Convegno: Scienze Motorie e Sport Canoa, Canottaggio, Vela Cagliari 5 Dicembre 2012 Allenamento e Ricerca nella Canoa Sprint

Prof. Marco Guazzini
Coordinatore Tecnico Didattico Centro Studi FICK
Allenatore IV Livello Europeo
Teoria Tecnica Didattica Sport Individuali Corso di Laurea
Magistrale Scienza e Tecnica dello Sport Firenze

I modello di prestazione nella canoa

- Parlare di allenamento oggi, significa avere ben presente il modello di prestazione della specialità in questione. I suoi parametri principali sono riferibili soprattutto a tre ambiti:
- Funzionale. Descrizione analitica di ciò che avviene in gara, tramite osservazioni dirette. Comprende classificazioni e durata delle gare, intensità e durata delle variazioni di ritmo.
- Fisiologico (metabolici, meccanico-muscolari). Partecipazione % dei meccanismi energetici aerobici e anaerobici, analisi dei parametri principali del carico interno come FC media, FC max, % FC max, cinetica del lattato ematico all'inizio e al termine della gara, VO2 max, % VO2 max diretta o indiretta.
- Tecnico (meccanici, biomeccanici, dinamici, cinematici, idrodinamici). Frequenza del colpo, durata del colpo e delle sue fasi, forza applicata, efficacia tecnica, rendimento.

Rivestono ancora notevole importanza:

- Aspetti tattici di gara.
- Aspetti mentali (motivazionali, comunicativi, gestione dell'ansia, concentrazione, piano di gara, ecc.).
 Guazzini-Allenamento e ricerca nella canoa

Modello funzionale-fisiologico: classificazioni indirette

- **Dal Monte (1977)** "attività ad impegno **aerobico-anaerobico massivo**, con interessamento di una ridotta percentuale di massa muscolare corporea e elevate richieste di forza distrettuale".
- Fox e Matthews (1983) indicano le % di partecipazione dei 3 processi alla produzione di E.: Canottaggio(6'): O2-50%, LA/O2-30%, ATP/PC/LA-20%. Nuoto 100 (50"): 5-15-80; 200 (2'): 5-65-30; 400 (4'): 40-40-20. Atletica 400 (40"-45") 5-15-80, 800 (1'45") 5-65-30, 1500 (3'45") 20-55-25, 3000 (8'-9') 10-20-70.
- Arcelli e Franzetti (1997) "sport di resistenza alla forza, aerobico e lattacido, importanza dei fattori centrali e periferici".
- Weineck (2001) capacità resistenza classificate secondo il criterio della trasformazione energetica: 500m "resistenza di breve durata" (45"/2') 60%anaerobico/40% aerobico; 1000m "resistenza di media durata" (2'/10') 60%aerobico/ 40%anaerobico; 200 m fra "res.rapidità" (7"/45") e res.breve durata", 80% anaerobico/20% aerobico.

Ricerche sul modello di prestazione fisiologico

- Colli et al. (1990) Ricerca (IMSS) al pagaiergometro su 7 canoisti maschi livello internazionale. 1000 m: 60% aerobica/40% anerobica. Produzione elevata di lattato nel 1', grande richiesta di potenza meccanica, interessamento notevole di fibre veloci glicolitiche (IIb), tolleranza al lattato. 500 m: 60% anaerobica/40% aerobica. Maggiore potenza meccanica, prod. lattato più veloce, maggiore potenza lattacida, più tolleranza lattato.
- Dalla Vedova, Marini et al. (2010) Progetto di ricerca CONI-FICK, aspetti metabolici e tecnici-biomeccanici sui 200 m, in vasca navale (INSEAN), su 4 atleti (2m-2f) livello internazionale. 63% anaerobico-37% aerobico.
- Zouhal et al. (2012) ricerca sul debito di O2 (AOD, VO2 max, MAV) aerobico-anaerobico, su 7 atleti. 500 m, 78% aerobico-22% anaerobico. 1000 m, 86% aerobico-14% anaerobico

Modello di prestazione canoa sprint

500 e1000 m: grande richiesta forza, potenza meccanica e resistenza alla forza, tolleranza al lattato. Metabolismo energetico aerobico-anaerobico massimale e contemporaneo, intervento potenza aerobica (VO2 max) e anaerobica lattacida, comunque legata alla % di masse muscolari coinvolte.

- 2. 200 m: attività 60-70% anaerobica, notevole richiesta di potenza nell'unità di tempo.
- 3. Il canoista è l'unico sportivo in grado di produrre più energia con tronco e arti superiori, rispetto agli arti inferiori. I valori assoluti e relativi di VO2 max rilevati nei canoisti anche se alti, sono sempre inferiori a quelli degli atleti di altri sport di resistenza con utilizzo delle gambe. Se consideriamo invece l'intervento % di masse muscolari, troviamo che il VO2 max dei canoisti è più alto.
- 4. L'obiettivo dell'allenamento del canoista di velocità non è il VO2 max, geneticamente scritto e poco migliorabile, ma il miglioramento del costo energetico, legato alla produzione di grosse potenze metaboliche in presenza di grande efficacia del gesto tecnico.
 Nell'allenamento del canoista di velocità, è preferibile utilizzare ritmi e andature derivanti dalla vVO2 max, piuttosto che dalla Sa poco correlata alla prestazione e oggetto da sempre di grossi dibattiti scientifici.
- 5. Per quanto riguarda la potenza anaerobica, i valori di lattato (dati personali e letteratura scientifica) sono del 12-13 mM nei 500 e 1000m, 11 mM nei 200. Il raggiungimento in frazioni della distanza di gara (200-300m), del 87%-90% del lattato finale della gara 500 m, ci devono far comprendere quanto sia importante nel canoista "allenarsi a tollerare il lattato" fino al termine della gara, con una tecnica ottimale ed efficace ("resistenza alla forza"), tramite l'utilizzo dei ritmi gara in allenamento, che dovranno essere scelti su distanze specifiche (da 200-300 m per i 500, 600-700 m per i 1000).

Comparazione del VO2max fra canoa e altri sport di resistenza

Sport	Autori	VO ₂ max (ass.) (L/min)	VO ₂ max (rel.) (ml/kg/min)	Potenza e Velocità al VO ₂ max*
Kayak	Tesch, 1983	4.7	58.8	
	Hahn et.al., 1988	4.62	58.5	
	Fry e Morton, 1991	4.78	58.9	
	Billat et.al., 1996	4.01	53.8	239 W
Canoa Canadese	Hahn et.al., 1988	3.49	44.2	
	Bunc e Heller, 1991	4.17	51.9	
Canottaggio (p.pes. ~85kg)	Di Prampero et.al., 1971	5.0	58.8	
	Secher, 1990	6.0	68.2	
	Lakomy and Lakomy, 1993	4.8	60	
Nuoto (400 m)	Billat et.al., 1996	4.41	59.6	1.46 m/s
	Lavoie et.al., 1981	4.31	58.4	
	Roels et.al., 2005	5.6	58.4	
Ciclismo su strada	Billat et.al., 1996	5.61	72.4	419 W
	Lee et.al., 2002	5.45	73.0	
	Lucia et.al., 1999	5.10	74.0	
Corsa (oltre 3000 m)	Billat et.al., 1996	5.11	74.9	6.22 m/s
	Draper e Wood, 2005	5.0	68.9	
	Caputo e Denadai, 2004 Guazzini-Allenamento e r	6.3 ricerca nella canoa	68.8	6

Modello di prestazione tecnico-biomeccanico-1

- Il raggiungimento di elevate prestazioni è il risultato di vari fattori quali allenamento condizionale (grandi volumi, elevate intensità) ma soprattutto di una tecnica efficace.
- L'obiettivo principale della pagaiata deve essere l'avanzamento il più possibile uniforme ed efficace. Per questo è necessario una determinata lunghezza del gesto tecnico, senza arretramento della pala in acqua, che riduce la lunghezza del lavoro e quindi l'avanzamento.
- E' importante che la durata del colpo (tempo di permanenza della pala in acqua) sia perfettamente coordinata con la velocità della canoa che determina tale tempo.
- Devono essere evitate azioni scorrette che aumentano le resistenze idrodinamiche, come la tardiva messa in pressione della pala (aggancio non efficace per arretramento della pala in acqua) o la frenata per ritardo nell'estrazione della pala.

Modello di prestazione tecnico-biomeccanico-2

- L'ottimizzazione di una tecnica efficace (determinati angoli biomeccanici, corretta dinamica del colpo) permette di raggiungere vari obiettivi:
- maggiore applicazione di forza, legata ad una lunghezza efficace propulsiva, rapidità esecutiva, angolo ottimale della pagaia sul piano frontale, e efficace trasmissione del movimento con una spinta di gambe decisa, omogenea e sincrona, attuata con una catena cinetica che inizia dalla spinta del piede e prosegue con il tronco fino al braccio;
- riduzione delle resistenze idrodinamiche, velocità della messa in pressione della pala, angolo ottimale di portanza della pala in acqua rispetto all'asse sagittale della canoa, mancanza di anticipo della spinta sulla trazione, estrazione veloce legata ad un verticalizzazione ottimale della pagaia;
- rapporto ottimale tra fase aerea e fase in acqua, recupero lunghezza durante la fase aerea, lunghezza efficace del colpo, ottenuta rilasciando i muscoli agonisti della pagaiata (trazione).
- Fondamentale è la misurazione dell'efficacia della tecnica e del rendimento, parametro molto importante dal punto di vista metabolico.















Guazzini-Allenamento e ricerca nella canoa





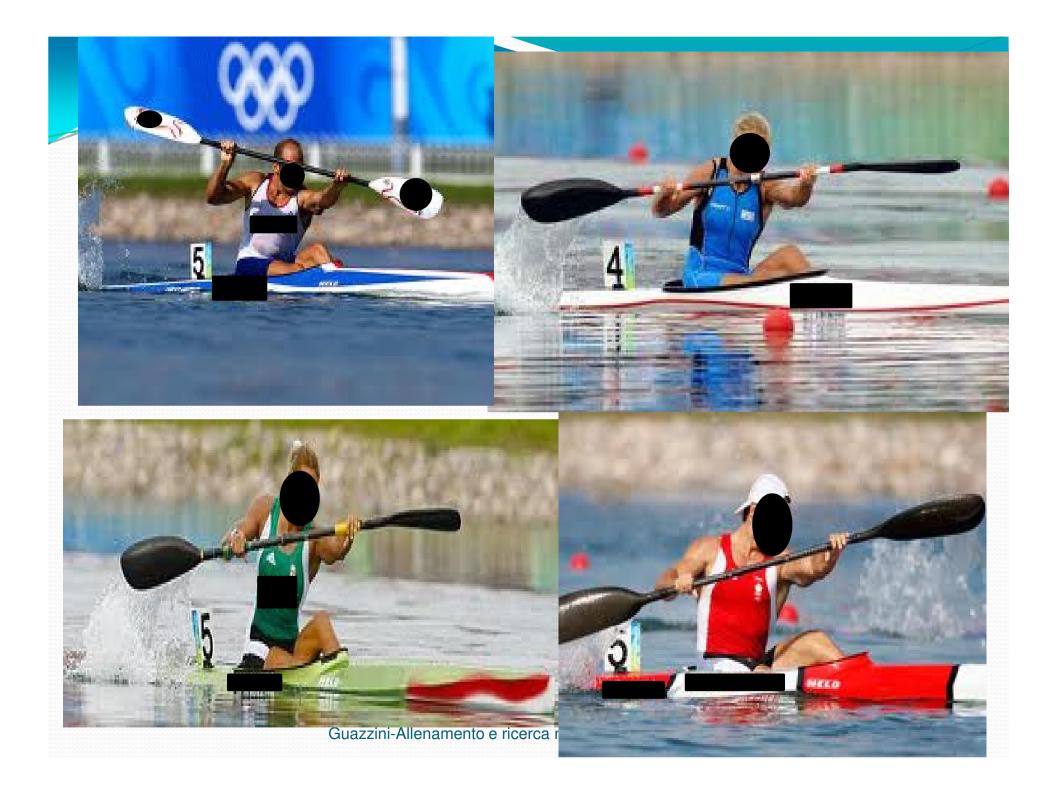








Guazzini-Allenamento e ricerca nena canoa

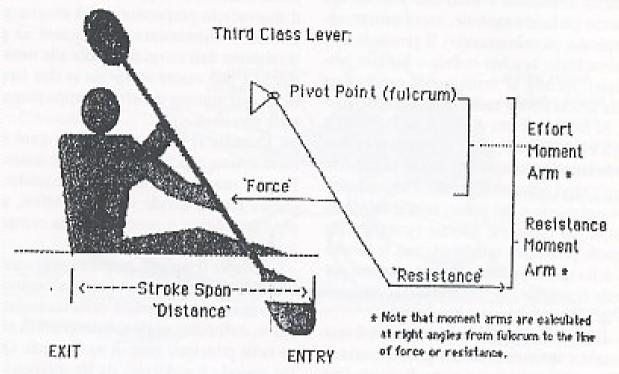


Tecnica ed efficacia della tecnica fino anni '90

La **misurazione dell'efficacia** tecnica ha subito una graduale evoluzione, grazie soprattutto all'utilizzo di metodi e strumenti sempre più precisi.

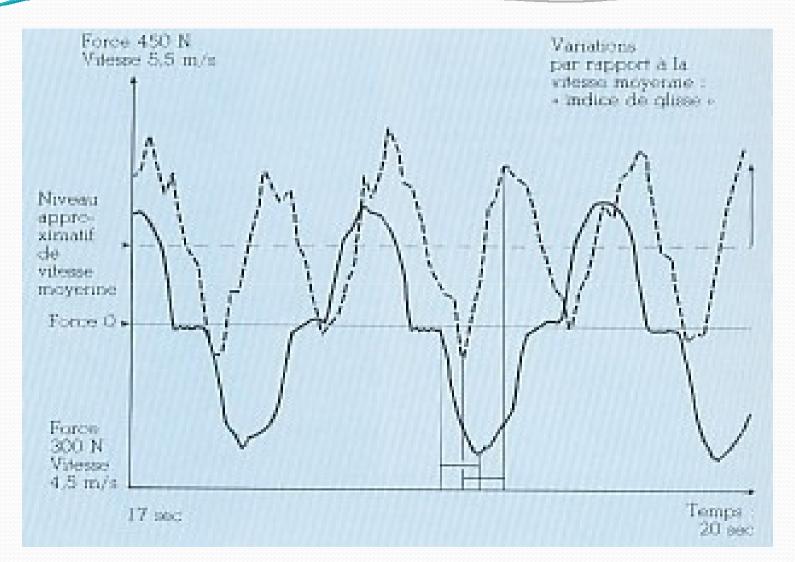
- Negli anni '70-'80, poche ricerche internazionali, valutazione di parametri relativi ai **singoli colpi**, come frequenza, lunghezza totale del colpo, lunghezza del braccio di leva di trazione, tempo di durata della fase in acqua, forza applicata in Kg o N (spinta e trazione).
- Sempre negli anni '80, scuola "americana" (Plagenhoef, 1979; Mann&Kearney, 1980; Logan&Holt, 1985), analisi della pagaia considerata come una **leva** e sulle sue applicazioni pratiche.
- Dalla fine anni '80, l'efficacia della pagaiata valutata anche, mettendo in relazione la **forza applicata alla pagaia** con il **lavoro** svolto in kgm o la **potenza** in kgm/s (Boiko, 1987; Beaudou et al., 1987) o con la velocità della canoa (Beaudou et al., 1987), avvicinandosi quindi al concetto di **rendimento** (potenza sviluppata/potenza spesa).
- Colli et al.(1990) sui dati di Boiko (1987) arrivano al J/colpo/kg, e nel 1993 inventano di uno strumento di misurazione della forza sulla pagaia ("ergokayak").

Scuola americana: la pagaia come una leva



In modo meno convincente, Logan e Holt (1985) hanno ipotizzato che il fulcro della leva di 3° genere, fosse rappresentato dalla mano del braccio alto, che per essere tale dovrebbe rimanere il più possibile stabile, con minimo avanzamento orizzontale.

Rapporto forza pagaia/velocità canoa (Beaudou et al.,1987)



Le nostre conoscenze tecniche fino al 2010

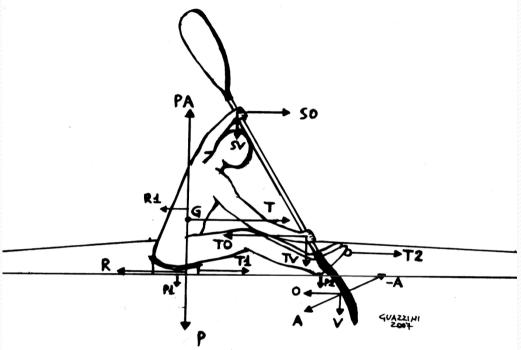
Mori (in: Guazzini, 2000):

- conferma i principi di dinamica e biomeccanica esposti in Guazzini (1990);
- introduce i principi fondamentali di idrodinamica;
- spiega la meccanica delle pagaie tradizionali e elicoidali.

Guazzini&Mori (2008) analizzano:

- le forze in gioco nel kayak e canadese;
- gli aspetti dinamici e idrodinamici più importanti;
- l'andamento della decelerazione della canoa;
- la meccanica delle pagaie tradizionali e elicoidali;
- i fattori del rapporto frequenza-forza applicata-lunghezza del colpo;
- **Principio fondamentale**: per l'efficacia del colpo, è primario il sincronismo fra tempo di permanenza della pala in acqua e velocità della canoa.

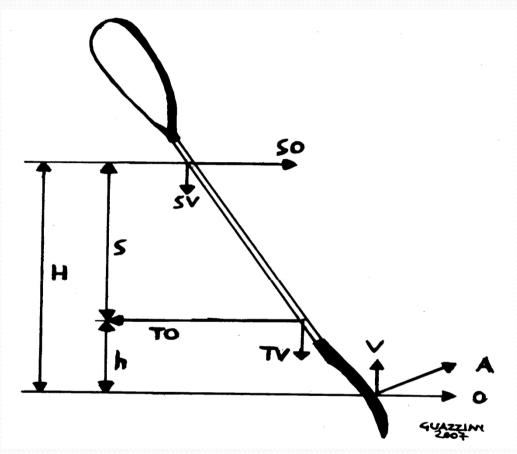
Il bilancio delle forze nel kayak



- Sulla canoa: R Forza di resistenza idrodinamica. Vr (V/√L) della canoa, intorno a 2, da cui res. d'onda 75%, res. attrito 15%, res. appendice e altre 10%; T Forza propulsiva (T1sedile+ T2puntapiedi); P Peso del canoista(P1sedere-P2talloni); PA-p.archimede.
- **Sul canoista:** Tutte le azioni che danno origine a **T** applicata al baricentro **G**; **R1** resistenza dell'aria
- **Sulla pagaia:** A Forza appoggio pala sull'acqua e -A (p.azione-reazione); **TO**-Forza trazione orizzontale; **TV**-Forza trazione verticale; **SO**-Forza di spinta orizzontale; **SV**-Forza di spinta verticale.

(Guazzini, 2000)

La pagaia: leva di 3° genere particolare



La pagaia può essere considerata una leva di 3° genere un po' particolare, perché il fulcro (a nostro avviso: la pala in acqua), non è fisso ma cedevole. Se il braccio di leva di Fs (H) è il doppio del braccio di leva di Ft (h), abbiamo: Ft=2Fs. (Guazzini, 2000)

Meccanica delle pagaie tradizionali e elicoidali

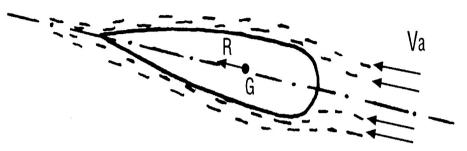
- Le pagaie tradizionali e da canadese sfruttano il principio della "resistenza" come un qualsiasi corpo che si muove in un fluido:
- R = Cpe Y S V², dove Cpe è il coefficiente di penetrazione della pala, dipendente dalla sua forma, Y è la viscosità del fluido, S è la superficie che essa espone frontalmente al moto (sezione maestra), V² è il quadrato della velocità con cui la pagaia si muove in acqua.
- Le pagaie elicoidali sfruttano invece il principio della "portanza". Infatti, esaurita la fase di immersione, si comportano sostanzialmente come l'ala di un aereo (o elica o timone). Portanza=forza dovuta alla differenza di pressione tra superficie superiore (+velocità,-pressione) e quella inferiore(-velocità,+pressione). Risultante è una forza scomponibile in portanza e resistenza (90°).
- I valori di P e R, si possono calcolare con le seguenti formule: $P = \frac{1}{2} Cp d A V^2$; $R = \frac{1}{2} Cr d A V^2$, dove d è la densità del fluido, A è l'area della sezione maestra, V^2 è il quadrato della velocità del fluido contro la pagaia, mentre Cp e Cr sono coefficienti che dipendono dalla forma dell'ala e dalla sua inclinazione rispetto al fluido.

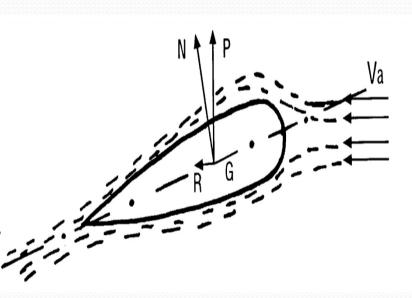
Il concetto di "portanza"

• Un'ala non ha sostentamento se non è investita da un fluido in movimento e non presenta una certa incidenza rispetto al fluido stesso. Cioè un'ala di forma simmetrica (per esempio il timone), se ha l'asse parallelo al moto, non esercita nessun sostentamento ma si limita a dividere il fluido in due flussi distinti ed a generare una resistenza all'avanzamento.

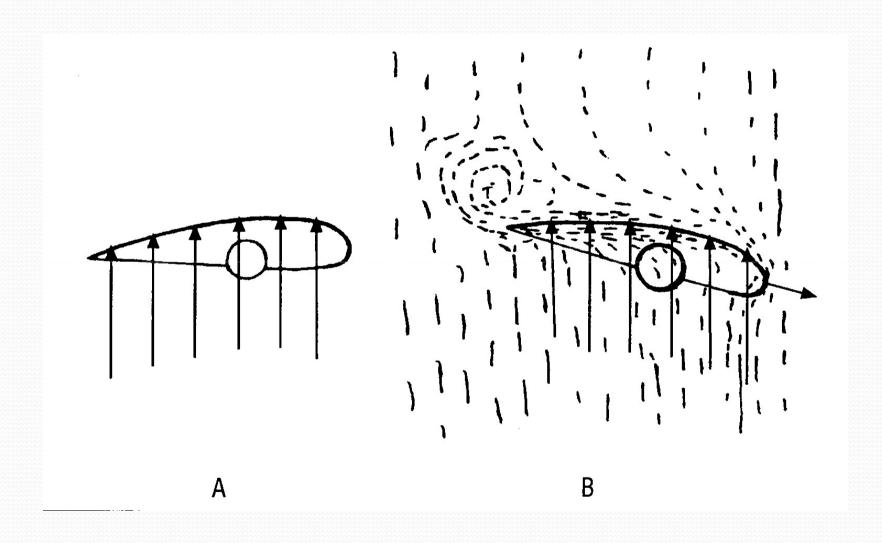
• Quando l'ala presenta invece, una certa angolazione rispetto al fluido, la divisione dei due flussi esercita una doppia azione: sul dorso, si verifica un calo di pressione mentre sulla parte inferiore dell'ala la pressione aumenta. I due effetti si sommano ed il risultato è quello rappresentato nella Figura.

• Ad una pressione N, che si può considerare perpendicolare all'asse di simmetria, corrisponde una componente P, che solleva l'ala, detta "portanza", ed una componente R, che rappresenta la resistenza all'avanzamento. (Guazzini, 2000)

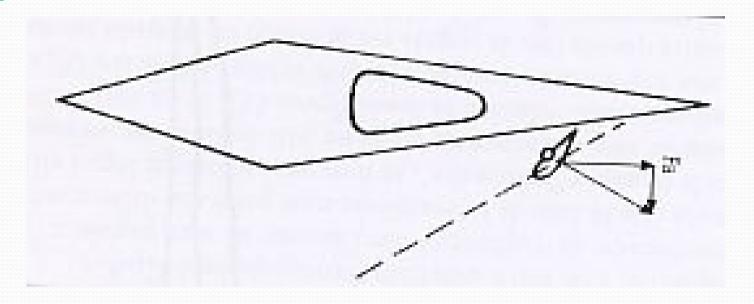




Propulsione: posizione alare della pagaia

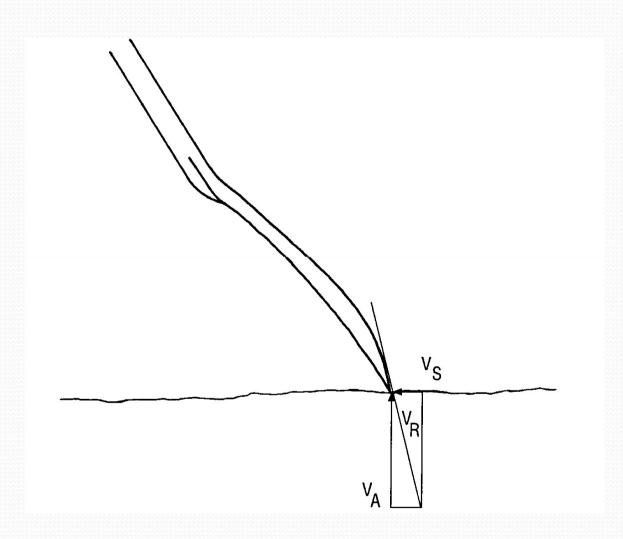


Traiettoria divergente=portanza



La pala in acqua descrive una traiettoria divergente, aumentando la sua stabilità e permettendo un maggiore rendimento rispetto invece alla fase di partenza, nella quale (per la massa che ancora non è accelerata) incontra maggiori fenomeni dispersivi. (Guazzini, Mori, 2008)

Immersione: veloce applicazione di forza



Concetti di idrodinamica degli scafi

La progettazione di uno scafo, dal punto di vista idrodinamico parte dal parametro velocità relativa (Vr o quoziente di Taylor) che confronta gli scafi in base al numero di onde emesse. (Vr=V, in nodi/\(\sqrt{L}\), in piedi)

- In base al Vr, gli scafi vengono divisi in: **dislocanti**(fino a 1,34. Navi, petroliere); **semidislocanti**(da 1,34 a 2. Canoe, C1 fondo Vr 1,60. K1 200 Vr 2,60); **plananti** (oltre 2. scafi off-shore, gommone).
- La % delle varie resistenze cambia con l'aumentare del Vr: fino a 0,7/0,8(dislocanti), la res.attrito prevale sulla res.onda. Oltre quel valore, la res.onda cresce progressivamente superando di gran lunga la res.attrito.
- Ai Vr della canoa (intorno a 2) la resistenza idrodinamica è formata da: res.d'onda 75%; res. attrito 15%; res. appendice, scia, vortice e altre 10%;
- Resistenza d'onda, moto ondoso longitudinale prodotto dalla pressione dello scafo che avanza contro l'acqua (Formula di Taylor: 0,527 Cf P V⁴/L²; Cf-coeff.finezza scafo, P-dislocamento in ton., V-velocità in nodi, L-lunghezza galleg. in m). Onde divergenti e trasversali, di prua e di poppa
- Resistenza d'attrito, **attrito dell'acqua sulla superficie dello scafo**. (Formula di Froude: 0,297 f d S V^{1,825} in kg; f-coeff.lunghezza, d-densità fluido, S-superficie bagnata mq, V-velocità in nodi)
- Resistenza d'appendice (timone, derive), di scia (turbolenze dietro lo scafo), di vortice (caduta di pressione sullo scafo dopo la sezione maestra), dell'aria (variabile a seconda dell'intensità del vento)

Tendenze attuali di scelta degli scafi

- Le canoe attuali hanno scafi a struttura **semidislocante** (carena tonda), progettazione relativamente semplice, sottili, stretti con discreto pescaggio, instabili, con grande capacità di accelerazione (ottima partenza), ma anche evidente decelerazione in fase aerea.
- Da tempo esistono studi su scafi **semiplananti** (carena piatta o a "v"), che necessitano di progetti più complessi, sono più larghi, soprattutto nella poppa, con ridotti pescaggi, più stabili, con minore resistenza d'onda, scarsa accelerazione (partenza lenta), ma una volta raggiunta la velocità di planata, ottimo mantenimento della scivolata (minore decelerazione).

Nozioni di dinamica

- 2° equazione fondamentale della dinamica:
- 1. F = m a "una forza F, applicata ad un corpo di massa m, gli imprime un'accelerazione a, proporzionale alla sua intensità"
- 2. $\mathbf{F}\Delta\mathbf{t}$ (Impulso di forza) = $\mathbf{m}\Delta\mathbf{v}$ (variazione quantità di moto), "l'impulso che una forza comunica ad un corpo in un certo tempo, è uguale alla variazione della quantità di moto che esso subisce nello stesso tempo" (da cui: $\mathbf{F} = \mathbf{m} \Delta \mathbf{v} / \Delta \mathbf{t}$, ma $\mathbf{v}/\mathbf{t}=\mathbf{a}$, quindi: $\mathbf{F}=\mathbf{m} \mathbf{a}$)
- Seguendo la 1° interpretazione e considerando che nella canoa F differisce da T, solo per azioni parassite presenti nella trasmissione del moto sul puntapiedi o sedile, abbiamo: F (T)–(R+R1) = m a, cioè se "F" vince le resistenze dell'acqua e dell'aria, produce "a"
- Con l'aumentare della velocità però, le resistenze aumentano notevolmente (R:V²), fino a quando F=R, e non esiste più "a"

Accelerazione/decelerazione

La velocità di una canoa è costituita da continue accelerazioni e decelerazioni a seconda che F (T), sia maggiore di R, nella fase propulsiva, o minore di R, nella fase aerea.

- Le prove di decelerazione in canoa, presenti in letteratura scientifica fino al 2000, erano scarsissime
- Alcuni dati di origine tedesca (Flunker, 1986; in: Beaudou e coll.1987) da me riportati (1990; 2000) mostravano misurazioni effettuate su canoe con scafi sorpassati e soprattutto con metodiche e strumenti non troppo precisi (analisi video di allora).
- Attualmente l'evoluzione degli strumenti (accelerometri) ci permette di analizzare l'andamento dell'accelerazione (e decelerazione!), utilizzando dati con grande precisione scientifica

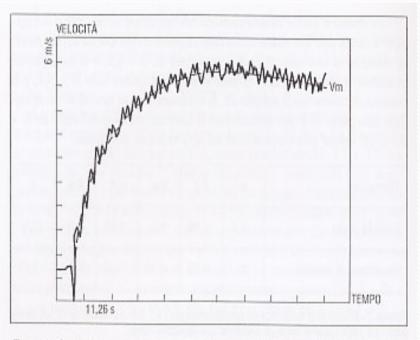


Figura 4 - Oscillazioni e valore medio (Vm) della velocità di un K2. I cali di velocità sono dovuti alla "scivolata" senza propulsione. (da: Guazzini, 1990).

Andamento della decelerazione

K1 a vel 4,03 m/s (2'04"/500)		K1 a vel 4,62 m/s (1'48"/500)			
Tempo dallo stop (ms)	Vel (m/s)	% dalla vel.iniziale	Tempo dallo stop (ms)	Vel (m/s)	% dalla vel.iniziale
0	4,03		0	4,62	
200	3,74	-7,20%	200	4,16	-9,96%
400	3,58	-11,17%	400	3,82	-17,32%
600	3,51	-12,90%	600	3,67	-20,56%
800	3,44	-14,64%	800	3,56	-22,94%
1000	3,37	-16,38%	1000	3,49	-24,46%
C1 a vel 4,46 m/s (1'52"/500)					
Tempo dallo stop (ms)	Vel (m/s)	% dalla vel.iniziale			
0	4,46				
200	3,89	-12,78%			
400	3,39	-23,99%			
600	3,05	-31,61%			
800	2,9	-34,98%			

Test eseguiti con accelerometria assiale ("Ergokayak 2"), raggiungendo una determinata velocità e mantenendo la posizione senza propulsione per 3" (K1 Nelo-Vanquisch e Scorpion; C1 Plastex-Olimpia)(Colli-Introini, 2004, dati personali non pubblicati, modificati)

-37,67%

1000

2,78

Rapporto fase aerea/fase in acqua

	Freq/min	Tempo fase acqua (ms)	Tempo fase aerea (ms)	Tempo pagaiata totale (ms)	% tempo in acqua /tempo totale
Kayak	66	476	433	909	52%
	74	445	366	811	55%
	82	421	311	732	58%
	91	396	263	659	60%
	97	376	243	619	61%
	104	360	217	577	62%
	115	330	192	522	63%
	122	316	176	492	64%
	130	303	159	462	66%
Canadese	58	580	454	1034	56%
	60	572	428	1000	57%

Dati riferiti a tempi registrati con ergokayak, su varie prove massimali di 150 metri (rec.3'), eseguiti su canoisti di alto livello (2 kayak, 1 canadese). (Colli, Introini, 2004, dati personali non pubblicati)

La misurazione della tecnica (forza applicata)

Boiko nel 1987 pubblicò (in russo, tradotto in tedesco nel 1988 da P.Tschiene) uno studio sulla forza applicata nel kayak e canadese, partendo da una formula derivante da studi di idrodinamica effettuati dall'autore nel 1972 (non sappiamo se da prove di trascinamento o elaborazione teorica)

- La formula era: F=S v² C, dove F(resistenza frontale della canoa in kg), S(sezione trasversale dello scafo), V²(quadrato della velocità), C(coefficiente penetrazione della canoa).
- Essendo C costante per molte canoe e S legato al peso del sistema (canoa-canoista-pagaia), l'autore semplificò dicendo che R(F) è legato ai due parametri: peso (kg) e v². Quindi per ogni Kg di peso, abbiamo: F=k (coeff.attrito)*v², (da cui k=F/v² o v²=F/k).
- I principi di Boiko furono utilizzati da Colli e coll.(1990), in uno studio sulla valutazione funzionale del canoista, individuando il parametro J/colpo/kg, (k*v²/n.colpi/Kg)
- I valori di R sono stati riverificati con le imbarcazioni attuali, in un lavoro svolto presso la vasca navale INSEAN di Roma (La Gala-Colli-Introini, 2007, dati personali non pubblicati), P(W) = k *v^x, ove k ed x sono le variabili in funzione del peso del canoista e v la velocità della canoa in m/s (esempio: 60kg, k=3,76, x=2,74; 70kg, k=4,36, x=2,71; 80kg, k=4,95, x=2,68; 90kg, k=5,55, x=2,65; 100kg, k=6,15, x=2,62). Guazzini-Allenamento e ricerca nella canoa

La misurazione del rendimento

- Il rendimento (efficienza propulsiva), risponde alla formula: Potenza sviluppata(P)/Potenza spesa (E).
- Per quanto riguarda la potenza sviluppata sappiamo che: P = F (R) V, si esprime in watt (Joule/sec). Infatti P = L/T dove L = F (in N o Kg*9,8) s (spostamento in m) e si esprime in Joule (Newton m). Nel nostro caso L = R (N o Kg) s (m), quindi P = R s/t (ma s/t=V) da cui P = R V (e di conseguenza V=P/R e R=P/V).
- **Boiko**, nel suo articolo del **1987** (da cui hanno preso spunto varie pubblicazioni e linee metodologiche), descrisse per primo la misurazione della forza con i principi sopra esposti.
- Infatti, partendo da un esempio di un canoista di 80 kg che voleva fare 1'50" sui 500 m (4,5 m/s), doveva vincere una **R** di 7,8 kg m, produrre un **lavoro totale** di 3900 kgm (unità di misura utilizzata fino a circa 20 anni fa, poi sostituita dai Joule) derivante da **F*s** (7,8*500). La **potenza** espressa dal canoista è di 35 kgm (**L**/t: 3900kgm/110 sec. Oppure **R**(**F**)***V**: 7,8 kg*4,5 m/s). Se la frequenza ottimale del canoista è 120 colpi al minuto, in 110 s di gara saranno battuti 220 colpi (120/60*110), che ci serviranno per trovare il lavoro/colpo (3900/220=17 7 kgm)

Le ultime ricerche: molte conferme e alcune

importanti innovazioni

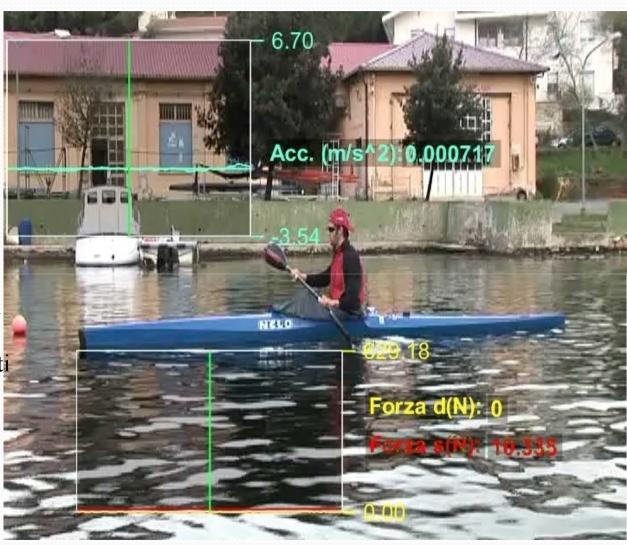
- 1. Project Work Ghelardini Claudio, conclusivo IX Corso Nazionale IV Livello Europeo, 2009 (Supervisore; Dott. Dario Dalla Vedova).
- "Valutazione degli aspetti biomeccanici di tipo cinematico e dinamico del kayak d'acqua piatta, analizzati in acqua".
- Analisi video e dati acquisiti dal Dipartimento di Scienze dello Sport, Istituto di Medicina e Scienza dello Sport (IMSS), CONI, Roma.
- 2. Progetto di Ricerca FICK-CONI Pechino 2008-Londra 2012, coordinati fra IMSS, vasca navale INSEAN, Università degli Studi Tor Vergata Roma, Ferrari, Federazione Italiana Canoa Kayak (e Federazione Spagnola).
- Dalla Vedova, Marini et al. (2010)
- Due grossi ambiti di ricerca sui 200 m: metabolico e tecnicobiomeccanico, idrodinamico, con analisi cinematica, profili velocità e altro.

Project Work, Ghelardini (2009)

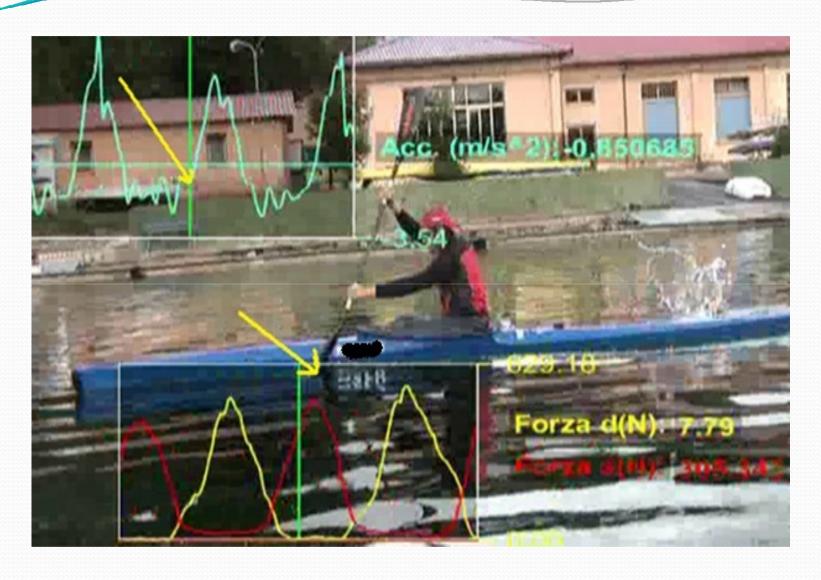
Metodologia della ricerca
Strumenti: videocamera Sony
HD FX 7 alta def.(50ftg/s);
Piattaforma inerziale
Xsens(100Hz); Solette
baropodometriche Pedar
sensorizzate (100 punti
pressione); New Darthfish
5.0; antenna telemetrica di
trasmissione al computer sul

Campione e protocollo: 4 atleti livello int., 3M-1F, 4x150 m partenza da fermo, a frequenze crescenti.

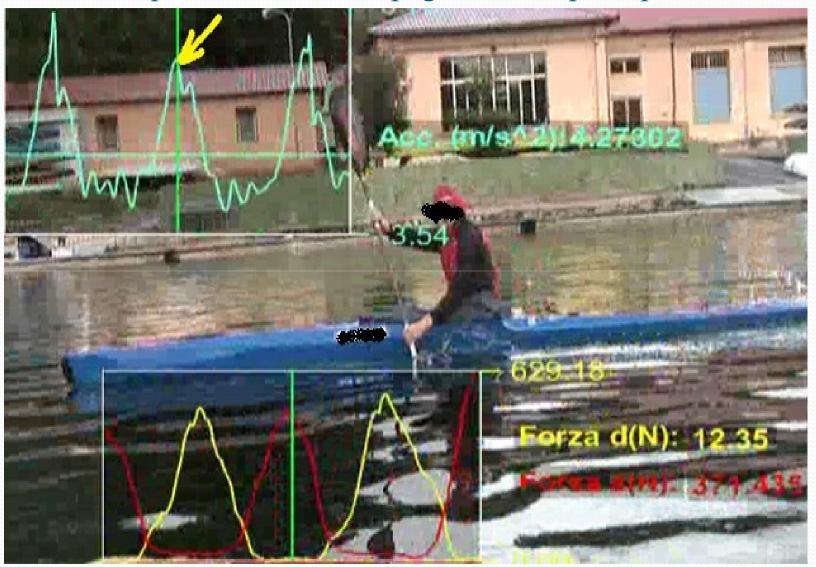
gommone.



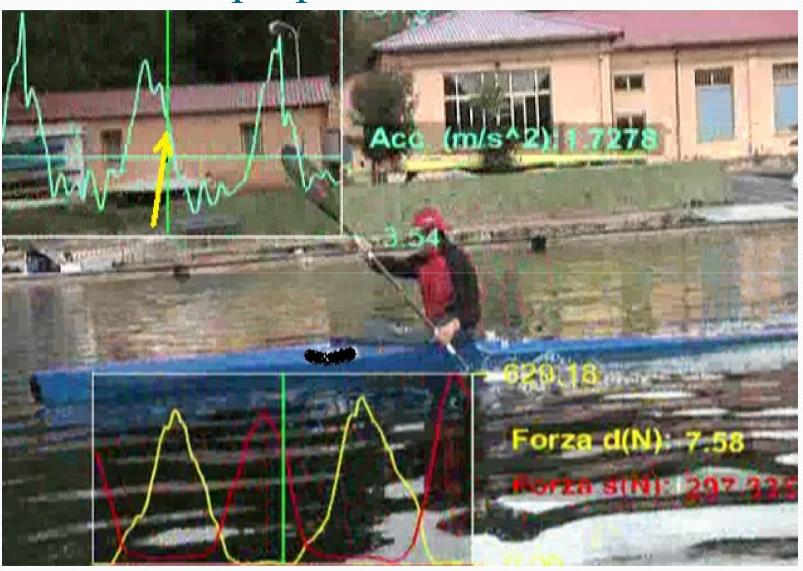
Fase di immersione: canoa in decelerazione



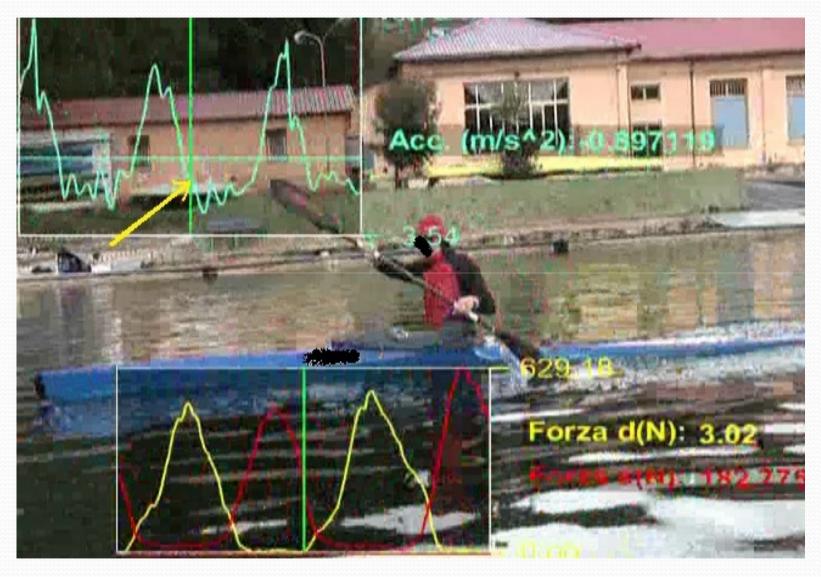
1 fase Propulsione-acc.max, pagaia vert., spinta piede max



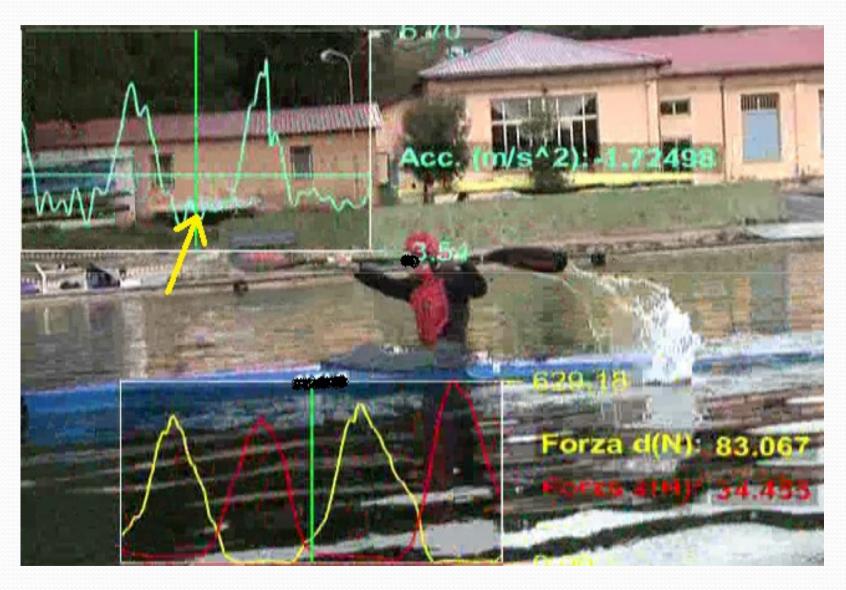
2 fase propulsione-acc.decresc.



Estrazione-decelerazione



Fase aerea-decelerazione



Conclusioni della ricerca (Ghelardini e Guazzini, 2010)

- Rapporto % fra fase in acqua e fase in aria, conferma i dati della letteratura. (r=-0,86, fra aumento frequenza pagaiata-diminuzione fase in acqua).
- La **fase positiva della pagaiata** (che produce accelerazione) è circa il **68%** del colpo in acqua. Quindi disperdo **32%** (immersione-estrazione).
- L'aumento della velocità è fortemente correlato (r=0,99) all'aumento della frequenza.
- La fase positiva della pagaiata, diminuisce con l'aumentare della frequenza, per la diminuzione del colpo in acqua (r=-0,88, aumento velocità-diminuzione fase positiva).
- L'aumento dell'accelerazione longitudinale, è il risultato anche dell'aumento delle accelerazioni verticali e laterali. Esistono spesso asimmetrie anche in atleti di alto livello.
- L'aumento dell'accelerazione longitudinale è in relazione con l'aumento della forza sul puntapiedi.
- Aumento dell'efficacia del colpo è in relazione anche alla rapidità della fase in acqua e lunghezza del colpo ma anche angoli biomeccanici sul piano frontale e sagittale.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE