

# LA TECNICA DEL NUOTO

48°/49° ANNO  
NUMERO 2021/2022

IN COLLABORAZIONE CON LA FEDERAZIONE ITALIANA NUOTO



**Alessandro Miressi,  
Thomas Ceccon, Lorenzo  
Zizzeri e Manuel Frigo**

**Staffetta 4x100 sl argento alle  
Olimpiadi di Tokyo**



**La Nazionale di pallanuoto  
Medaglia d'argento  
ai Campionati del Mondo di Budapest**

## 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 copertina

La staffetta 4x100 sl argento alle Olimpiadi di Tokyo sopra, e la Nazionale di pallanuoto medaglia d'argento ai Campionati del mondo di Budapest sotto. Alla rassegna iridata Thomas Ceccon ha vinto i 100 dorso con il record del mondo in 51.60 e la staffetta 4x100 mista eguagliando il primato europeo. Inoltre ha conquistato la medaglia di bronzo nella 4x100 sl.



Le fotografie di questo numero, ove altrimenti non specificato, sono di:

Giorgio Scala,  
Andrea Masini, Giorgio  
Perottino, Andrea Staccioli  
<https://deepbluemedia.eu>  
[/insidefoto.com](https://insidefoto.com)



# SOMMARIO

**NUOTO - TAVOLA ROTONDA A PREDAZZO IN VAL DI FEMME**

## ALLENAMENTO IN QUOTA: SCIENZA E PRATICA

pag. 03

di Cesare Butini

- ★ Nuotatori
- ★ Ciclisti
- ★ Canoisti
- ★ Triatleti
- ★ Pattinatori su ghiaccio (velocità)

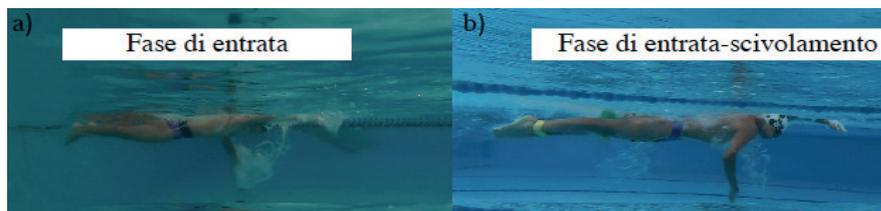


**ANALISI - LA FORZA PROPULSIVA NEL NUOTO**

## SENSORI DI PRESSIONE INDOSSABILI

pag. 16

di Vittorio Coloretti, Silvia Fantozzi e Matteo Cortesi



**PALLANUOTO - COSA DETERMINA LA PRESTAZIONE DEL GIOVANE PALLANUOTISTA?**

## UNA PROPOSTA DI ANALISI TRAMITE LA REGRESSIONE MULTIPLA

pag. 29

di Giovanni Melchiorri, Tamara Triossi,  
Daniele Bianchi, e Valerio Viero





# ALLENAMENTO IN QUOTA: SCIENZA E PRATICA

di *Cesare Butini*

Direttore Tecnico della Nazionale Italiana Nuoto

L'occasione ci è stata fornita dal Gruppo Sciatori di Predazzo delle Fiamme Gialle che ha organizzato, in collaborazione del CeRiSM di Rovereto il 12° Convegno Nazionale di Formazione dal titolo "ALLENARSI IN QUOTA: SCIENZA E PRATICA". Il convegno si è tenuto nella suggestiva Scuola Alpina di Predazzo e ha riscontrato un'adesione molto numerosa grazie al livello dei relatori e moderatori e a testimonianza del desiderio di confronto in presenza di tutti gli operatori sportivi.

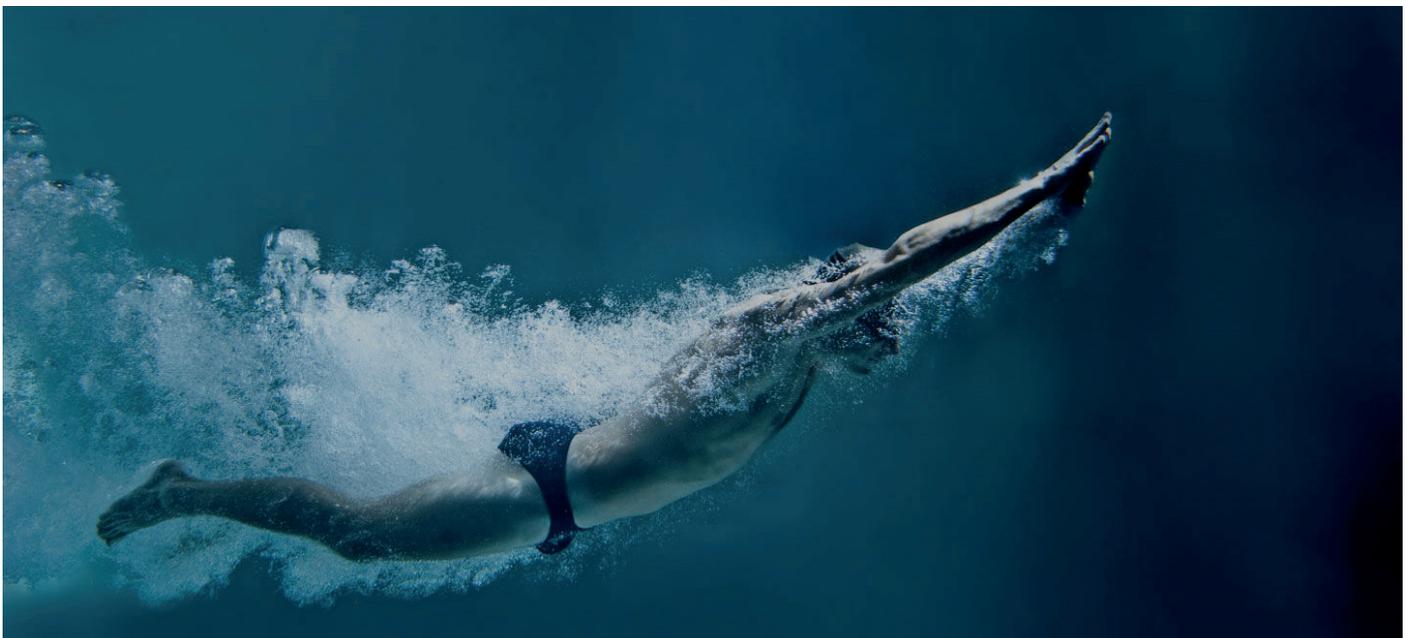
L'aspetto vincente del convegno, a mio modo di vedere, è stato nell'affiancare le informazioni scientifiche con gli aspetti pratici. E' importante che la scienza dia ai tecnici gli strumenti per ottimizzare la preparazione, ma poi i tecnici stessi devono affinare queste informazioni e adattarle alle esigenze delle singole discipline e dei loro atleti.



I lavori sono stati aperti dal Prof. Capelli e dal Prof. Schena che hanno illustrato, da un punto di vista scientifico, quali sono i presupposti scientifici dell'utilità del lavoro in altitudine. Non è semplice fare una sintesi adeguata e fedele di questi contributi.

Vorrei però, in queste poche righe, rappresentare in sintesi i contenuti delle comunicazioni illustrate dai tecnici e condividere quanto illustrato durante la tavola rotonda a cui ho partecipato.

E' necessario fare alcune premesse che sono state ben illustrate da vari relatori.



Nella foto mutuata da una presentazione del Prof. Antonio La Torre si vedono gli sport per i quali può essere indicato uno stage di allenamento in quota.

## IN QUALI SPORT SI RICORRE ALL'ALLENAMENTO IN ALTITUDINE

- ★ Corridori di specialità di resistenza e marciatori
- ★ Nuotatori
- ★ Ciclisti
- ★ Canoisti
- ★ Triathleti
- ★ Pattinatori su ghiaccio (velocità)
- ★ Biathleti
- ★ Sciatori di fondo



### PERCHÈ CI SI ALLENA IN QUOTA?

La pressione atmosferica diminuisce con l'altitudine; da 760 mm hg a livello del mare si passa a 596 mm Hg a 2000 metri di quota. Con essa decresce anche la pressione parziale dell'ossigeno.

Ad alta quota (almeno 2000m) la composizione rimane praticamente la stessa, ma è come se l'ossigeno a disposizione da respirare fosse di meno. Questo avviene a causa di un più basso livello di pressione atmosferica, che rende meno efficaci gli scambi gassosi ossigeno-anidride a livello dei polmoni.

Se la pressione parziale dell'ossigeno dell'aria diminuisce, il processo di passaggio dell'ossigeno nel sangue sarà rallentato.

Sarà più facile incorrere nella fatica. A parità di sforzo, l'esercitazione in altura risulterà più faticosa.

Allenarsi alle stesse intensità sarà più faticoso rispetto che a livello del mare. Questo situazione assume più valore su ripetute di durata medio-lunga. Questo perché per esercitazioni di media durata non è fondamentale

il metabolismo aerobico (quello che sfrutta l'ossigeno).

Nella disciplina del nuoto gli allenamenti in altura sono riservati ai mezzo fondisti e fondisti. Uno stage in quota (14 gg) può essere proposto ai velocisti nel primo periodo generale (ottobre) finalizzato alla costruzione dei presupposti alla prestazione (aerobia).

Tornando al convengono, nelle comunicazioni ho trovato ampio riscontro di quelli che sono i protocolli di lavoro utilizzati e in special modo da quello utilizzato abitualmente dal nostro settore.

### ALLENAMENTO E PERMANENZA IN ALTITUDINE (Living High - Training High)

In questa tipologia di organizzazione gli atleti si allenano e soggiornano in quota (1800 ai 2500 m.) per circa 3-6 settimane.

Altri aspetti importanti trattati, inerenti alla quota, sono stati:

- **Controllo dei carichi allenanti in relazione a quantità e qualità (Fulvio Scola Tecnico FF.GG)**

- **Percezione della fatica in quota (Gianluca Vernillo)**

- **Recupero del Training in Altura (Jacopo Vitale)**

- **Alimentazione in altura.**

Per quanto riguarda i carichi è opinione comune che nei raduni in quota, specialmente quelli organizzati in periodo generale, a livello qualitativo sarà importante, nei primi 4/5 giorni, proporre esercitazioni a bassa intensità molto controllata e se possibile controllare il lattato ematico che non deve superare i 3 mm.

Per quanto riguarda invece l'aspetto quantitativo (volume) gli allenamenti programmati in altura non hanno molte differenze con quelli a livello del mare. Va comunque rispettato oltre al principio della gradualità del carico, quelle che sono le fatiche del viaggio e eventuali adattamenti al fuso.

Questa attenzione si riferisce all'altro aspetto importante della percezione della fatica (già amplificato in altura) che dà la misura del carico allenante. "La fatica è definita come la riduzione reversibile della capacità muscolare di generare forza o potenza; può sopraggiungere a causa di meccanismi "cen-

trali o periferici". La riduzione della disponibilità di ossigeno causata dalla quota (ipossia) influenza lo sviluppo dei sopraccitati aspetti della fatica.

Quindi la diminuzione della performance sportiva, che avviene durante prestazioni in altura, è dovuta a livello centrale a una riduzione del segnale nervoso della corteccia cerebrale; mentre, a livello periferico, ha una compromissione delle proprietà contrattili del muscolo stesso. Entrambe sono la conseguenza di una diminuita disponibilità di ossigeno nell'organismo" (Gianluca Vernillo).

Altro aspetto molto importante per definire il controllo dell'allenamento è la verifica del livello di ossigeno nel sangue. Negli ultimi due anni a causa della pandemia abbiamo imparato a utilizzare il saturimetro come indice della nostra salute; allo stesso modo questo strumento ci può dare, insieme a quei parametri che già conoscevamo come idratazione, gestione del riposo, etc. l'effetto che l'allenamento induce nell'organismo dei singoli atleti. Occorre ricordare che l'allenamento in quota è una pratica rischiosa che va monitorata in modo efficace affinché produca gli adattamenti desiderati. E' importante dare attenzione alle risposte individuali di ogni atleta; queste, insieme, ai vari aspetti tecnici, nutrizionali e psicologici dovranno guidare il tecnico verso una corretta programmazione e utilizzo dell'allenamento in altura come stress ulteriore.

**Il sonno** è un processo biologico essenziale per la salute e la prestazione degli atleti. I disturbi del sonno negli atleti possono essere spiegati dal fatto che questi sono costantemente esposti a molti fattori di stress che ne possono alterare il giusto equilibrio; sessioni di allenamento ad alta intensità, allenamento mattutino e/o competizione in tarda serata, viaggi aerei e alti livelli di ansia e stress possono costituire fattori di stress aggiuntivi che alterano il riposo degli atleti. Tra queste variabili anche l'allenamento in altura può svolgere un ruolo impor-

ante. L'altitudine determina diversi cambiamenti fisiologici compensatori tra cui la risposta iper ventilatoria alla desaturazione arteriosa o l'aumento dell'attività simpatica e della frequenza cardiaca. Questi fattori influiscono sia sulla prestazione che sulla percezione dello sforzo. (A Vitale).

E' fondamentale educare gli atleti sull'importanza del recupero; un nemico del sonno è l'eccessivo utilizzo dei social di cui i giovani hanno abitudine in questo momento. La retroilluminazione degli schermi (telefoni o computer) inganna il nostro organismo nel non produrre melatonina, ritardando così l'insorgenza del sonno ristoratore.

Altro aspetto importante che va tenuto sotto controllo durante periodi di soggiorno in altura è quello dell'**alimentazione**. Ormai una corretta nutrizione ha assunto un ruolo fondamentale nella vita degli sportivi; lo è ancora di più quando ci sia allena in quota.

Dal punto di vista nutrizionale gli obiettivi devono essere sostanzialmente in successione d'importanza:

- impedire la disidratazione, che può far peggiorare la qualità dell'allenamento e/o della prestazione e/o del recupero;
- impedire la perdita di massa muscolare, che può far vanificare parte dei vantaggi ricercati con il soggiorno in quota;
- favorire con una bilanciata alimentazione l'effetto ricercato sull'aumentata produzione dei globuli rossi;
- controllare la perdita di massa grassa impedendo che raggiunga percentuali troppe basse. (De Angelis).

Nell'intervento della **Dott.ssa Annalisa Cogo**, si è evidenziato come il soggiorno in altura non è controindicato per gli adolescenti.

Per quanto riguarda il Mal di Montagna (malessere, nausea, cefalea, inappetenza, disturbi del sonno) anche negli adolescenti valgono le regole di acclimatazione degli adulti. Nulla osta, quindi, nel proporre a giovani atleti soggiorni in altura per stage di

allenamento. Nella tavola rotonda, a conclusione dei lavori del convegno, che ha visto protagonisti Antonio La Torre (DT FIDAL), Dario Broccardo (MdS - Tecnico Team Pro Cofidis), Alfred Stauber (DT FISU - Sci di fondo) e il sottoscritto è nato un interessante confronto tecnico-pratico.

Tutti abbiamo convenuto sul ruolo fondamentale degli stage in quota nell'allenamento moderno.

Fatto salvo la conferma dei vari protocolli di allenamento e procedure di adattamento, l'aspetto interessante è nel diverso utilizzo degli adattamenti ottenuti a seconda della disciplina.

Nel ciclismo è abituale gareggiare tre giorni dopo la discesa dall'altura; questo per trarre il massimo beneficio in gara degli adattamenti raggiunti. Nel nuoto invece utilizzando prevalentemente l'allenamento in quota in periodo generale, questo è utilizzato per creare i presupposti alla prestazione e sfruttarne gli adattamenti nel periodo specifico che verrà proposto al livello del mare. Importante anche un aspetto tecnico; durante il soggiorno in altura potrà essere dedicata più attenzione al gesto tecnico che poi, consolidato nei periodi seguenti, favorirà il miglioramento dell'efficienza propulsiva abbattendo il costo energetico.

In conclusione l'allenamento in altura non è un metodo miracoloso ma una riserva di prestazione naturale e può rappresentare un'opportunità da valutare se viene considerato come un elemento del programma finalizzato a ottenere la massima prestazione nell'evento specifico.

In conclusione vorrei ringraziare gli organizzatori e tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione di questo evento. In particolare:

- Generale Brigata Flavio Aniello (Comandante del Centro Sportivo G.diF.);
- Colonnello Sergio Giovanni Lancerin (Comandante della Scuola Alpina G.diF.);
- Prof. Federico Schena (Direttore CeRiSM, Università di Verona).



## Allenarsi in quota: Scienza e pratica

Cesare Butini 7 maggio 22

## PER CHI?

## Gli atleti specialisti in endurance



## Anche altre specialità

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## Adattamenti a lungo termine

**Ematici:** aumento dei globuli rossi

**Muscolari:** aumento dei capillari  
aumento della mioglobina  
aumento della capacità tampone  
aumento mitocondri  
aumento clearance del lattato  
ipotrofia muscolare (oltre 4000 m)

**Tecnici:** riduzione del costo energetico  
(forse il più importante)

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

- A) ALLENAMENTO E PERMANENZA IN ALTITUDINE (Living High Training High) gli atleti soggiornano e si allenano a quote variabili dai 1600 ai 2500 m. per circa 3-6 settimane
- B) ALLENAMENTO IN IPOSSIA ARTIFICIALE (camera ipobarica, "nitrogen house" o "intermittent hypoxic training" IHT) E SOGGIORNO A LIVELLO DEL MARE (Living Low Training High)
- C) SOGGIORNO IN IPOSSIA ARTIFICIALE ED ALLENAMENTO A LIVELLO DEL MARE (Living High and Training Low) l'ipossia può essere naturale o artificiale, e l'allenamento è svolto intorno ai 600-1000 m o a livello del mare (variante LHTL+O<sub>2</sub>)

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## ALTITUDE/HYPOXIC TRAINING

### A) ALLENAMENTO E PERMANENZA IN ALTITUDINE

(Living High + Training High):



gli atleti soggiornano e si allenano a quote variabili dai 1600 ai 3000 m per 3-6 settimane.

### **IPOSSIA IPOBARICA**

in condizioni naturali di altitudine

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

### **ALLENAMENTO IN QUOTA (3 SETTIMANE)**

- I. Fase di acclimatamento: 2 - 4 giorni**
- 2. Fase di aumento del volume: 2 - 4 giorni**
- 3. Fase di stabilizzazione: 4 - 8 giorni**
- 4. Fase di aumento dell'intensità: 3 - 10**

*prevedere gli ultimi due giorni di mantenimento del volume con riduzione delle intensità*

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## PROGRAMMAZIONE NEL CICLO ANNUALE

**Durante la fase di preparazione generale**  
*(per sfruttarne gli effetti durante la fase specifica)*

il tempo di discesa dipende dalla fase specifica  
(di solito 6-8 settimane prima della gara)

**Durante la fase di preparazione specifica**  
*(per sfruttarne gli effetti durante le competizioni)*

- I. la discesa avviene 3-4 settimane prima della gara
- II. la discesa avviene 4-5 giorni prima della gara, in questo caso il tapering è in altura

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## RIADATTAMENTO A LIVELLO MARE

*caratterizzato da oscillazioni della prestazione*

### FASI DI MIGLIORAMENTO DESCRITTE:

- I) dal 1° al 4° - 7° giorno dalla discesa
- II) dal 12°-14° giorno in poi (sino al 25° - 30°)
- III) dal 40° al 60° giorno

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

**LE FASI DESCRITTE DIPENDONO MOLTO  
PIU' DAL CICLO DI LAVORO CHE  
DALL'EFFETTO QUOTA**

**ALCUNI ATLETI POTREBBERO  
PEGGIORARE LE PRESTAZIONI DOPO 5 -  
7 GIORNI DALLA DISCESA PER CIRCA 1  
SETTIMANA**

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

**CONSIGLI PRATICI**  
**PRIMA DI INIZIARE IL PERIODO IN QUOTA:**

**accertare che le riserve di ferro siano adeguate  
(emocromo, ferro, transferrina, ferritina ematiche)**

**verificare che la condizione aerobica sia adeguata**

**prevedere subito prima un microciclo di riduzione  
dell'intensità mantenendo il volume**

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## CONSIGLI PRATICI DURANTE IL LAVORO IN QUOTA:

**controllare lo stato di idratazione**  
*(peso corporeo, ematocrito, esame urine)*

**controllare l'alimentazione**  
*(bere molto, aumentare i carboidrati e le proteine)*

**cautela nei lavori lattacidi**

verificare le andature di allenamento (più facile eccedere  
nelle intensità aerobiche: stare sotto 2 mM)

assicurare l'adeguato recupero dell'atleta nel microciclo

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## Indicazioni metodologiche allenamento in altura

- Non si discostano dai principi al I.d.m.
- Riprodurre il gesto specifico di gara
- Distanze di percorrenza uguali ma ad intensità minori con pause simili
- Possibili esercitazioni con distanze brevi a velocità anche superiori a quelle di gara
- Particolare attenzione all'intensità
- Pericolo dell'overreach (no funzionale)



Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

Le mie esperienze di preparazione  
in quota

Prima esperienze nel 2000

Con tutti gli specialisti

Campionati Mondiali Roma 26/7-2/8 2009  
discesa a 5 settimane

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

2° Periodo Altura - Sierra Nevada - 1/6 => 20/6 2009

	Lunedì	Martedì	Mercol.	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	<u>1/6</u>	<u>2/6</u>	<u>3/6</u>	<u>4/6</u>	<u>5/6</u>	<u>6/6</u>	<u>7/6</u>
<u>Mattino</u>		*A2	A2	*A2	A2	*A2	A2
<u>Pomeriggio</u>		A2	A2	A2	A2	-	76 KM
	<u>8/6</u>	<u>9/6</u>	<u>10/6</u>	<u>11/6</u>	<u>12/6</u>	<u>13/6</u>	<u>14/6</u>
<u>Mattino</u>	*A2	A2	*A2	A2	*A2	D	A2-FiA
<u>Pomeriggio</u>	A2	SC B1/ B2		D	A2		80 KM
	<u>15/6</u>	<u>16/6</u>	<u>17/6</u>	<u>18/6</u>	<u>19/6</u>	<u>20/6</u>	
<u>Mattino</u>	A2	*A2	C1	A2	D	*A2	
<u>Pomeriggio</u>	B2	A2		*A2	A2		70 KM

\* = Seduta di Palestra

<2,5 Mm

23

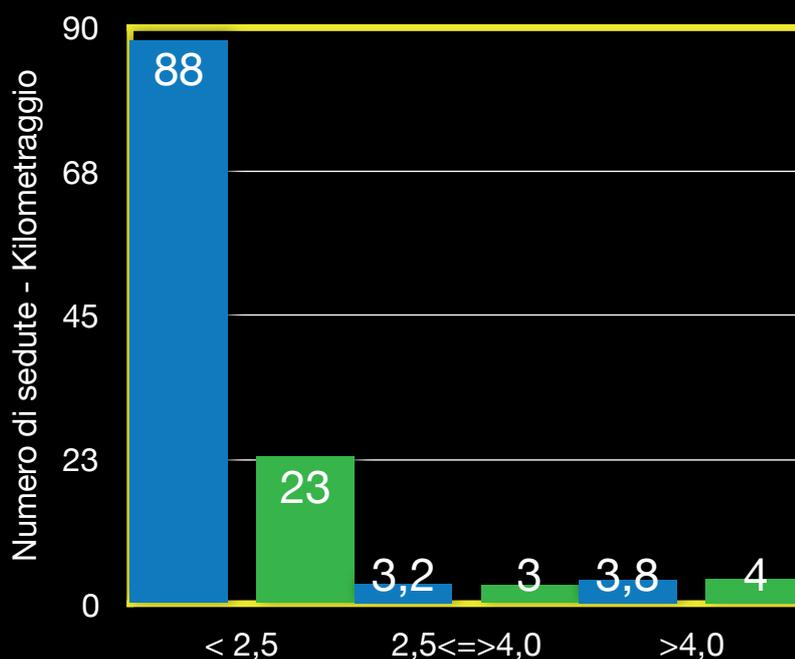
2,5/4.0 Mm

3

>4.0 Mm

4

Percentuali per le varie aree



Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

ATTIVITA' FEDERALE DI PREPARAZIONE  
IN QUOTA  
NELLA STAGIONE AGONISTICA  
2020-21

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## Attività di preparazione in quota

Periodo	Sede- Base	- Spec.	Durata
- 20/09 => 3/10 2020	Livigno (25)	velocisti	14 gg.
- 10/09 => 10/10 2020	Livigno (25)	1/2 fond.	21 gg
- 11/10 => 5/11 2020	Livigno (25)	fondisti	21 gg.
- 30/1 => 20/2 2021	Font Ro. (50)	1/2 fond.	21 gg.
- 10/2 => 6/3 2021	Cervinia (25)	1/2 + fond.	21 gg.
- 7/4 => 25/4 2021	Livigno (25)	1/2 + fond.	21 gg.
- 18/4 => 1/5 2021	Livigno (25)	1/2 + fond.	14 gg.
- 25/5 => 15/6 2021	Font Ro. (50)	1/2 fond.	21 gg.
- 28/6 => 17/7 2021	Font Ro. (50)	1/2 fond.	20 gg.

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

## CONCLUDENDO

L'ALLENAMENTO IN ALTURA NON E' UN METODO MIRACOLOSO MA UNA RISERVA DI PRESTAZIONE NATURALE E PUO' RAPPRESENTARE UN'OPPORTUNITA' DA VALUTARE SE VIENE CONSIDERATO COME UN ELEMENTO DEL PROGRAMMA FINALIZZATO AD OTTENERE LA MASSIMA PRESTAZIONE

Allenarsi in Quota - 7 maggio 2022

CeRiSM  
G.S FF.GG

# Allenarsi in quota: Scienza e pratica

## Predazzo 7 maggio 2022

FIN



GRAZIE  
per  
l'attenzione

[cesare.butini@federnuoto.it](mailto:cesare.butini@federnuoto.it)

Con la collaborazione di:



Famiglia Cooperativa Val di Fassa sc  
Strada de Sen Jan, 10 - 38036 Predazzo di Fassa (TN)  
Tel. 0462-761211 Fax. 0462-764858  
[www.fassacoop.it](http://www.fassacoop.it) [info@fassacoop.it](mailto:info@fassacoop.it)



CONSORZIO IMPIANTI A FUNE  
VAL DI FASSA E CAREZZA



Con il patrocinio di:



Comune di Predazzo



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Segreteria scientifica:

CeRiSM

Via Matteo Del Ben, 5/B

38068 Rovereto (TN)

Tel. 0464.483511

e-mail: [cerism@ateneo.univr.it](mailto:cerism@ateneo.univr.it)

Segreteria organizzativa:

Gruppo Sciatori Fiamme Gialle

Via Alle Coste, 14

38037 Predazzo (TN)

Tel. 0462.501483

e-mail: [grupposciatori@fiammegialle.org](mailto:grupposciatori@fiammegialle.org)

Gruppo Sciatori Fiamme Gialle



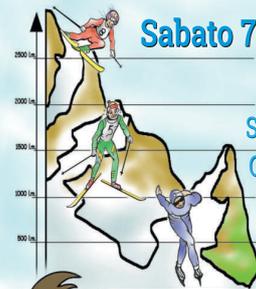
## Giovani, Sport e Montagna

12° Convegno Nazionale di Formazione

# "ALLENARSI IN QUOTA: SCIENZA E PRATICA"

Sabato 7 maggio 2022  
ore 08:00

Scuola Alpina della  
Guardia di Finanza  
Predazzo (TN)



L'iscrizione al convegno è gratuita previa registrazione, entro mercoledì 4 maggio, sul sito [convegnofiammegialle.altervista.org](http://convegnofiammegialle.altervista.org)



# SENSORI DI PRESSIONE INDOSSABILI

di Vittorio Coloretti, Silvia Fantozzi e Matteo Cortesi

Università di Bologna

È noto come la massima prestazione nel nuoto possa essere raggiunta aumentando la forza propulsiva e riducendo la resistenza idrodinamica (Zamparo et al., 2020). Queste due forze sono i principali elementi che influenzano la velocità dell'atleta, e ad oggi sono i temi maggiormente studiati da numerosi gruppi di ricerca internazionali. Tuttavia, le difficoltà che si possono trovare in ambiente acquatico non hanno ancora permesso il raggiungimento di un metodo di misurazione condiviso all'interno della comunità scientifica.

## L'analisi della propulsione: dai primi approcci ai sensori di pressione

Per quanto riguarda l'analisi della forza propulsiva sono stati proposti nel tempo differenti approcci, i quali si possono suddividere in due macro-gruppi: i metodi indiretti e i metodi diretti. Per metodi indiretti si intendono tutti quegli approcci orientati all'analisi della forza di drag attiva (forza di resistenza all'avanzamento durante la nuotata) quindi che derivano la forza propulsiva dalla teoria della dinamica inversa: se a velocità di avanzamento costante non ci sono altre forze in gioco oltre il drag e la propulsione, misurando una di queste due forze è possibile ricavarne l'altra. Questi approcci nascono per la valutazione del drag ma sfruttando la teoria della dinamica inversa forniscono informazioni

anche sulla propulsione del nuotatore: l'approccio "energetico" (Di Prampero et al., 1974), il sistema di misurazione del drag attivo (Toussaint et al., 2004), il metodo di perturbazione della velocità (Kolmogorov & Duplishcheva, 1992), il metodo di traino assistito (Formosa et al., 2012) e il metodo di misurazione della propulsione residua (Narita et al., 2017). Queste tecniche hanno diverse limitazioni come il costo e la reperibilità della strumentazione o le assunzioni di alcuni parametri che sostengono la teoria di base (Takagi et al., 2021). Successivamente sono stati proposti altri metodi indiretti, al fine di analizzare i segmenti corporei dei nuotatori e i flussi di acqua intorno ad esso. Si tratta di metodi come la fluidodinamica computazionale (CFD, Cohen et al., 2018), la velocimetria delle particelle (PIV, Matsuuchi et al., 2009) o procedimenti di dinamica inversa dove la stima della forza avviene attraverso parametri cinematici misurati con analisi video (Samson et al., 2019). Tuttavia, anche questi metodi hanno alcune limitazioni, legate al costo dei software, alla complessità dell'analisi e all'ingente durata per effettuare l'elaborazione (Santos et al., 2021).

In opposizione vi sono i metodi diretti, approcci che superano alcune limitazioni misurando direttamente la forza espressa in acqua. Si tratta di tecniche come il nuoto completamente frenato, una condizione particolare nella quale l'atleta nuota trattenuto da

una corda inestensibile legata con un'estremità al bacino del nuotatore e con l'altra ad una cella di carico (un dinamometro estensimetro che misura la forza espressa dal soggetto per avanzare). In questo caso le limitazioni sono dovute al fatto che la nuotata avviene con il nuotatore fermo sul posto compromettendo ciò che avviene durante l'avanzamento libero del corpo. L'utilizzo del nuoto completamente frenato è altamente diffuso anche tra gli allenatori quindi non solo come metodo di ricerca, grazie alla facilità di utilizzo ed al supporto da parte della letteratura scientifica: tale tecnica mostra una buona accuratezza e ripetibilità ed una alta correlazione con le prestazioni di velocità (Amaro et al., 2014; P. Morouço et al., 2011). A basse velocità invece le pause tra due bracciate consecutive falsano il segnale a causa della forza di reazione della corda che trattiene il nuotatore. Un ulteriore metodo diretto utilizzato ad oggi solamente in ambito di ricerca è la misura della propulsione attraverso la pressione dinamica dell'acqua sulla mano. A partire dal 1999, grazie al gruppo giapponese guidato dal prof. Takagi, viene utilizzata questa tecnica attraverso un dispositivo che utilizza coppie di sensori di pressione posizionati sul palmo e sul dorso della mano, al fine di misurarne il differenziale di pressione generato dal movimento di essa in acqua (Takagi & Sanders, 2002). Questo metodo permette di avere informazioni sulla forza espressa

da ogni singola mano (Takagi et al., 2021). Successivamente altri studiosi hanno utilizzato la stessa tecnologia, sviluppando nuovi sensori di pressione che non avessero guanti o nastri sulla mano, utilizzati inizialmente per il fissaggio dei sensori sulla mano (Pereira et al., 2015). L'obiettivo di questa evoluzione era quello di impattare meno sulla naturalezza del gesto. Più recentemente, grazie all'evoluzione tecnologica ed allo sviluppo di dispositivi wireless, nuovi sensori di pressione permettono un miglior comfort

dell'atleta e maggiore praticità di applicazione. L'assenza di fili e nastri permette di diminuire ulteriormente l'ingombro di strumentazione sull'arto, agevolando la naturalezza del movimento e incidendo meno sulla sensibilità dell'atleta.

L'obiettivo del progetto di studio condotto dal gruppo di ricerca di Bologna su questo argomento è stato in primo luogo quello di validare, ovvero verificare l'affidabilità e l'accuratezza, di uno strumento wireless disponibile sul libero mercato per la misura della propulsione in acqua ba-

sato su sensori di pressione. Tale validazione si componeva di due differenti protocolli di misura che confrontavano la pressione idrostatica e la pressione idrodinamica con le relative pressioni teoriche. A seguito della validazione del sistema, l'obiettivo sarebbe stato di verificare l'usabilità e l'utilità di questi strumenti nel nuoto ed in altre attività acquatiche, con particolare interesse al bilanciamento di propulsione tra gli arti. Nei prossimi capitoli saranno riportati i risultati di questi studi.



Figura 1: Modello di sensori di pressione indossabili per l'analisi della propulsione in acqua

### Lo strumento indossabile

Lo strumento con cui abbiamo effettuato gli studi è un modello di sensore di pressione subacqueo nominato Seal (Platysens, Hong Kong). Si tratta di un device wireless composto da una coppia di sensori di pressione che per mezzo di

un bracciale regolabile possono essere fissati alla mano, così come ad altri segmenti corporei (Figura 1). La facilità di fissaggio, l'assenza di fili, la piccola dimensione (52 mm x 32 mm x 7 mm) ed un basso peso (< 25g) lo rendono particolarmente comodo rispetto ai dispositivi proposti e commercializzati ad oggi. Il

sensore misura ad una frequenza di campionamento di 0.5 Hz e ha una sensibilità di 0.1 KPa. Il device funziona grazie ad un'applicazione dedicata che permette il collegamento allo smartphone tramite bluetooth con possibilità di scaricare rapidamente i dati al termine dell'acquisizione.

## I nostri studi di validazione: pressione idrostatica

Per misurare la pressione idrostatica ( $P$ ), il dispositivo è stato immerso in un contenitore colmo d'acqua a temperatura controllata (20°) utilizzando un sistema composto da un treppiede e un'asta calibrata (Figura 2). Il sensore veniva fissato all'estremità immersa dell'asta e un operatore lo immergeva controllando la profondità e la stabilità ad ogni prova.

Preliminarmente è stata verificata la sensibilità (minima misura che il dispositivo può fornire) dichiarata dal produttore attraverso l'immersione del dispositivo fino ad una profondità di 14 cm con step di 0.5 cm. In questo modo è stata confermata la sensibilità di 0.1 KPa. La verifica della ripetibilità del dispositivo, la coerenza tra più misure ugua-

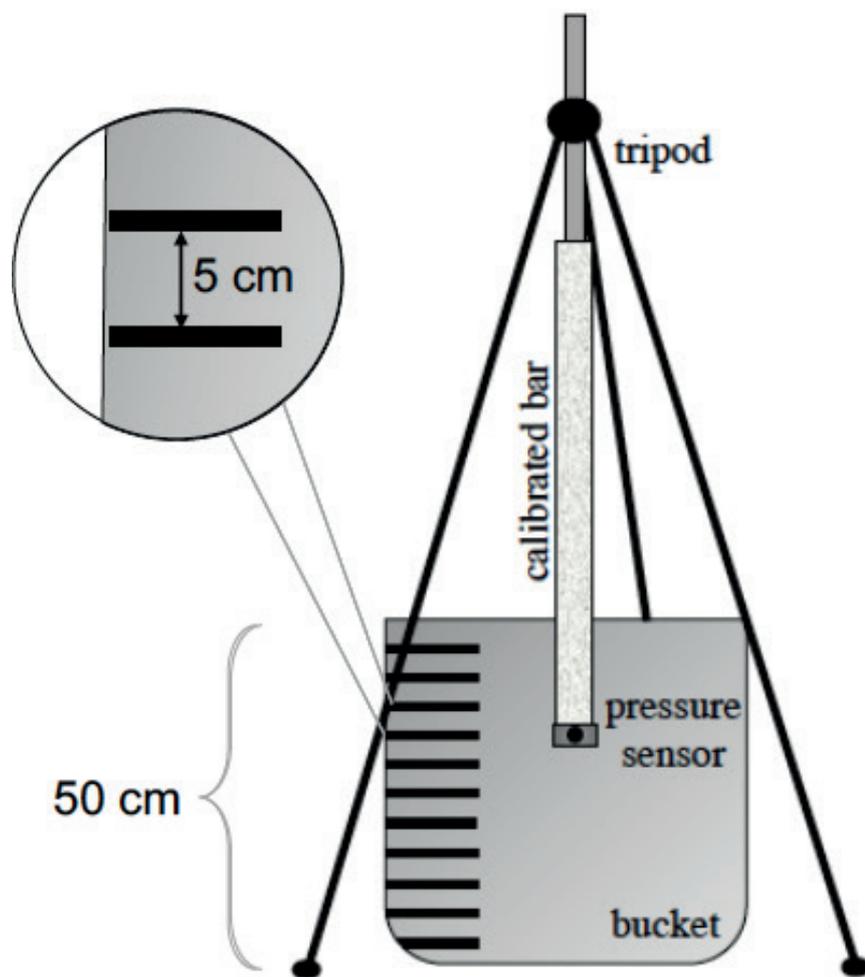


Figura 2: Sistema d'immersione utilizzato nei test



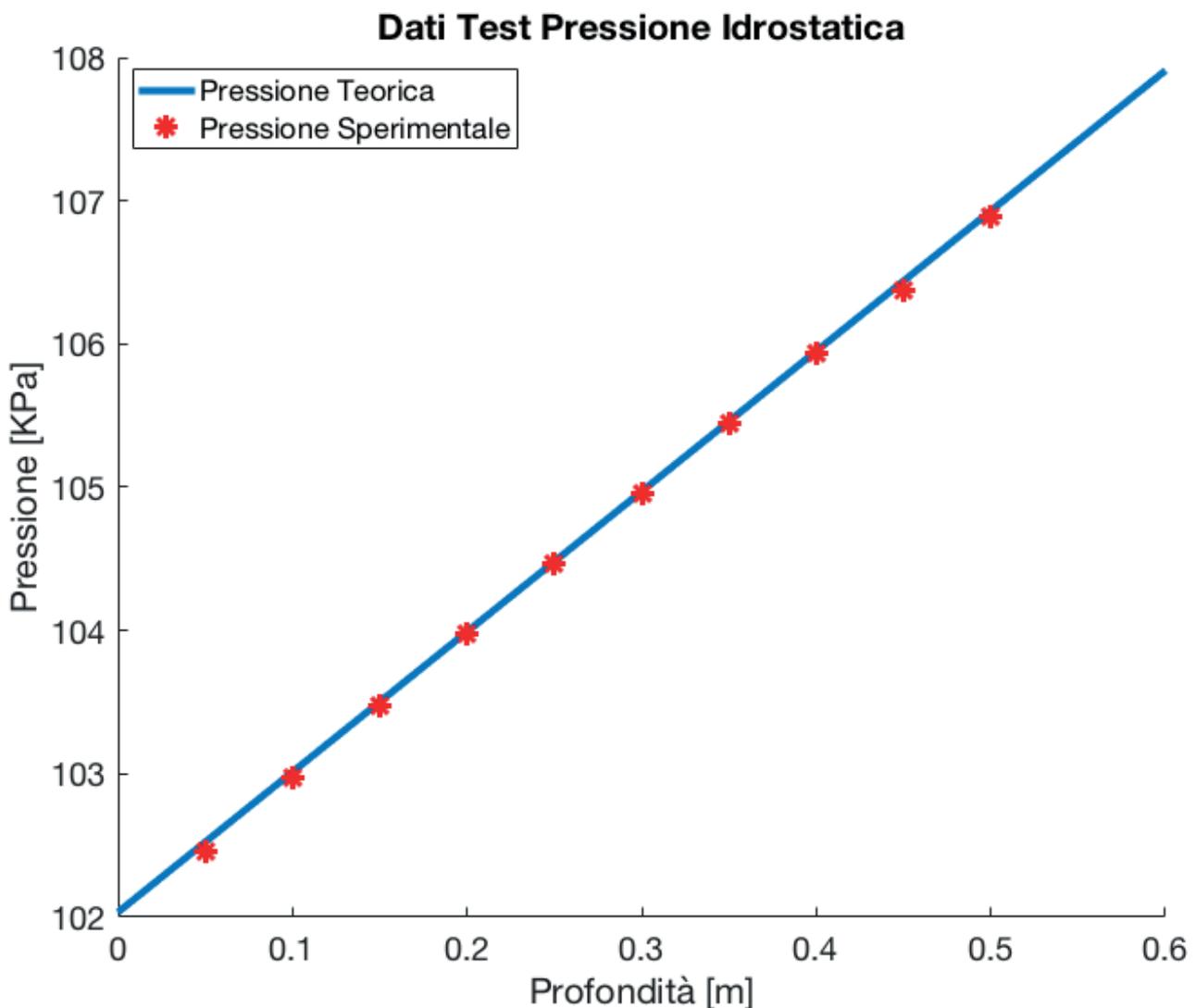
li, è stata invece valutata attraverso l'immersione con step di 5 cm fino alla profondità di 50cm. Il test è stato eseguito 6 volte, con 8 sensori diversi ed in 2 giorni differenti, per poter valutare la ripetibilità della misura effettuata dallo stesso sensore (ripetibilità intra-sensore), tra sensori diversi dello stesso dispositivo (ripetibilità inter-sensore) e in due giorni diversi (ripetibilità day-by-day) per mezzo di alcuni indicatori di affidabilità come il coefficiente intra-classe (ICC), coefficiente di variazione (CV%), errore standard di misura (SEM) e la variazione minima rilevabile (MDC). Per valutare l'accuratezza della misura, ovvero la coerenza tra la misura di pressione idrostatica fornita

dal sensore e quella teorica, è stata confrontata la  $P_s$  del sensore ad ogni profondità con la pressione idrostatica teorica ( $P_{sT}$ ) calcolata secondo la legge di Stevino ( $P_{sT} = P_{atm} + \rho gh$ ), dove  $P_{atm}$  corrisponde alla pressione atmosferica in loco,  $\rho$  rappresenta la densità dell'acqua a 20°,  $g$  l'accelerazione gravitazionale e  $h$  la profondità. Sono stati utilizzati l'errore assoluto (AE), la radice dell'errore quadratico medio (RMSE) e il Wilcoxon t-test ad un campione come indicatori di accuratezza.

Le misure di  $P_s$  hanno mostrato un'eccellente ripetibilità per tutti gli indicatori valutati: ICC (0.99, 0.99, 0.96, rispettivamente), CV (< 0.1%, < 0.08%, < 0.13%, rispettivamente), SEM (< 0.03 KPa, < 0.03

KPa, < 0.04 KPa, rispettivamente) e MDC (< 0.10 KPa, < 0.08 KPa, < 0.12 KPa, rispettivamente). Inoltre, l'analisi dell'accuratezza tra  $P_s$  e  $P_{sT}$  ha mostrato minimi bias (AE  $\leq 0.1$  KPa), bassi valori di RMSE ( $\leq 0.1$  KPa) e differenze non significative (sempre  $p > 0.05$ ). L'accordo tra  $P_s$  e  $P_{sT}$  è mostrato in Figura 3. I risultati hanno mostrato quindi un'eccellente affidabilità delle misure effettuate dai sensori oltre ad un'eccellente coerenza tra le misure sperimentali e le pressioni teoriche.

Figura 3: Il grafico rappresenta la pressione idrostatica in funzione della profondità nei nostri test. I punti rossi indicano le misure sperimentali ( $P_s$ ) ad ogni profondità, mentre la linea blu rappresenta la retta di regressione con i valori di pressione idrostatica teorica ( $P_{sT}$ )



### I nostri studi di validazione: pressione idrodinamica

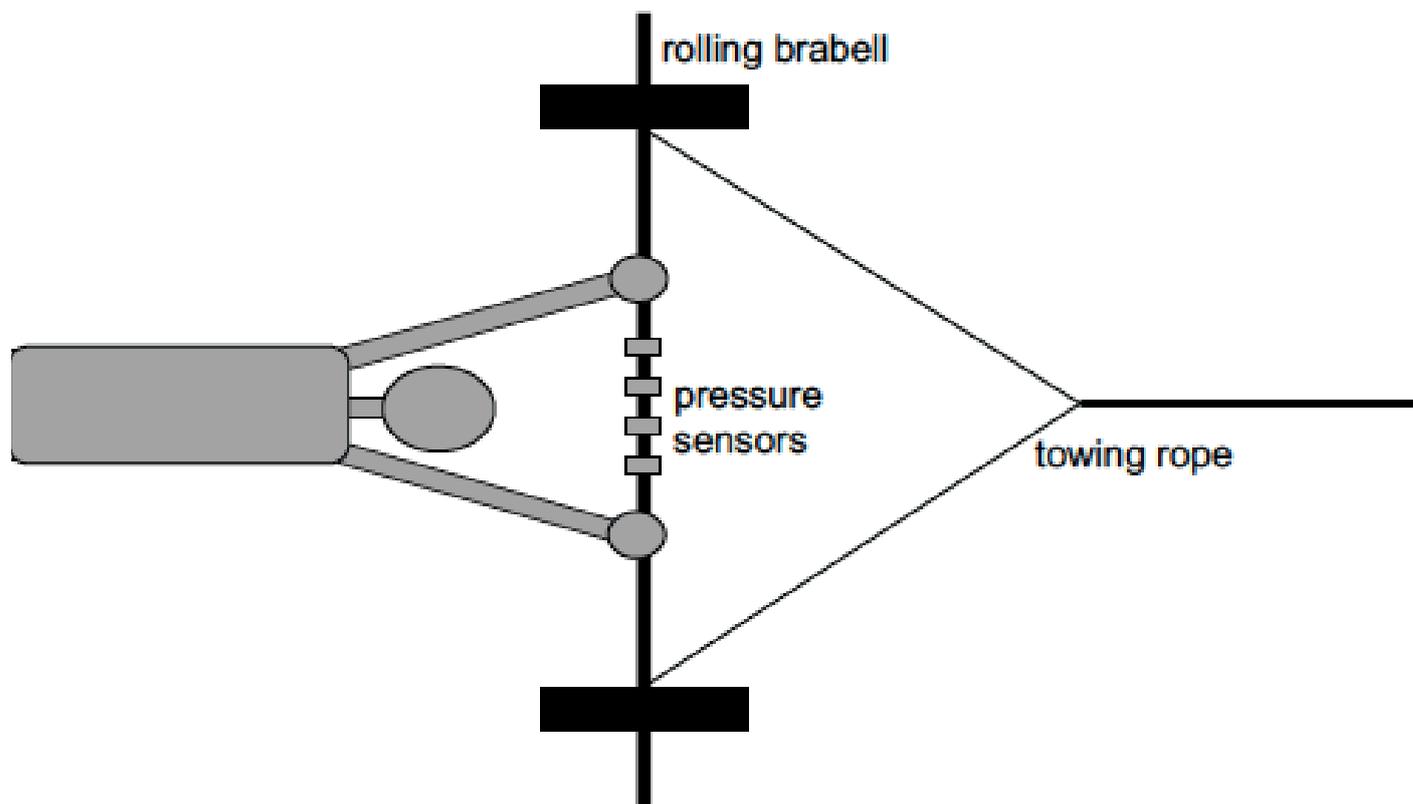
Le pressioni idrodinamiche ( $P_d$ ) sono state acquisite durante un test di traino in cui un sistema isocinetico (Swim Spektro, Talamonti Spa, Italia) viene utilizzato per trainare un sistema di quattro sensori di pressione a 11 diverse velocità (da  $0.5$  a  $1.5 \text{ ms}^{-1}$  con un incremento di  $0.1 \text{ ms}^{-1}$  ad ogni trial) come indicato in Figura 4. Per preservare la profondità, i sensori sono stati fissati a un bilanciere che rotolava sul fondo della piscina mentre un operatore controllava la stabilità durante la prova. La pressione idrodinamica è stata calcolata come il valore medio della pressione nei 5 m percorsi a velocità costante e profondità costante. L'analisi dell'affidabilità inter-sensore (tra 4 sensori) è stata eseguita

in termini di ICC, CV%, SEM e MDC. L'accuratezza è stata testata con AE, RMSE e t-test di Wilcoxon a un campione per ciascuna velocità, confrontando la  $P_d$  con la pressione idrodinamica teorica ( $P_{dT}$ ) calcolata come l'energia cinetica che agisce su un volume unitario di fluido ( $PRdT=0.5pv^2$ ), dove  $p$  rappresenta la densità dell'acqua a  $27^\circ\text{C}$  e  $v$  la velocità di traino.  $P_d$  ha mostrato un eccellente accordo per l'affidabilità inter-sensore in termini di ICC (0.98), CV ( $< 0.06\%$ ), SEM ( $< 0.02\text{KPa}$ ) e MDC ( $< 0.06\text{KPa}$ ). Inoltre, il confronto tra  $P_d$  e  $P_{dT}$  è risultato non significativo (sempre  $p > 0.05$ ) e ha confermato una buona accuratezza in termini di AE ( $< -0.26 \text{ KPa}$ ) e RMSE ( $< 0.06 \text{ KPa}$ ). I risultati ci permettono di concludere che anche nel misurare la pressione idrodinamica il sensore è affidabile e accurato.

### I nostri studi applicativi: che propulsione genera la mano?

L'usabilità e l'utilità di questi strumenti nel nuoto è stata verificata con un confronto tra la forza misurata con il dinamometro (cella di carico) e quella fornita dai sensori di pressione. Tredici giovani nuotatori (livello  $75.5 \pm 7.1\%$  del World Record) sono stati coinvolti in una prova di nuoto frenato a stile libero. Ogni partecipante ha nuotato al massimo sforzo per 10 s ancorato ad una cella di carico (Globus<sup>TM</sup>, Codogne, Italia) con un cavo inestensibile fissato al bacino e indossando i sensori di pressione su entrambe le mani. Inoltre, i nuotatori indossavano un pull-buoy e una fascia per i polpacci per nuotare solo grazie all'azione degli arti superiori. La forza esercitata dalla mano ( $F_{HAND}$ ) è stata calcolata come il

Figura 4: Sistema di traino utilizzato nei test



## Dati Test Pressione Idrodinamica

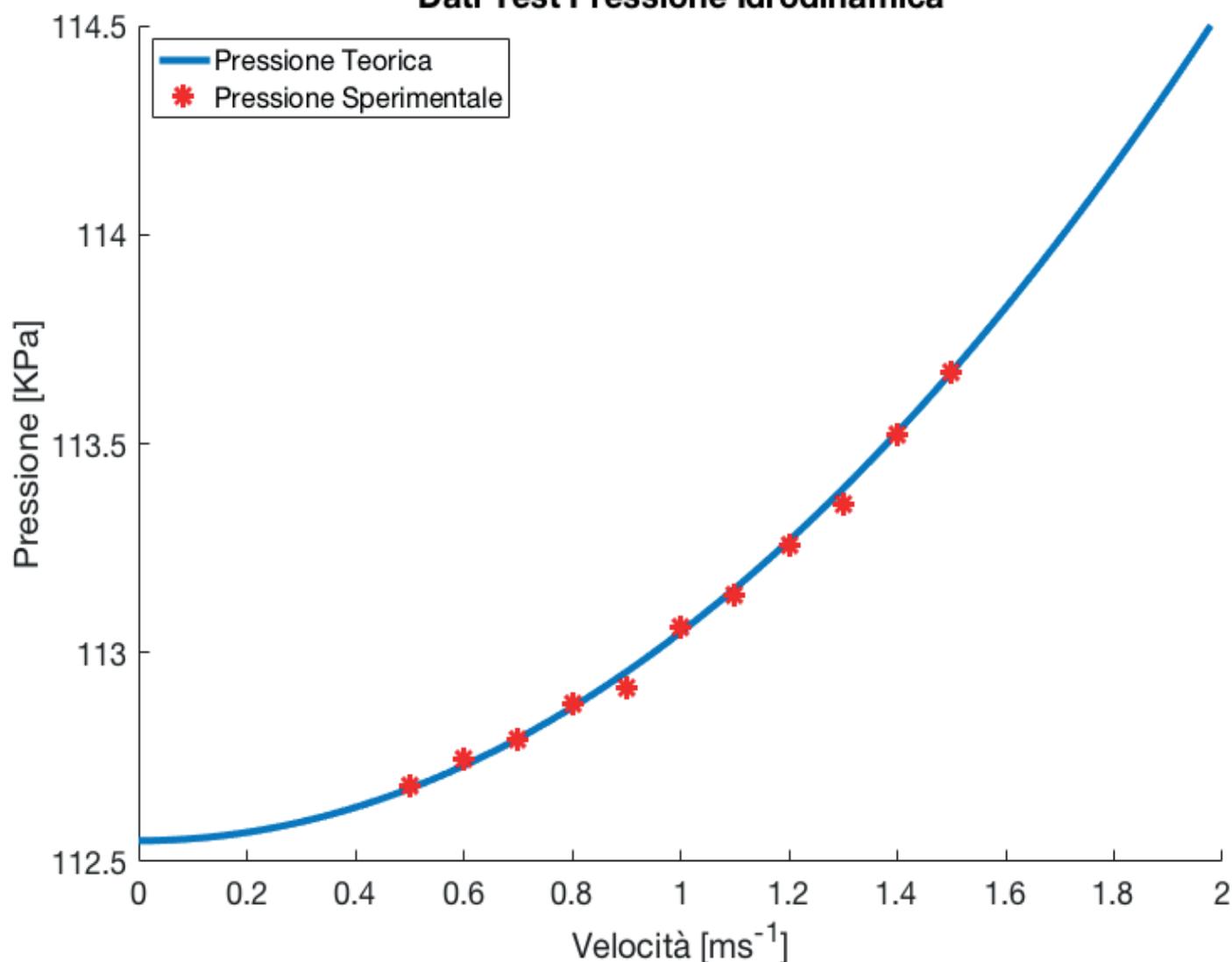


Figura 5: Nel grafico sono rappresentati i risultati medi dei test di pressione idrodinamica. I punti rossi indicano le misure sperimentali ( $P_d$ ) ad ogni velocità, mentre la linea blu rappresenta la parabola di regressione della pressione idrodinamica teorica ( $P_{dT}$ )

prodotto della pressione differenziale della mano (lato palmare meno lato dorsale,  $PR_{DIFF}$ ) e della superficie della mano ( $A$ ) seguendo la procedura proposta da Takagi et al. nel 2002, dove  $A$  è stata misurata utilizzando una tecnica di planimetria computerizzata (ImageJ v. 1.43, National Institute of Health, Bethesda, USA). Successivamente, poiché il sensore di pressione misura solo la forza che agisce in direzione perpendicolare alla superficie del sensore, la componente orizzontale della forza esercitata da ciascuna mano per spingere il corpo ( $Ft_{HAN-}$

$DR$  e  $Ft_{HANDL}$ ) è stata stimata come il prodotto di  $F_{HAND}$  e  $\sin(a)$ , dove  $a$  era l'angolo subacqueo tra la linea orizzontale e il braccio. Per normalizzare l'angolo subacqueo alla durata della bracciata, ogni tempo subacqueo della bracciata destra e sinistra è stato identificato attraverso l'entrata e l'uscita della mano dalla superficie dell'acqua utilizzando il segnale dei sensori di pressione. Quindi, la forza di propulsione totale esercitata dalle mani durante l'intero ciclo di bracciata è stata calcolata come la somma dei valori di forza delle mani destra e sinistra in

ogni punto temporale divisa per il numero di valori di forza ( $Ft_{HAND}$ ). Questa procedura prevedeva l'assunzione di una cinematica della mano a forma circolare, con una velocità costante del movimento della mano durante la fase subacquea, e considerando il braccio come segmento rigido composto da braccio, avambraccio e mano. Infine, per confrontare  $Ft_{HAND}$  con la forza valutata dalla cella di carico, è stato calcolato il valore medio dello sforzo massimo di 10 secondi in a stile libero ( $Ft_{TET}$ ). È stata condotta un'analisi statistica

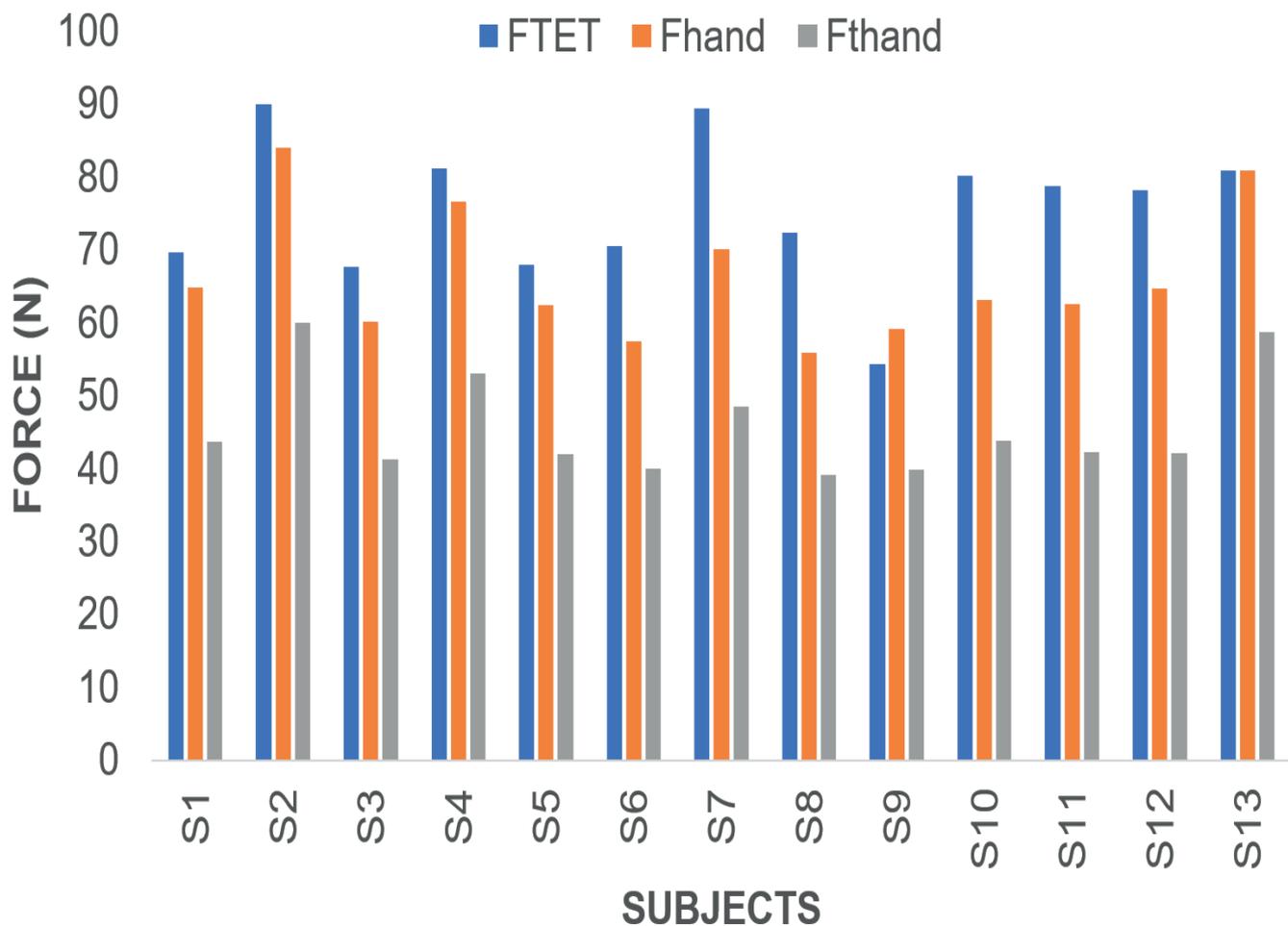


Figura 6: L'istogramma mostra le forze misurate per ogni soggetto con diverse metodologie. In blu è rappresentata la forza globale misurata dal dinamometro (cella di carico), in arancione e grigio la forza misurata con i sensori di pressione, rispettivamente la forza perpendicolare al sensore di pressione sulla mano e la sola componente orizzontale della stessa forza (che rappresenta la forza propulsiva).

eseguendo il test-t di Student accoppiato, l'analisi di correlazione e valutando l'AE. Per quanto riguarda il dispositivo di pressione, la  $P_{DIFF}$  media era di  $4.678 \pm 1.123$  Kpa, A media era di  $0.015 \pm 0,001$  m<sup>2</sup> e la frequenza di bracciata era mediamente di  $0.91 \pm 0.06$  Hz. Le forze medie misurate sono riportate in Figura 6 per ciascun partecipante, rispettivamente per  $F_{t_{TEP}}$ ,  $F_{HAND}$  e  $F_{t_{HAND}}$ . L'analisi statistica ha rivelato che  $F_{t_{HAND}}$  ( $45.7 \pm 7.1$  N) era correlato positivamente ( $r = 0.69$ ,  $p < 0.001$ ) con  $F_{t_{TEP}}$  ( $75.4 \pm 9.7$  N) ma significativamente inferiore ( $p < 0.001$ ). I risultati ottenuti in questo protocollo ci mostrano che nonostante vi sia una correlazione tra la forza propulsiva misurata con

dinamometro e con sensori di pressione, il primo rileva valori significativamente più alti.

### I nostri studi applicativi: le asimmetrie di propulsione nel nuoto

Come definito in introduzione, un ulteriore obiettivo di applicazione del dispositivo era quello di verificare i bilanciamenti e asimmetrie di forza tra una mano e l'altra nel nuoto. Per fare questo sono stati acquisiti 11 nuotatori di livello regionale (età  $15.4 \pm 0.5$  anni; massa corporea  $58.0 \pm 7.1$  kg; statura  $168.4 \pm 5.0$  cm). Dopo un breve riscaldamento, i partecipanti dovevano eseguire un test massimale di 10 secondi in condizione frena-

ta (*Tet*) e in un test di nuoto libero (*Free*) nuotando a stile libero solo braccia. Durante entrambi i test, i partecipanti hanno utilizzato un pull-buoy per stabilizzare gli arti inferiori. Inoltre, nella condizione frenata, la caduta delle gambe era evitata attraverso un sostegno per i piedi. La versione breve del questionario Edinburgh Handedness Inventory è stata somministrata a tutti i partecipanti per definire la mano dominante (Oldfield, 1971). Seguendo lo stesso procedimento descritto nel precedente protocollo, sono stati estratti i dati di forza dei sensori di pressione in entrambe le condizioni di test. Sono stati poi selezionati i 10 cicli centrali del test e sono stati estratti i parametri

relativi alla forza di propulsione di ciascuna mano in termini di media ( $F_{MEAN}$ ), impulso ( $I$ ) e picco ( $F_{PEAK}$ ). I valori delle rispettive bracciate sono stati analizzati in funzione della condizione di nuoto (*Free* vs. *Tet*) e della mano (dominante vs. non dominante). I dati di pressione sono stati interpolati e rappresentati in percentuale della durata del ciclo di bracciata. Inoltre, l'indice di simmetria (*SI*) di forza, che descrive l'equilibrio di forza tra una mano e l'altra (Morouço et al., 2015) è stato analizzato in funzione della condizione di nuoto. Le variabili di forza sono state analizzate utilizzando un approccio di regressione. Inoltre, è stata utilizzata un'analisi della varianza a due vie a misure ripetute per mezzo della tec-

nica Statistical Parametric Mapping (SPM, www.spm1d.org) per poter confrontare la forza istantanea di ciascun ciclo di bracciata tra le due diverse condizioni di nuoto e tra le due diverse mani.

Durante il *Tet* sono stati riscontrati  $F_{MEAN}$ ,  $F_{PEAK}$  e  $I$  maggiori (mediana e IQR:  $32.1 \pm 4.3$  N,  $65.2 \pm 22.0$  N e  $26.2 \pm 6.0$  Ns) rispetto alla condizione *Free* ( $28.0 \pm 6.2$  N,  $63.9 \pm 15.2$  N e  $21.6 \pm 6.5$  Ns). L'SPM ha evidenziato forze maggiori nella condizione *Tet* per un lungo periodo all'inizio del ciclo di bracciata (dal 7 al 27% della durata del ciclo di bracciata), per un minimo tempo a metà del ciclo (dal 38 al 42%) e per un minimo tempo anche alla fine del ciclo (dall'84 al 90%), come mostrato in Figura

7. Al contrario, non sono state osservate differenze significative per  $F_{MEAN}$  e  $F_{PEAK}$  tra le mani dominanti e non dominanti ( $p > 0.05$ ). SPM e *SI* confermano differenze non significative tra le mani dominanti e non dominanti ( $p > 0.05$ ). Al contrario un  $I$  maggiore è stato trovato nella mano dominante (mediana e IQR:  $25.1 \pm 7.5$  Ns vs.  $23.4 \pm 5.9$  Ns, per mano dominante e non dominante, rispettivamente). Questi risultati mostrano quindi che i soggetti da noi analizzati non hanno asimmetrie di propulsione durante il nuoto a stile libero solo braccia sia in condizione frenata che libera, tuttavia, la forza propulsiva esercitata nella condizione frenata risulta leggermente maggiore rispetto alla condizione libera.

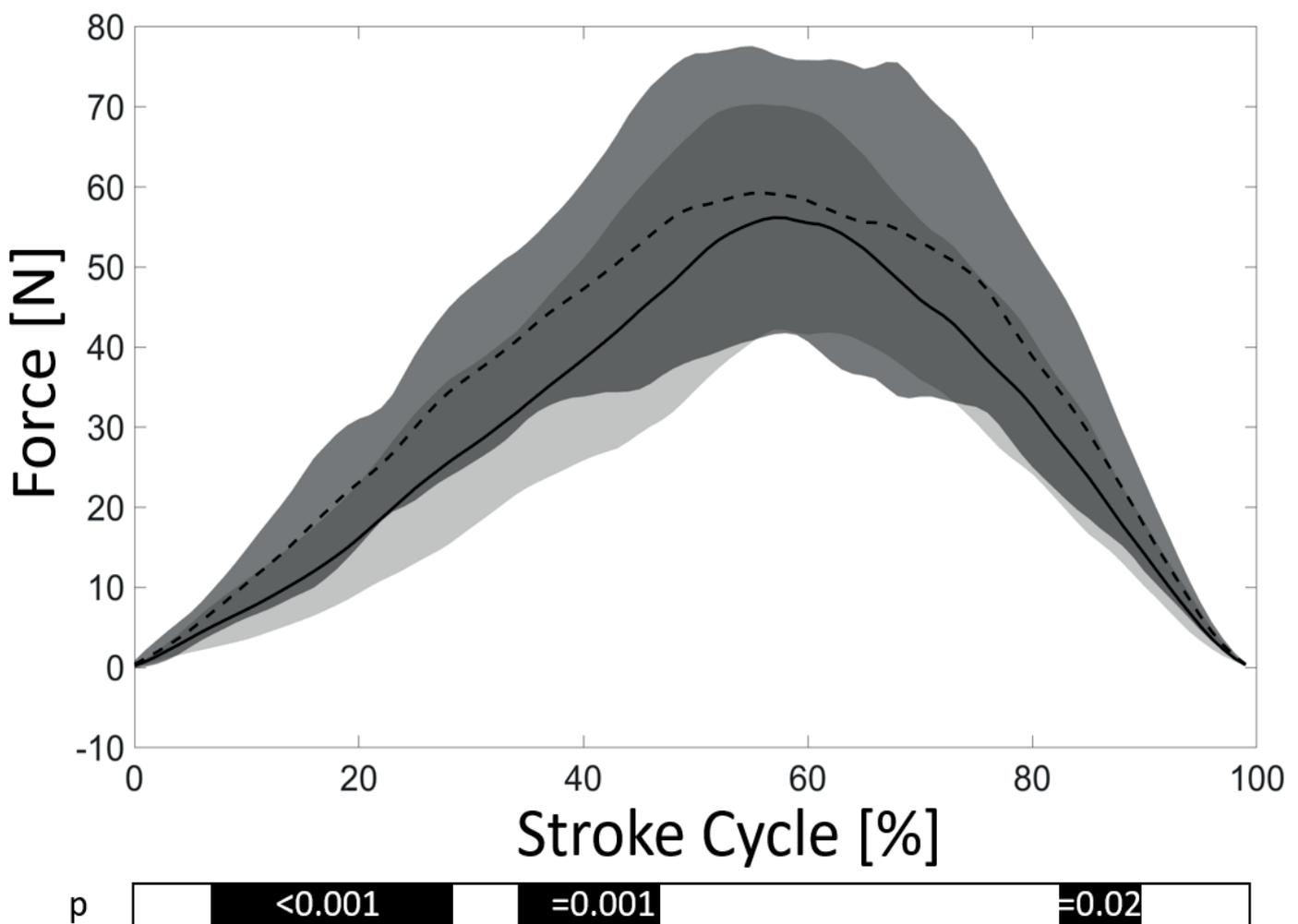


Figura 7: In figura sono rappresentati due profili di forza: la linea tratteggiata indica la forza espressa dalla mano in condizione frenata, la linea continua la forza espressa dalla mano in condizione libera. Nella parte inferiore del grafico sono evidenziati in nero gli istanti del ciclo di bracciata dove si rilevano differenze significative tra la forza nella condizione frenata e nella condizione libera.

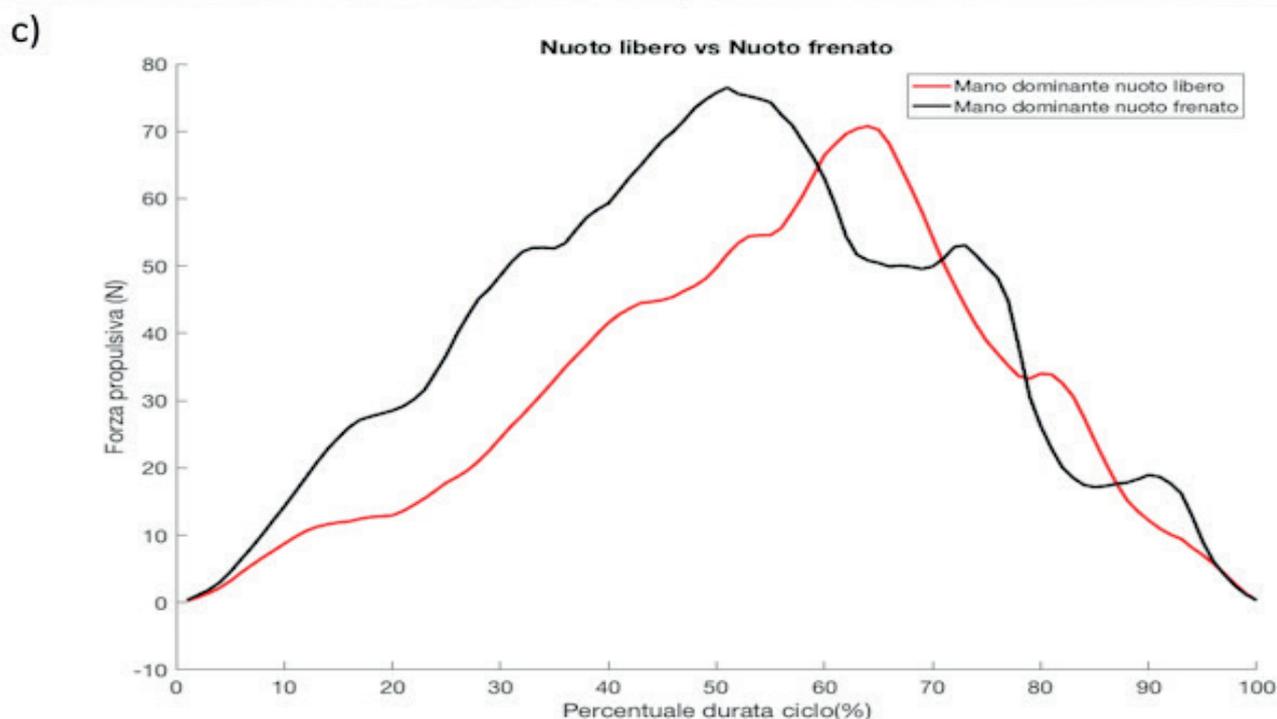
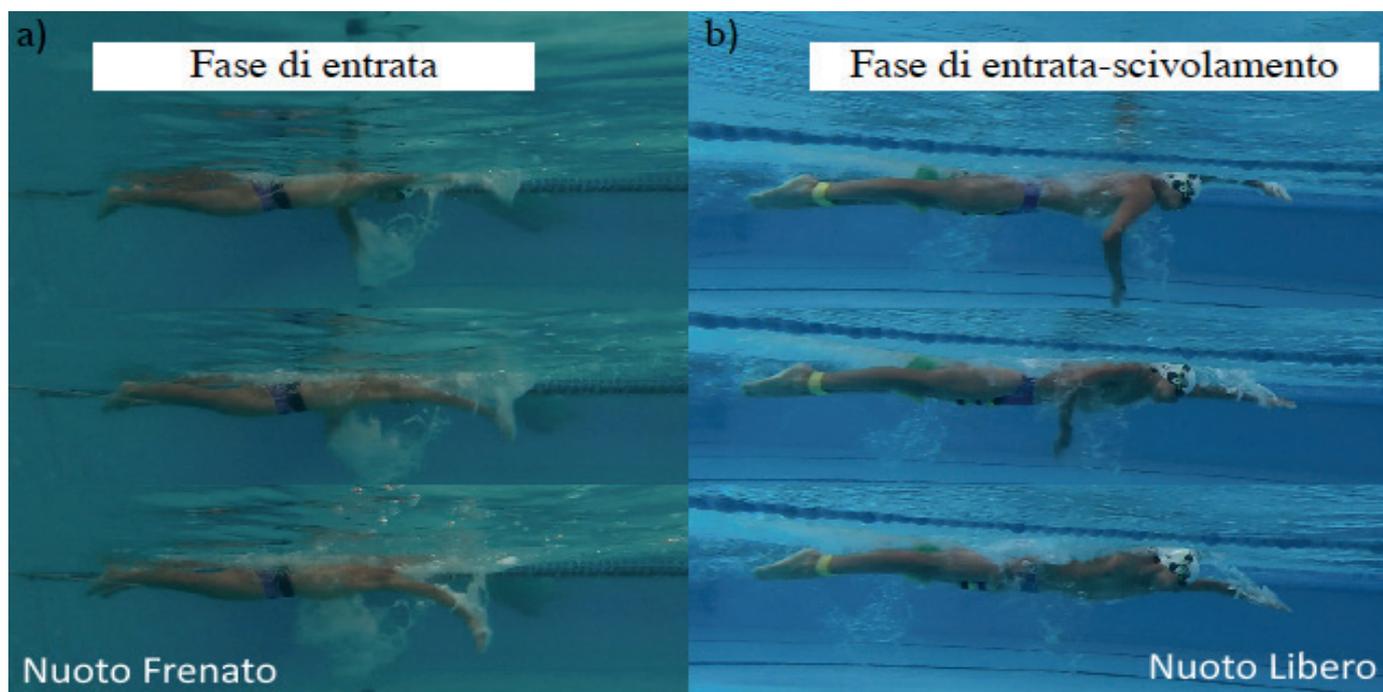
## Le conclusioni utili per gli allenatori

L'analisi della propulsione in acqua è ancora oggi un argomento dibattuto e non risolto in ambito scientifico poiché numerose problematiche re-

lative all'ambiente ne complicano la comprensione. Tuttavia, resta ad oggi l'argomento più indagato assieme alla misurazione delle resistenze idrodinamiche, con l'obiettivo finale di supportare allenatori e nuotatori nel migliorare la tecnica e la performance.

La novità più interessante dei nostri studi sui sensori di pressione riguarda l'ecologicità di tali dispositivi. In questo aspetto si riflettono la comodità e la facilità di applicazione del dispositivo, la velocità di acquisizione e valutazione dati gra-

*Figura 8: in figura a) e b) sono rappresentati tre istanti video in differenti momenti del ciclo di bracciata, con a sinistra la condizione frenata e a destra la condizione libera. In figura c) è rappresentato il segnale istantaneo di forza relativo al soggetto in figura a) e b), nella quale in rosso è rappresentata la mano dominante in condizione Free e in nero la mano dominante in condizione Tet. È interessante notare come la maggiore forza propulsiva nella condizione frenata (figura 8c) nella prima fase di bracciata (0%-50% del ciclo) coincida con la differente cinematica (anticipazione della fase di presa nel frenato) nelle due condizioni.*



zie all'assenza di analisi cinematica basata su riprese video. Non da ultimo il minimo impatto sulla nuotata, minimizzando gli effetti negativi sulla tradizionale azione dell'atleta. L'approccio differenziale basato sui sensori di pressione era già stato proposto e utilizzato in molti altri studi. Tuttavia il vantaggio di questi dispositivi indossabili wireless è stato quello utilizzare uno strumento affidabile e accurato misurando in un contesto reale (Koga et al., 2020; Tsunokawa et al., 2018) whereas SF was controlled during the next three trials. The instructed SFs were 100 (T100%). Infatti, la presenza di nastri, guanti e fili non ha mai reso possibile la naturalezza del gesto e la possibilità di muoversi per tutta la lunghezza della vasca: la tecnologia wireless apre la possibilità di poter sfruttare questo approccio anche al di fuori dei laboratori.

I nostri test hanno dimostrato che i dispositivi indossabili basati sui sensori di pressione, nel nostro caso il modello proposto, sono ripetibili, accurati e forniscono eccellenti risultati. Questo è dimostrato dai protocolli di validazione della pressione idrostatica e della pressione idrodinamica. Inoltre, il confronto tra dinamometro e sensori di pressione per l'analisi della propulsione, ha mostrato una sostanziale differenza tra la propulsione del nuotatore misurata con metodi differenti. Sono state quindi rilevate forze non coerenti misurando col dinamometro rispetto ai sensori di pressione, nonostante vi sia una buona correlazione. Questa differenza è stata riscontrata anche dal confronto dei risultati di studi di ricerca in cui si misurava la propulsione con solamente uno dei due metodi qui comparati (Santos et al., 2021). Considerando che il dinamometro è in grado di misurare la forza complessiva espressa dagli arti superiori, mentre con i sensori di pressione misurano solamente la forza espressa dalle mani, una possibile

spiegazione alla differenza da noi rilevata (pari al 40%) potrebbe essere parzialmente imputabile all'azione dell'avambraccio e del braccio, che non sono stati considerati in questo studio. Già altri lavori avevano messo in evidenza come il contributo dell'avambraccio e del braccio potessero incidere fino ad un 30% nella propulsione totale degli arti superiori (Samson et al., 2017). Per questo sarà opportuno cercare di indagare il contributo dei singoli segmenti corporei alla propulsione totale del nuotatore.

Se osserviamo ciò che succede nel nuoto completamente frenato rispetto al nuoto libero, i nostri dati mostrano una leggera differenza di propulsione. In particolare, la differenza è stata riscontrata nella prima fase di bracciata (presa e scivolamento della mano, Figura 8c), e questo è in accordo con un recente studio che evidenzia come vi sia un'anticipazione dell'istante di presa durante la nuotata in condizione frenata (Samson et al., 2019). Crediamo che la maggiore forza espressa in condizione frenata sia quindi imputabile alla variazione cinematica nelle due condizioni: nel nuoto frenato, non essendoci avanzamento del corpo, la mano appena entra in acqua inizia a generare propulsione, cosa che non avviene nel nuoto libero. Questo si evince anche dall'analisi video in cui le differenze più significative di movimento si trovano all'inizio del ciclo di bracciata (Figura 8a e 8b).

Nonostante negli atleti da noi analizzati non siano stati evidenziati disequilibri di forza tra le mani, il dispositivo può fornire informazioni utili anche sulle asimmetrie di propulsione. In supporto a questi dati, l'analisi delle asimmetrie ha portato conclusioni contrastanti anche in precedenti studi (Psycharakis et al., 2021; Bartolomeu et al., 2021).

I dispositivi di pressione possono aiutare quindi l'allenatore nell'analisi della propulsione anche da un

punto di vista qualitativo: il segnale di forza istantaneo fornito dallo strumento può confermare o confutare convinzioni osservate ad occhio nudo ed aiutare l'allenatore a trarre conclusioni tecniche in interazione con l'analisi video.

### **Limitazioni e possibili sviluppi dell'analisi con sensori di pressione**

L'approccio con sensori di pressione non è privo di limiti, sia strumentali che metodologici. Intrinseco all'utilizzo dei sensori di pressione vi è l'approssimazione di una forza egualmente distribuita su tutta la superficie della mano, seppur misurata in un solo punto. Precedenti lavori hanno dimostrato l'accuratezza dell'utilizzo di tre sensori di pressione sia su palmo che dorso della mano (Tsunokawa et al., 2018), mentre altri la ripetibilità dell'utilizzo di un sola coppia di sensori di pressione (Santos et al., 2022). Tuttavia, l'indagine delle differenze utilizzando un numero differente di sensori sulla mano è sicuramente necessaria. Inoltre, la forza misurata dai sensori di pressione è perpendicolare alla superficie del sensore, e questo vincola l'analisi ad una integrazione con la cinematica attraverso l'analisi video, con l'obiettivo di stimare la sola componente utile di forza sull'asse orizzontale (la forza propulsiva). La proposta di una cinematica semplificata come evidenziato nel nostro metodo, seppur meno accurata, permette di non coinvolgere l'analisi video e consente quindi meno costrizioni in tutta la lunghezza della vasca. Ulteriori e future indagini verteranno sulla comprensione dei diversi contributi propulsivi e delle limitazioni dei sensori singoli sulla mano, cercando di mantenere un approccio più possibile ecologico e a basso impatto sulla naturalezza della azione natatoria.

## BIBLIOGRAFIA

1. Amaro, N., Marinho, D. A., Batalha, N., Marques, M. C., & Morouço, P. (2014). Reliability of Tethered Swimming Evaluation in Age Group Swimmers. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 155–162. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0043>
2. Bartolomeu, R. F., Rodrigues, P., Santos, C. C., Costa, M. J., & Barbosa, T. M. (2021). Is There Any Effect of Symmetry on Velocity of the Four Swimming Strokes? *Symmetry*, 14(1), 12. <https://doi.org/10.3390/sym14010012>
3. Cohen, R. C. Z., Cleary, P. W., Mason, B. R., & Pease, D. L. (2018). Forces during front crawl swimming at different stroke rates. *Sports Engineering*, 21(1), 63–73. <https://doi.org/10.1007/s12283-017-0246-x>
4. Di Prampero, P. E., Pendergast, D. R., Wilson, D. W., & Rennie, D. W. (1974). Energetics of swimming in man. *Journal of Applied Physiology*, 37(1), 1–5. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.37.1.1>
5. Formosa, D. P., Toussaint, H. M., Mason, B. R., & Burkett, B. (2012). Comparative Analysis of Active Drag Using the MAD System and an Assisted Towing Method in Front Crawl Swimming. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(6), 746–750. <https://doi.org/10.1123/jab.28.6.746>
6. Koga, D., Gonjo, T., Kawai, E., Tsunokawa, T., Sakai, S., Sengoku, Y., Homma, M., & Takagi, H. (2020). Effects of exceeding stroke frequency of maximal effort on hand kinematics and hand propulsive force in front crawl. *Sports Biomechanics*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1814852>
7. Kolmogorov, S. V., & Duplishcheva, O. A. (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics*, 25(3), 311–318. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(92\)90028-Y](https://doi.org/10.1016/0021-9290(92)90028-Y)
8. Matsuchi, K., Miwa, T., Nomura, T., Sakakibara, J., Shintani, H., & Ungerechts, B. E. (2009). Unsteady flow field around a human hand and propulsive force in swimming. *Journal of Biomechanics*, 42(1), 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.009>
9. Morouço, P. G., Marinho, D. A., Fernandes, R. J., & Marques, M. C. (2015). Quantification of upper limb kinetic asymmetries in front crawl swimming. *Human Movement Science*, 40, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.12.012>
10. Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship Between Tethered Forces and the Four Swimming Techniques Performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161–169. <https://doi.org/10.1123/jab.27.2.161>
11. Narita, K., Nakashima, M., & Takagi, H. (2017). Developing a methodology for estimating the drag in front-crawl swimming at various velocities. *Journal of Biomechanics*, 54, 123–128. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.01.037>
12. Pereira, G. S., Schutz, G. R., Ruschel, C., Roesler, H., & Pereira, S. M. (2015). Simetria da força propulsiva gerada pelas mãos durante o nado borboleta. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 17(6), 704. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n6p704>
13. Psycharakis, S. G., Soultanakis, H., González Ravé, J. M., & Paradisis, G. P. (2021). Force production during maximal front crawl tethered swimming: Exploring bilateral asymmetries and differences between breathing and non-breathing conditions. *Sports Biomechanics*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1891277>
14. Samson, M., Bernard, A., Monnet, T., Lacouture, P., & David, L. (2017). Unsteady computational fluid dynamics in front crawl swimming. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 20(7), 783–793. <https://doi.org/10.1080/10255842.2017.1302434>
15. Samson, M., Monnet, T., Bernard, A., Lacouture, P., & David, L. (2019). Comparative study between fully tethered and free swimming at different paces of swimming in front crawl. *Sports Biomechanics*, 18(6), 571–586. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1443492>
16. Santos, C. C., Marinho, D. A., & Costa, M. J. (2022). Reliability of using a pressure sensor system to measure in-water force in young competitive swimmers.

- Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbioe.2022.903753>
17. Santos, C. C., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Costa, M. J. (2021). Propulsive forces in human competitive swimming: A systematic review on direct assessment methods: Propulsive forces in competitive swimming. *Sports Biomechanics*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1953574>
  18. Takagi, H., Nakashima, M., Sengoku, Y., Tsunokawa, T., Koga, D., Narita, K., Kudo, S., Sanders, R., & Gonjo, T. (2021). How do swimmers control their front crawl swimming velocity? Current knowledge and gaps from hydrodynamic perspectives. *Sports Biomechanics*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1959946>
  19. Takagi, H., & Sanders, R. (s.d.). Measurement of propulsion by the hand during competitive swimming.
  20. Toussaint, H. M., Roos, P. E., & Kolmogorov, S. (2004). The determination of drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics*, 37(11), 1655–1663. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.020>
  21. Tsunokawa, T., Tsuno, T., Mankyu, H., Takagi, H., & Ogita, F. (2018). The effect of paddles on pressure and force generation at the hand during front crawl. *Human Movement Science*, 57, 409–416. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.10.002>
  22. Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 41–66. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04270-y>
  23. Using IMU Sensors. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 8, 1511.
  24. Kudo S, Lee M. 2010. Prediction of propulsive force exerted by the hand in swimming. In: Kjendlie PL, Stallman RK, Cabri J, editors. *Biomechanics and medicine in swimming XI*. Oslo: Norwegian School of Sport Science; p. 112–114.
  25. Maglischo, E. W., & Brennan, C. F. (1985). Swim for the health of it. Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company.
  26. Matsuuchi, K., Miwa, T., Nomura, T., Sakakibara, J., Shintani, H., & Ungerechts, B. E. (2009). Unsteady flow field around a human hand and propulsive force in swimming. *Journal of biomechanics*, 42(1), 42–47.
  27. Nakashima, M., Maeda, S., Miwa, T., & Ichikawa, H. (2012). Optimizing simulation of the arm stroke in crawl swimming considering muscle strength characteristics of athlete swimmers. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 7(2), 102–117.
  28. Payton, C., Bartlett, R. M., Baltzopoulos, V., & Coombs, R. (1999). Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. *Journal of Sports Sciences*, 17(9), 689–696.
  29. Pereira, G. S., Schut, G. R., Ruschel, C., Roesler, H., & Pereira, S. M. (2015). Propulsive force symmetry generated during butterfly swimming. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 17, 704–712.
  30. Sanders, R. H., Andersen, J. T., & Takagi, H. (2018). The segmental movements in front crawl swimming. In *Handbook of human motion* (pp. 1703–1717). Springer, Springer Nature.
  31. Sanders, R. H., Takagi, H., & Vilas-Boas, J. P. (2021). How Technique Modifications in Elite 100m Swimmers Might Improve Front Crawl Performances to Podium Levels: Swimming ‘Chariots of Fire’. *Sports Biomechanics*, 1–20.
  32. Santos, C. C., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Costa, M. J. (2021). Propulsive forces in human competitive swimming: a systematic review on direct assessment methods: Propulsive forces in competitive swimming. *Sports Biomechanics*, 1–21.
  33. Sato Y, Hino T. 2013. Computational fluid dynamics analysis of hydrodynamic force acting on a swimmer’s hand in a swimming competition. *J Sports Sci Med*. 12:679–689.
  34. Schleibauf, R. E. (1983). Three-Dimensional Analysis of Hand Propulsion in the Sprint Front Crawl Stroke, *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Human Kinetics Publishers: Champaign, 173–184.
  35. Shell, S. J., Clark, B., Broatch, J. R., Slattery, K., Halson, S. L., & Coutts, A. J. (2021). Is a Head-Worn Inertial Sensor a Valid Tool to Monitor Swimming? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(aop), 1–4.
  36. Soh, J., & Sanders, R. (2021). The clues are in the flow: how swim propulsion should be interpreted. *Sports biomechanics*, 20(7), 798–814.
  37. Takagi, H., & Wilson, B. (1999). Calculating hydrodynamic force by using pressure differences in swimming. *Biomechanics and medicine in swimming VIII*, 101–106.
  38. Takagi, H., Nakashima,



Alessandro Miressi

- M., Sato, Y., Matsuuchi, K., & Sanders, R. H. (2016). Numerical and experimental investigations of human swimming motions. *Journal of Sports Sciences*, 34(16), 1564–1580.
39. Takagi, H., Nakashima, M., Sengoku, Y., Tsunokawa, T., Koga, D., Narita, K., Gonjo, T. (2021). How do swimmers control their front crawl swimming velocity? Current knowledge and gaps from hydrodynamic perspectives. *Sports Biomechanics*, 1-20.
40. Toussaint, H. M., Van den Berg, C., & Beek, W. J. (2002). “Pumped-up propulsion” during front crawl swimming. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(2), 314-319.
41. Tsunokawa, T., Tsuno, T., Mankyu, H., Takagi, H., & Ogita, F. (2018). The effect of paddles on pressure and force generation at the hand during front crawl. *Human movement science*, 57, 409-416.
42. Ungerechts, B. E., Cesarini, D., Hamann, M., Ritter, Y., Weidner, S., Haldorn, T., & Hermann, T. (2016). Patterns of flow pressure due to hand-water-interaction of skilled breaststroke swimmers—a preliminary study. *Procedia engineering*, 147, 330-335.
43. Vilas-Boas, J. P., Ramos, R. J., Fernandes, R., Silva, A. J., Rouboa, A. I., Machado, L., Barbosa, T. M., & Marinho, D. (2015). Hydrodynamic analysis of different finger positions in swimming: A computational fluid dynamics approach. *Journal of Applied Biomechanics*, 31(1), 48–55.
44. Van den Berg, J., Bazuin, R., Jux, C., Sciacchitano, A., Westerweel, J., & van de Water, W. (2021). The effect of hand posture on swimming efficiency. *Experiments in Fluids*, 62(12), 1-9.
45. Van Houwelingen, J., Schreven, S., Smeets, J. B., Clercx, H. J., & Beek, P. J. (2017). Effective propulsion in swimming: grasping the hydrodynamics of hand and arm movements. *Journal of applied biomechanics*, 33(1), 87-100.
46. Wei, T., Mark, R., & Hutchison, S. (2014). The fluid dynamics of competitive swimming. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 46, 547–565.
47. Yeater, R. A., Martin, R. B., White, M. K., & Gilson, K. H. (1981). Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. *Journal of Biomechanics*, 14(8), 527-537.
48. Zamparo, P., Pendergast, D. R., Mollendorf, J., Termin, A., & Minetti, A. E. (2005). An energy balance of front crawl. *European journal of applied physiology*, 94(1), 134-144.
49. Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European journal of applied physiology*, 120(1), 41-66.



# UNA PROPOSTA DI ANALISI TRAMITE LA REGRESSIONE MULTIPLA

di Giovanni Melchiorri <sup>1</sup>, Tamara Triossi <sup>2</sup>, Daniele Bianchi <sup>3</sup> e Valerio Viero <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Professore Associato presso l'Università di Roma Tor Vergata, Medico squadra nazionale assoluta maschile di pallanuoto, Coordinatore tecnico-scientifico del Settore Pallanuoto Fin.

<sup>2</sup> Preparatore Atletico Nazionale giovanile femminile di pallanuoto

<sup>3</sup> Preparatore Atletico Nazionale giovanile maschile di pallanuoto

<sup>4</sup> Docente presso l'Università di Roma Tor Vergata, Preparatore Atletico Nazionale assoluta femminile di pallanuoto.

## INTRODUZIONE

Quante volte i tecnici che si occupano del mondo giovanile si sono chiesti su quali basi valutare la prestazione di un giovane atleta e le sue componenti? Se spesso una simile valutazione approfondita è difficile nell'adulto lo diventa molto di più nel caso di giovani in cui si sommano ulteriori componenti come l'età anagrafica, lo sviluppo fisico, l'età relativa, la storia sportiva, il livello di apprendimento e altre variabili. La valutazione complessiva di un giovane atleta è un processo articolato in cui aspetti antropometrici, fisiologici, psicologici e abilità mo-

torie giocano un ruolo fondamentale; pertanto diventa ancora più difficile calcolare tali parametri nel passaggio dallo sport d'élite giovanile a quello adulto (1,2,3).

L'identificazione del talento, ossia l'individuazione di giovani con le potenzialità per diventare atleti d'élite, così come la selezione del talento che riguarda atleti con livelli di performance che permettano inclusione in una particolare squadra, sono processi complessi nello sport d'élite (3) e lo diventano ancora di più negli sport di squadra (4) dove la performance può dipendere da più fattori variamente combinati tra loro.

Negli sport di squadra ad alto impegno fisico, come per esempio il basket (5), il rugby (6), la pallanuoto (3), le caratteristiche antropometriche e di efficienza fisica sono state associate ad una maggiore possibilità per i giovani atleti di divenire atleti adulti d'élite.

Tra gli sport di squadra la pallanuoto è sicuramente ad alto impegno fisico, caratterizzata com'è da frequenti contatti fisici tra i giocatori; pertanto in questo sport le caratteristiche antropometriche, come evidenziato da diversi autori, svolgono un ruolo di fondamentale importanza (7,8,9,10). Altri autori hanno studiato le capacità natatorie



Giacomo Cannella

nella pallanuoto (11,12) evidenziando come anche una migliore prestazione natatoria sia in relazione con il livello di performance dei giovani pallanuotisti.

Secondo alcuni ricercatori (13) l'efficienza neuromuscolare può essere messa in relazione con le prestazioni natatorie. Per questo motivo e per la presenza di contatto fisico tra i giocatori, sembrerebbe logico utilizzare anche test a secco per la valutazione delle caratteristiche dei giovani pallanuotisti.

Come in altri sport ad alto impegno fisico nella pallanuoto più variabili fisiche e di performance sono in relazione con la performance in gara. La performance specifica di uno sport, ovvero la partita, può quindi essere considerata come una variabile il cui valore è influenzato da una combinazione complessa di numerosi altri fattori.

L'analisi con la regressione multipla (MRA) ci permette di prevedere la variabile di un risultato dipendente da una combinazione di alcune variabili indipendenti (fattori predittivi/predittori).

Nel nostro caso la performance specifica della pallanuoto è il valore della variabile dipendente (fattore predittivo). Se si considera che nella pallanuoto le caratteristiche fisiche e di performance sono molto importanti per svolgere lo sport a livello d'élite (7-13), nella logica di questo studio tali caratteristiche sono state utilizzate come variabili predittorie. Di fatto siamo riusciti a trovare soltanto uno studio sulla pallanuoto in cui è stata usata l'MRA (11), ma questo articolo era incentrato sull'associazione tra capacità condizionali ed efficacia in particolari azioni di abilità offensiva e difensiva e non sull'analisi complessiva della gara.

Obiettivo del nostro studio era quindi quello di utilizzare l'MRA per indagare l'associazione tra la valutazione complessiva (predetto) del singolo atleta fatta durante la

gara dall'allenatore e alcune variabili (fattori predittivi). Obiettivo accessorio era quello di introdurre un sistema per l'analisi della gara con linee guida che possano essere utilizzate dall'allenatore per effettuare una valutazione complessiva del singolo atleta.

## MATERIALI E METODI

### Soggetti

Sono stati reclutati 130 soggetti (età:  $15,6 \pm 0,9$  anni; statura:  $171,2 \text{ cm} \pm 8,3$ ; peso:  $61,7 \pm 9,5 \text{ kg}$ ) che facevano parte di un progetto per l'identificazione e la selezione del talento nella pallanuoto per la squadra nazionale. In maniera random il campione è stato diviso in due sotto gruppi: "M" (Measured) e "E" (Estimated). Il gruppo "M" prevedeva 65 giovani pallanuotisti (età:  $15,7 \pm 0,7$  anni; statura:  $171,7 \pm 7,4 \text{ cm}$ ; peso:  $61,5 \pm 8,8 \text{ kg}$ ). Il gruppo "E" prevedeva 65 soggetti (età:  $15,4 \pm 1,1$  anni; statura:  $170,6 \pm 9 \text{ cm}$ ; peso:  $62,0 \pm 10,1 \text{ kg}$ ).

### Misure antropometriche e di massa corporea

Massa corporea e altezza  
La massa corporea è stata misurata utilizzando una bilancia elettronica con livello di precisione di 100 grammi (Sea, Germania) in condizioni standard (digiuno al mattino, senza vestiti e scarpe). L'altezza è stata misurata con uno statimetro a muro con 1 mm di precisione (Sea, Germania).

### Circonferenze e lunghezze

La circonferenza del torace, l'apertura delle braccia (larghezza totale degli arti superiori) e la lunghezza del braccio dominante sono state effettuate secondo criteri e procedure di misurazione convenzionali (14).

### Performance Test

**Nuoto 100 m:** obiettivo del test era di stabilire le capacità di nuoto su

distanza breve. Il test è stato svolto in vasca da 25 metri, ripetuta 4 volte: agli atleti era concessa la spinta dal muro ma per rendere omogenea la prova era vietata la virata (11).

**Sprint nuoto 10 m:** obiettivo del test era determinare le capacità di velocità su breve distanza ed è stato eseguito sulla distanza di 10 metri. La posizione di partenza era come nello sprint per la conquista del primo pallone a inizio gara e l'inizio del test veniva dato con un fischio. La posizione del capo era libera. Venivano eseguite 3 prove e registrata la migliore (11).

**Test di nuoto a navetta (SST):** Il test a navetta serve per misurare l'abilità dei giocatori di pallanuoto di spostarsi nell'acqua. Il risultato del test principalmente preso in considerazione è la velocità media in ms-1 su una prova di 240 metri totali di nuoto intervallati in prove di lunghezza da 10 a 40 m con cambi di direzione e di assetto posturale (12).

**Test gambe bicicletta:** il test misura l'efficienza dell'azione degli arti inferiori tramite azione di gambe bicicletta in galleggiamento verticale e con l'utilizzo di un sovraccarico. Il sovraccarico era fisso a 10 kg per tutti i soggetti e veniva misurata la resistenza nel galleggiamento fino ad esaurimento (15).

### Valutazione degli allenatori

Due allenatori (S1 e S2) hanno assistito separatamente alle gare dal vivo e dopo sette giorni hanno visionato separatamente le registrazioni video delle stesse. Come suggerito da Maynard per altri sport di squadra (1) abbiamo adottato uno schema di valutazione dell'abilità decisionale adattandolo alla pallanuoto, per guidare la valutazione degli allenatori (1,2): l'abilità decisionale nella performance è infatti considerata importantissima nella pallanuoto e in genere negli sport di squadra.

I tecnici, per prepararsi alla valutazione ed acquisire una precisa

ed aggiornata idea degli standard professionali, hanno visto tutte le partite della pallanuoto delle ultime Olimpiadi. La valutazione del singolo giovane atleta è stata fatta utilizzando una scala 0-10 (1= livello di gioco ricreativo; 10: livello di gioco professionale). Il punteggio registrato viene moltiplicato per 100 per renderlo più facilmente interpretabile. I tecnici quindi hanno paragonato l'abilità decisionale dei giovani pallanuotisti osservati considerandone la somiglianza con gli standard dei giocatori professioni-

sti. La valutazione è stata condotta adottando una logica di "gain of possible gain" ed è stata espressa in percentuale (1). La tabella 1 riporta le linee guida per la valutazione adattate per la pallanuoto rispetto a quanto proposto da Maynard per il calcio (1,2).

Entrambi gli operatori avevano competenze ed esperienze sovrapposibili: erano allenatori di pallanuoto, laureati in scienze motorie ed avevano svolto lo stesso training per le misurazioni richieste dallo studio.

## PROCEDURA SPERIMENTALE

Nel periodo centrale della stagione quando i programmi di allenamento sono ben assestati, gli atleti, provenienti da tutta la nazione, sono stati convocati in gruppi di 26 atleti per un raduno di 6 giorni per ogni gruppo. Il primo giorno sono state raccolte le misure antropometriche e sono stati sottoposti tutti gli atleti a visita medica per escludere la presenza di patologie in atto o di eventi traumatici recenti. Il secondo gior-

<b>VALUTAZIONE</b>	<b>LIVELLO DI GIOCO PROFESSIONALE</b>
<b>9-10</b>	<p>Conosce come, dove e quando improvvisare ed avanzare</p> <p>Conosce come, dove e quando nuotare per creare spazio per i compagni</p> <p>Riesce ad anticipare il gioco di opposizione nella fase difensiva</p> <p>Fornisce corrette informazioni verbali agli altri giocatori</p> <p>Sa come temporeggiare con due giocatori avversari</p> <p>Conosce come, dove e quando fintare o tirare con efficacia</p>
<b>7-8</b>	<p>Conosce come comportarsi in situazione di difesa statica a uomini pari</p> <p>Conosce come comportarsi nella difesa a uomo in meno</p> <p>Se e come dare sostegno ad un compagno in possesso di palla in situazione di attacco posizionale</p> <p>Sa quando e come muoversi in ampiezza</p> <p>Sa come neutralizzare un avversario</p> <p>Conosce dove e quando fintare o tirare, il tiro di solito è ben fatto</p>
<b>5-6</b>	<p>Conosce quando, dove e come passare la palla</p> <p>Sa quando passare la palla Avanti, di lato o indietro</p> <p>Sa dove e quando temporeggiare o contrastare</p> <p>Sa quando nuotare o contrastare l'avversario</p> <p>Sa quando equilibrare la difesa</p> <p>Sa come effettuare un recupero nuotando e quando invece marcare l'avversario</p> <p>Sa dove e quando dribblare e quando invece deve tirare</p>
<b>3-4</b>	<p>Effettua la scelta sbagliata di quando, come o dove passare la palla</p> <p>Gestisce il pallone in una situazione che richiederebbe la giocata immediata</p> <p>Effettua la scelta sbagliata di quando o dove andare a sostegno</p> <p>Non sa equilibrare la difesa e non sa quando cercare di saltare un avversario</p> <p>Gli manca la percezione delle opportunità di tiro</p>
<b>1-2</b>	<p>Sbaglia la scelta di quando, come e dove passare la palla.</p> <p>Effettua la scelta sbagliata di quando o dove andare a sostegno</p> <p>Non dà ampiezza al gioco e non marca gli avversari</p>
	<b>LIVELLO DI GIOCO RICREATIVO</b>

Tabella 1: linee guida per la valutazione degli allenatori delle abilità decisionali

## SI DELINEA INTERESSE PER LO STUDIO

AMMISSIBILITÀ E SELEZIONE DEL CAMPIONE SECONDO CRITERI DI INCLUSIONE/ESCLUSIONE;  
SOGGETTI ASSEGNATI A CASO A QUATTRO GRUPPI

### PRIMO GIORNO

MATTINA: ESAMI MEDICI E MISURE ANTROPOMETRICHE

### SECONDO GIORNO

MATTINA: TEST GENERALI DI NUOTO (SPRINT 10 M NUOTO SWIM E 100 M NUOTO)

### TERZO GIORNO

MATTINA: TEST A SECCO

POMERIGGIO: PRIMA PARTITA AMICHEVOLE E VALUTAZIONE LIVE DEGLI ALLENATORI

### QUARTO GIORNO

MATTINA: RIPOSO

POMERIGGIO: ALLENAMENTO TECNICO

### QUINTO GIORNO

TEST SPECIFICI (TEST GAMBE BICICLETTA E TEST DI NUOTO A NAVETTA)

### SESTO GIORNO

MATTINA: RIPOSO

POMERIGGIO: SECONDA PARTITA AMICHEVOLE E VALUTAZIONE LIVE DEGLI ALLENATORI

### SETTIMO GIORNO

GLI ALLENATORI RIVEDONO LE PARTITE E RIPETONO LA VALUTAZIONE DEGLI ATLETI

Figura 1: Sequenza delle valutazioni nello studio

no sono stati eseguiti i test natatori generali (Nuoto 100 m e Sprint Nuoto 10 m) e il terzo giorno sono stati eseguiti i test a secco (Push up e Chin up) al mattino e una prima partita amichevole di pomeriggio. Il quarto giorno si è osservato il riposo al mattino e c'è stato allenamento tecnico di pomeriggio mentre il quinto giorno sono stati eseguiti test natatori specifici (test a navetta e test gambe bicicletta). L'ultimo giorno è stata effettuata mezza giornata di riposo al mattino e una seconda partita amichevole nel pomeriggio. Lo schema di allenamento adottato era sovrapponibile a quanto i giovani facevano esercitandosi regolarmente con le proprie società sportive. Nella Fig.

1 un diagramma di flusso mostra la sequenza delle valutazioni effettuate nello studio.

Al termine delle partite i due allenatori hanno fornito una prima valutazione per ogni singolo atleta basata sull'osservazione live (T0). Dopo sette giorni i due allenatori hanno rivisto le registrazioni delle partite e fornito di nuovo una valutazione per ogni singolo atleta (T1). Per la valutazione della ripetibilità delle misurazioni eseguite è stata considerata la variabilità intra-observer (comparazione tra le misure fatte a T0 e quelle fatte a T1 da ciascun allenatore individualmente) e inter-observer (confronto tra le misure fatte nei due diversi momenti dai due rispettivi allenatori).

### Statistica

L'ipotesi nulla del nostro lavoro era che la valutazione complessiva del singolo giocatore non fosse influenzata dalle variabili antropometriche e di performance. L'ipotesi alternativa era che la valutazione fosse influenzata da più variabili legate alla struttura corporea e alle capacità condizionali.

I dati sono stati registrati utilizzando il software Excel 16.3 (Microsoft, Redmond, WA) mentre il software SPSS 21 (IBM Inc, Armonk, NY) è stato utilizzato per l'analisi statistica. La normalità dei dati è stata studiata utilizzando i grafici di una distribuzione di normalità e il test Kolmogorov-Smirnov. Per studiare l'omogeneità della

RIFERIMENTO	MEDIA E DS	IC 95%
Statura (cm)	171,2 ± 8,3	169,0-172,7
Peso (kg)	61,7 ± 7,5	59,9-64,2
Circonferenza torace (cm)	88,0 ± 7,7	86,3-89,5
Apertura totale braccia (cm)	175,4,0 ± 5,9	173,2-177,6
Lunghezza dell'arto superiore non dominante	70,6 ± 7,1	69,3-71,9
Nuoto 100 m (sec)	70,2 ± 5,8	66-71,5
Velocità nuoto 10 m (sec)	6,4 ± 1,1	6,2-6,8
Test a navetta (ms-1)	1,4 ± 0,2	1,40-1,48
Trazioni (number)	6,7 ± 4,4	5,5-7,6
Piegamenti (number)	23,3 ± 11,2	20,4-25,8
Test gambe bicicletta (sec)	29,2 ± 6,0	19-32

Tabella 2: Test antropometrici e di performance.

varianza è stato usato il test di Levene.

Il coefficiente di variazione (CV) è stato calcolato usando la seguente formula:  $(SD/M) \times 100$ . SD è la deviazione standard e M la media delle differenze.

L'errore di misurazione (ME) è stato così calcolato:  $SD/\sqrt{2}$  e il range dell'errore: ME x valore critico. Il valore critico è 1,96 (16).

Il SEM (Standard Error of Measurement) è stato calcolato con la formula SEM:  $SD/\sqrt{n}$  dove n è la numerosità del campione in esame. Il range di errore del SEM è stato calcolato con la formula SEM x valore critico. Il valore critico è stato scelto a 1,96. Il SEM è stato adottato per studiare l'affidabilità e la differenza minima rilevabile (minimal detectable difference) (17).

Abbiamo utilizzato il Cohen's effect size per studiare la dimensione dell'effetto, secondo la formula

$M1-M2 / SD$  aggregato, dove M1 è il principale valore della prima misurazione, M2 il valore medio del secondo test, SD è la deviazione standard (17).

ICC (intra class correlation) è stato usato per valutare la correlazione tra le variabili continue per le differenze intra-observer e inter-observer e tra atleti misurati e stimati secondo la valutazione dell'allenatore (16). L'analisi dell'affidabilità è stata completata dall'utilizzo di un grafico di Bland e Altman.

L'analisi ANOVA è stata utilizzata per saggiare l'efficacia del modello proposto.

Il Durbin-Watson è stato usato per studiare alcune correlazioni tra errori e ipotesi di indipendenza tra variabili e modello di precisione.

### **Risultati**

#### **Atleti**

Nella Tabella 2 sono riportati i dati

registrati sul nostro campione (130 soggetti), ossia i dati antropometrici, i test di performance eseguiti in acqua e quelli eseguiti a secco (Tabella 2). Complessivamente gli atleti avevano una valutazione sull'abilità decisionale secondo la valutazione dell'allenatore di  $36,1 \pm 10,5$  (IC 95 %: 34,3-38,1).

### **VALUTAZIONE DELL'ALLENATORE SULL'AFFIDABILITÀ**

L'analisi delle differenze inter-observer hanno evidenziato un CV (coefficiente di variazione) con valore -3,9 % (ranged 0,2 - 1,9), ICC: 0,82 (lower bound 0,75; upper bound: 0,87), effect size: 0,1 and ME è di 6,7 (error range 13,2). SEM (Standard error of measure): 0,84 (error range 1,6).

In 75 dei 130 casi (57 %) la valutazione dei due osservatori ha avuto

lo stesso valore. Per approfondire ancora la reliability del metodo, sui restanti 55 soggetti dove erano presenti differenze tra S1 e S2 è

stata eseguita un'analisi statistica grafica secondo Bland and Altman (Figura 2). L'intra-observer analisi ha mostrato CV: -4,1 % (range

0,2-1,4) ICC: 0,96 (lower bound: 0,90; upper bound: 0,95), effect size: 0,06 and ME: 3,4 (error range 6,7). SEM = 0,45 (range: 0,86).

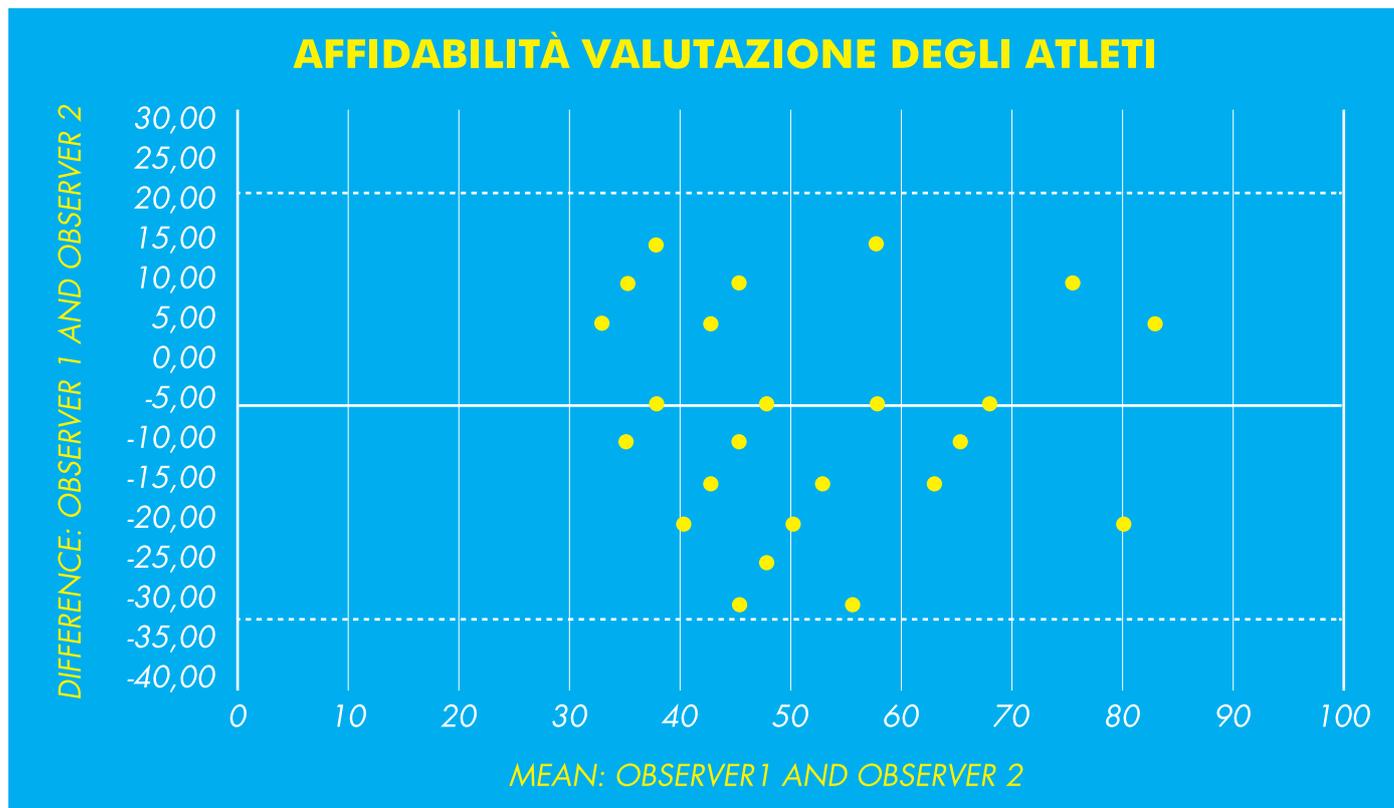


Figura 2: Differenze Inter-observer.

## MODELLO

Il modello adottato prevede come variabili predittive: Height (altezza atleta, cm), Body Mass (la massa corporea, kg), Circumference of chest (circonferenza del torace, cm), Arm span (distanza massima tra le mani a braccia aperte, cm), Non-dominant arm length (lunghezza dell'arto non dominante, cm), Push up (numero massimo di piegamenti delle braccia eseguiti), Chin up (numero massimo di trazioni alla sbarra), Shuttle swimming test (velocità su test navetta di nuoto, m·s<sup>-1</sup>), Sprint su 10 metri (tempo registrato sulla velocità di 10 metri, secondi), Eggbeater test (tempo ad esaurimento in gambe bicicletta in posizione verticale, secondi) e test di nuoto sui 100 metri (tempo registrato su 100 metri a massima velocità, secondi). Nella Tabella 3 sono

riportati i valori relativi all'analisi del modello ottenuto con MRA.

Di seguito l'equazione del nostro modello: Valutazione dell'allenatore = 151,6 + (-0,016 \* statura) + (0,6 \* massa corporea) + (-0,82 \* circonferenza toracica) + (-0,59 \* apertura delle braccia) + (0,75 \* lunghezza braccio non dominante) + (-0,037 \* push up) + (0,17 \* chin up) + (5,87 \* test a navetta) + (-2,2 velocità) + (0,05 \* gambe bicicletta) + (-0,35 \* nuoto 100 metri).

La sintesi del modello è: r value = 0,85; r<sup>2</sup> value = 0,73; ADG r<sup>2</sup> = 0,57; Durbin-Watson = 2,3; F-ratio = 2,5; significativity = 0,01. Dove r: coefficiente di correlazione multipla; r<sup>2</sup>: valore quadrato di r; ADG: valore corretto di r<sup>2</sup>; statistica Durbin - Watson; F-ratio dall'analisi ANOVA; Sig.: valore di significatività.

Il sottogruppo "M" ha riportato

una valutazione media degli allenatori di 34,4±10,3 (I.C 95 %: 31,7 - 37,0) e il gruppo "E" valori medi di 35,1±9,8 (IC 95%: 32,6 - 37,7). I dati misurati direttamente sul sottogruppo "E" sono stati confrontati con quelli stimati sullo stesso gruppo partendo dalle variabili predittive. CV è -8,8 %; TE: 6,8 unità arbitrarie (AU) (error range 10,8 AU); effect size: 0,1; ICC 0,86 (lower bound 0,77 and upper bound 0,92); SEM: 0,89 (error range 1,74).

## DISCUSSIONE: ATLETI

Il valore medio della valutazione dell'allenatore registrato sul nostro campione complessivo è di 36,1±10,5: questo dimostra, come si poteva prevedere, che nella fascia d'età considerata la formazione dei giovani pallanuotisti sotto questo

	95% CI			P
	B	LOWER BOUND	UPPER BOUND	
Height	-0.16	-0.70	0.80	0.96
Body mass	0.60	0.05	1.10	0.03
Chest circumference	-0.80	-1.30	-0.30	0.00
Arm span	-0.60	-1.50	0.30	0.18
Non-dominant arm length	0.70	-0.30	1.80	0.15
Swimming 100 m	-0.30	-1.20	0.50	0.42
Swim speed 10 m	-2.20	-4.30	-0.10	0.03
Shuttle swim test	6.00	-10.00	21.00	0.45
Chin up	0.20	-0.50	0.80	0.61
Push up	-0.10	-0.30	0.20	0.77
Eggbeater test	0.05	-0.10	0.20	0.59

Tabella 3: Risultati della regressione multipla delle variabili indipendenti. B: coefficiente di regressione non standardizzato.

aspetto è ancora lacunosa. Le abilità motorie e l'allenabilità dei giovani sono molto influenzate dal livello di maturazione (24) e in uno sport open skill, complesso come la pallanuoto, è ipotizzabile che nel giovane campione non siano ancora stati raggiunti i livelli più elevati di capacità motorie e di quelle abilità che hanno alla base la capacità decisionale. Da questo punto di vista un limite del nostro studio è di aver coinvolto soggetti in una sola fascia d'età: pertanto per il futuro sarebbero necessari studi longitudinali su età diverse.

Alcune delle variabili antropometriche e di performance considerate sono state utilizzate anche da altri autori per studiare giovani pallanuotisti (11,17). (Kontic, Uljevic)

### VALUTAZIONE DELL'ALLENATORE

La pallanuoto è un open skill sport e non esiste un metodo standardizzato per l'analisi dell'abilità deci-

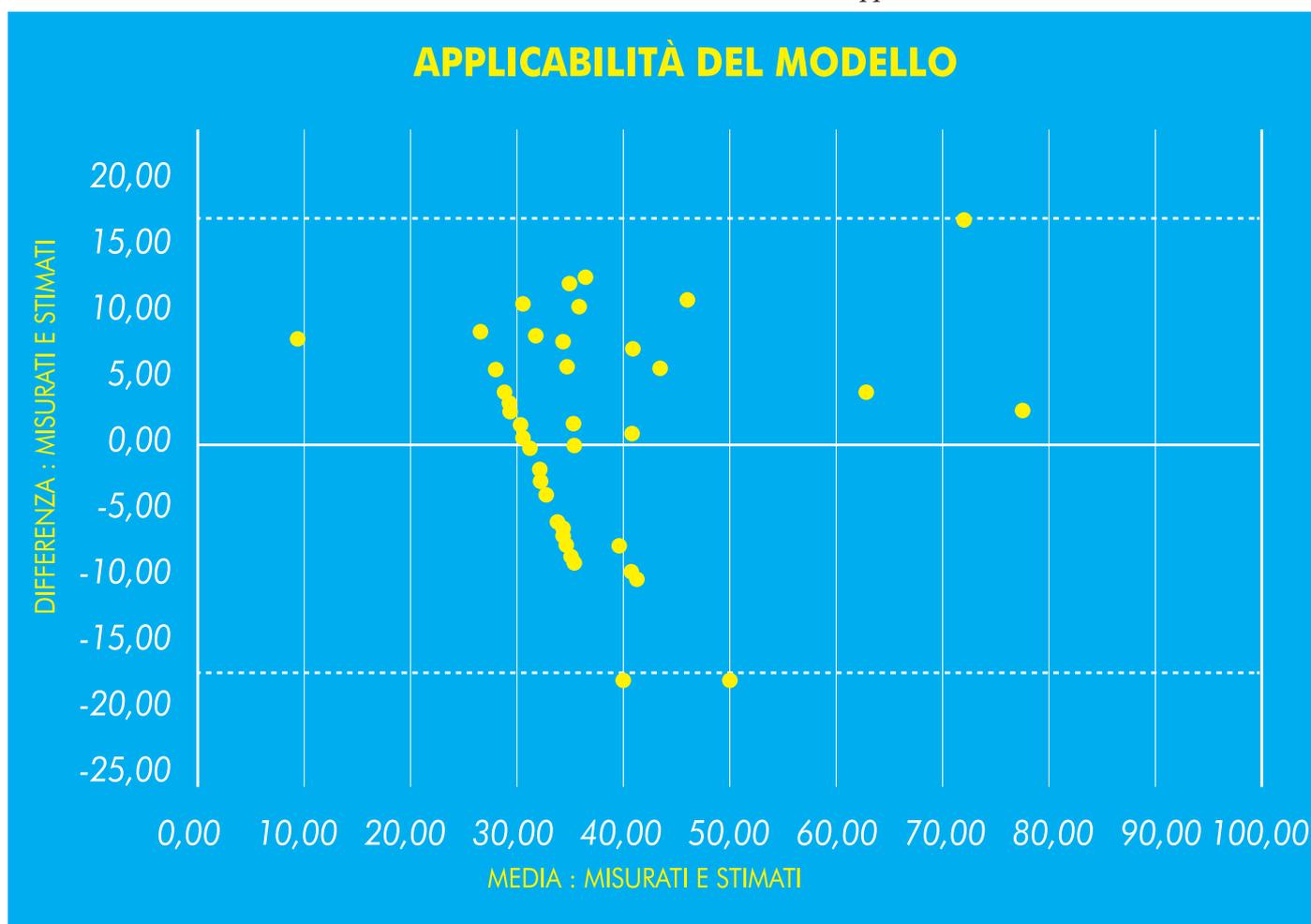
sionale. Ne abbiamo creato quindi uno, basandoci su quanto fatto in altri sport e ne abbiamo studiato la validità in termini di affidabilità inter observer and intra observer.

La differenza inter observer è irrilevante, come dimostrato dai valori di CV, ICC, effect size e ME, e questo fa pensare ad una buona applicabilità del metodo di analisi anche per studi longitudinali su giovani atleti. Buoni risultati statistici si sono ottenuti anche per l'affidabilità intra observer. Tra i due osservatori, nel 57% dei soggetti valutati si è ottenuto lo stesso risultato. Nei restanti casi abbiamo studiato la ripetibilità usando il grafico di Bland-Altman (Figura 3). Il grafico dimostra come soltanto un piccolo numero di errori casuali risulti vicino alla linea di no difference e che le differenze si trovano tra il limite superiore e quello inferiore. Il sistema di valutazione quindi sembra dimostrare sulla popolazione esaminata una buona affidabilità sia inter che intra observer.

Il SEM dà una informazione sulla misura dell'errore e può essere utile anche per studiare la minima differenza rilevabile (16). Il SEM ha un valore circa doppio nella valutazione delle differenze inter-observer (0,84) rispetto a quanto calcolato per le differenze intra-observer (0,45) ed indica quindi che per gli studi ripetuti nel tempo è da preferire una valutazione da parte di un solo operatore. La pallanuoto è nata in Europa (20) e si è poi sviluppata in tutto il mondo con differenti scuole legate alle differenze antropometriche, fisiche, tecniche e all'interpretazione del gioco. Un limite del sistema di valutazione potrebbe quindi essere rappresentato dai differenti modi di interpretare il gioco: pertanto si auspica che si possano effettuare in futuro indagini con campioni internazionali.

Relativamente al campione esaminato CV, effect size, ICC e SEM dimostrano che la valutazione dell'allenatore dell'abilità decisionale ha una buona applicabilità.

Figura 3: Il grafico Bland-Altman descrive l'affidabilità del modello. I valori misurati sono i valori ottenuti usando la valutazione dell'allenatore e il valore stimato è la valutazione ottenuta con l'applicazione del modello.



## IL MODELLO

La pallanuoto è uno sport di contatto fisicamente molto impegnativo e più autori hanno dimostrato che le capacità fisiche e le dimensioni corporee sono un requisito importante per raggiungere un buon livello di qualità nelle azioni tecnico-tattiche nei giovani e negli adulti (7,8,9,10,11,12,17,18,19). Come emerge da questi articoli la prestazione del pallanuotista e in generale negli sport di squadra (5,6) ha un'origine multifattoriale e l'MRA può essere utilizzato per studiare i rapporti tra alcune variabili predittive (independent predicting variables) e un predetto. In altri sport di squadra (5) l'MRA è stata applicata utilizzando la performance durante la gara come variabile di risultato (predetto) e le variabili antropometriche e la valutazione della performance come

predittori. Nella pallanuoto solo un articolo ha applicato l'MRA ma il predittore era l'efficacia misurata durante alcune azioni della gara (attacco e difesa) e non un'analisi complessiva della stessa (11).

In relazione alla multifattorialità del gioco della pallanuoto una buona efficienza natatoria generale è necessaria per spostarsi continuamente e velocemente da una parte all'altra del campo e nelle azioni "stop and go" (8,11,12,23). Una buona forza muscolare degli arti superiori è vantaggiosa per le fasi di contatto con l'avversario e per il tiro (21). L'efficienza degli arti inferiori con movimento gambe bicicletta è importante per mantenere la corretta posizione verticale durante il tiro e il palleggio (22), così come le caratteristiche fisiche peculiari facilitano il giocatore nel nuoto e nelle azioni tecniche (18,19), migliorando l'al-

lenabilità dei pallanuotisti. Queste sono le ragioni per le quali sono state scelte queste variabili.

In relazione ad un concetto generale di allenabilità (25), considerata la ben nota multifattorialità della prestazione pallanuotistica, abbiamo scelto le variabili predittive da utilizzare nell'MRA, considerando le variabili antropometriche e le variabili della performance in acqua e a secco. Il modello sviluppato prevede quindi 11 variabili che descrivono caratteristiche fisiche e di performance scelte secondo un criterio teorico (25) e una consolidata conoscenza specialistica degli allenatori e dei preparatori atletici. Nell'MRA il modello prende la forma di un'equazione e il coefficiente di ogni variabile attesta la relazione tra la valutazione da parte dell'allenatore della performance in gara e il predittore quando le altre variabili sono mantenute costanti.

Quindi l'equazione può essere utilizzata per prevedere la performance in gara e per prevedere come al variare di un valore tra le variabili (caratteristiche fisiche e di performance, i predittori) può cambiare la performance in gara dell'atleta così come viene percepita dall'allenatore.

Il modello ha una buona efficacia ( $r: 0,85$ ) e ci permette di evidenziare che il 73% della performance in gara è spiegata dalle variabili antropometriche e di performance proposte ( $r^2$  value = 0,73). Questo valore risulta piuttosto alto, soprattutto se si considera che nel nostro modello non sono incluse valutazioni di tipo psicologico e skill ability che al contrario dovrebbero incidere sulla performance di gara e sulla valutazione del giovane pallanuotista in forma più rilevante del 27% residuo.

Il  $r^2$  corretto ci dà un'idea di quanto il modello proposto sia generalizzabile. La differenza tra  $r^2$  e  $r^2$  corretto fornisce informazioni sulla possibilità di utilizzo del modello nella popolazione generale. Nel nostro caso la differenza non è così piccola a conferma che il modello è molto specifico per il campione testato e non può essere utilizzato in campioni di età, genere, livelli agonistici differenti (26).

L'ipotesi che errori indipendenti siano accettabili si verifica quando la statistica Durbin Watson è vicino a 2 e in ogni caso tra 1 e 3. Nel nostro caso abbiamo un valore di 2.3 che conferma la validità del modello sul nostro campione (26). Il criterio F (F-ratio) rappresenta il criterio di miglioramento in previsione dei risultati provenienti dal modello appropriato, relativi all'inesattezza che ancora è presente in esso e ci aiuta a capire come quello proposto sia senza dubbio migliore rispetto ad un modello che utilizza la media dei predittori per misurare il predetto (26).

Per confermare l'utilità del mo-

dello per predire la performance dei giovani pallanuotisti, abbiamo confrontato nel sottogruppo "E" il risultato misurato durante l'osservazione delle gare con quello ottenuto utilizzando la formula del modello riportata nei risultati. Il grafico Bland-Altman (Figura 3) conferma l'affidabilità tra un valore misurato e il predetto ottenuto con l'equazione riportata in risultati. Una piccola quantità di errori random è diffusa intorno alla linea del no difference e le differenze sono poco sopra o poco sotto il limite.

## CONCLUSIONI

Nella fascia d'età indagata la pallanuoto si conferma uno sport in cui le caratteristiche antropometriche e la performance fisica hanno un ruolo importante nel determinare il valore di un giocatore agli occhi dell'allenatore.

Il modello suggerisce la possibilità di migliorare la valutazione dell'allenatore anche migliorando le variabili antropometriche (più difficilmente modificabili) e quelle della performance (più facilmente modificabili). Si conferma che un atleta pallanuotista può essere perfezionato nel gioco allenando bene la parte fisica. Alcune caratteristiche

fisiche nei giovani pallanuotisti sono inoltre associate ad una migliore performance e possono essere considerate come un prerequisito, ovvero uno strumento per determinare una efficace capacità decisionale. Le variabili di performance possono essere allenate al meglio perché sono più modificabili (ad esempio le capacità natatorie, la forza muscolare), mentre quelle antropometriche dovrebbero essere ricercate nella fase di individuazione e di selezione del talento (altezza, apertura delle braccia, lunghezza degli arti).

L'equazione può essere utilizzata per prevedere la prestazione complessiva di un atleta. Questo permetterà di valutare quanto il miglioramento in una singola qualità di quelle introdotte nel modello possa influire sulla performance complessiva dell'atleta, consentendo di risparmiare tempo e garantire un allenamento basato sull'evidenza scientifica.

La scala proposta per la valutazione dell'abilità decisionale può essere utilizzata per eseguire un'analisi standardizzata dei giocatori e per monitorare i miglioramenti del singolo, fornendo anche un feedback all'atleta sugli obiettivi da perseguire (miglioramento della compliance all'allenamento).



## BIBLIOGRAFIA

1. Maynard, I., Smith, & M., Warwick-Evans L. The effects of a cognitive intervention strategy on competitive state anxiety and performance in semi-professional soccer players. *J of Sport & Exercise Psychology* 1995, 17: 428-446.
2. Mills, A., Butt, J., Maynard, I., & Harwood C. Identifying factors perceived to influence the development of elite youth football academy players. *J Sports Sci* 2012, 30(15), 1593-604.
3. Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multaer, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *J Sports Sci* 2009, Feb 1, 27(3), 257-66.
4. Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci* 2000, Sep 18(9), 695-702.
5. Garcia-Gil, M., Torres-Unda, J., Esain, I., Duñabeitia, I., Gil, S. M., Gil, J., & Irazusta, J. Anthropometric Parameters, Age, and Agility as Performance Predictors in Elite Female Basketball Players. *J Strength Cond Res* 2018, Jun 32(6), 1723-1730.
6. Till, K., Scantlebury, S., & Jones, B. Anthropometric and Physical Qualities of Elite Male Youth Rugby League Players. *Sports Med* 2017, Nov 47(11), 2171-2186.
7. Viero, V., Triossi, T., Bianchi, D., Campagna, A., & Melchiorri, G. Physical and performance variables for talent identification in water polo. *J Sports Med Phys Fitness* 2020, Oct 60(10), 1309-1316.
8. Kondrič, M., Uljević, O., Gabriolo, G., Kontić, D., & Sekulić, D. General anthropometric and specific physical fitness profile of high-level junior water polo players. *J Hum Kinet* 2012, May 32, 157-65.
9. Lozovina, M., Durović, N., & Katić, R. Position specific morphological characteristics of elite water polo players. *Coll Antropol* 2009, Sep 33(3), 781-9.
10. Sekulic, D., Kontic, D., Esco, M. R., Zenic, N., Milanovic, Z., & Zvan, M. Sport-Specific Conditioning Variables Predict Offensive and Defensive Performance in High-Level Youth Water Polo Athletes. *J Strength Cond Res* 2016, May 30(5), 1316-24.
11. Kontic, D., Zenic, N., Uljevic, O., Sekulic, D., & Lesnik, B. Evidencing the association between swimming capacities and performance indicators in water polo: a multiple regression study. *J Sports Med Phys Fitness* 2017, Jun 57(6), 734-743.





Vincenzo Renzuto

12. Melchiorri, G., Viero, V., Triossi, T., Padua, E., & Bonifazi, M. Shuttle swimming test in young water polo players: reliability, responsiveness and age-related value. *J Sports Med Phys Fitness* 2017, Nov 57(11), 1456-1463.
13. Pérez-Olea, J. I., Valenzuela, P. L., Aponte, C., & Izquierdo, M. Relationship Between Dryland Strength and Swimming Performance: Pull-Up Mechanics as a Predictor of Swimming Speed. *J Strength Cond Res* 2018, Jun 32(6), 1637-1642.
14. Lohmann, T. G., Roche, A. F.,
15. Melchiorri, G., Viero, V., Triossi, T., Tancredi, V., Galvani, C., & Bonifazi M. Testing and Training of the Eggbeater Kick Movement in Water Polo: Applicability of a New Method. *J Strength Cond Res* 2015, Oct 29(10), 2758-64.
16. Peat, J., & Barton, B. Medical statistic. *Blackwell Publishing, Malden, Massachusetts (USA), 2008.*
17. Portney, L. G., & Watkins, M. P. Foundations of clinical research. *Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey (USA), 2010.*
18. Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. Growth, maturation and physical activity. *Human Kinetics, Champaign, Il (USA), 2004.*
19. Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. Sport-specific motor fitness tests in water polo: reliability, validity and playing position differences. *J Sports Sci Med.* 2013, Dec 1 12(4), 646-54.
20. Smith, H. K. Applied physiology of water polo. *Sports Med* 1998, Nov 26(5), 317-34. *Review.*
21. Lozovina, M., Durović, & N, Katić R. Position specific morphological characteristics of elite water polo players. *Coll Antropol* 2009, Sep 33(3), 781-9.
22. Lozovina, V., & Pavčić, L. Anthropometric changes in elite male water polo players: survey in 1980 and 1995. *Croat Med J* 2004, Apr 45(2), 202-5.
23. Tan, F., Polglaze, T., & Dawson, B. Activity profiles and physical demands of elite women's water polo match play. *J Sports Sci* 2009, Aug 27(10), 1095-104.
24. Zinner, C., Sperlich, B., Krueger, M., Focke, T., Reed, J., & Mester, J. Strength, Endurance, Throwing Velocity and in-Water Jump Performance of Elite German Water Polo Players. *J Hum Kinet* 2015, Apr 7 45, 149-56.
25. Joyner, M. J. Exercise and trainability: contexts and consequences. *J Physiol* 2017, Jun 1 595(11), 3239-3240.
26. Field, A. Discovering Statistics using IBM SPSS statistic. *SAGE Publications, London (UK), 2012.*



*Campionati Europei 2022: la rappresentativa italiana festeggia i risultati conseguiti nel nuoto, nei tuffi e nel nuoto artistico.*