, ovvero non tutte si attivano nello stesso istante. Esse sono controllate da tipi di neuroni diversi, ed il fatto che si contraggano o rimangano rilasciate dipende dalla sommatoria degli impulsi ricevuti in un dato istante. L'aumento di forza potrebbe dipendere da modificazioni nei collegamenti tra motoneuroni situati nel midollo spinale, il che consentirebbe alle unità motorie di agire con maggior sincronia, aumentando la capacità del muscolo di generare forza. Un altro fattore di carattere nervoso che potrebbe portare il muscolo allenato a produrre una maggiore quantità di forza è l'aumento della frequenza di scarica delle unità motorie (Enoka, 1997).

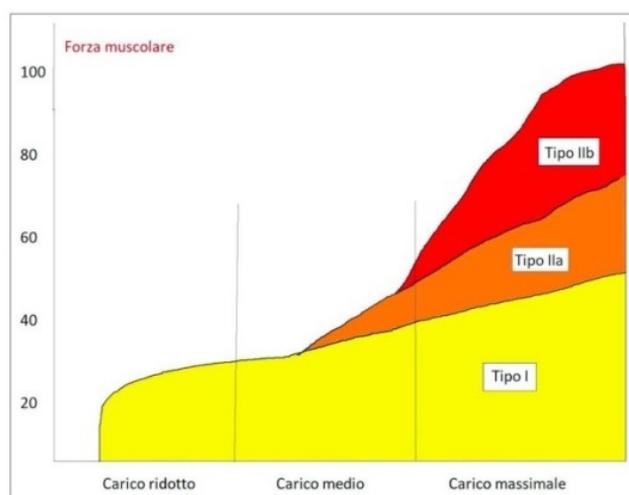


Figura 5 - Schematizzazione del Principio di Henneman, con reclutamento delle unità motorie delle fibre di Tipo I, IIa, IIb, in funzione del carico di allenamento (da: Costill, 1980, modificato)

I primi studi riguardanti il reclutamento delle unità motorie ci vengono da Henneman, il quale formulò nel 1965, l'omonimo principio, secondo il quale il sistema nervoso centrale recluta le unità motorie (UM) iniziando da quelle più piccole, meno potenti, dispendiose e facilmente eccitabili rispetto a quelle più grosse, più potenti, dispendiose e meno eccitabili (Henneman et al., 1965). Questo principio è uno dei più confermati in letteratura scientifica sia in animali che in umani (Carpinelli, 2008). La variabile indipendente è l'intensità dello stimolo, mentre la variabile dipendente è il reclutamento delle unità motorie. Questo è un passaggio molto importante per capire il discorso; infatti, è l'intensità dello sforzo che determina il reclutamento motorio la cui risultante è la forza erogata e non è la forza (o il carico) che determina le UM da reclutare. Alcuni autori, però, hanno sostenuto che per reclutare le unità motorie più grandi e per ottimizzare gli incrementi di forza sia necessaria una resistenza massimale o submassimale (Haff et al., 2001). Allo stato dell'arte attuale il carico che permette di reclutare parte delle fibre I, IIa e parte delle IIb si ritiene essere intorno all'80% (+/-x%) (Fortunati, 2023). Recenti studi mostrano che le serie a cedimento con un carico leggero non sono equivalenti a quelle con il carico elevato per l'attivazione delle UM (>80% 1RM vs <60% 1RM) in quanto ci sono più UM reclutate nei carichi pesanti (Schoenfeld et al., 2014; Jenkins et al., 2015), mentre da altre ricerche ed autori rilevano che le due tipologie sono equivalenti (Morton et al., 2019; Burd et al., 2012). Di conseguenza, questo è ancora un tema di dibattito e si pensa sia da attribuire alla difficoltà di lettura e all'imprecisione dell'EMG di superficie, oltre che alla tipologia di esercizi e di soggetti utilizzati. Tuttavia, il principio di Henneman deve essere interpretato, infatti sono sia lo sforzo, che il carico a determinare il reclutamento motorio, in quanto serie a cedimento con carichi bassi hanno mostrato attivazioni delle UM uguali a serie a cedimento a carichi sub-massimali. C'è, però, anche la prova che carichi sub-massimali (+/- 80%) reclutano le fibre ad alta soglia.

► RISPOSTE ENDOCRINE ALL'ESERCIZIO DI FORZA E RESISTENZA MISTO

C'è un crescente corpo di letteratura che indaga la risposta endocrina alle varie forme di allenamento. Testosterone e cortisolo (o loro derivati) sono gli ormoni maggiormente utilizzati come marcatori per l'anabolismo muscolare e catabolismo.

Tipicamente l'allenamento contro resistenza viene associato ad un incremento dei livelli di testosterone, mentre l'allenamento cardiovascolare di endurance è correlato positivamente con i livelli di cortisolo. L'allenamento concomitante che altera l'equilibrio tra gli ormoni anabolizzanti a quelli catabolici può ridurre l'ipertrofia delle fibre e di conseguenza lo sviluppo della forza (Almon e Dubois, 1990).

La review più completa riguardante le risposte endocrine al concurrent training (Kraemer et al., 1995) afferma che l'allenamento di forza ad alta intensità determina un potente stimolo all'ipertrofia delle cellule muscolari, che sembra mediata da un aumento della sintesi proteica e dell'accumulo di proteine contrattili. Al contrario, uno stress ossidativo da endurance training fa sì che il muscolo risponda in modo opposto, degradando e scartando le proteine miofibrillari per ottimizzare la cinetica di assorbimento dell'ossigeno. Gli ormoni anabolici e catabolici giocano un ruolo fondamentale in questi fenomeni metabolici. La maggior parte degli studi presenti in letteratura ha utilizzato soggetti relativamente poco allenati per esaminare gli effetti fisiologici dell'allenamento simultaneo della forza e della resistenza, mentre sono disponibili pochi dati sugli effetti dell'allenamento simultaneo di forza e resistenza su soggetti allenati.

È interessante però notare che la formazione concomitante (CT) non ha sempre dimostrato di ridurre i livelli di testosterone. Infatti, Kraemer et al. (1995) hanno riferito un aumento di testosterone tra l'ottava e la dodicesima settimana di formazione. Tuttavia, bisogna osservare che il Concurrent Training è stato sempre associato anche ad un aumento precedente dei livelli di cortisolo.

Trentacinque uomini sani sono stati abbinati e assegnati in modo casuale a uno dei quattro gruppi di allenamento. Un gruppo ha eseguito un allenamento di forza e resistenza ad alta intensità (C; n = 9), un altro un allenamento di forza e resistenza ad alta intensità solo per la parte superiore del corpo (UC; n = 9), il terzo un allenamento di resistenza ad alta intensità (E; n = 8) e infine il quarto gruppo un allenamento di forza ad alta intensità (ST;n=9). I gruppi C e ST hanno aumentato significativamente la forza massima a una ripetizione per tutti gli esercizi. Solo i gruppi C, UC ed E hanno dimostrato un aumento significativo del consumo massimo di ossigeno su tapis roulant. Il gruppo ST ha mostrato un aumento significativo della potenza. Le risposte ormonali all'esercizio su tapis roulant hanno dimostrato una risposta differenziata ai diversi programmi di allenamento, indicando che l'ambiente fisiologico sottostante varia a seconda del programma di allenamento. I cambiamenti significativi nelle aree delle fibre muscolari sono stati i

seguenti: i tipi I, IIa e IIc sono aumentati nel gruppo ST; i tipi I e IIc sono diminuiti nel gruppo E; il tipo IIa è aumentato nel gruppo C; non ci sono stati cambiamenti nel gruppo UC. (Kraemer et al., 1995).

Le principali variabili che è possibile controllare per cercare di modulare la risposta ormonale al regime di allenamento concorrente sono l'ordine delle esercitazioni ed il rapporto tra il volume delle stesse.

In soggetti già altamente allenati, se l'obiettivo principale dell'intervento di allenamento è quello di indurre un ambiente anabolico acuto post-esercizio, la seduta di endurance dovrebbe precedere quella di forza, in quanto le concentrazioni di testosterone e IGFBP-3 sono aumentate significativamente in seguito a questa combinazione, mentre non sono cambiate quando l'allenamento di endurance veniva svolto dopo quello di forza. Al contrario, le concentrazioni di cortisolo e ormone della crescita sono aumentate significativamente in entrambi i casi (Rosa et al., 2015). Tuttavia, l'esecuzione di esercizi di resistenza prima dell'allenamento di forza ha comportato una riduzione delle prestazioni durante quest'ultimo (Jones et al., 2017). Le concentrazioni di cortisolo e lattato nel sangue sono risultate maggiori quando l'allenamento di resistenza è stato condotto prima dell'allenamento di forza rispetto al contrario. In uomini allenati alla forza, un volume maggiore di resistenza durante un regime di allenamento misto, ha determinato un aumento della risposta del cortisolo all'allenamento. Se lo sviluppo della forza è l'obiettivo principale di un intervento di allenamento, la frequenza dell'allenamento di resistenza dovrebbe rimanere bassa (Jones et al., 2016).

Di seguito una tabella riassuntiva che mostra la risposta dei principali ormoni all'esercizio acuto in soggetti non allenati (Wilmore e Costill, 2005):

GHIANDOLA ENDOCRINA	ORMONE	RISPOSTA ALL'ESERCIZIO ACUTO	EFFETTI ALLENAMENTO FISICO
Lobo anteriore dell'ipofisi	Ormone della crescita (GH)	Aumenta al progredire dell'intensità	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Lobo anteriore dell'ipofisi	Adreno-corticotropina (ACTH)	Aumenta al progredire di intensità e durata	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Lobo posteriore dell'ipofisi	Vasopressina (ADH)	Aumenta al progredire dell'intensità	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Midollare del surrene	Adrenalina	Aumenta al progredire dell'intensità di impegno a partire dal 75% del VO ₂ max	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Midollare del surrene	Noradrenalina	Aumenta al progredire dell'intensità di impegno a partire dal 50% del VO ₂ max	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Corteccia del surrene	Cortisolo	Aumenta solo con intensità di impegno molto elevate	Valori leggermente più elevati
Pancreas	Insulina	Diminuisce con il progredire dell'intensità	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Pancreas	Glucagone	Aumenta al progredire dell'intensità	Risposta attenuata per la stessa intensità di impegno
Testicoli	Testosterone	Lieve aumento con l'esercizio fisico	Livelli di riposo più bassi in corridori maschi
Ovaie	Estrogeni	Lieve aumento con l'esercizio fisico	Livelli di riposo che potrebbero essere più bassi in donne molto allenate

Tabella 6 – Risposta dei principali ormoni all'esercizio acuto in soggetti non allenati (da: Wilmore e Costill, 2005, modificato).

Purtroppo, in letteratura si trovano talvolta affermazioni contrastanti in materia, soprattutto a causa del differente background dei soggetti presi come campione; quasi sempre questi sono non allenati o allenati solo alla forza e non alla resistenza. Per trarre delle conclusioni possiamo però affermare che la variabile principale a determinare la risposta adattativa, non sia tanto l'ordine delle esercitazioni ma il volume delle stesse.

► ADATTAMENTI PERIFERICI E CAPILLARIZZAZIONE NELL'ALLENAMENTO DI FORZA

Gli adattamenti periferici sono di estrema importanza nelle discipline cicliche ad elevato impegno muscolare, e secondo alcuni autori (Paquette et al., 2018) l'ossigenazione muscolare, più del VO₂ max, è un forte indicatore della performance nel kayak e canoa olimpici. Il più evidente adattamento è l'ipertrofia, tuttavia questa non è mai il fine ultimo dell'allenamento della forza nei soggetti che praticano attività di endurance, perché è comunemente accettato che produca, nel muscolo scheletrico, modificazioni che vanno in senso opposto a quelle ricercate per migliorare le prestazioni aerobiche. Nella maggior parte dei casi, infatti, negli atleti l'aumento della sezione trasversa del muscolo, infatti, si verifica come conseguenza dell'allenamento per la forza massimale o per la resistenza muscolare. Quest'ultima si basa sul concetto di continuum delle ripetizioni, conosciuto anche come "strength-endurance continuum" negli esercizi con sovraccarico. Secondo questo principio il numero di ripetizioni effettuate ad un dato carico, risulta in un adattamento specifico.

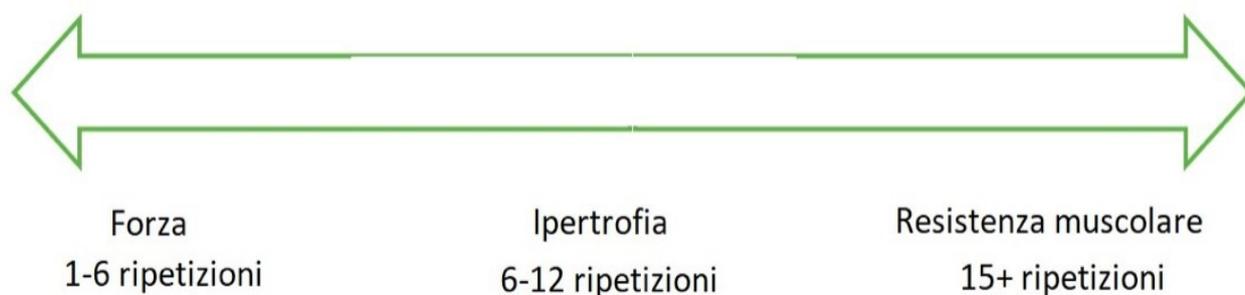


Figura 6 – Range del numero di ripetizioni possibili, in funzione dello sviluppo dei vari tipi di forza (massimale, veloce, ipertrofia, resistente).

L'obiettivo della metodologia per la resistenza muscolare locale è aumentare il numero di ripetizioni eseguibili a cedimento con una percentuale di carico non elevata, compresa tra il 67 ed il 30% di 1RM.

Il dato interessante è che la RML permette un adattamento degli enzimi ossidativi, capillarizzazione e densità mitocondriale paragonabile a quello che si potrebbe ottenere con un allenamento di fondo a bassa o alta intensità (HIIT). Attraverso biopsia muscolare è stato visto che l'allenamento a basso carico portato fino a cedimento (30% 1RM) rispetto all'80% a cedimento o al 30% a volume e equalizzato è l'unico che mostra i maggiori guadagni nello sviluppo delle proteine mitocondriali (Lim et al., 2019).

Inoltre, la RML attiva le cellule satelliti (Burd et al., 2012) e può, a seconda di particolari variabili, migliorare la capacità mitocondriale (Schoenfeld et al., 2015; Ogasawarab et al., 2013). È plausibile che l'esecuzione con carichi inferiori e ripetizioni più elevate produca i benefici di un allenamento simile alla resistenza e all'endurance, provocando cambiamenti positivi nella massa muscolare, nell'attivazione delle cellule satelliti e nel metabolismo mitocondriale. Per quanto riguarda la capacità mitocondriale, l'espressione della COX IV è aumentata dopo l'allenamento della resistenza alla forza ($P = 0,006$) (Ogasawarab et al., 2013).

Notevole risvolto a livello prestativo, è che in soggetti allenati nell'endurance un protocollo ad alte ripetizioni per 8 settimane permette di aumentare maggiormente la potenza alla seconda soglia ventilatoria (OBLA) (18 ± 15 W vs $-3,5 \pm 20$ W, $p < 0,05$) ed il VO₂ relativo alla stessa intensità rispetto al gruppo di controllo con solo allenamenti di fondo secondo (Lantis et al., 2017; Farrell et al., 2018). Invece, se questo protocollo fosse implementato solo per 4 settimane non si riscontra lo stesso beneficio (Farrell et al., 2018; Iii et al., 2017). Quindi, implementare un macrociclo di almeno 8 settimane di RML consente di aumentare la prestazione negli sport di fondo come ciclismo, corsa e cross-country ski.

Ciò avviene perché l'allenamento della resistenza muscolare locale permette un accumulo di lattato e riduzione del pH simile a quelli rilevati dai protocolli di HIIT; infatti, la risposta media può anche essere di $10,5 \pm 1,9$ mmol/L (Farrell et al., 2018; Rogatzki et al., 2014; Edge et al., 2006). I valori raggiunti sono sicuramente superiori a quelli monitorati nelle sedute di forza tradizionale (Farrell et al., 2018).

► POSSIBILI STRATEGIE PER RIDURRE GLI EFFETTI CONTRASTANTI NELL'ALTA SPECIALIZZAZIONE

La periodizzazione nell'atleta di alta qualificazione ha come obiettivo quello di evitare lo stallo nella progressione dei miglioramenti, l'eccesso di stress, il sovrallenamento e il rischio di infortuni, massimizzando i guadagni delle prestazioni e degli adattamenti e consentendo il recupero fisico. Con essa si fa sempre riferimento al processo di organizzazione e programmazione dell'allenamento sul lungo termine ma, rispetto alla periodizzazione giovanile, il cui orizzonte temporale può superare i 10 anni, questa volta l'arco temporale è annuale, una stagione sportiva, o pluriennale, 4 anni nel caso di atleti olimpici. Il fine ultimo è consentire all'atleta di raggiungere il proprio picco prestativo in un momento ben preciso, in corrispondenza della competizione più importante. Ciò viene fatto attraverso un'alternanza ciclica e sistematica nella variazione dei principali parametri di allenamento, prevalentemente intensità e volume, che va dal generale allo specifico, per avvicinarsi sempre di più al gesto tecnico, ritmo ed impegno metabolico della specialità in cui l'atleta compete. Tuttavia, un soggetto di alto livello ha generalmente raggiunto molti dei suoi limiti nelle riserve di prestazione, quindi la sua attività agonistica presenta generalmente oscillazioni volume-intensità inferiori al 20%.

Periodizzare è fondamentale perché gli studi comparativi in cui veniva stabilita la differenza tra i programmi periodizzati e non, hanno dimostrato da tempo la superiorità dei programmi periodizzati su quelli non periodizzati in termini di maggiori guadagni della forza, miglioramenti della composizione corporea e delle abilità motorie (Williams et al., 2017).

L'allenamento è suddiviso in componenti di diversa durata temporale in funzione delle necessità dello stesso:

- l'unità di allenamento, ovvero la singola seduta con un obiettivo specifico;
- il microciclo, sezione di tempo tipicamente breve, da 7 a 10 giorni, che riflette la direzione principale dell'allenamento. Inoltre, permette una significativa modulazione del volume e intensità;
- il mesociclo, formato da 2 a 5 mesocicli, il cui rapporto tra carico e scarico determina il livello di affaticamento dell'atleta;
- il macrociclo, formato dall'insieme di 2-3 mesocicli, rappresenta le caratteristiche del periodo, preparatorio, agonistico o transitorio.

Quando si devono sviluppare molteplici qualità fisiche nel corso della stagione agonistica, come nel caso del kayak sprint, la suddivisione temporale e la modulazione dei parametri allenanti deve essere particolarmente attenta. Esistono diverse strategie di periodizzazione, che la ricerca ha frequentemente paragonato individuando la superiorità di determinati modelli per scopi specifici, come verrà esposto in seguito. Le strategie di periodizzazione principali sono:

- periodizzazione lineare (LP), è il modello classico che prevede una progressione da lavoro ad alto volume e bassa intensità verso un minore volume ed intensità crescente durante i vari cicli (Fleck e Kraemer, 2004).
- periodizzazione lineare inversa (RLP), prevede un'inversione dei parametri rispetto alla versione classica, partendo dal basso volume ed alta intensità progredendo verso l'alto volume e la bassa intensità (Frankel e Kravitz, 2000);
- periodizzazione non lineare, od ondulata (NLP o UP), dove il volume e l'intensità di allenamento sono aumentate e diminuite su base giornaliera (DUP) o settimanale (WUP) diversamente dal modello tradizionale (Rhea et al., 2003).
- periodizzazione a blocchi, prevede il susseguirsi di 3 mesocicli secondo un criterio logico, dove ciascuno dei quali si concentra su poche capacità per un breve periodo allo scopo di non perdere gli adattamenti ottenuti nei mesocicli precedenti (Issurin, 2008).

I diversi modelli di periodizzazione sono stati spesso comparati per stabilire quali potessero rivelarsi più produttivi per lo sviluppo degli adattamenti, della prestazione del miglioramento della composizione corporea o dei guadagni muscolari.

Rhea et al. (2002) hanno paragonato gli effetti della periodizzazione lineare o ondulata sullo sviluppo della forza negli esercizi di panca piana e leg press per 12 settimane. Il gruppo lineare ha variato l'intensità alle settimane 4 e 8, mentre il gruppo ondulato lo variava su base giornaliera. Entrambi i gruppi hanno incrementato la forza, ma il gruppo ondulato ottenne miglioramenti maggiori.

L'anno successivo, la stessa équipe fronteggiata da Rhea et al. (2003) ha confrontato la periodizzazione lineare, ondulata, e lineare inversa, per verificare le differenze nello sviluppo della resistenza muscolare locale, equiparando volume ed intensità. Tutti e 3 i modelli hanno aumentato la RML, ma il gruppo lineare inverso ha dimostrato gli incrementi maggiori rispetto agli altri.

Infine, Painter et al. (2012) hanno indagato quale strategia di periodizzazione, tra la DUP e il modello a blocchi, inducesse maggiori guadagni di forza e tasso di sviluppo della forza, in atleti americani di alto livello nell'atletica leggera durante 10 settimane. Sebbene non siano state rilevate differenze significative, il gruppo che ha seguito il modello a blocchi ha svolto un volume di lavoro inferiore Painter et al. (2012). I dati raccolti sembrano indicare che la strategia di lavoro a blocchi risulti più efficiente rispetto a quella ondulata nell'indurre guadagni di forza e potenza.

I risultati delle ricerche condotte su kayakers di livello mondiale sembrano andare nella stessa direzione; García-Pallarés et al. (2009), hanno confrontato i cambiamenti nella performance di canoisti spagnoli di livello olimpico a seguito di un modello di periodizzazione tradizionale (TP) e a blocchi (BP). Quest'ultimo è risultato più efficace per migliorare la performance perché sebbene i guadagni siano stati simili in VO₂max e consumo di ossigeno alla soglia ventilatoria, il ciclo TP è stato di 10 settimane e 120 ore più lungo del ciclo BP, e gli aumenti indotti dall'allenamento sulla potenza del colpo, cioè le prestazioni specifiche della pagaiata, sono stati significativamente maggiori dopo il BP rispetto al TP. Le differenze più importanti tra i due cicli sono state il volume totale di allenamento (cioè le ore di allenamento di resistenza) e la percentuale del volume di allenamento sviluppato rispetto agli obiettivi di allenamento di resistenza selezionati. Durante la suddivisione in blocchi, infatti, i canoisti hanno completato un maggiore accumulo di carico di lavoro rispetto agli obiettivi di allenamento selezionati, pur eseguendo un volume di allenamento totale inferiore García-Pallarés et al. (2009).

Sempre García-Pallarés e Izquierdo (2011) hanno condotto un'indagine su canoisti di alta qualificazione, al fine di delineare le strategie per ridurre l'effetto di interferenza nell'allenamento concorrente, non solo sul lungo periodo, come la scelta del modello di periodizzazione ottimale visto precedentemente, ma anche sul breve e medio periodo. La review prende in esame diversi studi riguardanti la combinazione ottimale delle capacità da sviluppare, e la sequenza delle esercitazioni. Docherty e Sporer (2000), propongono un nuovo modello per l'allenamento concorrente: è sconsigliato sviluppare nello stesso blocco la resistenza muscolare locale e il VO₂max, perché portano ad adattamenti periferici opposti. Tuttavia, osservando attentamente il presente studio si nota come gli autori intendano la resistenza muscolare locale come 8-12 RM, range ipertrofico secondo il "repetition-continuum" precedentemente esposto; dunque, l'affermazione non è in contrasto con quanto sostenuto nei paragrafi precedenti, come inizialmente sarebbe potuto sembrare. Essi suggeriscono di sviluppare contemporaneamente resistenza aerobica e soglia anaerobica con la resistenza muscolare locale, per via degli adattamenti rispettivamente centrali e periferici che vanno a creare. Allo stesso modo la combinazione di forza massima e potenza con VO₂max risulta ottimale, perché l'effetto di interferenza è limitato a causa dei diversi siti dove si manifestano gli adattamenti.

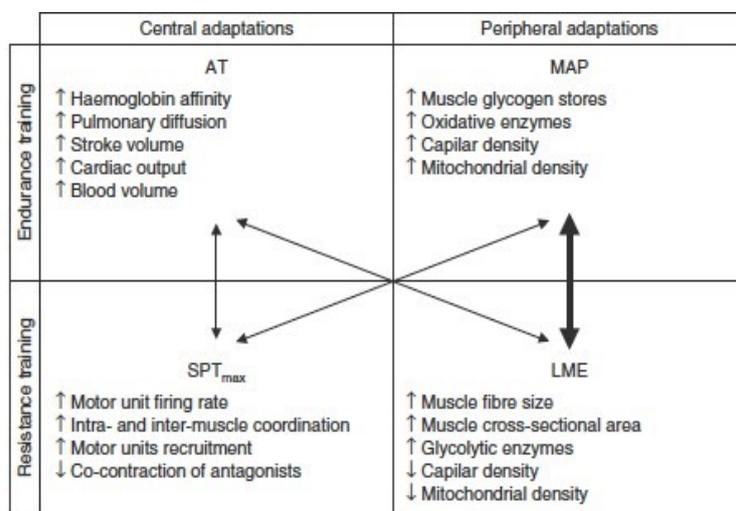


Tabella 7 - Combinazione ottimale tra la resistenza e allenamento intensivo di endurance. **AT**: Soglia anaerobica o intensità più bassa di allenamento di endurance. **LME**: Allenamento muscolare locale di endurance. **MAP**: Massima Potenza Aerobica. **SPTmax**: Allenamento di forza massimale e potenza (da: Docherty e Sporer, 2000, modificato).

Il presente schema evidenzia gli adattamenti centrali e periferici derivanti da diversi stimoli aerobici e anaerobici, e la loro combinazione ideale. Da tenere presente che per LME gli autori intendono il range ipertrofico 8-12RM, mentre fin'ora nel testo la resistenza muscolare è stata intesa come 15 fino a 40 e oltre ripetizioni (García-Pallarés e Izquierdo, 2011).

L'effetto di interferenza tra gli adattamenti periferici si ottiene solo nei distretti muscolari sollecitati dall'allenamento di endurance. Per i canoisti e kayakers che utilizzassero mezzi di allenamento generale a terra per lo sviluppo del condizionamento aerobico, come la corsa, ciclismo o altro, è sconsigliato effettuare sedute per l'incremento del VO₂max, perché la risposta adattativa nei gruppi muscolari non specifici non si traduce in altrettanto aumento di prestazione in barca (Sporer, Wenger, 2003).

Infine, nei soggetti allenati l'allenamento di forza e potenza deve essere svolto prima di quello per la resistenza se stimolati nella stessa seduta, o se viceversa, almeno a distanza di 8 ore (Sporer, Wenger, 2003). Inoltre, sempre per lo sviluppo della forza massimale serie in buffer, quindi non a cedimento sembrano dare guadagni maggiori all'interno di un programma di allenamento concorrente (Izquierdo-Gabarren et al., 2010).

► CONCLUSIONI

Gli atleti praticanti sport ciclici ad elevato impegno aerobico e muscolare distrettuale necessitano di implementare nei loro allenamenti sedute volte allo sviluppo delle capacità di resistenza e di forza. In particolare nella canoa sprint buoni livelli forza massima e resistente, VO₂max e ossigenazione muscolare vengono associati positivamente alle prestazioni di gara. Esistono diversi studi in letteratura che analizzano l'effetto di interferenza sugli adattamenti derivanti da stimoli opposti, tuttavia è ampiamente dimostrato che con una corretta impostazione del programma di allenamento e gestione degli stimoli è possibile indurre miglioramenti anche in atleti di élite. Di particolare interesse all'interno dell'elaborato è l'analisi degli adattamenti periferici conseguenti ad esercitazioni di resistenza alla forza. Durante almeno otto settimane di allenamenti per aumentare la resistenza muscolare locale infatti sono stati riscontrati adattamenti enzimatici e mitocondriali sul muscolo scheletrico; un particolare tipo di allenamento di forza, a basso carico (30-65%1RM) ed alte ripetizioni (15-40 e oltre) ha effetti sulla capillarizzazione paragonabili a quelli di allenamenti HIIT. Inoltre sembra migliorare la velocità alla soglia anaerobica ed aumentare la durata sostenibile dello sforzo a tale intensità. In virtù degli adattamenti periferici contrastanti derivati dallo sviluppo di capacità condizionali opposte, è stato proposto un modello di periodizzazione dove vengono sviluppati a periodi alterni forza massima e VO₂max contemporaneamente, ed in altri resistenza aerobica e alla forza. La distribuzione degli stimoli sul lungo periodo, insieme a volume ed intensità, è il primo fattore da considerare per ottimizzare le performance in un regime di allenamento misto. In questo senso la strategia di periodizzazione a blocchi è risultata quella più efficace in canoisti e kayakers di alto livello. Le linee guida per sviluppare la forza massima, fondamentale nelle brevi distanze, suggeriscono di svolgere 3-5 serie da 5 ripetizioni con un carico tra 80 e 95% di 1RM, non a cedimento. Inoltre un intervallo di almeno 8 ore tra una seduta di forza e una di endurance permette di limitare l'effetto di interferenza in acuto.

► RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITOGRAFICI

- Almon R.R. e Dubois D.C. (1990) Fiber-type discrimination in disuse and glucocorticoid-induced atrophy, *Med.Sci.Sports Exerc.*, 22(3): 304-311.
- Benzi G., et al., (1975) Mitochondrial enzymatic adaptation of skeletal muscle to endurance training, *J.Appl.Physiol.*, 38(4): 565-569.
- Bishop D., (2000) Physiological predictors of flat-water kayak performance in women, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 82(1-2): 91-97.
- Bishop D., Bonetti D., e Dawson B., (2002) The influence of pacing strategy on VO₂ and supra maximal kayak performance, *Med.Sci.Sports Exerc.*, 34(6): 1041-1047.
- Burd N.A., Mitchell C.J., Churchward-Venne T.A., e Phillips T.A. (2012) Bigger weights may not beget bigger muscles: evidence from acute muscle protein synthetic response safter resistance exercise, *Appl.Physiol.Nutr.Metab.*, 37(3): 551-554.
- Byrnes W.C., e Kearney J.T., (1997) Aerobic and Anaerobic contributions during simulated canoe kayak Sprint Event, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5): S220.
- Canoeresults (2023). [http://www.canoeresults.eu/\(25/2/2023\)](http://www.canoeresults.eu/(25/2/2023)).
- Carpinelli R. (2008) The size principle and a critical analysis of the unsubstantiated heavier is better recommendation for resistance training, *J.Exerc.Sci.Fit.*, vol.6.
- Coffey V.G. et al., (2006) Early signaling responses to divergent exercise stimuli in skeletal muscle from well-trained humans, *FASEB J.Off.Publ.Fed.Am.Soc.Exp.Biol.*, 20(1): 190-192.
- Coffey V.G., e Hawley J.A.,(2017) Concurrent exercise training: do opposites distract?, *J.Physiol.*, 595(9): 2883-2896.
- Craig B.W., Lucas J., Pohlman R., e Stelling H., (1991) The Effects of Running, Weight lifting and a Combination of Both on Growth Hormone Release, *J.Strength Cond.Res.*, 5(4): 198.
- Dal Monte A., (1977) *Fisiologia e Medicina dello Sport*, Sansoni Editore, Firenze.
- Docherty D. e Sporer B., (2000) A proposed model for examining the interference phenom on between concurrent aerobic and strength training, *Sports Med. Auckl. NZ*, 30(6): 385-394.
- Dreyer H.C., Fujita S., Cadenas J.G., Chinkes D.L., Volpi E., e Rasmussen B.B., (2006) Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle, *J.Physiol.*,576(Pt2): 613-624.
- Edge J., Hill-Haas S., Goodman C., Bishop D. (2006) Effects of resistance training on H⁺ regulation, buffer capacity, and repente sprints, *Med.Sci.Sports Exerc.*, 38(11): 2004-2011.
- Egan B., e Zierath J.R., (2013) Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation, *Cell.Metab.*, 17(2): 162-184.
- Enoka R.M., (1997) Neural adaptation swith chronic physical activity, *J.Biomech.*, 30(5): 447-455.
- Farrell J.W., Lantis D.J., Ade C.J., Cantrell G.S., e Larson R.D. (2018) Aerobic Exercise Supplemented With Muscular Endurance Training Improves Onset of Blood Lactate Accumulation, *J.Strength Cond.Res.*, 32(5): 1376-1382.
- Fernandez B., Perez-Landaluce J., Rodriguez M., & Terrados N. (1995) Metabolic contribution in Olympic kayaking events, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5): S 143.
- Fleck S.J., e Kraemer W.J. (2004) *Designing resistance training programs*, 3rd ed. Champaign, Human Kinetics.
- Forbes S., Fuller D., Krentz J., Little J., e Chilibeck P., (2009) Anthropometric and physiological predictors of flat-water 1000 m kayak performance in young adolescent sand the effectiveness of a high volume training camp, *Int.J.Exerc.Sci.*, Vol.2, Iss.2.
- Fortunati M., (2023) Principio di Henneman del reclutamento delle Unità Motorie, [https://www.matteofortunati.it/articoli/fisiologia/principio-di-henneman-del-reclutamento-delle-unità-motorie\(25/2/23\)](https://www.matteofortunati.it/articoli/fisiologia/principio-di-henneman-del-reclutamento-delle-unità-motorie(25/2/23)).
- Frankel C.C.e Kravitz L. (2000) *Periodization: La test Studies and Practical Applications*, IDEA Pers. Train., 11(1): 15-16.
- García-Pallarés J., Sánchez-Medina L., Carrasco L., Díaz A., e Izquierdo M. (2009) Endurance and neuromuscular changes in world-class level kayakers during a periodized training cycle, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 106(4): 629-638.
- García-Pallarés J. e Izquierdo M. (2011) Strategies to Optimize Concurrent Training of Strength and Aerobic Fitness for Rowing and Canoeing, *SportsMed.*, 41(4): 329-343.
- Gollnick P.D., Armstrong R.B., Saltin B., Saubert C.W., Sembrowich W., e Shepherd R.E., (1973) Effect of

training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle, *J.Appl.Physiol.*, 34(1): 107-111.

- Gomes B.B., Ramos N.V., Conceição A.V., Sanders R.H., Vaz M.A., e Vilas-Boas J.P. (2015) Paddling Force Profiles at Different Stroke Rates in Elite Sprint Kayaking, *J.Appl. Biomech.*, 31(4): 258-263.
- Gray G.L., Matheson G.O., McKenzie D.C. (1995) The metabolic cost of two kayaking techniques, *Int.J. Sports Med.*, 16(4): 250-254.
- Guazzini M. (1990) *Canoa-Kayak. L'allenamento del canoista*. Edizioni Mediterranee, Roma.
- Haff G.G., Whitley A., e Potteiger J.A., (2001) A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance, *Strength Cond.J.*, 23(3): 13.
- Hamano S., Ochi E., Tsuchiya Y., Muramatsu E., Suzukawa K., e Igawa S., (2015) Relationship between performance test and body composition / physical strength characteristic in sprint canoe and kayak paddlers, *Open Access J.Sports Med.*, 6: 191-199.
- Harre D. (1972) *Teoria dell'allenamento*, Società Stampa Sportiva, Roma.
- Hawley J.A., Hargreaves M., Joyner M.J., e Zierath J.R., (2014) Integrative biology of exercise, *Cell*, 159(4): 738-749.
- Hawley J.A., Maughan R.J., e Hargreaves M., (2015) Exercise Metabolism: Historical Perspective, *Cell. Metab.*, 22(1): 12-17.
- Henneman E., Somjen G., e Carpenter D.O., (1965) Functional Significance of Cell Size in Spinal Motoneurons, *J.Neurophysiol.*, 28: 560-580.
- Hickson R.C., (1980) Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 45(2-3): 255-263.
- Ili J.W.F., Lantis D.J., Ade C.J., Bemben D.A., e Larson R.D. (2017) Metabolic Response to Four Weeks of Muscular Endurance Resistance Training, *Int.J. Kinesiol. Sports Sci.*, 5(4): art.4.
- Issurin V. (2008) *Block Periodization: break through in sports training*. Ultimate Athlete Concepts. Michigan.
- Izquierdo-Gabarren R., González DeTxabarri Expósito J., García-Pallarés J., Sánchez-Medina L., De Villarreal E.S.S., e Izquierdo M. (2010) Concurrent Endurance and Strength Training Not to Failure Optimizes Performance Gains, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 42(6): 1191-1199.
- Jenkins N.D.M. et al., (2015) Muscle activation during three sets to failure at 80 vs.30% 1 RM resistance exercise, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 115(11): 2335-2347.
- Jones T.W., Howatson G., Russell M., e French D.N., (2016) Performance and Endocrine Responses to Differing Ratios of Concurrent Strength and Endurance Training, *J.Strength Cond.Res.*, 30(3): 693-702.
- Jones T.W., Howatson G., Russell M., e French D.N. (2017) Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training, *Eur.J.Sport Sci.*, 17(3): 326-334.
- Koopman R., Zorenc A.H.G., Gransier R.J.J., Cameron-Smith D., e van Loon L.J.C., (2006) Increase in S6K1 phosphorylation in human skeletal muscle following resistance exercise occurs mainly in type II muscle fibers, *Am.J.Physiol.Endocrinol.Metab.*, 290(6): E1245-1252.
- Kraemer W.J. et al., (1995) Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations, *J.Appl.Physiol.Bethesda Md*, 78(3): 976-989.
- Kristiansen M. et al., (2023) Enhanced Maximal Upper-Body Strength Increases Performance in Sprint Kayaking, *J.Strength Cond.Res.*, 37(4): 305-312.
- Lantis D.J., Farrell J.W., Cantrell G.S., e Larson R.D. (2017) Eight Weeks of High-Volume Resistance Training Improves Onset of Blood Lactate in Trained Individuals, *J.Strength Cond.Res.*, 31(8): 2176-2182.
- Leveritt M., Abernethy P.J., Barry B.K., e P.A.Logan P.A., (1999) Concurrent Strength and Endurance Training, *Sports Med.*, 28(6): 413-427.
- Lim C., et al., (2019) Resistance Exercise-induced Changes in Muscle Phenotype Are Load Dependent, *Med.Sci.Sports Exerc.*, 51(12): 2578-2585.
- López-Plaza D., Alacid F., Rubio-Arias J.A., López-Miñarro P.A., Muyor J.M., e P. Manonelles P., (2019) Morphological and Physical Fitness Profile of Young Female Sprint Kayakers, *J. Strength Cond.Res.*, 33(7): 1963-1970.
- Loures J.P., Ferreira H.R., Oliveira R.M.R., Gill P., e Fernandes L.C., (2014) Correlations between performance and 4-min maximum efforts in Olympic Kayaking Athletes, *J.Exerc.Physiol.Online*, 17(4): 34-42.
- Manna T., e Adhikari S., (2018) A comparative study of anthropometric and physical profiles of male junior rowers, kayakers and canoers - ProQuest, *Med.Sport.J.Romanian Sports Med.Soc.*, 14(2): 3028-3036.

- McKean M.R. e Burkett B.J. (2014) The Influence of Upper-Body Strength on Flat-Water Sprint Kayak Performance in Elite Athletes, *Int.J.Sports Physiol.Perform.*, 9(4): 707-714.
- Michael J.S., Rooney K.B., e Smith R., (2008) The Metabolic Demands of Kayaking: A Review, *J.Sports Sci.Med.*, 7(1): 1-7.
- Morton R.W. et al., (2019) Muscle fibre activation is unaffected by load and repetition duration when resistance exercise is performed to task failure, *J.Physiol.*, 597(17): 4601-4613.
- Nilsson J.E. e Rosdahl H.G., (2016) Contribution of Leg-Muscle Forces to Paddle Force and Kayak Speed During Maximal-Effort Flat-Water Paddling, *Int.J.Sports Physiol.Perform.*, 11(1): 22-27.
- Ogasawara R., Loenneke J.P., Thiebaud R.S., e Abe T. (2013) Low-Load Bench Press Training to Fatigue Results in Muscle Hypertrophy Similar to High-Load Bench Press Training, *Int. J. Clin. Med.*, 4(2): Art. n.2.
- Painter K.B. et al.(2012) Strength Gains: Block Versus Daily Undulating Periodization Weight Training Among Track and Field Athletes, *Int.J.Sports Physiol.Perform.*, 7(2): 161-169.
- Paquette M., Bieuzen F., e Billaut F. (2018) Muscle Oxygenation Rather Than VO₂max as a Strong Predictor of Performance in Sprint Canoe-Kayak, *Int.J.Sports Physiol. Perform.*, : 1-9.
- Rhea M.R., Ball S.D., Phillips W.T., e Burkett L.N. (2002) A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength, *J. Strength Cond. Res.*, 16(2): 250-255.
- Rhea M.R. et al. (2003) A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance, *J. Strength Cond. Res.*, 17(1): 82-87.
- Rogatzki M.J., Wright G.A., Mikat R.P., e Brice A.G. (2014) Blood ammonium and lactate accumulation response to different training protocols using the parallel squat exercise, *J.Strength Cond.Res.*, 28(4): 1113-1118.
- Rosa C., Vilaça-Alves J., Fernandes H.M., Saavedra F.J., Pinto R.S., e dos Reis V.M. (2015) Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men, *J.Strength Cond.Res.*, 29(1): 74-79.
- Schoenfeld B.J., Contreras B., Willardson J.M., Fontana F., e Tiryaki-Sonmez G. (2014) Muscle activation during low-versus high-load resistance training in well-trained men, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 114(12): 2491-2497.
- Schoenfeld B.J., Peterson M.D., Ogborn D., Contreras B., e Sonmez G.T. (2015) Effects of Low vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men, *J.Strength Cond. Res.*, 29(10): 2954-2963.
- Sporer B.C., Wenger H.A.(2003) Effects of Aerobic Exercise on Strength Performance Following Various Periods of Recovery, *J.Strength Cond.Res.*, 17(4): 638.
- Tesch P.A. (1983) Physiological characteristics of elite kayak paddlers, *Can.J.Appl. Sport Sci.*, 8(2): 87-91.
- Tesch P.A., Komi P.V., e Häkkinen K., (1987) Enzymatic adaptations consequent to long-term strength training, *Int.J.Sports Med.*, 8(Suppl1): 66-69.
- van Someren K.A. e Oliver J.E., (2002) The efficacy of ergometry determined heart rates for flat water kayak training, *Int.J.Sports Med.*, 23(1): 28-32.
- Zamparo P., Capelli C., e Guerrini G., (1999) Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds, *Eur.J.Appl.Physiol.*, 80(6): 542-548.
- Williams T.D., Toluoso D.V., Fedewa M.V., e Esco M.R. (2017) Comparison of Periodized and Non-Periodized Resistance Training on Maximal Strength: A Meta-Analysis, *Sports Med. Auckl. NZ.*, 47(10): 2083-2100.
- Wilmore J.H. e Costill D.L.,(2005) *Fisiologia dell'esercizio fisico e dello sport*, Calzetti e Mariucci, Perugia.



NUOVA CANOA RICERCA

**UFFICIO STAMPA E COMUNICAZIONE DIGITALE
FEDERAZIONE ITALIANA CANOA KAYAK**

Palazzo delle Federazioni Sportive Nazionali

Viale Tiziano, 70 - 00196 Roma (RM)

Mail: comunicazione@federcanoa.it

Tel: 06 83702506

www.federcanoa.it

