

LA TECNICA DEL 
NUOTO

49° ANNO
NUMERO 2023

IN COLLABORAZIONE CON LA FEDERAZIONE ITALIANA NUOTO



Rivista fondata nel 1974
da Camillo Cametti

49° ANNO - NUMERO 2023

Sport Communication srl
Via G. Leopardi 2, 37138 Verona
info@mondonuoto.it

Direzione

Copie singole; euro 15,00

Autorizzazione del
Tribunale di Verona n. 302
del 15/03/1974

Impaginazione

Vision3 snc
Bussolengo - VR

Stampa

Mediaprint srl
San Giovanni Lupatoto - VR

Direttore responsabile

Camillo Cametti

Coordinatore Gruppo di lavoro

Marco Bonifazi

In questo numero

Anche in questo numero della rivista, i lettori avranno modo di attingere a delle nozioni tecniche che provengono dal convegno mondiale di Lipsia, le cui relazioni sono riportate da alcuni dei più preziosi nostri collaboratori, mentre altri due valenti studiosi propongono argomenti di assoluta rilevanza come la temperatura corporea in acque libere (Lorenzo Marugo) e la ricerca dei talenti nel nuoto (Ivo Ferretti). Buona lettura.



Le fotografie di questo numero, ove altrimenti non specificato, sono di:
Giorgio Scala,
<https://deepbluemia.eu>
[/insidefoto.com](https://insidefoto.com)



SOMMARIO

NUOTO - Simposio Internazionale di Lipsia 2023

GLI STUDI DI pag. 03 BIOMECCANICA E MEDICINA

di Matteo Cortesi, Vittorio Coloretti, Silvia Fantozzi, Raffaele Scurati, Marco Bonifazi, Paola Zamparo, Giorgio Gatta

BMS XIV



Leipzig | Germany

RICERCA - Come mantenere una adeguata temperatura corporea

SCAMBIO DI CALORE pag. 10 NELLE ATTIVITÀ ACQUATICHE

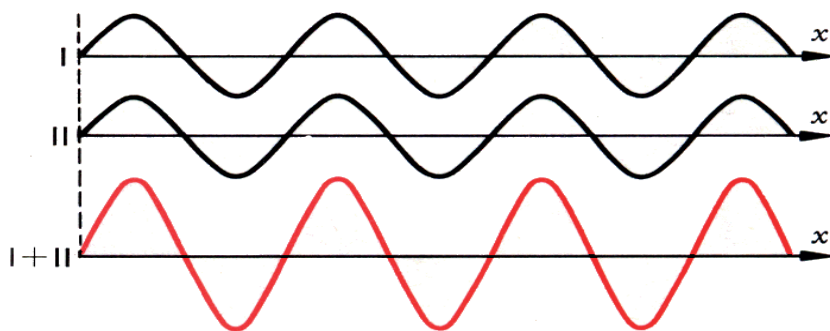
di Lorenzo Marugo



RICERCA - La regola dei dati quantici

IL TALENTO È UNA pag. 17 QUESTIONE DI NUMERI?

di Ivo Ferretti





GLI STUDI DI BIOMECCANICA E MEDICINA

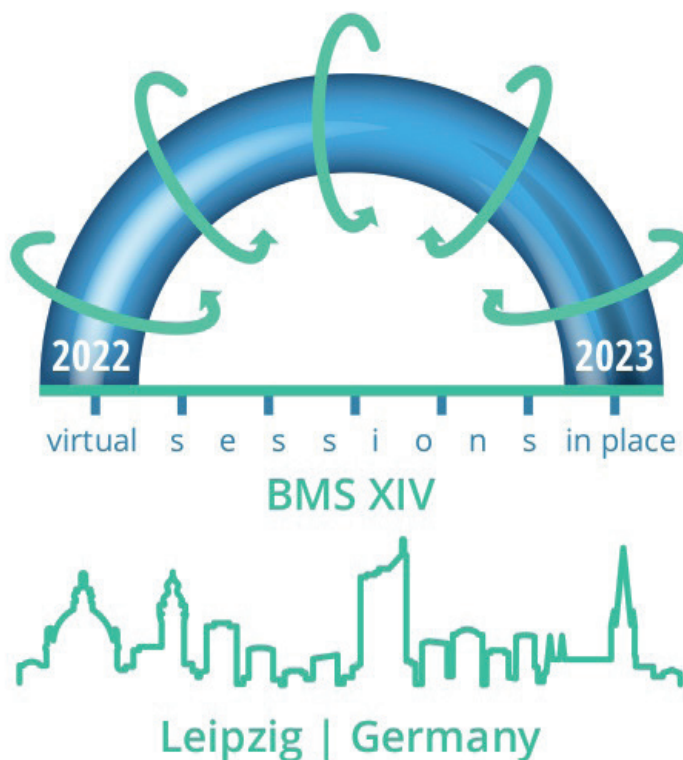
di Matteo Cortesi ¹, Vittorio Coloretti ¹, Silvia Fantozzi ¹, Raffaele Scurati ², Marco Bonifazi ³, Paola Zamparo ⁴, Giorgio Gatta ¹

¹Università di Bologna; ²Università degli Studi di Milano; ³Fin, Università di Siena; ⁴Università di Verona

Allenatori e scienziati degli sport d'acqua di tutto il mondo si sono incontrati presso la Facoltà di Scienze dello Sport di Lipsia dal 6 al 9 di settembre 2023 per il XIV Simposio Internazionale della Biomeccanica e Medicina nel Nuoto 2023, meglio conosciuto con l'acronimo BMS. Il Congresso è stato organizzato congiuntamente dai Dipartimenti di Biomeccanica Sportiva dell'Università di Lipsia e dal Consiglio Internazionale del BMS, patrocinato da numerosi Istituti tra cui la German Swimming Federation.

Il BMS è l'evento chiave per gli studiosi di nuoto ed attività acquatiche, sede di discussione dei nuovi risultati e approcci della

ricerca sul nuoto ed attività acquatiche dell'ultimo quadriennio. Si svolge ogni 4 anni dal 1970 e l'Europa ha ospitato ben 9 edizioni del Congresso, oltre alle 2 di Asia e America, e la sola edizione Australiana del 2014. I lavori presentati nelle varie edizioni sotto forma di atti di congresso, oltre 1000 articoli ad oggi, sono disponibili per tutti gli appassionati e praticanti nel sito del BMS gratuitamente. Nella stessa occasione si assegnano i premi alla ricerca sul nuoto per l'ultimo quadriennio: il LEN Transformative Research Award, alla miglior ricerca applicata, e l'Archimedes Award o Young Investigator Award, premio al miglior studio sull'argomento presentato da un ricercatore entro 30 anni di età. Causa pandemia



la Conferenza BMS del 2023 ha proposto cinque eventi virtuali tra settembre 2022 e giugno 2023 oltre all'evento conclusivo di Lipsia in presenza a settembre 2023.

Alla conferenza BMS hanno partecipato circa 350 studiosi/scienziati/allenatori provenienti da oltre 30 Paesi. Sono state presentate 5 letture magistrali ad invito, proposte da esperti di importanza internazionale, 90 relazioni e 49 poster scientifici. I temi programmati spaziavano dalla tecnica, cinematica, cinetica, allenamento e didattica del nuoto olimpico e paralimpico, alla modellizzazione e tecnologia applicati agli sport acquatici, dai determinanti di prestazione del nuoto in acque libere e della pallanuoto fino alla salute e medicina delle attività in acqua. Tre

delle cinque letture magistrali ad invito si sono focalizzate sulla prestazione di nuoto in vasca: il giorno di apertura, Alexander Törpel e Bernd Berkahn, rispettivamente capo della diagnostica della prestazione della Federazione Nuoto Tedesca e allenatore di Florian Wellbrock, hanno presentato il ruolo chiave del monitoraggio della prestazione per il campione olimpico nella preparazione di Tokyo 2021. Il secondo giorno, Jodi Cossor, ex capo bio-

meccanico del team inglese di nuoto, oggi a capo del supporto alla prestazione del team inglese di canottaggio, ha sottolineato l'impatto di un gruppo interdisciplinare nella gestione della prestazione sportiva svolta in acqua, e di come le competenze settoriali messe a sistema possano risultare vincenti. Il giorno di chiusura, Ricardo Fernandes, Professore Associato presso l'Università di Porto ed ex allenatore di nuoto, ha affrontato un aggiornamento delle basi fisiologiche delle zone di allenamento, traducendo come determinate scelte dell'allenatore possano generare reazioni funzionali specifiche.

Un momento particolare del Congresso è stata la dimostrazione a bordo piscina. Otto postazioni in cui sono stati presentati e discussi con i partecipanti

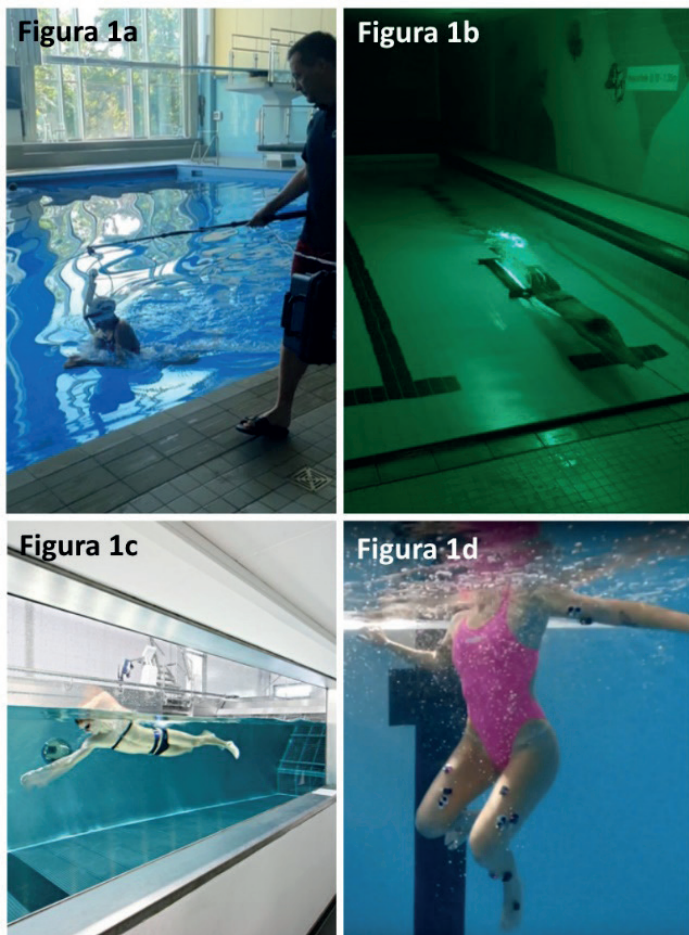


Figura 1. Dimostrazioni in vasca al BMS Conference 2023.

metodi di misurazione in vasca di uso pratico e non, come l'analisi dei gas respiratori (vedi figura 1a), l'analisi della velocità delle particelle per lo studio della propulsione (figura 1b), la visualizzazione dei flussi in vasca idrodinamica (figura 1c), i blocchi di partenza strumentati per l'analisi cinematica e cinetica, e l'elettromiografia in acqua (figura 1d). Quest'ultima presentata proprio da una azienda italiana (Cometa Systems, Milano).

Il giorno precedente al BMS, nella stessa sede, si è svolto lo European Aquatics Coaching Clinics 2023, organizzato dalle stesse Istituzioni in collaborazione con la Federazione Europea di Nuoto (LEN). In quest'ultima occasione è stato presentato un trasferimento dei risultati della ricerca nella pratica (Michael Peyrebrune, Loughborough University), proposti interventi per migliorare il sonno (Lars Johansen, Danish Swimming Federation), indicazioni su come eseguire una analisi della gara (Santiago Veiga, Università di Madrid), risultati derivanti da analisi delle partenze e delle virate (Sander Schreven &

ed il quinto stile, la sensoristica indossabile per il monitoraggio del nuotatore. L'articolo proseguirà quindi con una selezione (discrezionale da parte degli autori) delle ricerche che rispondono a quesiti tipici per gli allenatori di nuoto, cercando di semplificarne gli aspetti metodologici più complessi e provando a ricavarne indicazioni applicative per i tecnici.

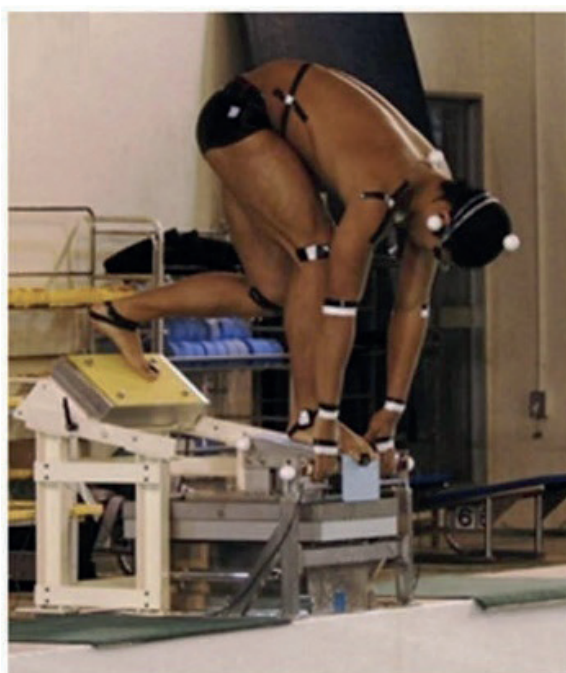
TECNICA: NELLA KICK-START LA GAMBA FORTE VA MESSA DIETRO O DAVANTI?

Un gruppo di ricercatori dell'Università di Osaka (Suito H. & Ozeki K.) ha indagato se la gamba più forte debba essere posizionata in avanti o indietro nella kick-start (Figura 2). È noto che la gamba dietro contribuisca alla velocità orizzontale del corpo, il maggior determinante per una partenza efficace,

mentre la gamba davanti serve a supportare la stabilità del corpo (Ikeda et al., 2016). Tuttavia nessuno studio precedentemente aveva risolto se la gamba forte posizionata dietro potesse essere vantaggiosa o meno. Gli autori hanno coinvolto 6 nuotatori maschi di college che si sono allenati per 10 giorni su partenze con i piedi posizionati in entrambe le combinazioni. Hanno determinato quale fosse la gamba forte di ciascun atleta attraverso salti con contro-movimento su una gamba sola, ed hanno misurato il tempo ai 15-m come indicatore di prestazione per il fondamentale di partenza.

CONCLUSIONE: gli autori di questo studio non hanno trovato differenze nell'impulso orizzontale e verticale posizionando la gamba forte dietro o davanti. Tuttavia, precedentemente Burkhardt e collaboratori (2023) avevano evidenziato un picco di forza ed impulso orizzontale più alto quando la gamba era posizionata dietro incoraggiando quindi gli allenatori a *consigliare i propri nuotatori di posizionare la gamba forte dietro nella kick-start.*

Figura 2. Analisi cinematica e cinetica della track-start nel nuoto. Immagine tratta da Takeda et al., 2017. *Journal of Sports Sciences*, 35(6), 565-571.



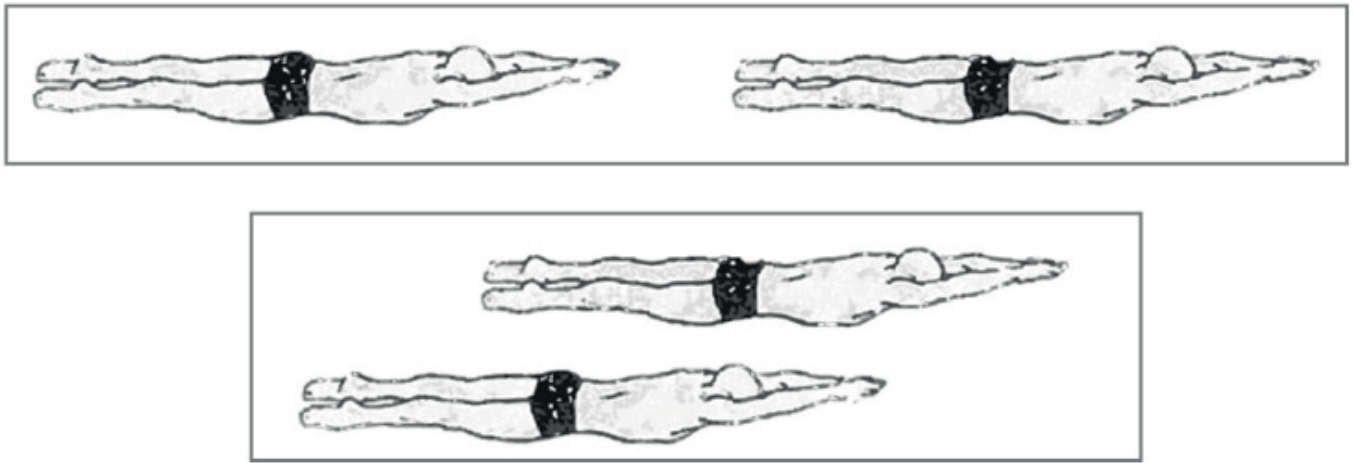


Figura 3. *Differenti combinazioni di scia nel nuoto.*

Immagine tratta da Janssen et al., 2009, Medicine & Science in Sports & Exercise, 41(4), 837-843.

FONDO: NEL NUOTO DI FONDO MEGLIO NUOTARE DIETRO O DI LATO AL NUOTATORE CHE CONDUCE?

Un team di ricerca francese, guidato da Remi Carmigniani, ha studiato l'effetto energetico del nuotare in scia nelle gare di acque libere. Un nuotatore in scia incontra un beneficio dovuto all'onda del nuotatore che precede, che si esprime con una riduzione della sua resistenza all'avanzamento e di conseguenza un minor sforzo per avanzare alla stessa velocità rispetto a chi lo precede. Gli studiosi hanno simulato in un ambiente computazionale tramite tecnologia CFD la condizione di 2 nuotatori con differenti combinazioni di scia (in linea, laterale) e differenti velocità di avanzamento, nell'atteggiamento di scivolamento (Figura 3).

CONCLUSIONI: come già noto in letteratura (Chatard, 2003; Janssen et al., 2009) *la riduzione del drag è maggiore quando il nuotatore che segue è dietro, esattamente in linea a quello che conduce.*

L'inseguitore in linea ha una riduzione del 40% di resistenza idrodinamica dovuta all'onda turbolenta del leader. Il nuotatore che nuota lateralmente all'altezza dei fianchi di chi conduce ha una riduzione del 30%, dovuta ai benefici idrodinamici del surfare l'onda creata da chi conduce.

TECNOLOGIA: AFFIDABILITÀ DEL SENSORE OTTICO PER LA MISURA DELLA FREQUENZA CARDIACA NEL NUOTO

La frequenza cardiaca è il metodo di monitoraggio fisiologico più utilizzato dai tecnici di nuoto grazie alla sua praticità d'uso. Un gruppo di ricercatori tedeschi e statunitensi, con a capo Alexander Ferrauti, ha indagato l'accuratezza dei sensori ottici per il monitoraggio della frequenza cardiaca nel nuoto. Usualmente il metodo più utilizzato per valutare il battito cardiaco in questo contesto è la semplice palpazione delle pulsazioni per una durata di 10-s, dando per scontato che le pulsazioni in questo tempo abbiano la stessa intensità di quelle del precedente periodo di esercizio. È stato dimostrato come questo metodo abbia circa 6 battiti di errore. Un ulteriore metodo evidenziato scien-

tificamente come accurato è utilizzare un sensore a fascia toracica per misurare la frequenza cardiaca. Tuttavia questo strumento non viene accettato di buon grado da tutti i nuotatori per il disturbo che genera durante la nuotata, in particolare nelle fasi di spinta dal muro. La tecnologia dei recenti anni ha permesso di inserire sul mercato un sensore ottico per la misura della frequenza cardiaca con una incidenza praticamente nulla sulla ecologicità e acquaticità del nuotatore, poiché miniaturizzato ed applicato nella zona della tempia (Verity Sense, Polar, Figura 4). In questo studio i ricercatori hanno confrontato la frequenza cardiaca di 60 nuotatori durante una tradizionale seduta di allenamento tra il sensore ottico alla tempia e la fascia toracica. I risultati dimostrano che la differenza di frequenza cardiaca tra i due strumenti era di solamente 0,5 battiti.

Figura 4. *Sensore ottico alla tempia per la misura della frequenza cardiaca nel nuoto*



Late in midseason

1. Warm-up: swim 800 mixed, then swim 400, 200, and 100; divide and descend from aerobic to aerobic+ @ 10 to 15 seconds rest interval
2. Swim 2 × 300 @ 10:45, 2 × 400 @ 5:30, 2 × 200 @ 2:40, and 2 × 100 @ 1:30; descend within each and descend in each set of two
3. Pull/kick choice/swim 1,500 with snorkel by 500s
4. Swim 10 × 50 butterfly with fins @ 0:45
5. Pull/swim 4 × 400 @ 5:30; odd repeats pull solid, even repeats swim fast
6. Cool-down: swim 200 moderate or easy

Total: 8,100 meters

CONCLUSIONI: questa ricerca evidenzia un buon accordo tra il sensore ottico alla tempia e la fascia toracica (già dimostrata come accurata) nella misura della frequenza cardiaca nel nuoto. Tuttavia esiste una sostanziale variabilità nella misura dei battiti con sensore alla tempia. Quindi, *gli allenatori e gli atleti possono misurare la frequenza cardiaca con il sensore ottico alla tempia con un errore accettabile, ma devono essere consapevoli che in alcuni soggetti ed in alcuni contesti di allenamento possono verificarsi errori rilevanti.* Sono quindi necessari ulteriori approfondimenti per verificare se il sensore alla tempia abbia la stessa accuratezza della fascia al torace. Ciò che invece era già stato confermato da un team di ricerca spagnolo (López-Belmonte et al., 2023) è che lo stesso sensore ottico posizionato nella fascia da braccio non sia affidabile per le misurazioni della frequenza cardiaca nel nuoto.

ALLENAMENTO: COME INCIDE UNA DIFFERENTE SEQUENZA DI TRAINING SETS NELLA STESSA SEDUTA DI ALLENAMENTO

L'allenamento ad intervalli può essere applicato in differenti sequenze all'interno della stessa seduta di lavoro. Ricercatori greci coordinati da Argyris Toubekis hanno cercato di rispondere ad una essenziale domanda pratica per

l'allenatore di nuoto: quali effetti prestativi/fisiologici ha il pianificare un differente ordine di sets di lavoro all'interno della medesima seduta? Per verificare questo hanno misurato la velocità di soglia anaerobica (5x200-m incrementali) e la massima velocità (50-m massimale) in 12 nuotatori. Basandosi su questi test preliminari, il protocollo sperimentale prevedeva 8x200-m alla velocità di soglia anaerobica (setSOGLIA) e 8x50-m al 95% della massima velocità (setVEL), entrambi con recupero di 30-s tra le ripetizioni. Questi due test si replicavano in differenti giornate con diverse sequenze di sets: nel giorno 1 eseguivano prima il setSOGLIA, 10-min di recupero passivo, poi il setVEL; nel giorno 4 eseguivano prima il setVEL, 10-min di recupero passivo, poi il setSOGLIA. I ricercatori monitoravano la prestazione, la frequenza cardiaca, la concentrazione di lattato ed altri parametri ematici.

CONCLUSIONI: *i risultati hanno mostrato che la prestazione di ciascun set non era significativamente differente se eseguita con sequenza differente, così come le risposte fisiologiche.* Tuttavia l'impatto totale dell'allenamento in cui il set di soglia era preceduto da quello di velocità disturbava maggiormente l'equilibrio acido-base e metabolico dell'atleta, ed induceva un più elevato carico interno dell'allenamento rispetto alla sequenza opposta.

Figura 5. Esempio di una singola seduta di allenamento. Immagine tratta da Hannula et al., 2012, The Swim Coaching Bible Volume II. Human Kinetics.

Il consiglio agli allenatori, quando il tempo di recupero post allenamento vuole essere ottimizzato, è di eseguire nella stessa seduta prima il set di soglia anaerobica e poi quella di lattato anziché la sequenza opposta.

ALLENAMENTO: QUALI CONDIZIONAMENTI SULLE CARATTERISTICHE FISICHE DEL NUOTATORE HA UNA INTERRUZIONE DI 5 SETTIMANE DI ALLENAMENTO?

Le misure antropometriche sono un elemento chiave nel nuoto per la determinazione del talento. A termine di una stagione agonistica, avviene una parziale o completa perdita degli effetti indotti dall'allenamento e possono verificarsi adattamenti anatomici, fisiologici o di prestazione. Con queste premesse, un gruppo di ricercatori spagnoli guidati da Raul Arellano, ha analizzato gli effetti di cinque settimane di interruzione di attività (tipiche dell'off-season del nuoto giovanile) sull'antropometria e sulla prestazione di sprint nel nuoto (Figura 6).

Hanno così misurato la prestazione massimale nei 50-m di 12 nuotatori maschi e 8 femmine precedentemente e successivamente le cinque settimane di interruzione di attività, oltre a variabili antropometriche e di composizione corporea. Il somatotipo maschile cambiava da ecto-mesomorfo a endomorfo dopo il periodo di off-season mentre quello femminile da meso-endomorfo a endomorfo.

La prestazione femminile cambiava da una media di 31.0-s prima della cessazione di attività a 31.9-s dopo la pausa, e questa riduzione di prestazione era associata ad una riduzione della circonferenza del braccio e della massa muscolare.

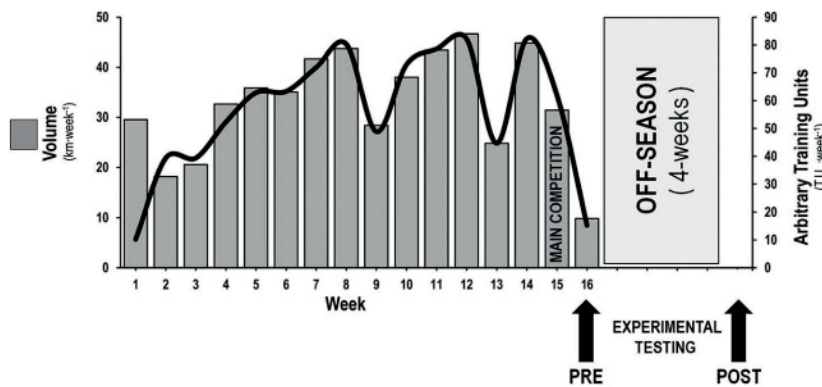


Figura 6. Esempio di un macrociclo di lavoro che precede un periodo di off-season in giovani nuotatori. Immagine tratta da Zacca et al., 2019, *Journal of Sports Sciences*, 37(13), 1490-1498.

CONCLUSIONI: cinque settimane di cessazione dell'allenamento incidono sui fattori antropometrici e di composizione corporea nei nuotatori adolescenti. Sia i nuotatori maschi che femmine tendono verso un fisico robusto con tendenza ad accumulo di peso (somatotipo endomorfo) a seguito dell'off-season. Nonostante queste modificazioni antropometriche sembrano non essere correlate ad una riduzione rilevante e significativa di prestazione nello sprint, gli allenatori dovrebbero essere consapevoli che questi cambiamenti potrebbero incidere sulle risposte biomeccaniche e fisiologiche.

PREPARAZIONE: QUANTO FRENANO E COME INCIDONO I DIFFERENTI PARACADUTI DA NUOTO DISPONIBILI IN COMMERCIO

Un gruppo francese dell'Università di Rennes, diretti da Nicolas Bideau, ha affrontato un tema di forte interesse nell'ultimo decennio che riguarda la preparazione fisica del nuotatore, ovvero il nuoto resistito. Il paracadute da nuoto frenato è ampiamente la tecnica più utilizzata ed a basso costo per attuare questa metodologia, tuttavia la sua forma, dimensione e velocità possono diversamente incidere sul carico applicato al nuotatore (Cortesi et al., 2019). Ad oggi le informazioni in letteratura riguardo il training con questo strumento sono scarse e le opinioni sugli effetti cinematici e coordinativi sono ancora poco discussi (Schnitzler et al.,

2011). Per questo motivo gli allenatori tendono ad utilizzare questa tecnica senza la completa consapevolezza di come possano incidere sul carico interno dell'atleta. L'obiettivo dei ricercatori francesi è stato quello di quantificare il carico esterno di tre modelli di paracaduti per il nuoto frenato commercializzati, caratterizzati in funzione della loro superficie (20, 23, 28 cm², Nabaiji 900, Decathlon, Figura 7), e di conseguenza le relative caratteristiche idrodinamiche. Utilizzando un dispositivo elettromeccanico i paracaduti venivano trainati a varie velocità per definirne la resistenza idrodinamica, ovvero la forza con la quale il dispositivo li trainava. **CONCLUSIONI:** il carico imposto dal paracadute è associato alla sua superficie, in particolare i paracaduti Nabaiji 900



Figura 7. Alcuni paracaduti per il nuoto frenato disponibili in commercio di differenti dimensioni.

di grande e media superficie aumentano il carico rispettivamente dell'81% e 28% rispetto al paracadute piccolo. Il messaggio pratico per i tecnici è di considerare con attenzione la dimensione e forma dell'oggetto che viene trainato dal nuotatore nel nuoto frenato poiché può incidere in maniera significativa sullo stimolo allenante che viene imposto.

DIDATTICA: UN VIDEO FEEDBACK IMMEDIATO MIGLIORA LA PRESTAZIONE DEL NUOTATORE

La visualizzazione dell'azione natatoria dei propri atleti aiuta i tecnici nel ricavare informazioni aggiuntive (Mooney et al., 2016) al fine di fornire istruzioni verbali aggiuntive o dimostrazioni visive. Questo tipo di feedback arricchisce inoltre la percezione sensoriale degli atleti. Il tipo di telecamera usata come feedback visivo in questo contesto è un fattore che incide sull'efficacia del processo. Infatti, le action-cams sono largamente utilizzate nel nuoto per l'analisi del movimento ma il tipico processamento dei dati successivo all'acquisizione di questi dispositivi (video downloading and editing) limita le applicazioni per scopi didattici o l'impiego frequente. Un team di ricerca italiano, coordinato da Raffaele Scurati, ha comparato l'effetto di tre differenti tipi di feedback (video immediato, osservazione posticipata di un video, istruzione verbale) sulla prestazione e meccanica natatoria di 34 giovani nuotatori. Gli studiosi hanno quindi sottoposto gli atleti, in aggiunta al proprio allenamento, ad un processo di feedback sperimentale della du-

rata di 8 settimane (30-min per 3 volte la settimana) suddividendoli in 3 gruppi: i) il primo osservava il video aereo e/o subacqueo della propria nuotata, assieme al proprio coach o autonomamente durante il recupero, 10-s dopo aver eseguito la nuotata, ii) il secondo osservava con il coach prima dell'allenamento alcuni clip della propria nuotata (posticipati in quanto relativi alla sessione immediatamente precedente), iii) il terzo non osservava video ma riceveva solo istruzioni dal proprio coach. Per controllare l'effetto dei feedback i ricercatori hanno osservato la tecnica, la velocità ed i parametri meccanici (frequenza, ampiezza ed indice di bracciata) sulla prestazione massimale nei 25-m svolti prima e dopo l'allenamento. I risultati mostravano che i giovani nuotatori che ricevevano un video feedback immediato e continuativo miglioravano maggiormente tutti gli indicatori rispetto agli altri tipi di feedback. Inoltre, solo il gruppo del feedback immediato ha migliorato significativamente, nel post-rispetto al pre-allenamento, la velocità della prova (da 1.47 a 1.50 m/s) e l'indice di bracciata (da 2.58 a 2.69 m²/ciclo).

CONCLUSIONI: sebbene sia il video feedback immediato che quello posticipato migliorino la prestazione di sprint nel nuotatore, *osservare la propria azione natatoria immediatamente dopo averla eseguita permette di ottenere i maggiori effetti positivi sulla tecnica, velocità e efficienza della nuotata.*

PSICOLOGIA: INFLUENZA DEL COMPORTAMENTO DELL'ALLENATORE SULLA MOTIVAZIONE DEL NUOTATORE

La prestazione natatoria di alto livello richiede allenamenti estenuanti spesso caratterizzati dalla monotonia e dall'isolamento dell'individuo. Ciò esige persistenza ed impegno allo scopo di fornire una possibilità di successo sportivo. Di conseguenza, la motivazione gioca un ruolo determinante. Il coach stesso è il riferimento più importante per il nuotatore e ne influenza la motivazione (Mageau et al, 2003). Un gruppo di ricercatori tedeschi guidati da Ilka Staub ha revisionato la letteratura scientifica su questo argomento per trarne indicazioni aggiornate ed utili per i tecnici. L'analisi di tutti i documenti suggerisce come un comportamento di supporto all'autonomia ed un clima coinvolgente sia associato ad una migliore motivazione personale. Inoltre, entrambi questi due elementi sono positivamente correlati sia con la persistenza all'attività di nuoto, sia con la soddisfazione di base, considerata un predittore della motivazione personale.

CONCLUSIONI: il coach di nuoto dovrebbe focalizzarsi su comportamenti orientati verso gli obiettivi, fornendo opportunità per una migliore motivazione personale dell'atleta. *Dovrebbe essere preferito un coaching di supporto all'autonomia anziché un coaching orientato solamente al controllo, così come un clima coinvolgente anziché un ambiente focalizzato su se stessi.*



Figura 9. Esempio di rapporto "motivazionale" dedicato a un allenatore/atleta.

Il Congresso si è concluso con una ottima notizia per la ricerca italiana del settore: il premio per il miglior giovane ricercatore, lo Young Investigator Award BMS 2023, è stato assegnato a Vittorio Coloretti, ingegnere biomedico al primo anno di Dottorato di Ricerca in Scienze dello Sport presso l'Università di Bologna, sotto la supervisione di Matteo Cortesi e Silvia Fantozzi. Questo premio è un ottimo segnale per la ricerca in Italia in questo settore, in virtù del fatto che tale riconoscimento non era mai stato assegnato ad un italiano in precedenza. Il concorso è stato conquistato grazie allo studio "Validity and reliability of the wireless pressure sensor for aquatic activities and its ecological usefulness for swimming propulsion analysis" a cui verrà

specifico articolo di questo numero della Tecnica del Nuoto.

Tra i ricercatori italiani erano presenti il team dell'Università di Milano con Raffaele Scurati, che ha proposto lo studio presentato in precedenza riguardo i feedback visivi immediati nella didattica del nuoto. L'Università di Bologna, oltre al progetto come primo autore Coloretti, ha portato all'attenzione una ricerca applicativa dei sensori di pressione che riguarda le asimmetrie di propulsione, esposto da Silvia Fantozzi. Sempre l'Università di Bologna, in collaborazione con Paola Zamparo dell'Università di Verona, ha proposto un nuovo metodo per la misurazione del drag del nuotatore utilizzando metodi resistiti e presentato da Matteo Cortesi.

In conclusione di conferenza è stata presentata la sede della prossima edizione della conferenza programmata per il 2026, che si svolgerà per la prima volta in Sudamerica, a Porto Alegre nello stato brasiliano del Paraná.

In conclusione di conferenza è stata presentata la sede della prossima edizione della conferenza programmata per il 2026, che si svolgerà per la prima volta in Sudamerica, a Porto Alegre nello stato brasiliano del Paraná.



Figura 8. Un nuotatore osserva la sua azione.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Burkhardt, D., Born, D. P., Singh, N. B., Oberhofer, K., Carradori, S., Sinistaj, S., & Lorenzetti, S. (2023). Key performance indicators and leg positioning for the kick-start in competitive swimmers. *Sports biomechanics*, 22(6), 752-766.
- 2) Chatard, J. C., & Wilson, B. (2003). Drafting distance in swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(7), 1176-1181.
- 3) Cortesi, M., Di Michele, R., & Gatta, G. (2019). Effects of intracyclic velocity variations on the drag exerted by different swimming parachutes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2), 531-537.
- 4) Hannula, D., & Thornton, N. (2012). *The Swim Coaching Bible Volume II. Human Kinetics*.
- 5) Ikeda, Y., Ichikawa, H., Nara, R., Baba, Y., & Shimoyama, Y. (2017). Does installation of the back-stroke start device reduce 15-m start time in swimming? *Journal of Sports Sciences*, 35(2), 189-195.
- 6) Janssen, M., Wilson, B. D., & Toussaint, H. M. (2009). Effects of drafting on hydrodynamic and metabolic responses in front crawl swimming. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(4), 837-843.
- 7) López-Belmonte, Ó., Febles-Castro, A., Gay, A., Cuenca-Fernández, F., Arellano, R., & Ruiz-Navarro, J. J. (2023). Validity of the polar verity sense during swimming at different locations and intensities. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- 8) Mageau, G. A., & Vallerand, R. J. (2003). The coach-athlete relationship: A motivational model. *Journal of sports science*, 21(11), 883-904.
- 9) Mooney, R., Corley, G., Godfrey, A., Osborough, C., Newell, J., Quinlan, L. R., & ÓLaighin, G. (2016). Analysis of swimming performance: perceptions and practices of US-based swimming coaches. *Journal of sports sciences*, 34(11), 997-1005.
- 10) Schnitzler, C., Brazier, T., Button, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2011). Effect of velocity and added resistance on selected coordination and force parameters in front crawl. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2681-2690.
- 11) Takeda, T., Sakai, S., Takagi, H., Okuno, K., & Tsubakimoto, S. (2017). Contribution of hand and foot force to take-off velocity for the kick-start in competitive swimming. *Journal of Sports Sciences*, 35(6), 565-571.
- 12) Zacca, R., Toubekis, A., Freitas, L., Silva, A. F., Azevedo, R., Vilas-Boas, J. P. & Fernandes, R. J. (2019). Effects of detraining in age-group swimmers performance, energetics and kinematics. *Journal of sports sciences*, 37(13), 1490-1498.



In foto al centro Vittorio Colaretti, ingegnere biomedico ad oggi Dottorando in Scienze dello Sport presso l'Università di Bologna, con il premio Young Investigator del BMS 2023 assieme a Matteo Cortesi e Silvia Fantozzi, rispettivamente supervisore e co-supervisore del Dottorato di Ricerca.



SCAMBIO DI CALORE NELLE ATTIVITÀ ACQUATICHE

Lorenzo Marugo

Medico federale e campione di nuoto master

Gli scambi di calore tra il corpo umano e l'acqua avvengono con modalità non completamente sovrapponibili a quanto avviene tra corpo umano e aria, inoltre in acqua risultano molto più efficienti. In ambiente acquatico infatti gli scambi termici avvengono prevalentemente per conduzione e convezione, in misura limitata per irraggiamento e in misura nulla per evaporazione, modalità che invece risulta molto efficace fuori dall'acqua; infatti in ambiente aereo gli scambi termici avvengono prevalentemente per eva-

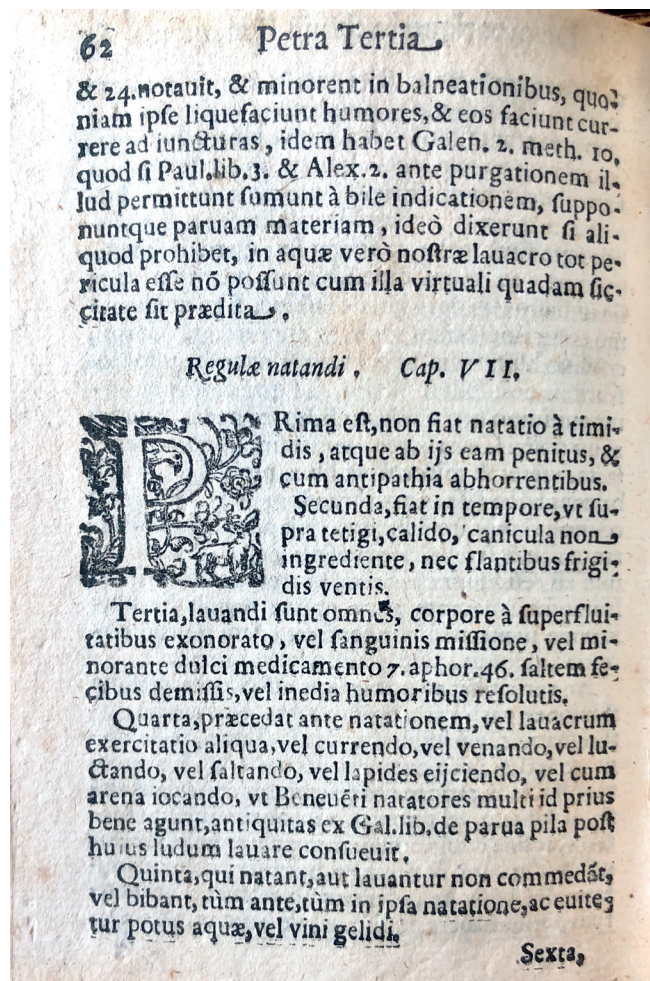
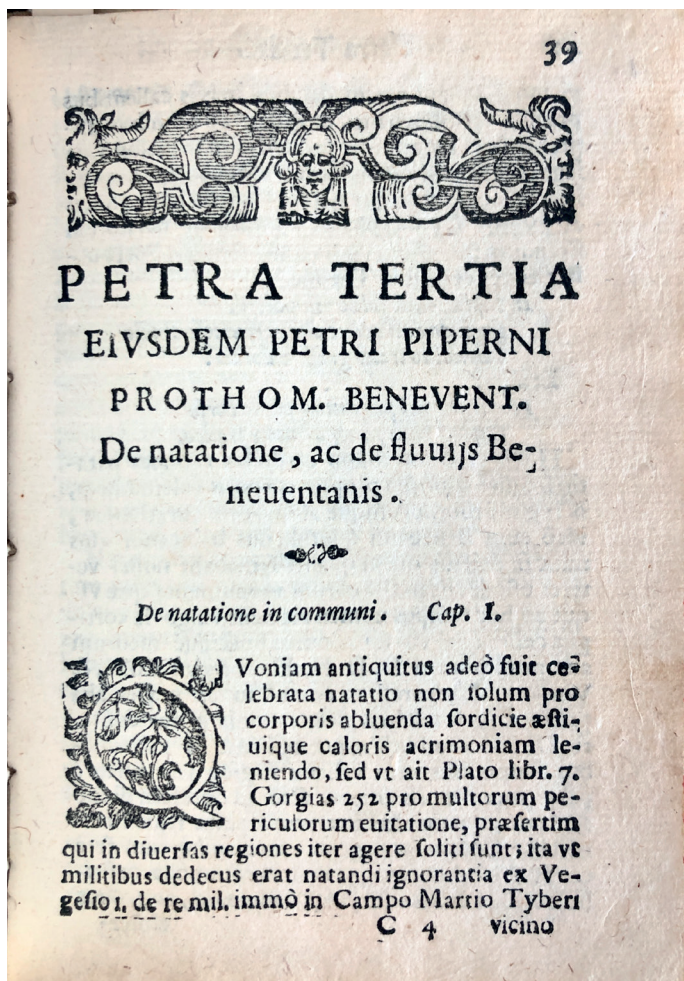
porazione e convezione, in maniera molto limitata per conduzione.

La conduzione diretta del calore tra corpo umano e acqua è molto efficiente e può essere favorevole in determinate situazioni ma può invece costituire un elemento negativo in altre in quanto può provocare un rapido e eccessivo raffreddamento o riscaldamento.

Il corpo umano si è evoluto per l'ambiente terrestre, pertanto quando si verificano richieste di raffreddamento viene comunque attivata la sudorazione e questo avviene anche quando, im-

merso in acqua ma, non verificandosi evaporazione, non si può ottenere il raffreddamento della superficie corporea, si determina quindi solo una perdita di liquidi con eventuale progressiva disidratazione.

Inoltre la maggiore efficienza degli scambi di calore in acqua attraverso la conduzione fa sì che il differenziale tra temperatura minima e massima dell'acqua, che consenta una accettabile tolleranza termica sia per evitare eccessivo raffreddamento (che potrebbe portare fino all'ipotermia) sia



Stralci dal capitolo sul nuoto del medico beneventano Pietro Piperno, Napoli 1624. Consigli in rapporto alla temperatura dell'acqua, all'alimentazione e all'idratazione.

eccessivo riscaldamento (fino all'ipertermia), risulta molto ridotto rispetto all'ambiente aereo. Questo vale sia in condizioni di riposo che sotto sforzo; naturalmente le temperature tollerate saranno differenti.

In base a queste considerazioni è chiaro che la temperatura ideale dell'acqua della piscina, che consenta una situazione di benessere, varia notevolmente a seconda della tipologia di utente e del tipo e dell'intensità dell'attività motoria praticata.

Temperature ideali in piscina:

- 33°-34° per riabilitazione passiva;
- 31°-32° per neonati e riabilitazione attiva primo livello;
- 29°-31° nuoto relax, camminare in acqua, riabilitazione attiva secondo livello;
- 28°-30° corsi nuoto, ginnastica in acqua, attività motoria in gravidanza;
- 27°-28° attività agonistica nuoto sincronizzato;
- 25°-28° attività agonistica di nuoto e pallanuoto.

È chiaro che non è possibile soddisfare contemporaneamente e completamente tutte le esigenze degli utenti, pertanto se in un impianto sportivo si vogliono effettuare tutte le attività descritte è necessario disporre almeno di due vasche. Una più piccola che deve essere anche adeguatamente attrezzata per le specifiche esigenze dei primi tre gruppi, preferibilmente con temperatura intorno ai 31 gradi, ed un'altra di dimensioni adeguate se finalizzata a un utilizzo per l'attività agonistica e con temperatura intorno ai 27-28 gradi. Certamente gli atleti agonisti specializzati nel fondo soffrono maggiormente le temperature elevate e necessitano di notevole integrazione idrica e salina.

Nel nuoto di fondo in acque libere la situazione diventa più complessa in quanto si vanno a sovrapporre fattori costituzionali e individuali a quelli legati alle situazioni ambientali; queste ultime possono essere estremamente



Stampa del 1635 raffigurante Leandro, mitico nuotatore dell'antichità, mentre attraversa lo stretto dei Dardanelli per raggiungere l'amante Ero. Sta per sopraggiungere la tempesta che gli sarà fatale e nei versi del poeta Marco Valerio Marziale si rivolge alle onde dicendo: "Risparmiatemi mentre la sto raggiungendo, sommergetemi quando ritornerò".



Arrivo a Calais del primo traversatore della Manica, il Capitano Matthew Webb, 1875, tempo di percorrenza circa 22 ore. Morì nel 1883 lanciandosi a nuoto nelle cascate del Niagara.

variabili e chiaramente non uniformabili come invece accade in piscina. Tutti questi fattori concorrono nel favorire, limitare o tollerare diversamente gli scambi termici, portando anche ad un eccesso o a un difetto degli stessi.

Durante gli allenamenti in acque libere ogni atleta si attrezza adeguatamente in funzione delle sue particolari esigenze, quindi in funzione delle proprie capacità di tolleranza e di costituzione e in funzione della situazione esterna. In occasione delle competizioni diventa invece necessario uniformare le regole e questo comporta dover effettuare scelte anche difficili nella predisposizione di uno specifico regolamento.

La recente variazione delle norme dell'ente natatorio mondiale World Aquatics, che riguardano i limiti della temperatura dell'acqua nelle competizioni e i limiti di temperatura che comportano l'obbligo o il divieto dell'uso del costume o della muta (che comunque devono essere sempre approvati dalla stessa WA), mi ha portato a rivedere la bibliografia che riguarda la problematica della conduzione termica tra acqua e corpo umano nelle diverse situazioni.

Questa problematica mi ha sempre interessato in quanto fino dagli anni 70 ho partecipato a numerose competizioni nazionali e internazionali in acque libere. Come atleta Master ho partecipato alle gare di fondo in acque libere di vari Campionali Mondiali e successivamente ho seguito per tanti anni come medico le nazionali italiane di nuoto in acque libere. Attraverso il mio archivio di riviste, stampe e libri antichi e moderni sul nuoto, che riguardano anche le acque libere e gli accorgimenti in uso a partire dal XIX secolo, ne ho verificato l'evoluzione fino dagli esordi.

Cemento invernale nel Naviglio a Milano nel 1900.



CIMENTO INVERNALE DI NUOTO SUL NAVIGLIO, A MILANO (21 GENNAIO).
(Disegno di A. Bolzano, da schizzi del vero)

Abstract from World Aquatics regulation: 01 January 2023

Estratto dal regolamento World Aquatics: 01 gennaio 2023

7. COSTUMI DA BAGNO E TECNOLOGIA

7.1 Per le gare di nuoto in acque libere con temperatura dell'acqua pari o superiore a 18°C non deve essere utilizzata la muta, i costumi da bagno (uomini e donne) non devono coprire il collo, né estendersi oltre la spalla, né estendersi sotto la cavaglia. Fatte salve queste specifiche di forma, i costumi da bagno per le gare di nuoto in acque libere devono inoltre soddisfare tutti gli altri requisiti applicabili ai costumi da bagno per le gare di nuoto in piscina. 7.2 Dal 1° gennaio 2023, per le gare di nuoto in acque libere in acque con temperatura inferiore a 18°C, è obbligatorio l'uso della muta. Le mute non sono ammesse nelle gare di nuoto in acque libere in acque con temperatura pari o superiore a 18°C. 7.3 Le mute (sia per uomini che per donne) devono coprire completamente busto,

schiena, spalle e ginocchia. Non devono estendersi oltre il collo, i polsi e le caviglie.

8.1.6 Condizioni dell'acqua
8.1.6.1 Un certificato di idoneità all'uso del sito di competizione dovrà essere rilasciato dalle autorità locali competenti per la salute e la sicurezza. In termini generali la certificazione deve riguardare la purezza dell'acqua e la sicurezza fisica rispetto ad altre considerazioni. 8.1.6.2 La profondità minima dell'acqua in qualsiasi punto del percorso deve essere di 1,40 metri. 8.1.6.3 La temperatura dell'acqua dovrebbe essere minima di 16°C e massima di 31°C. Va controllato il giorno della gara, 2 ore prima della partenza, al centro del percorso ad una profondità di 40 cm. Tale controllo dovrà essere effettuato alla presenza di una Commissione composta dalle seguenti persone presenti: un Arbitro, un membro del Comitato Organizzatore e un allenatore delle squadre presenti designate durante la Riunione Tecnica.



How I Failed to

By MONTAGUE

AT night as I shouldered my way through the Channel from France to England, lying on my back, with only the desert of waters around me, and the mocking stars above, I began to ask myself—Why was I, of my own free will, for my own pleasure, battling with the waves all the long night through when I might be comfortable in my bed?

It occurred to me that there was something incongruous, something ludicrous, in my enterprise. And in truth, such an undertaking as I had set upon, tempting and romantic enough as it



Preparing Holbein for his Channel swim. He wore a linen guard to protect his head, and goggles to keep the salt from his eyes, and was finally smeared from head to foot with a black oily substance, which made him look like a negro.

Photo by Broad, Dover.

Swim the Gannel.

A. HOLBEIN.

for which you aim—these troubles go near to breaking one's heart.

But I had a good swim, all the same, across the Channel those last days of August when I set forth to out-do the record of Captain Webb. It was hard luck, wasn't it, to get so near in to shore and then to fail? If only there had been a bit of rock, a bank of sand, at the spot where the pulled me out, I had succeeded, and had swum from solid French ground to solid England. But there was nothing solid to touch upon save the boat's bottom, and

Nel 1902 il nuotatore Holbein fallisce la traversata della Manica nonostante la preparazione meticolosa e viene issato sulla barca in stato di semi incoscienza per ipotermia a circa 1200 metri dall'arrivo.

522

PEARSON'S MAGAZINE.



The crowning disappointment. Holbein is forcibly removed from the water within three-quarters of a mile from Dover beach.

Photo by Broad, Dover.

CONSIDERAZIONI SUL NUOVO REGOLAMENTO WORLD AQUATICS

Per analizzare la congruità di queste disposizioni, soprattutto il fatto di aver soppresso la fascia termica dove era concesso l'uso della muta o del costume a discrezione dell'atleta, è necessario riconsiderare le modalità di conduzione termica tra il corpo umano e l'acqua dove si possono distinguere fattori individuali e fattori ambientali ricollegandoli alle capacità di tolleranza degli atleti.

FATTORI INDIVIDUALI

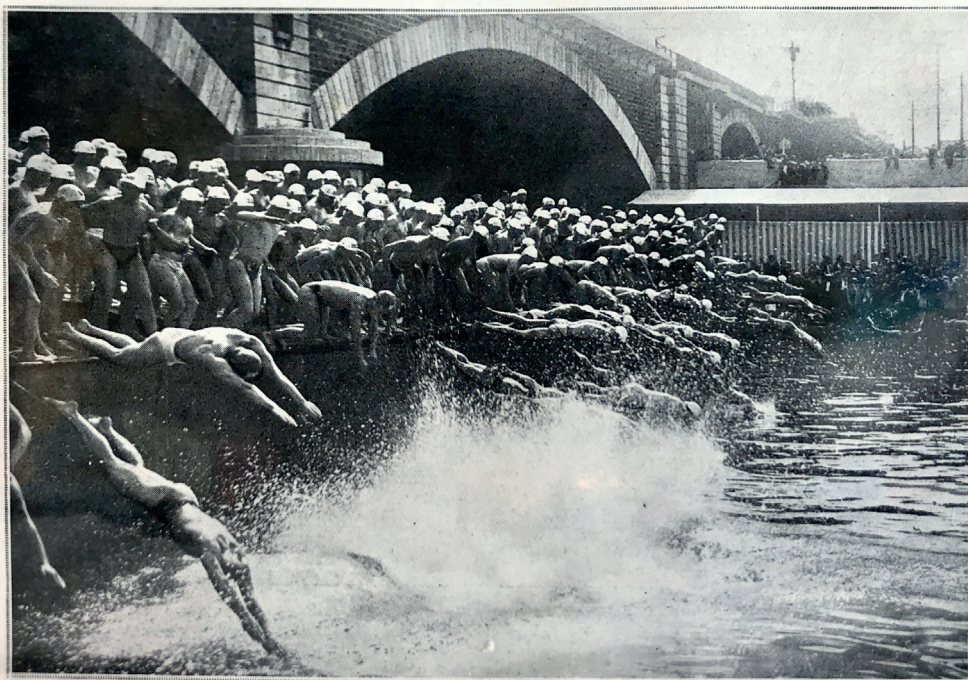
1. La massa corporea. Con l'aumento della massa corporea aumenta progressivamente il rapporto tra massa e superficie corporea (più aumenta la massa e proporzionalmente si riduce la superficie), pertanto i soggetti con elevata massa corporea, soprattutto per quanto riguarda il "core", si raffreddano e si riscaldano più lentamente rispetto a quelli a bassa massa corporea. Questo è uno dei motivi per cui i bambini sono più sensibili alle variazioni della temperatura dell'acqua.

2. Lo spessore del grasso sottocutaneo. A parità di spessore il coefficiente di coibentazione del grasso sottocutaneo è simile a quello della lanolina e della vaselina che infatti venivano e vengono utilizzate per proteggersi dal freddo. Anche i materiali delle mute da nuoto e di quelle subacquee possiedono una capacità di ridurre la dispersione termica che è non troppo differente da quella del grasso sottocutaneo, proporzionalmente al suo spessore.

3. La capacità di produrre calore da parte del corpo umano. La produzione di calore sotto sforzo dipende soprattutto dal consumo di ossigeno per chilo di massa corporea e quindi deriva dal livello di lavoro muscolare aerobico che l'atleta è in grado di produrre e in misura molto limitata dal metabolismo energetico basale. Naturalmente per quanto riguarda il metabolismo basale esistono differenze individuali legate anche a funzionalità diverse, fisiologiche o patologiche, come per esempio quelle ormonali. La dispersione di calore si può ridurre tramite vasocostrizione cutanea così come al contrario può essere facilitata da vasodilatazione ed entrambe dipendono dalla capacità organica di indurre contrazione o rilasciamento della muscolatura liscia vascolare e quindi di redistribuzione del flusso ematico nei vari distretti corporei in funzione delle diverse necessità. Le capacità compensative del corpo umano per contrastare l'aumento o la diminuzione della temperatura corporea risultano allenabili e quindi migliorabili attraverso un progressivo adattamento all'ambiente.

FATTORI AMBIENTALI

1. La temperatura dell'acqua è sicuramente il fattore più importante ma non deve essere misurata solamente in un unico punto in quanto sono possibili discrete variazioni della temperatura in funzione della profondità del fondale, del moto ondoso e della presenza di eventuali correnti fredde o calde in diversi punti del percorso. Il raffreddamento si può quindi verificare in punti diversi da quello di partenza.



Le départ est donné aux 241 concurrents de la traversée de Paris à la nage qui plongent d'une péniche placée en travers du fleuve, au pont National.

1934, partenza caotica di ben 241 nuotatori nella traversata di Parigi.

2. La durata della permanenza in acqua è chiaramente un altro fattore determinante ed è dipendente dalla distanza percorsa e dalla velocità media del nuotatore.

3. Anche il tempo passato fuori dall'acqua in attesa dell'immersione o comunque della partenza della competizione condiziona un precoce raffreddamento o riscaldamento corporeo attraverso l'irraggiamento (esposizione ai raggi solari), la convezione (presenza di vento e movimento del corpo) e la conduzione (temperatura dell'aria).

4. I fattori legati alla tipologia degli indumenti: il costume ma soprattutto la muta da nuoto e la cuffia possono condizionare gli scambi termici. La testa per esempio rappresenta solamente il 9% della superficie corporea nell'adulto ma può contribuire fino al 30% della dispersione di calore, in quanto la cute della testa presenta scarso grasso sottocutaneo, notevole vascolarizzazione sottocutanea ed è sottoposta ai notevoli flussi convettivi dell'acqua. La cuffia di silicone, anche doppia quando permessa, riduce notevolmente il raffreddamento. Il tempo che intercor-

re tra la chiamata dello speaker e la partenza della gara a cui si sommano le condizioni climatiche dell'ambiente esterno all'acqua può condizionare già prima della gara la situazione termica dell'atleta. Nel caso della gara internazionale sulla distanza di 10 km effettuata a Piombino nel maggio 2023 tale intervallo è stato tra 5 e 15 minuti, con gli atleti rimasti in costume da gara e scoperti, in presenza di condizioni metereologiche non ottimali (assenza di sole, presenza di bassa temperatura e vento) che sommate all'intervallo di tempo trascorso in attesa della partenza hanno sicuramente indotto un raffreddamento corporeo anticipato (ogni nuotatore viene chiamato per nome e cognome, na-

zionalità, per alcuni viene descritto anche il curriculum sportivo, quindi l'avvio a piedi alla lontana linea di partenza). La temperatura dell'acqua era di 18°8 gradi vicino alla partenza ad una profondità di circa 50 centimetri. Su 106 atleti in partenza i ritiri sono stati 36, di cui 32 per ipotermia accertata con misurazione della temperatura corporea, quindi circa un terzo dei partecipanti. Si evince quindi che sarebbe consigliabile innanzitutto ridurre i tempi tra chiamata e partenza in tenuta da gara soprattutto quando le condizioni ambientali esterne non sono ottimali.

Per una serie di motivi, non solo nella gara di Piombino ma anche in altre gare di fon-



1950, Florence Chadwick, prima donna ad attraversare la Manica in entambe le direzioni. 13 ore e 34 minuti la prima traversata dalla Francia all'Inghilterra. Preparata con abbondante vaselina e lanolina per resistere al freddo.

do in acque libere dove la temperatura dell'acqua era inferiore ai 20 gradi centigradi, gli atleti ritirati per raffreddamento o vera ipotermia sono stati numerosi e tale situazione sicuramente ha alterato le effettive capacità degli atleti nella graduatoria di arrivo oltre ad essere un fattore di rischio per la salute, a meno che si consideri la resistenza al freddo come un valore competitivo. Ritengo pertanto che la delimitazione netta e unica ai 18 gradi centigradi della temperatura dell'acqua (rilevata in un unico punto o in due punti diversi) come limite tra l'obbligo dell'uso della muta e l'obbligo del solo costume da gara sia molto limitativa e troppo netta. Sarebbe molto più logico e utile, soprattutto da un punto di vista medico preventivo, mantenere una forbice di almeno due o tre gradi (da 17 a 20) nella quale poter decidere individualmente l'uso o meno della muta. In alcune specifiche condizioni si potrebbe infatti verificare un eccessivo numero di ritiri dalla competizione per eccessivo raffreddamento corporeo come addirittura arrivare all'ipotermia, evento di maggior rischio per la salute, anche

in funzione del fatto di poter indurre aritmie cardiache anche quando l'ipotermia sia di grado lieve o moderato (fibrillazione atriale, blocco atrio ventricolare, bradiaritmie, tachicardia ventricolare fino a possibile arresto cardiaco in fibrillazione ventricolare). Oltre alla temperatura dell'acqua anche il rapporto dell'attività natatoria con i pasti e l'idratazione possono condizionare la comparsa di aritmie cardiache. Inoltre l'elevato numero dei ritiri, come già detto, nuoce alla validità tecnica della competizione. Naturalmente la variabilità della tolleranza individuale umana risulta molto estesa e variabile, infatti normalmente i soggetti con spessore molto elevato del grasso sottocutaneo, massa elevata e adeguatamente condizionati possono nuotare a lungo in acqua con temperatura inferiore ai 16 gradi senza rischio di ipotermia, mentre al contrario per alcuni di questi stessi atleti risulta maggiore il rischio di ipertermia in acque calde. Già nelle pubblicazioni di L.G.C. Pugh (1955-1960) la differenza tra due soggetti con percentuali di grasso corporeo estremamente diverse

(GP alto cm 183 e kg 75,5 di peso, JZ cm 164 e kg 95,9) rivelava differenze elevatissime nelle temperature rettali rilevate in funzione sia della temperatura dell'acqua che della durata dell'immersione.

Per quanto riguarda le mute da nuoto è bene ricordare che il procedimento di approvazione di una muta da parte di WA è molto complesso, i materiali utilizzati possono essere diversi ma non devono influire sul galleggiamento, gli spessori della muta da nuoto sono differenziati nello stesso costume con spessori che vanno da circa 1,5 mm fino a 4-5 mm per permettere maggiore flessibilità in alcuni punti e maggior coibentazione in altri. Le problematiche costruttive di mute così complesse giustificano i prezzi elevati, che possono superare i 300 euro fino oltre i 600. A titolo di confronto riporto le disposizioni della federazione internazionale del triathlon che adotta la seguente regola: nella frazione a nuoto l'uso della muta è vietato oltre i 20 gradi, è facoltativo tra i 14 e i 20 gradi, obbligatorio tra i 13 e i 14 gradi.



BIBLIOGRAFIA

- 1) Craig A.B., Temperature regulation and immersion; *Biomechanics and Medicine in swimming, Vol 14, p. 263-274, 1983*
- 2) Dietrichs E.S, Mc Glynn K. et al. Moderate but not severe hypothermia causes pro-arrhythmic changes in cardiac electrophysiology. *Cardiovascular Research, Volume 116, Issue 13, 1 November 2020, Pages 2081–2090.*
- 3) Ferretti, G., A. Veicsteinas, and D. W. Rennie. Conductive and convective heat flows of exercising humans in cold water. *J. Appl. Physiol.* 67:2473-2480, 1989
- 4) Glickman-Weiss, E. L., C. Cheatham, N. Caine, M. Blegen, J. Marcinkiewicz, and K. D. Mittleman. The influence of gender and menstrual phase on thermosensitivity during cold water immersion. *Aviat. Space Environ. Med.* 71:715-722, 2000.
- 5) Glickman-Weiss, E. L., F. L. Goss, R. J. Robertson, K. F. Metz, and D. A. Cassinelli. Physiological and thermal responses of males with varying body compositions during immersion in moderately cold water. *Aviat. Space Environ. Med.* 62:1063-1067, 1991.
- 6) Glickman-Weiss, E. L., A. G. Nelson, C. M. Hearon, F. L. Goss, R. J. Robertson, and D. A. Cassinelli. Effects of body morphology and mass on thermal responses to cold water: revisited. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66:299-303, 1993.
- 7) Glickman-Weiss, E. L., A. G. Nelson, C. M. Hearon, R. Prisby, and N. Caine. Thermal and metabolic responses of women with high fat versus low fat body composition during exposure to 5° and 27°C for 120 min. *Aviat. Space Environ. Med.* 70:284-288, 1999
- 8) Hayward, M. G., and W. R. Keatinge. Roles of subcutaneous fat and thermoregulatory reflexes in determining ability to stabilize body temperature in water. *J. Physiol. (Lond.)* 320:229-251, 1981
- 9) Huttunen P. et al. Effects of long-distance swimming in cold water on temperature, blood pressure and stress hormones in winter swimmers, *J. Thermal. Biol.* (2000)
- 10) Knechtle B., Waskiewicz Z., Souza C.V., Hill L., Nikolaidis P.T., Cold water swimming – Benefits and risks: a narrative review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Dec; 17(23): 8984. 2020.
- 11) Jacobs, I., T. Romet, J. Frim, and A. Hynes. Effects of endurance fitness on responses to cold water immersion. *Aviat. Space Environ. Med.* 55:715-720, 1984.
- 12) Lorenzo G, Moreno G, Graziano L. Swimming in antarctic ocean for 20 minutes without thermoprotective gear, it is possible? *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 47(5S):462, May 2015.
- 13) Matsunami Masaru, Influences of Swimming Caps on Thermal Responses and Performance of Swimmers. *Graduate School of Science and Technology Nagasaki University, December 2006*
- 14) Nielsen B. Fluid shifts and hearth rate responses during prolonged swimming; *Biomechanics and Medicine in swimming, Vol 14, p. 263-274, p. 302-309, 1983*
- 15) Novak J. Zeman V. Berger J. Semiginovsky B., Some medical observation of marathon swimmers after the race; *Biomechanics and Medicine in swimming, Vol 14, p. 263-274, p. 281-292, 1983*
- 16) O'Brien, C., A. J. Young, D. T. Lee, A. Shitzer, M. N. Sawka, and K. B. Pandolf. Role of core temperature as a stimulus for cold acclimation during repeated immersion in 20°C water. *J. Appl. Physiol.* 89:242-250, 2000.
- 17) Okada M., The cardiac rhythm in accidental hypothermia. *Journal of Electrocardiology*
- 18) *Volume 17, Issue 2, 1984, Pages 123-128*
- 19) Pugh LGC, *Oxford BM, O.G. Edholm B., The physiology of channel swimmers, The Lancet, Volume 266, Issue 6893, 8 October 1955, Pages 761-768.*
- 20) Pugh, L. G. C. and others. A physiological study of channel swimming. *Clin. Sci.*, 19: 257–73. 1960
- 21) Sagawa, S., K. Shiraki, M. K. Yousef, and N. Konda. Water temperature and intensity of exercise in maintenance of thermal equilibrium. *J. Appl. Physiol.* 65:2413-2419, 1988.
- 22) Sloan, R. E. G., and W. R. Keatinge. Cooling rates of young people swimming in cold water. *J. Appl. Physiol.* 35:371-375, 1973.
- 23) Sossio Serra, Di Zio, Sella, Fallani. L'ECG nel paziente ipotermico. *Italian Journal of Emergency Medicine.* Marzo 2014.
- 24) Tikuisis, P., I. Jacobs, D. Moroz, A. L. Valerland, and L. Martineau. Comparison of thermoregulatory responses between men and women immersed in cold water. *J. Appl. Physiol.* 89:1403-1411, 2000.
- 25) Tipton, M. J., and F. S. C. Golden. Immersion in cold water: effects on performance and safety. In: *Oxford Textbook of Sports Medicine, M. Harries, C. Williams, W. D. Stanish, and L.J. Micheli (Eds.). Oxford: Oxford University Press, pp.241-254, 1998.*
- 26) Toner, M. M., and W. D. McArdle. Human thermoregulatory responses to acute cold stress with special reference to water immersion. In: *Handbook of Physiology: Environmental Physiology, M. J. Fregley and C. M. Blatteis (Eds.). Bethesda, MD: American Physiological Society, pp. 379-418, 1996.*
- 27) Toner, M. M., M. N. Sawka, M. E. Foley, and K. B. Pandolf. Effects of body mass and morphology on thermal responses in water. *J. Appl. Physiol.* 60:521-525, 1986.
- 28) Trappe, T. A., D. L. Pease, S. W. Trappe, J. P. Troup, and E. R. Burke. Physiological responses to swimming while wearing a wet suit. *Int. J. Sports Med.* 17:111-114, 1996.
- 29) Trappe, T. A., R. D. Starling, A. C. Jozsi, et al. Thermal responses to swimming in three water temperatures: influence of a wet suit. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:1014-1021, 1995.
- 30) Veicsteinas, A., G. Ferretti, and D. W. Rennie. Superficial shell insulation in resting and exercising men in cold water. *J. Appl. Physiol.* 52:1557-1564, 1982
- 31) Young, A. J., and D. T. Lee. Aging and human cold tolerance. *Exp. Aging Res.* 23:45-67, 1997.
- 32) Young, A. J., M. N. Sawka, L. Levine, et al. Metabolic and thermal adaptations from endurance training in hot or cold water. *J. Appl. Physiol.* 78:793-801, 1995



IL TALENTO È UNA QUESTIONE DI NUMERI?

Ivo Ferretti

Docente SITFIN, Responsabile Area Biomeccanica FIN

INTRODUZIONE

Da molto tempo mi chiedo perché la nuotata di alcuni atleti talentuosi ci trasmette un senso di armonia, piacevolezza e facilità, mentre altri, pur ottenendo ottimi risultati, non ci impressionano sotto questo aspetto.

Nei miei oltre 30 anni di esperienza di analisi video, ho avuto modo di osservare centinaia di atleti e di misurarne tutti gli aspetti della tecnica.

Nelle mie ricerche avevo osservato che alcuni atleti effettuavano le varie fasi interne del loro ciclo di bracciata con tempi e durate non casuali. Spesso tali tempi erano dei sottomultipli interi del tempo totale del ciclo.

Ad esempio, in uno studio sulla traiettoria subacquea degli stile liberisti avevo rilevato che, ad ogni quarto del tempo totale impiegato a completare un ciclo, si verificavano dei cambi di direzione della mano.

Di seguito, a titolo di esempio, un vecchio studio sulla passata subacquea di Magnini (mi scuso per la scarsa qualità delle immagini, dovuta agli strumenti a disposizione all'epoca)

Possiamo comunque notare che a partire dall'ingresso del braccio destro ($t=0$) alla fine del ciclo trascorrono 0,96 secondi (periodo) e che ad $1/4$ del periodo = 0,24 s. la mano inizia decisamente a muoversi verso il basso,

esterno, dietro (downsweep). A $1/2$ del periodo = 0,48 s. la mano inizia decisamente a spostarsi verso dietro, interno, alto (insweep), mentre l'altro braccio entra in acqua. Ad $1/3$ del periodo del ciclo = 0,72 s. inizia la fase di recupero del braccio destro, mentre inizia il downsweep del sinistro. All'ingresso in acqua dell'arto destro (0,96 s) inizia l'insweep del

sinistro e infine il recupero di questo braccio inizia a $5/4$ del periodo, mentre inizia il downsweep dell'altro.

In pratica, nella nuotata di questo atleta si osserva un "modulo = 0,24 s." i cui multipli interi determinano delle fasi importanti della nuotata.

IL PUNTO DI VISTA DELLA FISICA

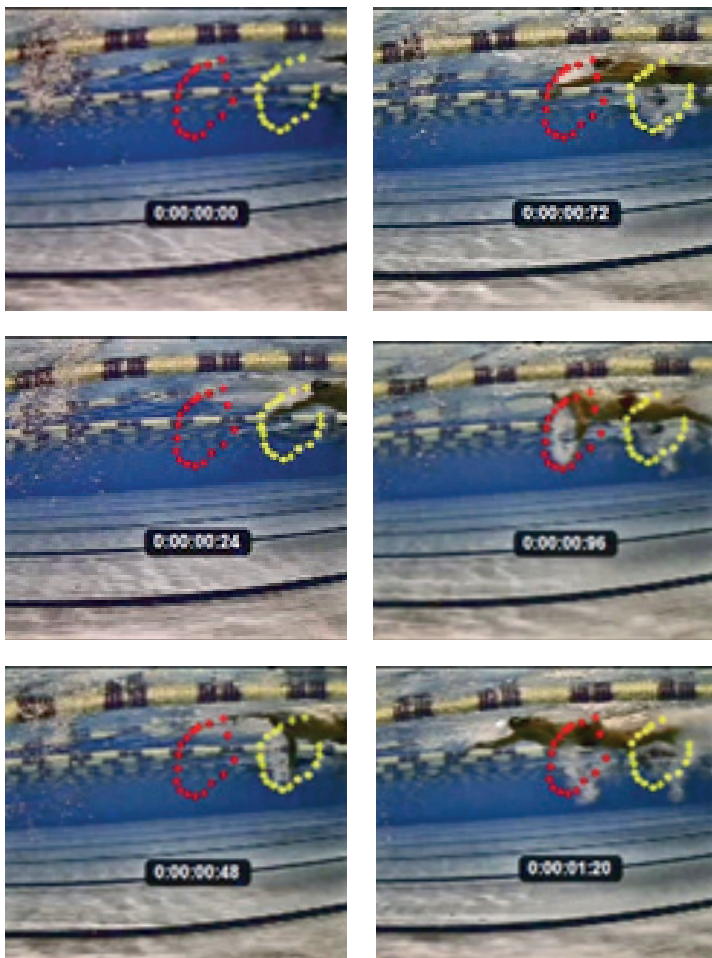
Nei miei studi di Chimica-Fisica sulla struttura degli atomi, mi ero imbattuto in un fenomeno simile, nello studio delle funzioni d'onda, regolate da numeri quantici (numeri interi che descrivono gli elettroni ed il loro comportamento). Questo mi ha portato alla convinzione che nella propulsione del nuotatore ci sia una sorta di "quantizzazione".

Tracciando le traiettorie delle spalle e della battuta di gambe dei nuotatori, inoltre, si evidenziava un andamento ondulatorio di entrambe. Nelle immagini che seguono (a pag. 18) è stata isolata, per chiarezza, la traiettoria della spalla sinistra. Se osserviamo le scie lasciate dalla passata subacquea, possiamo notare, inoltre, che le battute di gambe sostengono questo andamento ondulatorio, espletando la loro azione in corrispondenza dei vortici generati dalla bracciata.

LA RESISTENZA DELL'ACQUA

L'idrodinamica ci insegna che un natante, muovendosi in acqua, incontra le seguenti resistenze al suo avanzamento:

- Resistenza d'attrito;
- Resistenza di scia o dei vortici;
- Resistenza delle appendici;
- Resistenza dell'aria;
- Resistenza d'onda.



La resistenza d'attrito si genera dallo scorrimento degli strati di liquido gli uni sugli altri (viscosità) a partire da quello che aderisce al corpo del natante (strato limite di Prandl) fino agli strati di acqua ferma ¹.

La resistenza dei vortici è invece generata dal distacco dello strato limite dovuto alla forma dell'oggetto ².

La resistenza delle appendici dipende dai corpi estranei o dalle asperità dei materiali del natante ³.

La resistenza dell'aria è ovviamente trascurabile al chiuso, mentre può disturbare in acque libere.

Infine, **la resistenza d'onda** è dovuta alla pressione esercitata dal natante sul liquido che, pur essendo incompressibile, si solleva rispetto all'aria, generando onde trasversali e longitudinali ⁴.

¹ Questo tipo di resistenza non dipende dalla forma dell'oggetto, ma solo dalla viscosità del fluido e si genera anche su una lastra piana. È descritta dalla formula di Froude $Fr=0.5 \cdot A \cdot C_x \cdot d \cdot v^2$

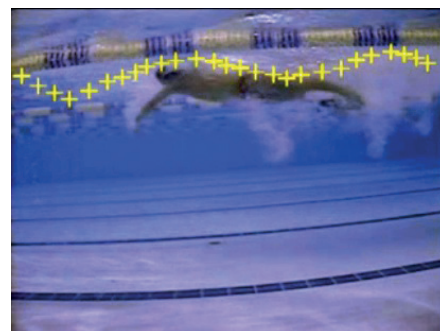
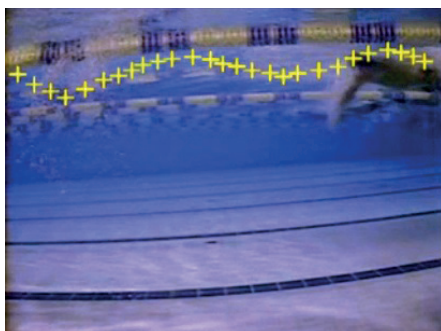
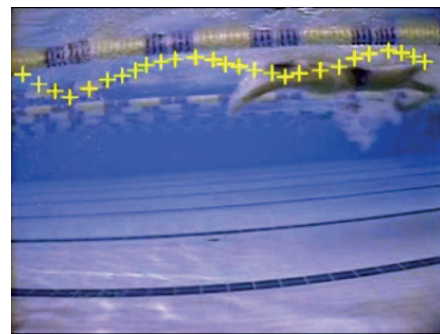
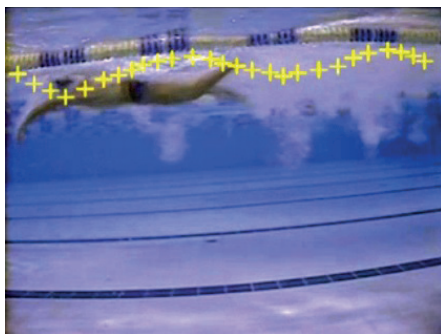
² A causa dei restringimenti e/o degli allargamenti della forma del natante, superata una certa velocità, si formano dei vortici causati dal distacco dello strato limite. Questo fenomeno è regolato dal numero di Reynolds: $R_n = v \cdot l / \nu$

³ Per il nuotatore, le appendici sono costituite: dal laccio del costume, da eventuali catenine o braccialetti, ma principalmente dai peli.

⁴ La resistenza d'onda dipende dalla velocità e dalla lunghezza del natante ed è descritta dalla sua velocità relativa (quoziente di Taylor) $Tq = v / \sqrt{l}$. Questo rapporto, in base al numero di onde su cui viaggia, determina l'assetto del natante stesso.

Come si evince dal grafico, alle velocità relative dei nuotatori (a destra della linea verticale) la componente maggiore della resistenza incontrata è la resistenza d'onda che, in determinate condizioni, è oltre 3-4 volte maggiore delle altre.

Questa situazione, oltre ad influenzare l'assetto del nuotatore, ne condiziona la coordinazione.

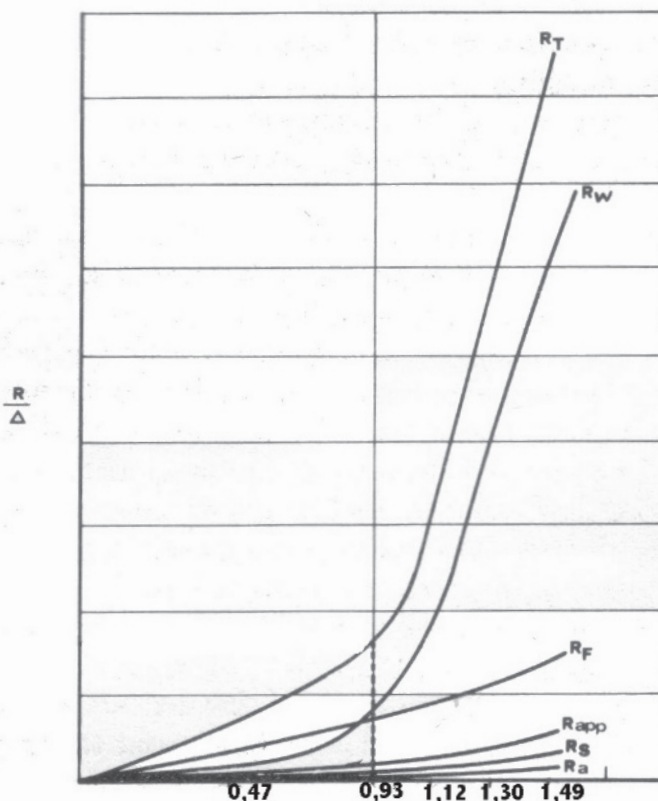


ONDE, ARMONICHE E TECNICA

Come già detto, l'acqua non è comprimibile, ma i nuotatori, dopo le sub, si muovono sulla superficie di separazione tra acqua e aria. L'aria, al contrario, essendo un aeriforme può essere compressa (la densità dell'aria è circa 800 volte minore di quella dell'acqua). Pertanto, l'avanzamento del nuotatore provoca un'onda di compressione davanti alla sua testa, dovuta al sollevamento dell'acqua

rispetto all'aria. L'onda generata è caratterizzata da una successione di zone di maggior pressione (creste d'onda) e di minor pressione (ventri d'onda), che risponde alla legge del moto armonico: $(T=2\pi \cdot \sqrt{l/g})^5$ che mette in relazione il periodo e la lunghezza d'onda.

⁵ Indica il periodo: ovvero, il tempo che trascorre tra il passaggio di due creste d'onda; l è la lunghezza d'onda: ossia la distanza tra due creste successive; g è l'accelerazione di gravità ($9,81 \text{ ms}^{-2}$).



Andamento grafico delle varie resistenze al moto

- R_T = resistenza totale
- R_W = resistenza d'onda
- R_F = resistenza d'attrito
- R_S = resistenza di scia
- R_{app} = resistenza delle appendici
- R_a = resistenza dell'aria

Quest'onda, definita onda regolare o del Weigel, ha caratteristiche ben definite:

- Raccogliendo i termini noti, possiamo anche scrivere $T=0,8\sqrt{L}$;
- Tra l'altezza dell'onda e la sua lunghezza esiste la seguente relazione: $H=1/15L$;
- La sua velocità e la sua lunghezza rispondono alla relazione: $v=1,248\sqrt{L}$;
- Ovvero: $L=0,643v^2$.

Se la lunghezza del natante è maggiore dell'onda creata, l'assetto è dislocante e lo scafo poggia su due o più creste d'onda; viceversa, se lo scafo è più corto, la parte posteriore dell'imbarcazione scivola sull'onda successiva ed essa assume un assetto "appoppato". Per questo motivo i nuotatori più alti sono favoriti rispetto a quelli di minore

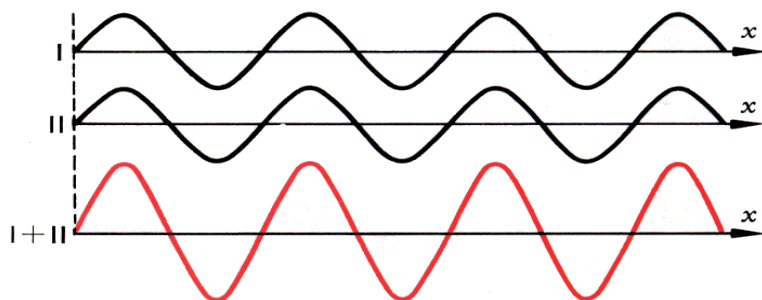


statura. Il nuotatore più lungo incontra una minore resistenza perché le sue gambe sono sostenute dalla cresta

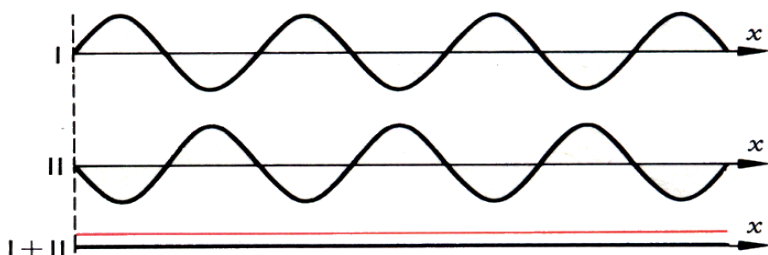
dell'onda successiva. Situazione che gli permette di ridurre la superficie bagnata riducendo l'attrito. Il nuotatore più corto, che non viene sostenuto dall'onda successiva, incontra un muro d'acqua davanti a sé e può ridurre questa resistenza soltanto scavalcando la sua stessa onda (planata).

La velocità media di un buon velocista (circa 2 m/s) non è sufficiente per ottenere questo effetto, però non dobbiamo dimenticare che questa è una velocità media e che nelle fasi più propulsive del ciclo, l'atleta raggiunge picchi di 3-3.5 m/s, sufficienti per raggiungere l'effetto planata, mentre in altre fasi si viaggia anche a meno di un metro al secondo. Intendo dire che durante il ciclo di bracciata si alternano fasi di planata e di dislocamento, dovute al susseguirsi di accelerazioni e decelerazioni. L'andamento ondulatorio del nuotatore dipende, quindi, da questo fenomeno.

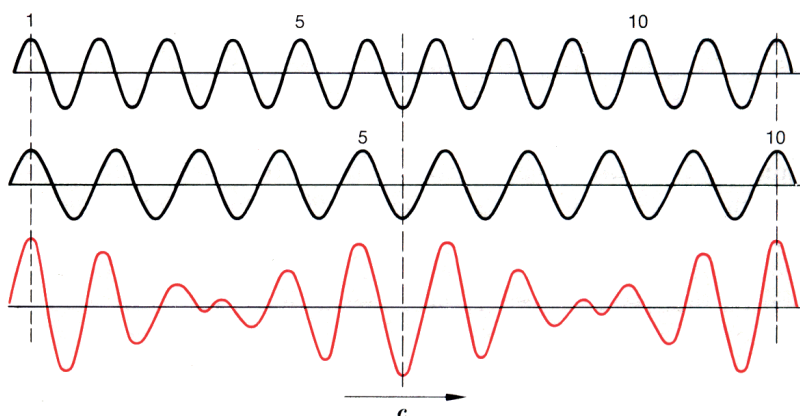
Un ulteriore effetto della formazione ondosa è l'interferenza. Come si evince dalla figura, due onde in composizione di fase (frequenze uguali, con creste e valli coincidenti) si esaltano, in opposizione (stesse frequenze, con le creste dell'una coincidenti con le valli dell'altra) si annullano. E' ragionevole pensare che un atleta che riesca a sincronizzare le azioni propulsive con l'onda creata, ovvero che vada alla ricerca degli appoggi, nelle zone di massima pressione sviluppi una efficacia mag-



Differenza di cammino $d=0$. Le due onde si rafforzano reciprocamente (interferenza costruttiva).



Differenza di cammino $d=\lambda/2$. Le due onde si annullano (interferenza distruttiva).



Così si realizzano i battimenti

giore di chi non utilizza questa strategia.

Ne consegue che ad una determinata velocità, frequenza e ampiezza sono dipendenti dall'onda formata e che, delle variazioni dell'una o l'altra, possono generare una perdita di efficacia.

Se due onde sono leggermente sfasate, infatti, assistiamo al fenomeno dei battimenti.

Osservando attentamente l'onda generata da un atleta talentuoso, notiamo una formazione ondosu molto ordinata e armonica. Viceversa, un atleta di minor valore forma una serie di piccole onde disordinate, senza un'apparente direzione comune.

E' mia convinzione che questo avvenga perché alcuni atleti, per una loro maggior sensibilità oppure molto semplicemente per una casualità, esercitano le loro azioni propulsive in perfetta sintonia con l'onda generata dal loro avanzamento.

Prende così forma un'ipotesi ispirata alla teoria musicale: i tempi in cui avvengono le fasi della bracciata sono sottomultipli del tempo del ciclo, perché

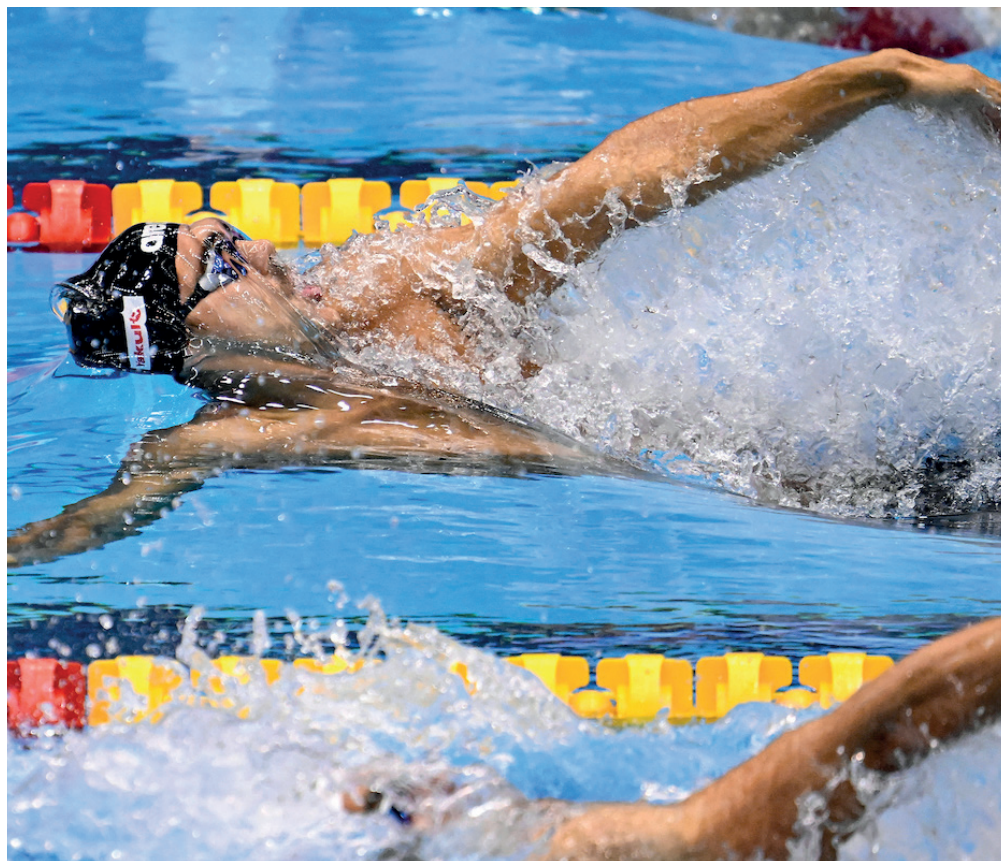
il nuotatore di talento esercita la sua azione sulle armoniche dell'onda principale, generata dal suo avanzamento (vedi figura pag. 21).

L'armonia nasce da questa situazione. In buona sostanza il nuotatore di talento, come un buon musicista, è in grado di selezionare i rapporti armonici dell'onda principale, ottenendo così la

massima efficienza.

Lo stile individuale di nuoto di ciascun atleta, in questa ipotesi, assume lo stesso significato del timbro di uno strumento. Sappiamo infatti che la stessa nota, suonata da due diversi strumenti, non viene percepita nello stesso modo dall'auditore. Il suono generato non è mai un suono puro, ma, in realtà, un suono complesso, formato da un insieme di suoni contemporanei, con una vibrazione principale accompagnata da altre vibrazioni di minore intensità e maggiore frequenza. Il sistema di onde generato è solo apparentemente caotico, ma, in realtà, scomponendo l'onda generata attraverso l'analisi di Fourier, si ottiene un sistema estremamente ordinato, perché composto da una vibrazione fondamentale e dalle sue armoniche, che conferisce ad ogni suono la sua peculiarità.

Un'altra singolare analogia con la scala musicale, si ha dividendo il tempo totale del ciclo di bracciata di molti nuotatori, per 12 (7 toni + 5 semitoni nella scala temperata). Il nuovo modulo, così ottenuto, rispecchia bene questa ipotesi. Alcuni atleti mostrano, con buona approssimazione, tempi di recupero uguali a $3/12$ ($1/4$) o $4/12$ ($1/3$) del



Alessandro
Miressi

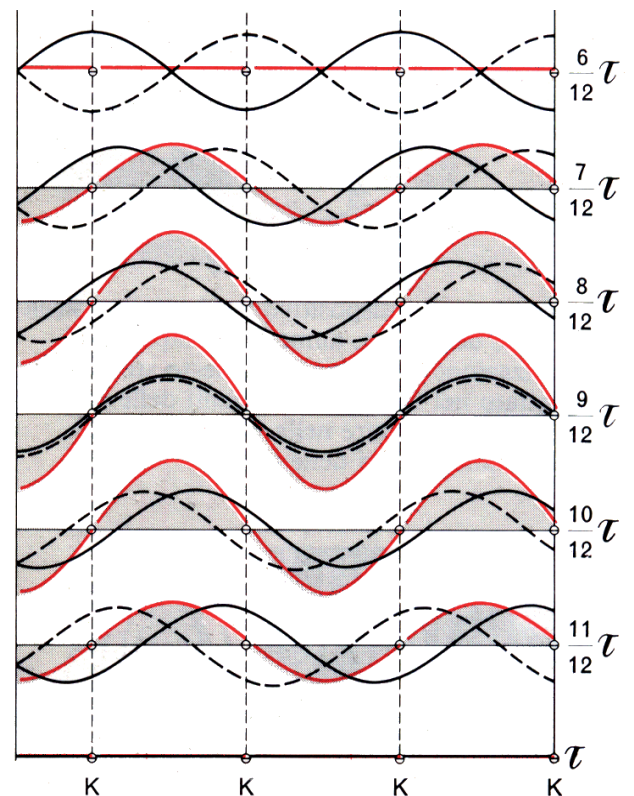
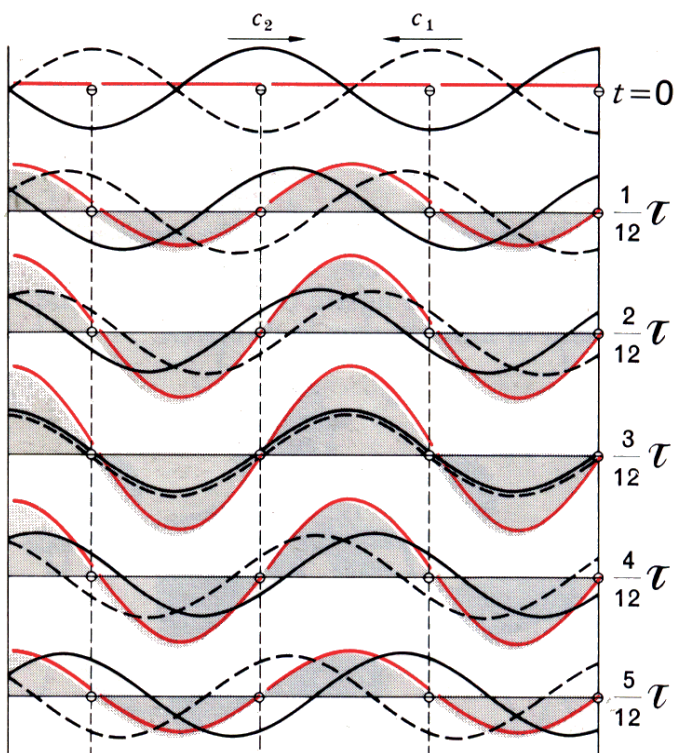


periodo; quindi, tempi della passata subacquea di $9/12$ ($3/4$) o $8/12$ ($2/3$) del periodo.

Ma se suddividiamo ulteriormente il recupero, osserviamo che $2/3$ del tempo di questa fase viene approssimati-

vamente impiegato per raggiungere la perpendicolare alla spalla (1a parte del recupero) e $1/3$ per eseguire la fase successiva di ingresso della mano in acqua. Lo stesso avviene per la bracciata subacquea: il tempo che intercorre

dall'ingresso della mano al raggiungimento della linea perpendicolare alle spalle (pull), è circa $2/3$ del tempo della passata subacquea e il tempo impiegato a terminare la bracciata (push), $1/3$ di questo tempo.



IL PUNTO DI VISTA DELLE NEUROSCIENZE

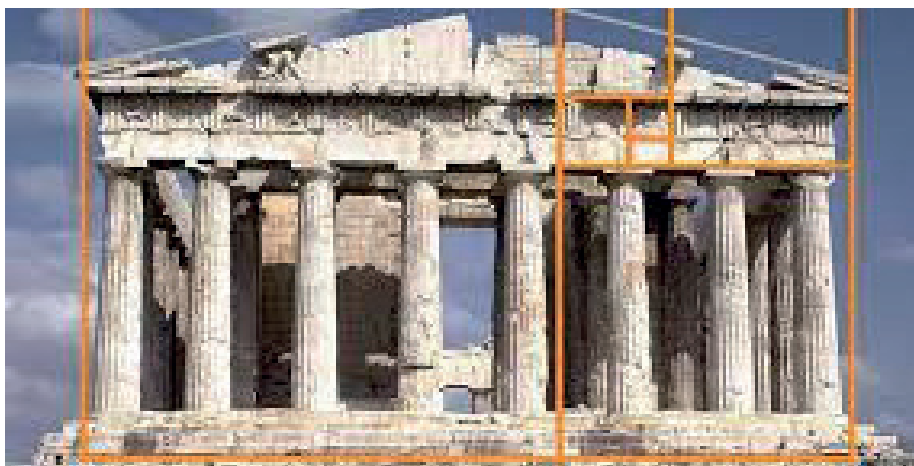
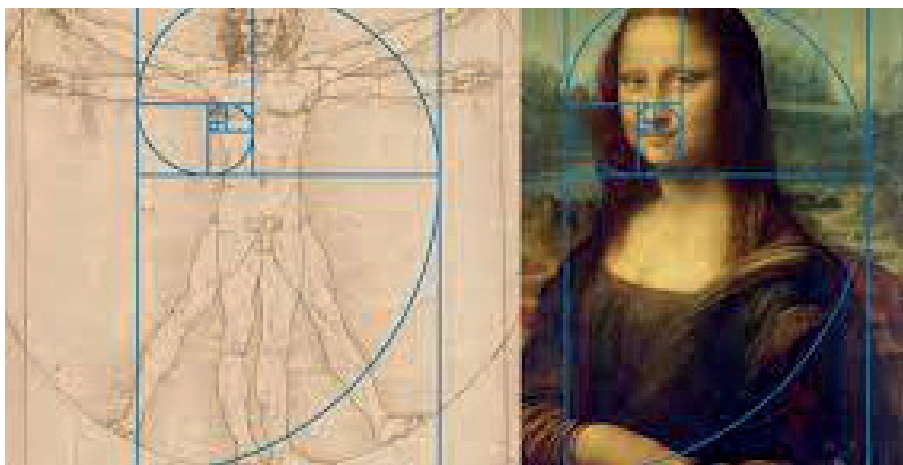
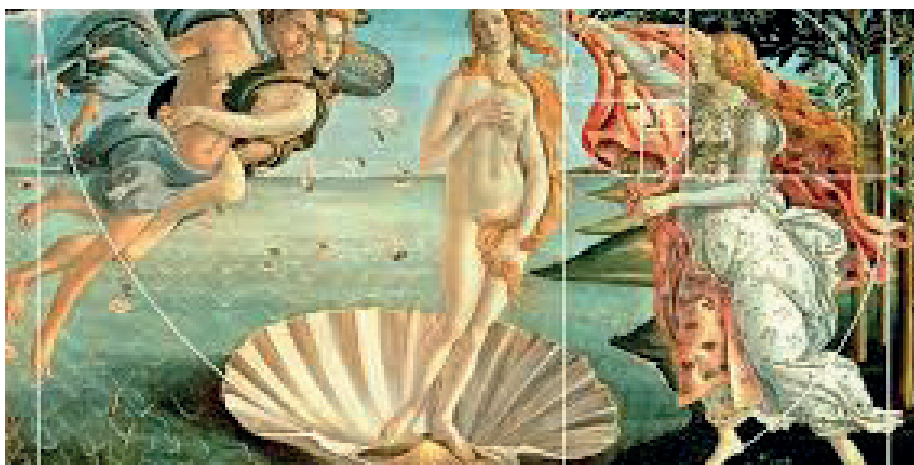
Un gruppo di ricercatori dell'Università di Tor Vergata, che comprendeva anche un Professore di Neuroscienze Motorie (Prof. Annino), oltre ad un Matematico (Prof. Verrelli), ad un Professore di Informatica (Prof. Bonaiuto) e ad uno di Scienze Motorie (Prof. Romagnoli), ha trovato, nel cammino umano e nella corsa, delle strutture armoniche riconducibili alla sezione aurea⁶ e alla sequenza di Fibonacci⁷. Sembra che gli individui utilizzino questi rapporti perché li percepiscono come efficaci, piacevoli, confortevoli ecc. D'altronde il numero aureo o rapporto di Fidia (conosciuto fin dall'antichità come la divina proporzione) lo ritroviamo in tantissime opere d'arte (come il Partenone, l'Uomo Vitruviano, la Gioconda, la Nascita di Venere ecc.ecc.), ma anche in natura (nei semi del girasole, in alcune conchiglie, nelle stelle marine ecc.) e costituisce un nostro archetipo di bellezza e di perfezione.

La sezione aurea e il rettangolo aureo hanno interessato moltissimi artisti, per millenni.

Questa proporzione è stata largamente usata dagli antichi greci, da Leonardo

⁶ La sezione aurea o numero aureo, è il rapporto fra due lunghezze (a e b) delle quali, la maggiore è medio proporzionale, tra la minore e la somma delle due $(a+b)/a = a/b$ si indica con la lettera greca Φ e corrisponde al numero irrazionale 1,61803.

⁷ La serie di Fibonacci nasce come soluzione ad un problema sulla riproduzione dei conigli ed è costituita dalla successione: 0,1,1,2,3,5,8,13,21, ecc.ecc. la cui caratteristica è che ogni numero è la somma dei due che lo precedono. Questa sequenza descrive la spirale logaritmica presente in natura in tantissimi esempi: le galassie, i tornado, le conchiglie del nautilus ecc. La sequenza di Fibonacci è legata alla sezione aurea, in quanto il limite del rapporto tra due termini consecutivi della sequenza è uguale a Φ . La spirale logaritmica si ottiene costruendo dei rettangoli aurei con lati uguali ai numeri della sequenza di Fibonacci.





da Vinci, dal famoso architetto Le Corbusier, come pure da musicisti come Bartòk, Debussy, Mozart e molti altri, tra cui anche alcuni gruppi rock.

Nel 2020, con questi ricercatori abbiamo misurato i rapporti tra le fasi interne della bracciata dei migliori stile liberisti, sia velocisti, che fondisti, della Nazionale Italiana e analizzato la struttura armonica della loro nuotata.

E' stata stilata una classifica di "armonicità" degli atleti e pubblicato un articolo (Gennaio 2021) sull'International Journal of Biomechanics relativo al crawl e alla durata delle fasi di bracciata.

Gli atleti erano suddivisi in: Top level - atleti che avevano vinto medaglie in gare internazionali assolute e High level - atleti medagliati nei Campionati Italiani Assoluti o nelle gare Internazionali Giovanili. Sorprendentemente, in questa classifica ai primi posti per "armonicità" comparivano quasi tutti gli atleti Top level. Uno studio effettuato qualche mese più tardi sugli specialisti della farfalla⁸, ha dato gli stessi risultati, così come il recente articolo sul dorso e sulla rana⁹.

⁸ *Fibonacci Butterfly Stroke Numbers to Assess Self-Similarity in Elite Swimmers* C.M. Verrelli, C. Romagnoli, R.R. Jackson, I. Ferretti, G. Annino and V. Bonaiuto.

⁹ *Golden ratio and self-similarity in swimming: breast-stroke and the back-stroke* Cristiano M. Verrelli, Cristian Romagnoli, Nicolò Colistra, Ivo Ferretti, Giuseppe Annino, Vincenzo Bonaiuto and Vincenzo Manzi.

Nella rana, in particolare, seguendo lo schema di Chollet e Seifert, sono state individuate due categorie di "strutture armoniche":

Ranisti armonici sulla bracciata, (a trazione anteriore) generalmente specialisti delle distanze più brevi (50 e 100)

Ranisti armonici sulla gambata, (a trazione posteriore) generalmente specialisti delle distanze più lunghe (200).

Ranisti che spaziano dai 5 ai 200 risultano armonici sia nella bracciata che nella gambata.

E' sorprendente come i risultati rispecchino perfettamente il valore degli atleti nel ranking nazionale ed internazionale. Ancor più sorprendente è come, partendo da diversi presupposti - il pri-

mo basato su considerazioni di fisica e di idrodinamica, l'altro sulla percezione del nostro benessere - si giunga alle stesse conclusioni.

CONCLUSIONI

E' chiaro che la domanda a questo punto è: "L'uso della proporzione aurea e della sequenza di Fibonacci è voluto dall'artista o semplicemente dovuto alla sua sensibilità e alla sua intuizione, che gli permettono di percepire un senso di equilibrio e di piacevolezza nell'opera?" e "Latleta di talento, nello stato di flow o nella confort zone, esegue coscientemente o casualmente azioni armoniche?"

Credo più nella seconda ipotesi, ma sono fermamente convinto che attraverso opportune stimolazioni si possa amplificare la capacità degli atleti e di percepire questi importanti aspetti.

Citando il grande Albert Einstein

**"Non tutto quello
che può essere contato,
conta**

e.....

**non tutto ciò che conta
può essere contato."**

